

# TUZLU TOPRAKLAR VE HALOFİTLER:

Ekosistemler, Fizyoloji ve  
Yem Potansiyeli

Editörler

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU



# **TUZLU TOPRAKLAR VE HALOFİTLER: EKOSİSTEMLER, FİZYOLOJİ VE YEM POTANSİYELİ**

## **EDİTÖR**

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU

## **YAZARLAR**

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN

Prof. Dr. Nesrin YILDIZ

Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK

Doç. Dr. Gülşah BENGİSU

Doç. Dr. Nizamettin TURAN

Doç. Dr. Serkan ATEŞ

Doç. Dr. Serap KIZIL AYDEMİR

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU

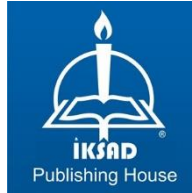
Dr. Öğr. Üyesi Ali DEVLET

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DEMİR

Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR

Öğr. Gör. Dr. Feyza DÖNDÜ BİLGİN

Öğr. Gör. Dr. Selim ÖZDEMİR



Copyright © 2024 by iksad publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or  
transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical  
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses  
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social  
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2043©

**ISBN: 978-625-378-142-2**

Cover Design: ARZU ALTUNTAŞ

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

## İÇİNDEKİLER

### ÖNSÖZ

*Prof. Dr. Kağan KÖKTEN*

*Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU* .....1

### BÖLÜM 1

#### KÜRESEL ÖLÇEKTE TUZLU TOPRAKLAR VE SORUNUN TOPRAK - BİTKİ EKOSİSTEMİNDEKİ BOYUTLARI

*Prof. Dr. Nesrin YILDIZ* .....3

### BÖLÜM 2

#### TUZLULUĞUN CANLI HAYATA ETKİLERİ

*Prof. Dr. Kağan KÖKTEN*

*Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU* .....55

### BÖLÜM 3

#### TUZLULUKLA MÜCADELE VE TUZLU ARAZİ ISLAHI

*Dr. Öğr. Üyesi Cihan DEMİR* .....83

### BÖLÜM 4

#### HALOFİTLER VE TUZA DAYANIKLI BİTKİLER

*Doç. Dr. Mustafa OKANT* .....113

### BÖLÜM 5

#### BİTKİLERDE TUZLULUĞA DAYANIM FİZYOLOJİSİ

*Dr. Öğr. Üyesi Ali DEVLET* .....145

### BÖLÜM 6

#### HALOFİTLERİN EKONOMİK KULLANIM ALANLARI

*Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK* .....181

### BÖLÜM 7

#### HALOFİTLERİN VE TUZA TOLERANT TÜRLERİN YEM POTANSİYELİ VE KALİTESİ

*Öğr. Gör. Dr. Feyza DÖNDÜ BİLGİN* .....207

## BÖLÜM 8

### *Atriplex* spp.

(Alt familia: *Chenopodiaceae*; Familia: *Amaranthaceae*)

Doç. Dr. Serkan ATEŞ

Doç. Dr. Serap KIZIL AYDEMİR .....245

## BÖLÜM 9

### *Suaeda* spp.

(Alt familia: *Suaedoideae*; Familia: *Amaranthaceae*)

Doç. Dr. Serap KIZIL AYDEMİR

Doç. Dr. Serkan ATEŞ .....271

## BÖLÜM 10

### *Salsola* spp.

(Alt familia: *Salsoloideae*; Familia: *Amaranthaceae*)

Öğr. Gör. Dr. Feyza DÖNDÜ BİLGİN .....297

## BÖLÜM 11

### *Salicornia* spp.

(Alt familia: *Salicornioideae*; Familia: *Amaranthaceae*)

& *Chenopodium* spp. (Alt familia: *Chenopodioideae* ; Familia: *Amaranthaceae*)

Dr. Ridvan UÇAR .....327

## BÖLÜM 12

*Faboideae* Alt familyası – I (Familia: *Fabaceae*)

Doç. Dr. Gülşah BENGİSU .....349

## BÖLÜM 13

*Faboideae* Alt familyası – II (Familia: *Fabaceae*)

Doç. Dr. Gülşah BENGİSU .....375

## BÖLÜM 14

*Faboideae* Alt familyası – III (Familia: *Fabaceae*)

Dr. Selim ÖZDEMİR .....405

## **BÖLÜM 15**

### **AMARANTHACEAE FAMILYASINDAN BAZI YEM BİTKİLERİ TÜRLERİ**

*Doç Dr. Nizamettin TURAN* .....431

## **BÖLÜM 16**

### ***Asteraceae* ve *Tamaricaceae* familyaları**

*Doç Dr. Nizamettin TURAN* .....453



## ÖN SÖZ

Dünya, giderek artan bir nüfus baskısı altında ve iklim değişikliği ile birlikte, su ve toprak kaynakları açısından ciddi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda, tuzlu topraklar ve halofit bitkiler, sürdürülebilir tarım ve ekosistem yönetimi için önemli bir potansiyel sunmaktadır. "Tuzlu Topraklar ve Halofitler: Ekosistemler, Fizyoloji ve Yem Potansiyeli" adlı bu kitap, bu benzersiz ekosistemlerin biyolojik ve ekolojik özelliklerini derinlemesine incelemeyi amaçlamakta ve tarımsal üretimdeki potansiyel rollerine ışık tutmaktadır.

Tuzlu topraklar, özellikle su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde, çevresel stres faktörlerinin belirgin olduğu alanlarda yaygın olarak bulunur. Bu topraklar üzerinde yetişen halofit bitkiler, tuza dayanıklılıkları ve adaptasyon yetenekleri ile dikkat çeker. Halofitler, yalnızca ekosistemlerin çeşitliliğine katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik açıdan önemli bir kaynak olan yem bitkileri, biyokütle ve diğer tarımsal ürünler için de büyük bir potansiyel taşır. Ancak bu bitkilerin ekolojik, fizyolojik ve agronomik özellikleri hala tam olarak anlaşılammış ve bu alandaki bilgi eksiklikleri, bu bitkilerin verimli şekilde kullanılması önünde engel oluşturmaktadır.

Kitabın içeriği, tuzlu topraklar üzerinde yetişen halofit bitkilerin ekosistem hizmetlerinden, fizyolojik adaptasyonlarına, potansiyel tarımsal kullanım alanlarından yem değerlerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Her bir bölüm, bu ekosistemlerin bilimsel açıdan anlaşılmasına ve pratikte nasıl daha verimli hale getirilebileceğine dair değerli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışmanın, tarım, ekoloji ve biyoteknoloji alanlarında araştırma yapan akademisyenler ve pratisyenler için önemli bir kaynak olacağına inanıyorum.

Gelecekte, tuzlu toprakların tarım için uygun hale getirilmesi ve halofit bitkilerinin ekonomik değeri, küresel gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik için önemli bir rol oynayacaktır. Bu kitap, bu zorlu fakat umut verici alanda yapılacak daha fazla araştırmanın önünü açmayı ve tuzlu toprakların potansiyelinin daha fazla keşfedilmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm araştırmacılara, yazarlara ve katkı sağlayanlara teşekkür ederim. Okuyucuların, bu alandaki bilgi birikimine



katkıda bulunmalarını ve tuzlu topraklar ve halofitler üzerine daha fazla düşünmelerini umuyorum.

Editörler

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN<sup>1</sup>

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas E-mail: kkokten@sivas.edu.tr.Orcid ID: 0000-0001-5403-5629

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt.E-mail: seyithanseydosoglu@siirt.edu.tr.Orcid ID: 0000-0002-3711-3733

## **BÖLÜM 1**

### **KÜRESEL ÖLÇEKTE TUZLU TOPRAKLAR VE SORUNUN TOPRAK-BİTKİ EKOSİSTEMİNDEKİ BOYUTLARI**

Prof. Dr. Nesrin YILDIZ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14582861>

---

<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum  
**E-Mail:** nyildiz@atauni.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-8179-6228



## 1. Toprak tuzlanması ve iklim değişikliği

Toprak tuzlanması/alkalileşmesi dünyanın çeşitli biyoiklimsel bölgelerinde yaygın olarak görülen ciddi bir olgudur. Bununla birlikte, kurak ve yarı kurak bölgelerde kuru iklim, az yağış ve yüksek buharlaşma ile karakterize edilir ve bu da genellikle kara yüzeyinde tuz birikimi sürecini hızlandırır. Özellikle, düşük su kullanım verimliliği ve kanala veya sulama sistemine sızma gibi uygun olmayan sulama yöntemleri, yeraltı suyu seviyesinin yükselmesine ve ayrıca ekilebilir arazilerin büyük ölçekte ikincil tuzlanmasına neden olmaktadır. Toprağın tuzlanması/alkalinleşmesi, mahsulün bozulmasına ve hatta arazi verimliliğinin kaybı nedeniyle ekimin terk edilmesine neden olabilir. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki en büyük sorun olan tuzlanma ve ardından gelen alkalileşme, verimli topraklarda aşırı tuz ve sodyum birikmesi nedeniyle toprağın fiziksel, kimyasal, verimlilik ve biyolojik özelliklerinin bozulmasına ve toprakta organik madde kaybına neden olacaktır. İstenilen verime ulaşamayan üreticiler, bir süre sonra verimli olan topraklarını terk etmeye başlayacak ve bu durum sosyal sorunların yanı sıra önemli bir çevre sorununu da beraberinde getirecektir. Su geçirgenlik özelliğini kaybeden topraklar su tutamayacak ve yüzeysel akıntılara sahip olacaktır (Okur ve Örcen, 2020).

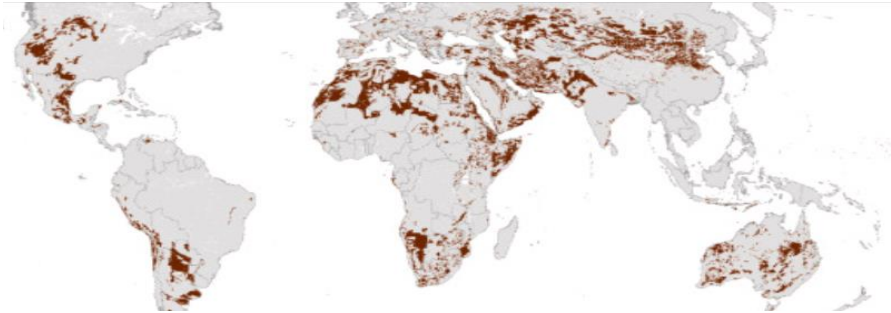
## 2. Dünyada tuzluluk

Dünya Tarım Örgütü (FAO)'ne göre, tuzdan etkilenen toprakların küresel alanı 420 milyon hektar üst toprak (0-30 cm) alanını ve 830 milyon hektar alt toprak (30-100 cm) alanını kapsamaktadır (şu ana kadar haritalanan arazinin %73'üne göre) (FAO, 2021).

Dünya çapında tuzdan etkilenen toprakların toplam alanı 17 milyon km<sup>2</sup>'dir. Tuzlanma sorunu dünya çapında en az 75 ülkede yaşanmaktadır ve küresel sulanan alanların beşte birinden fazlasını etkilemektedir. İyi bilinen örnekler arasında Suriye ve Irak'taki Fırat Havzası, Çin'deki Sarı Nehir Havzası, Orta Asya'daki Aral Denizi Havzası ve Avustralya'daki Murray-Darling Havzası yer almaktadır (Vellinga ve ark., 2021). Tuzluluktan başlıca etkilenen ülkeler şunlardır: Çin, Avustralya, Kazakistan, Amerika Birleşik Devletleri, Arjantin, Libya, Cezayir, İran, Moğolistan, Namibya, Hindistan, Rusya, Meksika, Türkiye, Pakistan, Avustralya, Güney Afrika, Bangladeş, İspanya, Kanada, Romanya (Negacz ve ark., 2022).

Tuzdan en çok etkilenen bölgeler, Kuzey Afrika, Doğu Afrika, Güney Afrika, Orta Doğu, Orta Çin, Batı Çin, Batı Amerika Birleşik Devletleri, Orta Asya ve Avustralya'da fazla insan varlığının olmadığı geniş kurak alanlardır. Ancak bu alanların çoğunun, yağışların sınırlı olması veya toprak verimliliğinin düşük olması nedeniyle ürün ekimine uygun olmadığı düşünülmektedir. Tuzlu alanların daha sürdürülebilir tarımsal kullanımı için su tükenmesinin bir kriter olarak ele alınmasıyla, ilave alanlar ortaya çıkmaktadır: Rusya, Arjantin, Orta ve Kuzey Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Kuzey Kazakistan ve Güney Kanada (Negacz ve ark., 2022).

Dünya çapındaki yaklaşık 900 milyon hektar tuzdan etkilenmiş alanın büyük bölümünü Güneybatı Asya çölleri oluşturur. Asya'nın yarı kurak sulanan alanlarının yaklaşık %30'u tuzlanma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Afganistan, Bahreyn, İran, Irak, Ürdün, Kuveyt, Lübnan, Umman, Pakistan, Filistin, Katar, Suudi Arabistan ve Yemen çoğunlukla büyük kum ve çakıl çöllerine sahip kurak ülkelerdir. Asya'nın bazı kısımları, Ürdün ile İsrail arasında yer alan Ölü Deniz gibi kıtasal yarıklar nedeniyle deniz seviyesinin altındadır. Anadolu Yarımadası Akdeniz ile Karadeniz arasında, Arap Yarımadası ise Basra Körfezi ile Kızıldeniz arasında yer almaktadır. Güneybatıdaki Arap Yarımadası'nı çakıl ve kumlu ovalar kaplar. Dünyanın en büyük kum çölleri arasında yer alan Rubal Khali de burada bulunur. İran'ın merkez platosu geniş tuzlu alanlara sahiptir. İran'daki Zagros dağ sırası, tuz çölü (Dasht-e-Kavir) ve Dasht-e-Loot'a bölünmüş kurak bir alandır. Umma's Samim, Umman'ın batı kesiminde yer alan büyük iç tuz ovasıdır. Asya'daki düzlük alanların çoğu yılda 400 mm'den az yağış almaktadır. Güneybatı Asya'daki bazı bölgelerde su kaynakları yetersizdir. Fırat ve Dicle nehirleri Suriye, Irak ve Türkiye'den geçer ve bölgedeki tarım açısından kritik kabul edilir. Asya çöllerinin çoğu, tuz düzlükleri içeren geniş tuzlu alanlara sahiptir (Öztürk ve ark., 2023).



**Şekil 1.** Tuzdan etkilenen (>4 dS/m) alanların küresel dağılımı (kırmızı alanlar) (Negacz ve ark., 2022).

Deniz seviyesindeki yükseliş projeksiyonları, alçakta bulunan kıyı bölgelerinin tuzlu yeraltı suyundan etkilenebileceğini göstermektedir (Nicholls ve ark., 2011). Ürün yetiştirmeye uygun toprak koşullarına sahip (su mevcudiyeti, toprak pH'ı ve toprak verimliliği) tuzlu ekim alanları çoğunlukla Doğu Çin, Arjantin, Hindistan, Rusya ve Meksika'da bulunmaktadır. Tuzlanmadan etkilenen sulanan tarım arazilerinin ise çoğu Doğu Çin, Hindistan, Pakistan, Amerika Birleşik Devletleri ve Avustralya'da bulunmaktadır ve dünya çapında 744.400 km<sup>2</sup>'dir. Tuzlu tarım için en umut verici tuzlu toprakların toplamı 2 milyon km<sup>2</sup>'dir. Tuzlu tarım için potansiyel alanı sınırlayan en kısıtlayıcı faktör su mevcudiyetidir (Negacz ve ark., 2022). Bununla birlikte, uygun şekilde yönetilen tuzdan etkilenen topraklar, önemli ölçüde daha fazla tarımsal üretime olanak tanır (De Vos ve ark., 2016).

### **Vadoz bölgesi**

Vadoz bölgesi, dünyanın yüzeyinden bölgesel yeraltı suyu tablasına kadar uzanan karasal yeraltı katmanıdır. Vadoz bölgesi, yüzey toprağını, doymamış yüzey altı malzemelerini ve geçici olarak su altında kalan kılcal saçakları içerir. Yeraltı malzemeleri, kısmen ayrılmış toprakları ve aşınmamış ana materyali içerir. Vadoz zonu, su tablasının derinliğine bağlı olarak çok sığ (1 m'den az) veya çok derin (yüzlerce metre veya daha fazla) olabilir (Holden ve Fierer, 2005). Vadoz bölgeleri hem hidrolojik hem de jeokimyasal nedenlerden dolayı büyük önem taşımaktadır. Hidrolojik olarak, yağışın hidrolojik döngünün temel unsurlarını böldüğü fiziksel sistem kısmını temsil ederler: atmosfere evapotranspiratif dönüş, yüzey akışı ve derin sızma (yani akifer beslenmesi). Jeokimyasal olarak vadoz bölgesi, toprak malzemeleri ve yağış arasındaki birincil etkileşim bölgesini oluşturur. Bu nedenle, vadoz bölgelerindeki su akışlarının bilgisi, küresel çözünen madde dengesinin yanı sıra kıtasal ölçekte iklim, jeokimya ve tektonik etkileşimlerini anlamının anahtarıdır. Kavramsal olarak vadoz bölgeleri iki uç üyeye ayrılabilir: nemli ve kurak. Nemli iklimlerde (veya sulanan alanlarda), vadi bölgeleri genellikle incedir (0-10 m), dinamikdir ve akış yollarındaki büyük değişkenlik ile karakterize edilir. Kalış süreleri saatlerden birkaç yıla kadar değişmektedir. Buna karşılık, kurak bölgedeki vadoz bölgeleri genellikle kalındır (10-1.000 m), çok küçük su akışlarına ve akış yollarında yüksek derecede tekdüzeliğe sahiptir. Kurak veya çöl vadoz bölgeleri nemli iklimlerdekilere göre çok daha az incelenmiştir (Phillips ve Castro, 2003).

#### **4. Çözünen taşınması**

Kimyasalların toprak ve yeraltı suyu akiferlerindeki hareketi olarak tanımlanan çözünmüş maddenin taşınması, biyojeokimyasal döngüde ve diğer birçok süreçte merkezi bir rol oynar. Çözünen maddenin taşınması, adveksiyon, difüzyon veya dispersiyon veya bunların herhangi bir kombinasyonu tarafından kontrol edilebilir. Bir kimyasalın toprak veya akifer katıları ile etkileşimi, geciktirme yoluyla taşınmayı yavaşlatabilir (Sukop ve Thorne, 2006). Çözünen madde taşıma işleminin boyutluluğu önemli bir faktördür. Pek çok toprak bilimi uygulamasında, örneğin bir pestisit in toprak yüzeyine eşit şekilde uygulanması, tek boyutlu bir süreç olarak ele alınabilir. Ancak diğer durumlarda taşıma sürecinin iki veya üç boyutlu yönleri göz ardı edilemez. Düzgün toprak uygulaması durumunda, kaynak düzlemsel kabul edilir ve yutak düzlemsel bir su tablası olabilir. Buna karşılık, kalın bir vadoz bölgesi üzerinde yer alan küçük bir alanla sınırlı bir kimyasal sızıntının, çözünen maddenin hem yatay hem de dikey olarak dağılabileceği tamamen üç boyutlu bir sistemde bir nokta kaynak olarak değerlendirilmesi gerekebilir. Makroskobik olarak tek boyutlu bir akış alanında bile dispersiyon anizotropik bir süreçtir ve enine yönler e göre akış yönünde artar. Bu nedenle, dispersiyonun tamamen üç boyutlu bir şekilde ele alınması, tensöryel bir temsil gerektirir (Sukop ve Perfect, 2005).

#### **5. Tuzların etkisi**

Tüm topraklar çözünebilir tuzlar içerir, ancak bunların konsantrasyonu genellikle doymuş toprak ekstraktının 0.4 g/l'sinden fazla değildir. Bununla birlikte, çoğu kurak toprağın tuz içeriği çok daha yüksektir, çünkü profilde bir kez mevcut olduklarında, topraktan sızmanın minimum olduğu koşullar altında uzaklaştırılmaları zordur. Çöl topraklarından gelen tuzlar genellikle üç ana kaynaktan kaynaklanır: (1) rüzgarla savrulan tuz spreyi veya tozunun birikmesi; (2) tuz içeren kayaların veya çökeltilerin yerinde ayrışması ve (3) sığ tuzlu yeraltı suyundan kılcal akışla yukarı doğru hareket. Kıyı şeridi boyunca deniz suyunun girmesi ve taşması nedeniyle bir miktar tuz birikimi meydana gelebilir. Tuzlu topraklar tuz içeriği, tuz türü, yapısı ve ıslah edilme kolaylığı açısından önemli ölçüde farklılık gösterir. Baskın anyonlar klorürler, sülfatlar ve karbonatlar, bazen de nitratlar ve bikarbonatlardır. Sodyum tuzları en sık olarak meydana gelendir, ancak kalsiyum ve magnezyum bileşikleri de yaygındır; çeşitli tuzların ve karmaşık minerallerin karışımları da istisnai değildir. Tuzsuz çözelti esas olarak kalsiyum tuzları (%50-80) içerir;

magnezyum (%15-35), potasyum (%2-5) ve sodyum (%1-5) ise kalan diğer katyonları oluşturur. Tuzlu topraklarda ise Ca yüzdesi daha düşük, K, Mg ve Na değerleri ise daha yüksektir. Tuzlu topraklar genellikle tarlada beyaz bir yüzey kabuğunun varlığı, bitki örtüsünden yoksun nemli, yağlı görünümlü yüzeyler, bitki büyümesinin yavaşlaması ve bazen yaprak kenarlarının yanması ile tanınır. Tuzluluğun uygun şekilde değerlendirilmesi için görsel gözlemlerden ziyade toprak analizine ihtiyaç vardır. Tuzlu topraklar, Elektrik İletkenlikleri (tuz içeriğinin bir ifadesi olarak) ve Değiştirilebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) ile karakterize edilir ve çeşitli şekillerde tuzlu veya sodik topraklar (eski literatürde alkali topraklar) olarak adlandırılır. Bitki büyümesi ve üretimi üzerindeki etkilerinin yanı sıra profildeki tuzların varlığı, özellikle su tutma açısından toprak özelliklerini ve toprak süreçlerini sürekli olarak etkiler. Toprakta nemi emme kapasiteleri nedeniyle, hava koşullarına karşı mevcut suyu azaltırlar. Bunlar aynı zamanda toprağın pH'sını da etkiler ve eğer Na baskın katyon ise toprağın fiziksel durumunu, infiltrasyon kapasitesini ve havalandırmasını olumsuz yönde etkiler. Ayrıca değişken sıcaklık ve nem koşullarında hacimsel genleşme nedeniyle çöl yüzeyindeki taş ve kayaların fiziksel olarak parçalanmasına da müdahale ederler (Verheye, 2009).

## 6. Tuzdan etkilenen toprak grupları

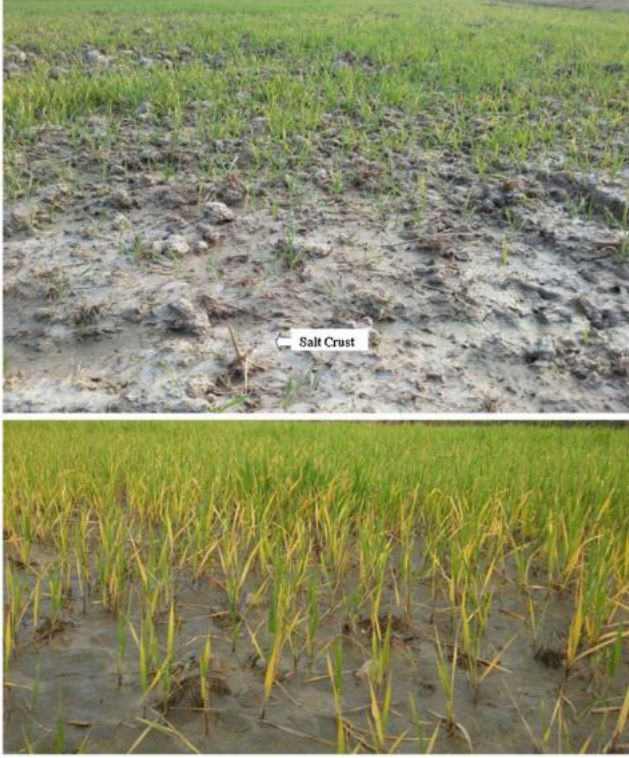
Dünya Referans Tabanı (The World Reference Base) tuzdan etkilenen toprakları iki gruba ayırır: (i) Solonchak'lar: doymuş ekstraktın elektrik iletkenliği üst 125 cm'de  $>15 \text{ dS m}^{-1}$  olan ve değerleri  $150 \text{ dS m}^{-1}$ 'nin üzerine çıkabilen tuzlu topraklar; (ii) Solonetz: değişebilir sodyum yüzdesi  $>15$  olan sodyum açısından zengin topraklar. Solonchaklar Kuzey Afrika, Yakın Doğu, Orta Asya, Hindistan, İran ve Irak, Avustralya ve Amerika'nın tüm kurak ve yarı kurak bölgelerinde yaygındır. Çoğunlukla bozkır iklim rejimlerinde ve drenajı zayıf olan düz arazilerde yer alan Solonetz ise, Ukrayna, Rusya Federasyonu, Doğu Avrupa, Çin, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Güney ve Doğu Afrika ve Avustralya'da bulunmaktadır. Elektrik iletkenliği  $150 \text{ dS m}^{-1}$ 'den fazla olan aşırı tuzlu topraklarda, kolayca ayrışabilen C-substratının mineralizasyonu engellenir ve büyük miktarlarda  $\text{NH}_4$  bileşiği,  $\text{NH}_4$  dönüşümü veya  $\text{NH}_3$  buharlaşması yoluyla abiyotik olarak kaybolur. Ek olarak mikroorganizmalar, metabolik aktivite için gereken miktardan daha fazla  $\text{NH}_4\text{-N}$ 'ni immobilize eder. Tuzlu topraklarda bakteri ve arke çeşitliliği normal topraklara göre daha düşük olmasına rağmen tuzluluğun artmasıyla bu çeşitlilik azalmaz. Dolayısıyla tuzluluğa ek olarak diğer faktörler de tuzlu



topraklardaki biyolojik çeşitliliğin sınırlandırılmasına katkıda bulunur. Örneğin, güçlü güneşe maruz kalma, düşük yağış ve yüksek oksidatif stres, tuz seviyelerine bakılmaksızın tuzlu topraklarda yaygın olan faktörler olabilir (Dion, 2008).

## **7. Tuzlanmanın nedenleri, tuzlanma süreci ve sonuçları**

Toprağın tuzluluk düzeyi bir dizi faktöre bağlıdır. Toprak tuzlanması genellikle birincil (doğal) ve ikincil (insan kaynaklı) nedenlerden dolayı kıyı veya iç bölgelerde meydana gelir. Birincil tuzlanma, tuzların toprak profilinde ve yeraltı sularında uzun süreli birikmesi veya doğal süreçler sonucu toprakların bir kez deniz suyu altına girmesi nedeniyle oluşur. Bu tür tuzlanma, jeolojik süreçler, kayalardaki belirli mineral türleri, tuzlu yeraltı suyunun yükselmesi ve deniz suyunun dahil edilmesi (21. yüzyılda en az 1 m artması beklenmektedir) tarafından yönlendirilmektedir (Ruto ve ark., 2018). Bu süreçlerin birçoğunun iklim değişikliği nedeniyle daha da ağırlaşması muhtemeldir. Aşırı yeraltı suyu çekilmesi veya alçak bölgelerdeki sızıntı bu olgunun daha da kötüleşmesine katkıda bulunabilir. Kurak ve yarı kurak alanlarda iklim, buharlaşmanın sürekli olarak tuz birikmesine neden olduğu tuzlanmanın ana nedeni durumundadır. Ek olarak rüzgar, tuzlu toprakları daha iç bölgelere doğru sürükleyebilir (Jones ve ark., 2012). İkincil tuzlanma, tuz bakımından zengin sularla sulama, kötü yönetilen sulama veya kötü drenaj koşulları, yeraltı suyunun aşırı kullanımı ve deniz suyunun kıyı alanlarına sızmasını önlemek için kıyı koruma önlemlerinin eksikliği veya yetersiz olması gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Montanarella ve Rusco, 2008). FAO'ya göre dünyada 34 milyon hektar alan sulama yoluyla tuzlanmıştır. Tuzlu yeraltı suyu sorunları bu durumla yakından ilişkilidir; zira bu durum, drenaj suyunun bir akifere süzülmesi veya yeraltı suyu seviyesinin yükselmesi durumunda ortaya çıkabilir. Ayrıca, yetersiz kıyı koruma önlemleri deniz suyu girişine yol açabilir ve bu da birçok uzun vadeli soruna yol açabilir (Dubois, 2011).



**Şekil 2.** Buğday tarlasındaki tuzlu toprak parçası bitki büyümesini açıkça engellemektedir. Fotoğraflar Hindistan'ın Uttar Pradesh kentindedir. Tuz, buğday yapraklarının sararmasına ve ölümüne neden olmaktadır. Tuzdan etkilenen toprakta sıklıkla beyaz veya gri bir tuz kabuğu görülür ve tuz çoğu bitkinin büyümesine engel olur (Paul ve Lade, 2014).

Tuzlanma, potasyum ( $K^+$ ), magnezyum ( $Mg^{+2}$ ), kalsiyum ( $Ca^{2+}$ ), klorür ( $Cl^-$ ), sülfat ( $SO_4^{-2}$ ), karbonat ( $CO_3^{-2}$ ), bikarbonat ( $HCO_3^-$ ) ve sodyum ( $Na^+$ ) iyonlarını içeren suda çözünür tuzların toprakta birikmesinden oluşur. Toprağa bağlı olarak, ekstrakte edilen çözeltilerin çözünmüş tuz içeriği farklılık gösterir; toplam tuz konsantrasyonu, yani elektriksel iletkenlik (ECse) 20 mM'yi ( $\sim 2$  dS/m) aşarsa tuzdan etkilenenler olarak sınıflandırılabilirler. Doğal olarak tetiklenen tuzluluğun ana nedenleri, tuzlu su girişi ve karada rüzgarla taşınan tuz birikimidir. Akdeniz bölgelerinde deniz suyunun akiferlere karışması ve acı su ile sulama nedeniyle artan tuz stresi sorunları yaşanmaktadır. Toprak tuzluluğunun bir diğer önemli nedeni de rüzgâr ve yağmurla taşınan okyanus tuzunun birikmesidir. Tuzlar aynı zamanda minerallerin ayrışmasından da kaynaklanır. Antropojenik faktörler arasında toprağın tuzlanmasının önemli ölçüde şiddetlendiği ve hızlandırıldığı tuzlu sularla mahsul sulanması yer alır.

Diğer faktörler ise inorganik gübreler, toprakta yapılan değişiklikler (örneğin alçı taşı, kompost ve gübre) sayılır (Paul ve Lade, 2014). Toprakta tuz biriktiğinde, tuzdan kaynaklanan aşırı sodyum ( $\text{Na}^+$ ) toprağın yapısını bozar, toprağın hidrolik özelliklerini bozar, toprağın pH'sını yükseltir ve su sızmasını ve toprağın havalanmasını azaltarak toprağın sıkışmasına, erozyonun ve suyun akmasının artmasına neden olur. Ayrıca sodyum, ikincil kil minerallerinin dispersiyon yoluyla en belirgin yıkıcısıdır. Dağılma, toprak agregatlarının yüzeyinde ve/veya katmanları arasında adsorbe edilen kalsiyumun ( $\text{Ca}^{+2}$ ) ve  $\text{Mg}^{+2}$  gibi diğer pıhtılaştırıcıların  $\text{Na}^+$  ile yer değiştirmesi nedeniyle meydana gelir (Ondrasek ve ark., 2010). Dağınık kil parçacıkları topraktan süzölmeye maruz kalır ve özellikle ince dokulu toprak katmanlarında birikerek gözenekleri tıkayabilir. Toprak, uygun kök büyümesi ve bitki gelişimi için uygunsuz hale gelir (Paul ve Lade, 2014).

Tuzdan etkilenen topraklar, farklı derecelerde tuzluluğa yol açan çeşitli oranlarda katyonlar ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Ca}^{+2}$ ) ve anyonlar ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$  ve  $\text{HCO}_3^-$ ) içerir. Tuz bileşenlerinin ana kaynağı, toprakta ve açıkta kalan kayalarda bulunan ve 1) buharlaşma sonucu oluşan tuz kabuğu, 2) yağış sonucu birikme veya 3) Toprak profilinde suda çözünme sonucu oluşan çözeltilerdir. Toprak tuzluluğundan başlıca sorumlu olan mineraller, karbonatlar, halojenürler, sülfatlar ve boratlar olmak üzere dört kimyasal grupta bulunur. Mineral grupları ve özellikleri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Toprak tuzluluğu genellikle 2 ila 32 dS/m arasında değişen değerlere sahip toprak elektrik iletkenliği (EC) ile ölçülür (Farifteh ve ark., 2008).

## **8. Sodyum ve potasyum**

Sodyum iyonları ( $\text{Na}^+$ ), hem genel ozmotik etkilerin hem de spesifik iyon toksitesinin bir sonucu olarak çoğu karasal bitki türünü olumsuz etkiler.  $\text{Na}^+$ , terleme akışı yoluyla bitki gövdesi boyunca ilerler ve bu, koruyucu hücrelerin apoplastik  $\text{Na}^+$ ya doğrudan maruz kalmasıyla sonuçlanır (Shabala, 2022). Halofitlerdeki tuzluluk toleransının sodyum iyonu düzenlemesinin bir fonksiyonu olduğu bildirilmektedir (Ahmed ve ark., 2016).

Periyodik Tablonun 1. Grubu'ndaki bitişik elementler olan sodyum ve potasyum benzer kimyasal özelliklere sahiptir. Ancak gelişmiş organizmaların biyolojisinde bu iki elementin çok farklı rolleri vardır ve kısa ve uzun mesafeli taşınmayla ilgili mekanizmalar tarafından çok farklı şekilde ele alınırlar. Yer kabuğundaki sodyum ve potasyum yüzdelerine ilişkin tahminler ağırlıkça %2.5

ile %3 arasında değişir; sodyum potasyumdan biraz daha fazladır ve bu konsantrasyonlar kalsiyum ve magnezyum yüzdelere benzerdir. Sodyumun büyük bir kısmı, ağırlıkça %30'a kadar deniz suyunda bulunurken, potasyum için yalnızca %1.1 ve kalsiyum için %1.2'dir. Klorür, yer kabuğında yalnızca %0.05 oranında bulunmasına rağmen deniz suyu tuzlarının kütlesinin %55'ini oluşturur. İnsanlar ve çoğu hayvan için fizyolojik çözeltelerde sodyum (potasyum, kalsiyum ve magnezyum için yaklaşık %0.02'ye kıyasla yaklaşık %0.8 ağırlık/hacim) ve klorür (%0.9) hakimdir ve her iki element de hayvanlar için gereklidir. Bu nedenle, sodyumu düşündüğümüzde aklımıza ilk olarak genel tuz-sodyum klorür gelir. Topraklarda durum toplu zeltelere göre daha karmaşıktır ve katyon konsantrasyonları (bitki kökü tarafından deneyimlendiği gibi) iyon değişimi, difüzyon ve kütle akış süreçlerinden etkilenir. Aşırı tuzların ozmotik etkileri aynı zamanda anyon ve katyonların kesin miktarları ve oranlarından da etkilenir (Gorham, 2016).

## 9. Kalsiyum karbonat

Kalsiyum karbonat mineralleri yer kabuğunun %4'n oluşturur ve tortul kayalarda ve su sistemlerinde bulunan en yaygın minerallerdir ve burada pH ve alkaliliğin kontrolünde önemli bir rol oynarlar.  $\text{CaCO}_3$  mineralleri ayrıca toprakta ve yüzeye yakın/akifer keltelerinde neredeyse her yerde bulunur ve beton bazlı muhafaza yapılarının başlıca hava koşulları ürünleridir. Karbonat mineralleri toprak ve çökeltelerde bulunan önemli mineraller olduğundan ve evre koşullarındaki değişikliklere tepki olarak çözünme ve yeniden çökelme yeteneklerine sahip olduklarından bu mineraller, besinlerin ve kirletici maddelerin döngüsünü ve kaderini ve yüzey suyunun (yani yüzey akışı), gözenek suyunun (yani vadoz bölgesi sulu fazı) ve yeraltı suyunun (yani yeraltındaki) kalitesini kontrol eden veya etkileyen çok sayıda süreç ve reaksiyona katılır. Bu reaksiyonlardan biri karbonat minerallerinin çözünerek bikarbonat iyonlarının tekrar çözeltiye salınmasıdır. Kalsiyum karbonat mineralleri, karbonat akiferlerinde önemli olan pH değişikliklerine karşı tampon görevi görebilir (Qafoku ve ark., 2022).

## 10. Sülfidler

Sülfid mineralleri, çok çeşitli metallerin dünyada ana kaynağıdır ve cevher minerallerinin en önemli grubunu oluşturur. Cevher yataklarında ve cevherleşme alanlarında yoğun olarak bulunmalarının yanı sıra, kayalarda aksesuar mineral olarak sınırlı sayıda sülfür mineralleri de bulunur. Pirit ( $\text{FeS}_2$ )

açık ara en bol bulunan sülfür mineralidir. Güncel çökeltilerin ve toprakların yüzeylerinin altındaki indirgeyici ortamlarda bulunan çok ince parçacıklı demir sülfürler, geçici türler olmasına rağmen hacimsel olarak da önemlidir. Sülfür mineralleri önemli metal kaynakları olmasının yanı sıra potansiyel kirlilik kaynaklarıdır. Özellikle, doğal kayalardaki veya maden atıklarındaki sülfürlerin aşınması yoluyla kükürtün salınması, sülfürik asit üreterek asit kaya drenajı veya asit maden drenajı ile sonuçlanır. Sülfür mineralleri dünyada yaşamın ortaya çıkmasında olumlu bir rol oynamış olabilir. Her ne kadar spekülasyon olsa da bu tür teoriler, büyük hacimlerde sülfür mineralleri üreten ve yeni yaşam formları ve ekosistemlerle ilişkilendirilen okyanus tabanındaki hidrotermal sistemlerin keşfedilmesinin ardından geliştirilmiştir. Büyük sülfürlerin kristal yapıları, kimyasal bileşimleri, fiziksel özellikleri, termokimyası ve faz ilişkileri, doğal oluşumlardaki sülfür minerallerinin makroskobik ve mikroskobik özellikleri gibi, 20. yüzyılın ikinci yarısında iyi bir şekilde oluşturulmuştur. Son yıllarda sülfür minerallerindeki kimyasal bağların anlaşılmasında ve sülfürlerin yüzey kimyasında büyük ilerlemeler görülmüştür (Vaughan, 2020). Alçı uygulaması, tuzdan etkilenen toprakların ıslahında yaygın olarak bilinen yöntemlerin başında gelir; diğer ilgili değişiklikler arasında elementel S, sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ), kükürt polisülfürleri ve hidrojen sülfür yer alır (Bello ve ark., 2021).

## **11. Kalsit**

Kalsit bir karbonat minerali olan  $CaCO_3$ 'tür ve kalsiyum karbonatın (kalsit, aragonit ve vaterit) en kararlı polimorfudur. Sarı renk tonu ile şeffaflık nedeniyle rengi süt beyazıdır. Parlaklığı beyaz çizgili camsıdır. Mineralin özgül ağırlığı  $2.71 \text{ g/cm}^3$ 'tür. En saf haliyle kalsit %56 CaO ve %44  $CO_2$  içerir (Halder, 2020). Eşkenar dörtgen kristal sisteminde kristalleşen kalsit, kalsiyum karbonatın termodinamik olarak kararlı fazıdır. Kalsitin ortorombik polimorfu olan aragonit, kalsite göre yaklaşık 1.5 kat daha fazla çözünürdür. Magnezyum kalsit, iskelet bileşenleri ve deniz çimentoları olarak oluşan karbonatların önemli bir alt grubudur. Bu nedenle, dünya yüzeyi sıcaklıklarında ve basınçlarında yaygın karbonat mineral türleri, en fazla çözünebilir magnezyum kalsit olmak üzere bir çözünürlük hiyerarşisi sergiler. Aragonit, kalsit ve ideal dolomit giderek daha az çözünür veya daha kararlı hale gelir (Moore ve Wade, 2001).

Kalsit, mutlak sıfırdan ayrışma sıcaklığına kadar tüm sıcaklık aralığı boyunca atmosferik basınçta  $CaCO_3$ 'ün termodinamik olarak kararlı formudur.

Kalsit genellikle kimyasal bileşim açısından saf  $\text{CaCO}_3$ 'e yakındır. Bununla birlikte, çeşitli iki değerlikli katyonlar kısmen Ca'nın yerini alabilir. Düşük magnezyumlu kalsit biyojen kökenli olarak çok yaygındır. Planktonik organizmaların iskeletlerini oluşturur ve tüm diyajenetik değişimler sırasında düzenli olarak kireçtaşı korumalarında stabil bir mineral olarak bulunur. Yüksek magnezyumlu kalsit, birçok çimento ve ooidde olduğu gibi en sık olarak birçok yeni karbonat iskeletinde, özellikle koralin alglerde, kalkerli süngerlerde, bryozonlarda ve serpülitte bulunur. Genellikle bazı tatlı su çökeltilerinde ve bunların çimentolarında bulunur. Kalsitli dolomit [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] karbonat kayaçlarında en yaygın görülen mineraldir (Haldar, 2020).

Çöl ve yarı çöl ekosistemleri, karbonatlara dönüştürülebilen alkali ve  $\text{CaCO}_3$  içeren toprakların geniş dağılımı nedeniyle  $\text{CO}_2$  yutakları olarak kabul edilir (Stone, 2008). pH ve toprak tuzluluğu, biyokimyasal ve fizikokimyasal süreçler yoluyla  $\text{CO}_2$  akışını ve karbonatın yeniden kristalleşmesini etkiler. Bununla birlikte çoğu çalışma, tuzluluk ve alkaliliğin, tek başına veya kombinasyon halinde, karbonat ve toprak  $\text{CO}_2$  konsantrasyonu arasındaki genetik ilişkiyi gösteren karbonatlaşma üzerindeki etkilerine çok az dikkat etmektedir (veya hiç ilgi göstermemektedir) (Zhao ve ark., 2016).

## 12. Sodik ve tuzlu/sodik topraklar

Sodik bir toprak, negatif yüklü kil parçacıklarıyla ilişkili aşırı konsantrasyonda sodyum (klorür hariç) iyonlarına sahiptir. Bu topraklarda tuzların ve/veya  $\text{Na}^+$  birikimi ya ana minerallerin hava etkisiyle aşınması (fosil ya da birincil tuzluluk/sodikliğe neden olur) ya da toprak ve su kaynaklarının uygunsuz yönetimini içeren antropojenik faaliyetlerden (insan yapımı ya da ikincil tuzluluk/sodikliğe katkıda bulunur) kaynaklanır. Tuzluluğun mahsul büyümesi üzerindeki olumsuz etkileri iki sebepten kaynaklanmaktadır: (1) ozmotik basıncın artması ve dolayısıyla topraktaki suyun bitkiler için daha az kullanılabilir hale gelmesi ve (2) bazı elementlerin kritik konsantrasyonların üzerinde alınmasının spesifik etkileri. Sodiklik, yüzeyde kabuklanma ve sertleşmeye neden olabilecek koşulların yanı sıra, kilin gevşemesi, şişmesi ve dağılması gibi fiziksel süreçlerin oluşturduğu topraklarda yapısal sorunlara neden olur (Qadir ve ark., 2008). Bu tür sorunlar su ve hava hareketini, bitkinin mevcut su tutma kapasitesini, kök nüfuzunu, akıntıyı, erozyonu ve toprak işleme ve ekim işlemlerini etkiler. Ayrıca hem tuzlu hem de sodik topraklarda bitki tarafından kullanılabilen besin maddelerindeki dengesizlikler bitki büyümesini etkiler. Dünya çapında birçok büyük sulama sistemi tuzluluk

probleminden zarar görmüştür (Sarraf ve ark., 2004). Genellikle en kötü tuzluluk etkileri, çiftçi topluluklarının nispeten fakir olduğu ve ekonomik zorluklarla karşı karşıya olduğu yerlerde ortaya çıkar. Şiddetli vakalarda tuzlanma, etkilenen toplulukların mesleki veya coğrafi olarak yer değiştirmesine neden olur ve erkek nüfus, tarım dışı alternatif gelir fırsatları arar (Qadir ve ark., 2006).

Tuzlu topraklar sodik değildir ve çoğu mahsul bitkisinin büyümesini olumsuz yönde etkileyecek yeterli miktarda çözünebilir tuz içerir. Bu toprakların doygunluk ekstraktı elektrik iletkenliğinin (ECe) alt sınırı geleneksel olarak 4 dS m<sup>-1</sup>'e (25°C'de) ayarlanır. Aslında hassas bitkiler bu tuzluluğun yarısı oranında etkilenirken, yüksek toleranslı bitkiler bu tuzluluğun yaklaşık iki katında etkilenir. Sodik topraklar, çoğu toprak ve bitki türü koşullarında mahsul üretimini ve toprak yapısını olumsuz yönde etkileyecek yeterli miktarda değişebilir Na<sup>+</sup> içeren, tuzsuz topraklardır. Bazı ülkelerde sodik topraklar için siyah alkali, alkali ve solonetz gibi diğer terminolojiler kullanılmıştır. Tuzlu-sodik topraklar, tuzdan etkilenen toprakların bir başka kategorisidir. Sodik ve tuzlu-sodik topraklar genellikle katyon değişim kompleksindeki veya toprak çözeltisindeki göreceli Na<sup>+</sup> miktarları ve buna eşlik eden tuzluluk seviyelerinin varlığı açısından tanımlanır. Dolayısıyla toprak sodalılığı, (1) ECe veya farklı oranlardaki toprak-su süspansiyonları ile ölçülen toprak tuzluluğunun ve (2) toprak çözeltisindeki çözünür iki değerlikli katyon konsantrasyonlarına göre çözünebilir Na konsantrasyonu (yani sodyum adsorpsiyon oranı, SAR) veya değiştirilebilir sodyum fraksiyonu (ESF), katyon değişim kapasitesinin (CEC) bir yüzdesi olarak ifade edilir, yani Değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP) (Qadir ve ark., 2008).

15'lik bir ESP (SAR 13), genel olarak, bu düzeyin altındaki toprakların sodik olmayan olarak sınıflandırıldığı ve üzerindeki toprakların dağıtıcı olduğu ve su uygulandığında ciddi fiziksel sorunlara maruz kaldığı eşik değeri olarak kabul edilir. Bununla birlikte, ECe'nin 4 dS m<sup>-1</sup>'den düşük olması durumunda, 5'ten düşük ESP değerlerinde sodik toprak davranışının oluşabileceğini gösteren infiltrasyon oranları ve hidrolik iletkenliklerle ilgili önemli veriler mevcuttur. Bu nedenle, Na<sup>+</sup>'nın toprak özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerinin boyutunu belirleyen temel faktör, toprak çözeltisindeki ortam elektrolit konsantrasyonudur; düşük konsantrasyonlar, değişebilir Na<sup>+</sup>'nın zararlı etkilerini şiddetlendirir. SAR, 0-40 aralığında (tarım topraklarında en yaygın olan ESP aralığı) ESP için bir temsili olarak yaygın şekilde

kullanılmaktadır (Qadir ve ark., 2008).

### 13. Tuzlanmış alanların artması

Tarım topraklarında tuz birikiminin zararlı etkileri hem eski hem de modern uygarlıkları etkilemiştir (Yamaguchi ve Blumwald, 2005). Toprak tuzlanması tarımsal faaliyetleri etkileyen ve ürün verimliliğini engelleyen kritik bir sorundur. Yaklaşık dünya topraklarının %6'sı tuzluluktan etkilenmiştir. Ayrıca dünya genelinde ekili tarım alanların büyük bir kısmı (%20'den fazlası) tuzluluktan etkilenmektedir ve bu oran her geçen gün artmaktadır (Shrivastava ve Kumar, 2015).

Tuzlanma ve alkalileşme, özellikle yağmur suyunun topraktan düzenli olarak süzülmesinin olmadığı kurak ve yarı kurak bölgelerde meydana gelen en yaygın arazi bozunumu süreçleridir. Böyle bir iklim koşulunda toprakta çözünebilir tuzlar birikerek toprak özelliklerini ve çevreyi etkileyerek toprak verimliliğinin azalmasına neden olur. Literatürde tuzlanma/alkalinleşme olarak adlandırılan bileşik bir süreç (bir dizi sürecin bir arada) (yarı)kurak bölgelerde en sık meydana gelen arazi bozulması türü olarak anılmaktadır. Bu süreçler, çeşitli faktörlerin karmaşık etkileşiminin ürünüdür ve genellikle yaklaşık on yıllık bir süre içinde, genellikle geri dönüşü olmayan değişikliklere neden olarak toprağın üretim potansiyelinin azalmasına yol açar. Tuzluluk sorunları özellikle yarı kurak bölgelerde büyük bir etkiye sahiptir, çünkü sert iklim koşullarına sahip bu alanlar, hızla artan nüfuslar için gerekli gıda ve lifi sağlama konusunda yüksek baskı altındadır. Bu baskı, esas olarak ortak tarımsal yoğunluk artırma politikasından kaynaklanan arazi kullanımındaki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Bu şekilde kullanım, diğerlerinin yanı sıra, tuzlanma/alkalinleşme gibi arazi bozunma süreçlerini hızlandırır ve sonuçta verimde azalmaya neden olur (Farifteh ve ark., 2006).

Tuzdan etkilenen topraklar dünya yüzeyinde yaygındır. Okyanuslar yaklaşık 355.000 km'lik kıyı şeridinde sahiptir ve bu kıyı şeridinin arkasında tsunami, fırtına dalgaları veya gelgit yüksekliğindeki aşırılıklar sonucunda tuzlu su taşkınları nedeniyle tuzlanmaya karşı hassas alanlar bulunmaktadır. Ancak okyanus kıyılarının doğrudan su altında kalması, toprağın tuzlanmasının tek yolu değildir. İyi drenajın olmadığı sulama ve arazi temizliği de tuzdan etkilenen toprakların gelişmesine yol açar. Çoğu bitki için tuzluluk, büyümenin ve dolayısıyla mevcut ve gelecekteki tarımsal üretimin önünde önemli bir kısıtlamadır (Rengasamy, 2006). Tuzluluk tarım için bir tehdittir ve basit bir



çözüm bulmanın zor olduğu bir tehdittir (Payen ve ark., 2014).

#### **14. Deniz suyu seviyesinde ve yeraltı suyu seviyesinde artış**

Deniz suyu seviyesinin yükselmesine neden olan kaçınılmaz küresel iklim değişikliği, sulama sistemlerinin bozulmasını ve yer altı su kaynaklarının kirlenmesini daha da kötüleştirmektedir. Bu durumun artması, çoğu ürünün tuzluluğa karşı duyarlılığı nedeniyle geleneksel tarım uygulamalarını imkânsız hale getirme riskini doğurur. Bitki büyümesini tuzdan daha fazla kısıtlayan başka hiçbir toksik madde bilinmemektedir. Tuzluluk, tarımsal uygulamalarla daha da güçlendirilen doğal ve insani müdahalelerle tarımsal araziye bozar. Ekilebilir alanların önemli yüzdeleri tuzluluktan etkilenmektedir (Joshi ve ark., 2015). Tuzdan etkilenen araziler, çözünmüş tuzları toprak yüzeyine taşıyan su tablasını yükselten ormansızlaşma ve yeraltı suyuyla sulama yoluyla dünya çapında artmaktadır. Bu nedenle, sulamaya uygun yeraltı suyunun yetersiz veya kalitesiz olması nedeniyle deniz kıyısı ve iç kesimlerin geniş bölgeleri çorak durumdadır (Gul ve ark., 2009).

#### **15. Kıyı kumullarına tuz serpintisi**

Tuz serpintisi esas olarak dalgaların kırılması sırasında kabarcıkların patlamasından kaynaklanır ve genellikle kıyı kumullarındaki bitki örtüsünün bölgeselleşmesine katkıda bulunan baskın faktörlerden biri olarak kabul edilir. Tuz serpintisi dağılımı dalga enerjisinden, rüzgar koşullarından, kıyıda uzaklıktan, topoğrafyadan, bitki örtüsünden, yağıştan ve kum/toprak özelliklerinden büyük ölçüde etkilenir. Bitki örtüsünün tuz birikimi miktarı ve yakalama etkinliği büyük oranda bitki mimarisi ve yaprak morfolojisi gibi bitki özelliklerine bağlıdır. Kumdaki tuz konsantrasyonları esas olarak toprağın dokusuna göre değişir. Tuz spreyinin bitki büyümesi üzerinde olumsuz etkileri vardır ve su stresine neden olabilir, doku nekrozunu ve yaprak kaybını teşvik edebilir, stoma iletkenliğini, su kullanım verimliliğini, fotosentezi azaltabilir, asimilatları etkileyebilir veya büyüyen organlara hormon tedarikini etkileyebilir. Kum ve rüzgârın aşındırması ve böceklerin yapraklara verdiği zarar bitkilere verilen zararı artırır. Yüksek nem, çiy oluşumu, hafif çiseleme ve sis, bitki yapraklarının tuz alım oranlarını artırır. Bitki fideleri ve generatif organlar, sırasıyla olgun bitkiler ve bitki yapraklarıyla karşılaştırıldığında tuz spreyinden daha fazla etkilenir. Tuz spreyi aynı zamanda özellikle toprağın beslenmesi ve tuz birikim oranlarının düşük olduğu kıyı kumullarındaki bitkilere de besin sağlayabilir. Denize yakın türler sıklıkla, hareketsiz

zamanlar/mevsimler, alçak yükseklikler, sıkıştırılmış ve asimetrik kanopiler, benzersiz yaprak morfolojileri ve/veya yönelimleri, yoğun tüyler, sert kütiküller ve kapalı stomalar dahil olmak üzere tuz spreyine karşı fenolojik, morfolojik ve fizyolojik adaptasyonlar gösterir. İnsan faaliyetlerinden üretilen yüzey aktif maddeler, ortalama tuz spreyi seviyelerinde bitkiler üzerindeki hasarı ağırlaştırabilir (Du ve Hesp, 2020).

## 16. Deniz seviyesinin yükselmesinden kaynaklanan tuzlanma

İklim değişiklikleri ve kıyıdaki tarım topraklarının ve sulak alanların tuzlanmasıyla ilişkili bir tehdit, dünya çapındaki deniz seviyesinin yükselmesinden kaynaklanmaktadır; bu aynı zamanda biyolojik çeşitliliği de tehlikeye atmaktadır; kıyıdaki tatlı su içeren sulak alanlar, dünya üzerindeki en yüksek biyolojik çeşitliliğe sahip ortamlar arasında yer almaktadır. Blankespoor ve ark. (2012), deniz seviyesindeki 1 metrelik artışın ardından tatlı su kıyısındaki sulak alanların %64'ünün kaybolacağını ve tuzlu su sistemlerine dönüştürüleceğini, bölgesel kayıp oranlarının Orta Doğu ve Kuzey Afrika (%100), Latin Amerika'da ve Karayipler (%74), Sahra Altı Afrika (%72.5), Doğu Asya ve Pasifik (%62.2)'de yüksek olacağını öngörmüştür. Deniz seviyeleri yükseldikçe tatlı su ekosistemlerine deniz suyu girişinin sıklığı, süresi ve mekansal boyutu artar (Weissman ve Tully, 2020). Güçlü rüzgarlar yüksek gelgit dalgalarını karanın daha içlerine doğru itebilir ve uzun kuraklık dönemleri tuzların yüzey toprağı ufuklarında birikmesine neden olur. Topraklar sular altında kaldığında, tuzluluğun acı sularla kararlı durum dengesine yaklaşması beklenir (Abbas ve ark., 2013), ancak bu gerçekleşmeden önce bile periyodik olarak su altında kalan topraklardan gelen buharlaşma, toprak tuzluluğunun tekrar tekrar istila eden sulardan daha yüksek seviyelere artmasına neden olacaktır. Coğrafi özellikler etkilerin farklılaşmasına katkıda bulunur: belirli bir gelgit aralığı içinde, tuzlu bataklıklarda belirli bir toprak yüksekliğinde su baskını sıklığı genellikle gelgit derelerinin uzunluğu ve kıvrımlılığı veya kıyından uzaklık gibi peyzaj özelliklerinden etkilenir. Bu faktörler, hakim rüzgarların yönü gibi yerel iklim özellikleriyle birleşebilir ve yerel olarak farklı su baskını modellerine yol açabilir (Yang ve ark., 2015).

Kıyıdaki tarım uygulamaları, yüksek arazilerdeki tarıma göre daha az dirençlidir, çünkü yeraltı suyu tuzluluğundaki daha sık değişikliklerle, zaman zaman yaşanan deniz su baskını, su stresi ve su basması ile başa çıkmaları gerekir (Awal, 2014). Kıyı sulak alanları, deniz süreçlerindeki değişikliklere ve yukarı havzalardan gelen tatlı su akışlarına duyarlı, değerli geçiş ortamlarıdır.

Herbert ve ark. (2015) kıyı sulak alanlarında tuzlanmanın beş mekanizmasını tanımlamışlardır: 1) yüzey veya yüzey altı deniz suyu girişi, 2) nehir tatlı su akışının azalması, 3) yüzey altı tatlı su değişimi, 4) kıyı jeomorfolojisinin antropojenik değişimi ve 5) fırtına nedeniyle dalgalanmalar. Kıyı tatlı su sulak alanlarının tuzlanmasının ana nedeni şüphesiz yüzey veya yüzey altı deniz suyu girişimidir.

Kıyıda tatlı su sulak alanlarının tuzlanmasından sorumlu diğer mekanizma, yeraltı suyunun beslenmesi ve boşaltılmasındaki değişikliklerle ilgilidir (Galliari ve ark., 2021). Akiferler genellikle o kadar yoğun bir şekilde sömürülmektedir ki, doğal hidrolojik rejimleri büyük oranda bozulmakta ve dengeleri bozulabilmektedir. Özellikle, deniz suyu girişindeki değişiklikler çok doğrusal değildir ve önemli eşikler veya farklılaşmalar sergiler; bunun ötesinde, deniz seviyesi ve/veya yeraltı suyu yönetimindeki küçük değişikliklere bile yanıt olarak kıyı akiferine tam deniz suyu girişi meydana gelebilir (Elliott ve ark., 2016). Yoğun nüfuslu Akdeniz kıyılarındaki birçok akifer halihazırda deniz suyu girişimine maruz kalmaktadır (Mazi ve ark., 2014). Diğer bir mekanizma olan kıyı jeomorfolojisinin antropojenik manipülasyonları, esas olarak kıyı taşkın yatağı sulak alanlarını etkiler (Mancuso ve ark., 2020). Ayrıca fırtına dalgaları, nehir ağızı boyunca kıyıda tatlı su sulak alanlarına ve denizle kalıcı hidrolojik bağlantısı olmayan kıyıya yakın lagünlere ve depresyonlu sulak alanlara tuzlu su getirebilir (Guimond ve Michael, 2021).

## **17. İç suların tuzlanması**

İç suların tuzlanması önemli bir çevre sorununu temsil etmektedir. Havzalara ve iç sulara giren büyük miktarlardaki klorür, biyota içerisinde ve abiyotik olarak çökeltelerde ve yeraltı suyunda tutulabilmektedir (Kaushal, 2009). Tuzlanma, doğal veya antropojenik faktörlerin neden olduğu akiferin toplam çözünmüş katı maddelerinde meydana gelen bir artıştır. Tuzlanma süreçleri ve kaynakları iç ve kıyı akiferleri için farklılık gösterir. İç kesimlerde bulunan kentsel alanlarda tuzlanma jeojenik veya antropojenik faktörlerden kaynaklanabilir. Tuzlu su, bazı bölgelerde doğal olarak tatlı su akiferlerinin daha derinlerinde bulunur. Bu tuzlu akiferlerden gelen su yüzeye boşaltıldığında tatlı su akiferleri de kirlenebilir. Ayrıca tuzlu su ile tatlı suyun yeraltında karışması ve tatlı su akiferinin tuzluluğunun artması da mümkündür. Akiferlerin tuzluluğu, yağışın dağılımına ve oranlarına, buharlaşma ve beslenme oranlarına, akifer malzemesinin türüne ve özelliklerine, kalma süresine, akış hızlarına ve deşarj alanlarının doğasına bağlıdır (Brindha ve

Schneider, 2019). Tuz birikintileriyle temas halinde olan akiferler aynı zamanda doğal kaya-su etkileşim süreçleri nedeniyle tuza dönüşür. Bu tuzlu akiferlerden pompalanan su, doğrudan su temini veya endüstriyel amaçlarla kullanılamaz. Kentsel alanlardaki iç sulardaki tuzlanmanın ana antropojenik kaynakları arasında, uygun drenaja sahip olmayan kuru alanların sulanması, iklim değişikliğinin kolaylaştırdığı artan buharlaşma ve azalan yağış, aşırı yeraltı suyu pompalaması, yüksek tuz içeriğine sahip atık suyun endüstriler tarafından dikkatsizce yüzeye atılması vb. yer almaktadır (Foster ve Chilton, 2003). Hindistan ve Pakistan'da sulama ve ağır yeraltı suyu pompalamasının neden olduğu tuzlanmanın yaygın olarak görüldüğü rapor edilmektedir (Brindha ve Schneider, 2019).

Nehirlerin tuzlanması biyolojik çeşitlilik için küresel bir tehdittir ve nehirlerin, sulak alanların ve göllerin ekosistem ürünleri ve hizmetlerini tehlikeye atar. Tuzlanma, tuzlu su baskınları veya su baskını, setlerin kırılması veya büyük iç su kütlelerinin kurumması nedeniyle oluşur. Sulama sularının tuzluluktan olumsuz etkilendiği durumlarda tuzlanma meydana gelebilir (Harper ve ark., 2021).

## 18. Atıksuyla sulama

Atık suyla sulama, ilk olarak eski Mısırlılar, Mezopotamyalılar, Minoslular ve İndus vadisi toplumlarının tarih öncesi uygarlıkları tarafından M.Ö. 3500'den beri uygulanıyordu. Uygulama MÖ 2600'de su kıtlığı nedeniyle teşvik edilmeye devam etmiş ve MÖ 1700'de Girit'te atık suyun yeniden kullanımı uygulanmıştır. MÖ 500 yıllarında Akropolis'in güneydoğu bölgesindeki kentlerin eteklerinde havza koleksiyonu bulunmuştur (Tzanakakis ve ark., 2007). Bu uygulama Romalılar tarafından sürekli olarak uygulanmıştır. Modern yüzyıllarda, Almanya ve İskoçya'da sırasıyla 1531 ve 1650 yıllarında atık su sulama çiftlikleri kurulmuştur (Angelakis ve ark., 2018). Atık su arıtma teknolojilerinin kullanılmaya başlanmasından önce, tarım alanlarındaki atık suyun bertarafı, su kütlesi kirliliğini önlemek için yeni bir strateji olarak benimsenmiştir. 1990'larda kısmen arıtılmış atık su ile sulama Paris'te yaygın bir uygulama haline geldi. Avustralya'da, 1897'den bu yana araziyi stabilizasyon havuzları aracılığıyla sulamak için büyük atık su sulama çiftlikleri inşa edilmiş ve Mexico City, 1904 yılında kurak Meksika Vadisi'nde ilk büyük atık su sulama bölgesini kurmuştur. Son yıllarda, atık suyun yeniden kullanımında gelişmeler yaşanmıştır. Atık suyun yeniden kullanımının Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'de %10-30 oranında arttığı ve Avustralya'da

%40'ı aştığı hızlı bir büyüme söz konusudur (Aziz ve Farissi, 2014). Doğrudan planlama ve plansız uygulamalarla atık su sulama, İsrail'de toplam atık suyun yaklaşık %67'sini, Hindistan'da %25'ini, Güney Afrika'da ise %24'ünü oluşturur oldu. Atık su arıtma teknolojilerinin hızlı gelişimi ve geniş kabul görmesi ile birlikte, gelişmiş ülkelerde geri kazanılmış suyun uygulaması sulamadan dolayı ve doğrudan içilebilir yeniden kullanıma kadar genişletilmiştir (Chow ve Foo, 2023)

## **19. Tuzlu topraklar**

Dünyanın tuzlu yöre ve alanları, ılıman kuşağın tuz bataklıkları, yarı tropik ve tropik bölgelerin mangrov bataklıkları ve tuz göllerine bitişik iç tuz bataklıklarından oluşur. Tuzlu topraklar yarı kurak ve kurak bölgelerde yaygındır. Bu bölgelerde yağış miktarı, toprakta yeterli yıkanmayı sağlayacak düzeyde değildir. Tuzluluk sorunları, sulanmamış tarım alanlarında, ya tuzlu taban suyunun toprak yüzeyinden buharlaşması (evaporasyon) ve terlemesi (bitkiden terleme yoluyla su kaybı, transpirasyon) sonucu olarak veya bilinçsiz aşırı gübrelemeyle toprağa tuz katılması nedeniyle ortaya çıkar. Bu tuzluluk etkenleri, sulanan tarım alanlarında özellikle kritik ve etkilidir. Tuzluluk çok önemli tarihsel bir faktördür ve tarımsal sistemlerin yayılmasında önemli bir etkiye sahip olmuştur. Tuzluluk tarihsel çağlarda, tarım toplumlarını zaman zaman çökertmiştir. Çok daha yakın dönemde tuzluluk Hindistan yarımadasının (alt kıta) büyük alanlarını tuz birikimi ve kötü su yönetimi gibi yollarla verimsiz kılmıştır. Örneğin Pakistan'da kanal sulaması yapılan 15 milyon hektar alandan, yaklaşık 10 milyon hektarı giderek tuzlulaşmaktadır (Wyn Jones, 1981). Dünya ölçeğinde, tuzluluk nedeniyle sulama dışı kalan alan miktarının, sulamaya alınan miktardan daha fazla olduğu ileri sürülmektedir (Vose, 1983). Çeltik yetiştiriciliğinde de tuzluluk, en önemli beslenme sorunudur.

İyi kalite su bile 1 m<sup>3</sup>'te 100-1000 g tuz içerir. Hektara yıllık 10.000 m<sup>3</sup> su uygulaması ile toprağa 1-10 ton arasında değişen tuz katılmış olmaktadır. Suyun buharlaşması ve terlemesi sonucu toprakta tuzlar ayrıca birikir. Bu tuzların topraktan, yıkama ve drenaj yoluyla periyodik olarak uzaklaştırılması gerekir. Bu topraklara uygun teknolojiler uygulandığında bile, önemli konsantrasyonlarda tuz içerirler. Kalan bu tuz bile çoğu zaman, tuza direnci (toleransı) düşük kültür bitkilerinde üründe azalmalara neden olur.

Birçok tarla bitkisi ve odunsu kültür bitkisinin tuza direnci nisbeten düşük olmakla birlikte, çeşitler arasında olduğu kadar, bir çeşidin varyeteleri arasında da tuza tolerans açısından, genetik farklılıkların oluşu umut vericidir. Dolayısıyla tuza tolerans yönünden seçim ve ıslah (melezleme) çalışmaları, sadece yarı kurak ve kurak iklim bölgelerindeki geleneksel tarımsal üretim yönünden önem taşımaz, aynı zamanda, deniz suyunun sulamada kullanılması yönünden de sınırsız bir kaynak ya da potansiyel sunmuş olur. Epstein ve ark. (1980) bu potansiyel örneklerine dikkat çekmiştir. Adı geçen araştırmacılar bazı arpa suşları ile, sulamada seyreltilmiş deniz suyu kullanarak, ek azot ve fosfor sağlanması sonucu, 1 ton/ha düzeylerine varan dane ürünü elde edilebileceğini göstermişlerdir.

## 20. Toprak özellikleri ve sınıflama

Topraklar, çoğu tarla bitkisi çeşidinin büyümesini engeleyecek düzeyde çözünebilir tuz içerirlerse, tuzlu kabul edilirler. Ancak sözü edilen tuz miktarı sabit bir değer değil, fakat bitki çeşidi, tekstür ve toprağın su kapasitesi ve tuzların kompozisyonuna bağlı olarak değişen miktarlardır. Dolayısıyla tuzlu toprakları, tuzlu olmayanlardan ayırma ölçütleri tümüyle keyfidir. ABD tuzluluk laboratuvarının tanımlanmasına göre tuzlu toprak, doyunluk ekstraktı (su ile doyun topraktan ekstrakte edilen çözelti) 4 mmhos/cm'den (yaklaşık 40 mM NaCl/litre konsantrasyonuna eşdeğer) büyük elektriksel ilektenliğe ( $EC_e$ ) ve 15'den az değişebilir sodyum yüzdesine (ESP) sahiptir. Tuz fazlalığı nedeniyle tuzlu topraklar, genellikle floküle olmuşlardır ve iyi havalanırlar. Her ne kadar tuzlu toprakların pH'sı oldukça geniş bir aralıkta değişirse de, çoğunlukla nötralite dolayındadır veya biraz alkaliniteğe doğru eğilimlidir. Tuzluluğun en yaygın olduğu büyük toprak grubu soloncaklardır. ESP'si 15'den büyük olan tuzlu topraklar, "tuzlu-alkali" veya "tuzlu sodik" topraklar olarak adlandırılırlar. Bu topraklar yüksek pH'ya sahiptirler ve yıkanma yoluyla çözünebilir tuzlar uzaklaştırıldığında, su ve hava geçirgenliklerinde azalma eğilimi görülür.

Tuzlu toprakların bitkisel üretime uygunluğunun değerlendirilmesinde  $EC_e$  ölçümü, toprağın tuz kapsamını karakterize etmek için kolay ve çabuk bir yöntem oluşturur. Yöntemin temel ilkesi; Doygunluk ekstraktının 25 °C'deki elektriksel ilektenliği ve toprağın tuz kapsamı arasındaki ilişkiyi satürasyon çamurunda veya toprak çözeltide oransal olarak %  $EC_e$  ve mPa'sında hesap yoluyla tespit etmektir (U.S.Salinity Laboratory Staff, 1954).  $EC_e$ 'den yararlanarak, doyunluk ekstraktının ozmotik potansiyeli (solut potansiyel) de

hesaplanabilir:  $(EC_e) \times (-0.36)$  bar veya  $- 0.036$  mPa/mmhos x cm.  $EC_e$  doygunluk ekstraktında ölçüldüğünden değer 100'dür, tarla kapasitesindeki toprak çözeltisinde tuz konsantrasyonu, doygunluk ekstraktının yaklaşık iki katı olacaktır, buda 50'dir ve nem düzeyi tarla kapasitesi altına düşerken, tuz konsantrasyonu da uyumlu olarak artacaktır. Bir karşılaştırma yapmak için deniz suyu  $EC_e$ 'si 44-55 mmhos/cm arasında değiştiği ve iyi kalite sulama suyunun ise kural olarak 2 mmhos/cm'den az  $EC_e$ 'ye sahip olması gerektiği söylenebilir. Ancak tuzlu topraklarda, bitki büyümesi için tek başına doygunluk ekstraktının  $EC_e$ 'si, temelde iki nedenle yetersiz bir göstergedir. Bu nedenler: (a) Kök yüzeyindeki gerçek tuz konsantrasyonu, toprak genel hacminden çok yüksek olabilir ve (b)  $EC_e$  sadece toplam tuz konsantrasyonunu (kapsamını) karakterize eder, fakat kompozisyonunu değil. Her ne kadar NaCl genellikle egemen tuz ise de diğer tuzlar da, tuzlu suyun kaynağı ve tuzların çözünürlüğüne bağlı olarak, değişik kombinasyonlarda bulunabilirler (Çizelge 1). Ayrıca tuzlu topraklar ve sularda bor konsantrasyonu, bitki büyümesi yönünden, tek başına tuz konsantrasyonuna göre çok daha önemli ve kritik duruma gelebilir. Litre başına 0.5 mg'dan fazla bor ( $> 0.5$  mg B/litre) turuncuğil ve ceviz gibi duyarlı çeşitlerde zarara yolaçabilir. 2.0 mg/litreden (ppm) yüksek B konsantrasyonları ise, çoğu bitki çeşidi için zararlıdır.

**Çizelge 1.** Tuzların 25 °C'deki Çözünürlükleri.

Tuz	Çözünürlük (meq/litre H <sub>2</sub> O)
Kalsiyum klorür (Ca Cl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O)	25.470
Mağnezyum klorür (Mg Cl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O)	14.955
Sodyum klorür (NaCl)	6.108
Mağnezyum sülfat (MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O)	5.760
Sodyum bikarbonat (Na HCO <sub>3</sub> )	1.642
Sodyum sülfat (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> OH <sub>2</sub> O)	.683
Kalsiyum sülfat (CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O)	.030

## 21. Abiyotik stres etkenleri ve bitkilerin strese tepkileri

Organizmalar, yaşam ortamlarında düzenli olarak, genel olarak optimal yaşam koşullarında uyumlarını azaltan önemli çevresel sapmalar olarak tanımlanan stres faktörlerine maruz kalır (Roelofs ve ark., 2008). Çevresel stres etkenleri çok çeşitlidir: abiyotik ve/veya biyotik olabilirler ve genellikle maruz kalma süresi (akuttan kronikliğe) ve yoğunluk bakımından (geniş yelpazede)

değişiklik gösterirler. Bitki abiyotik stresi ihtisas alanı, çeşitli türler üzerinde stres oluşturabilecek çevresel abiyotik faktörler veya stres etkenleri üzerine yapılan tüm çalışmaları kapsar. Bu stres etkenleri arasında uç düzeyde ışık (yüksek ve düşük), radyasyon (UV-B ve UV-A), sıcaklık (yüksek ve düşük - üşüme, donma), su (kuraklık ve su basması), kimyasal faktörler (ağır metaller ve pH), aşırı Na<sup>+</sup> nedeniyle tuzluluk, temel besin maddelerinin eksikliği veya fazlalığı, gaz halindeki kirleticiler (ozon, kükürt dioksit), mekanik faktörler ve daha az sıklıkta meydana gelen diğer stres etkenleri yer alır. Bu streslerin arazi koşullarında sıklıkla kombinasyonları meydana gelir ve tekli stres etkenlerinden farklı, tahmin edilemeyen benzersiz etkilere neden olabilir (Sulmon ve ark., 2015). Organizmalar sıklıkla, biyolojik tepkilerini önemli ölçüde etkileyebilecek birbiriyle ilişkili veya ilgisiz birçok stres etkeniyle aynı anda başa çıkmak zorundadır. Doğal ekosistemlerdeki kimyasallar, eser miktardan yüksek seviyelere kadar olan konsantrasyonlarda ve çoğunlukla tahmin edilemeyen toksisiteye sahip karmaşık karışımlar halinde ortaya çıkar (Fent, 2004).

### 21.1. Stres etkileri ve mahsul ilişkisi

Stres koşulları ciddi sorunlardır ve modern çeşitlerin mahsul üretimini sınırlar. Düşük ve yüksek sıcaklık, kuraklık, su, tuzluluk, ağır metaller ve pestisitler gibi abiyotik stresler tarımsal ekonomik koşullar üzerinde olumsuz etkiye sahiptir ve dünya çapında gıda güvenliğini tehdit etmektedir. Bitki veriminin streslerden etkilenmesi, suyun az bulunmasından veya besin alımındaki bozukluktan kaynaklanmaktadır. Bu durum eksiklik semptomlarına veya iyon toksisitesine yol açarak hücrelerde kloroplastın dejenerasyonu, fotosentezin bozulması, klorofil ve makromoleküllerin bozulması, mitokondri ve hücre çekirdeği parçalanması, membranın bozulması ve sızdırması gibi fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde değişikliğe yol açarak oksidatif hasara neden olabilir. Stresler aynı zamanda bitkilerde erken yaşlanmayı da tetikler ve bu da mahsul verimi üzerinde zararlı bir etkiye sahip olur. Bitkiler, çeşitli metabolik süreçleri düzenleyerek abiyotik streslere karşı tolerans konusunda karmaşık yanıtlara sahiptir. Bu nedenle, bitkilerde stres toleransının düzenlenmesinde yer alan mekanizmaların araştırılması ve bitkisel üretimi artırmak için stresin bitkiler üzerindeki etkilerini azaltmak için gerekli stratejilerin araştırılması önemlidir (Jalil ve Ansari, 2020).

Abiyotik stres, dünya çapında tarla mahsullerinde verim kayıplarının başlıca nedenidir. Kuraklık ve tuzluluk stresi tarımın karşılaştığı en önemli



çevresel zorluklardır. Sürekli artan dünya nüfusunun gıda talebini karşılamak için stresli ortamlarda verim üretimini ve istikrarı iyileştirmek gerekmektedir. Tarla mahsulleri genellikle genetik verim potansiyellerinin tam olarak ortaya çıkmasını engelleyen elverişsiz çevre koşulları altında yetiştirilir. Tarım arazilerinin kaybıyla (kentleşme süreçleri nedeniyle) ve azalan su mevcudiyetiyle (iklim değişikliğiyle bağlantılı olarak) birlikte artan insan nüfusu, dünya tarımı için ciddi zorluklar oluşturmaktadır (Peleg ve ark., 2011). Çeşitli abiyotik stres koşulları arasında su eksikliği en yıkıcı faktördür (Araus ve ark., 2008). Dünyadaki ekilebilir alanların yaklaşık üçte biri tarım için kronik olarak yetersiz su mevcudiyetinden muzdariptir ve hemen hemen tüm tarım bölgelerinde mahsul verimi kuraklık nedeniyle periyodik olarak azalmaktadır (Bruce ve ark., 2002).

## **21.2. Tuzluluk ve bitki büyümesi**

### **21.2.1. Su açığı ve iyon fazlası**

Tuzlu topraklarda büyüyen bitkiler iki sorunla karşılaşır. Bunlar: 1) Toprak çözeltisinde yüksek tuz konsantrasyonu (yüksek ozmotik basınç ve onunla uyumlu olarak düşük toprak su potansiyeli) ve 2)  $Cl^-$  ve  $Na^+$  gibi potansiyel olarak zehirli iyonların yüksek konsantrasyonları veya tuz iyonlarının uygun olmayan kombinasyonları (örneğin yüksek  $Na^+ / Ca^{+2}$  oranı gibi). Tuz atım ya da dışlama mekanizması, iyon zehirliliğini en düşük düzeye indirir, fakat bitkilerde su açığını artırır ya da hızlandırır. Öte yandan tuz absorpsiyon mekanizması, ozmotik ayarlamayı kolaylaştırır ve olanaklı kılar, fakat iyon zehirliliği ve beslenme dengesizliğine yol açar. Yüksek toprak tuzluluk düzeylerinde, iyon fazlası ve su açığının, büyüme yasaklanmasındaki oransal katkı paylarını belirlemek çoğunlukla olası ve olanaklı değildir. Ancak çoğu durumlarda tuza duyarlı çeşitlerde büyüme yasaklanması, düşük tuzluluk düzeylerinde bile, temelde iyon zehirliliğinin bir sonucudur, büyüme gerilemesine, iyon zehirlenmesi neden olur.

### **21.2.2. Tuzluluğa büyüme tepkisinde genotipsel farklılıklar**

Bitki çeşitleri tuzluluğa karşı gösterdikleri büyüme tepkisi yönünden, oldukça büyük ayrıcalıklar gösterirler. Nisbeten yüksek  $NaCl$  düzeylerinde halofitlerin büyümesi optimaldir. Bu tepki, söz konusu bitki çeşitlerinde sodyumun mineral besin görevi yapması ile sadece kısmen açıklanabilir.

**Çizelge 2.** Kültür Bitkilerinin Tuz Toleransları. Başlangıç Ürün azalma Noktasında Sınır ECe (25°C) Değeri ve Tuzluluk Sınır Değerinin Ötesinde Birim ECe Başına Ürün Azalması (Maas ve Hoffman, 1977).

Bitki çeşitleri	Sınır ECe değeri (mmhos/cm)	Sınır ECe'nin ötesinde ürün azalması (%)
Arpa	8.0	5.0
Şeker pancarı	7.0	5.9
Buğday	6.0	7.1
Soya fasulyesi	5.0	20.0
Domates	2.5	9.9
Mısır	1.7	12.9
Fasulye	1.0	19.0

Bir bitki çeşidinin tuza toleransı veya duyarlılığını sınıflandırma, toprak doygunluk ekstraktının ECe'si ve belli bir ECe değeri ile ilgili olarak ortaya çıkan ürün azalması temeline dayandırılabilir (Bernstein, 1964); Son zamanlarda, yem bitkisi çeşitleri ve meyve ağaçları yanında, tarla bitkilerinin de tuza oransal toleranslarının değerlendirilmesi, iki parametreye dayandırılmıştır. Bunlar: (1) Sınır ECe'si (ürün azalmasının olmadığı doruk tuzluluk) ve (2) Sınır tuzluluğun ötesinde birim tuzluluk artışı başına % ürün azalması (1 Ece'ye karşılık gelen % ürün azalması). Ayrıntılı bir çalışmadan alınan örnekler Çizelge 2'de verilmiştir. Şurası açıktır ki arpa, örneğin mısır ve özellikle fasulyeye göre nisbeten yüksek tuzluluk düzeylerini hazmedebilmektedir.

Bir bitki çeşidinin değişik varyetelerinin, tuza toleransları arasında büyük farklılıkların bulunduğu, uzun yıllardan beri bilinmektedir. Bu konuda bazı kaynak bilgileri Duvick ve ark. (1981) ve Vose (1983) tarafından özetlenmiştir. Farklara ilişkin birkaç örnek Çizelge 3'de verilmiştir. Bir çeşit içindeki genetik ayrıcalık, sadece tuza tolerans mekanizmasını araştırmada yararlı bir araç değil, fakat aynı zamanda, yüksek tuza tolerans için eleme ve melezleme çalışmalarına da önemli bir temel oluşturur. Bu alandaki gelişmeler, özellikle çeltikte son derece görkemli ve arpada etkileyici olmuştur.

**Çizelge 3.** Bitki Çeşitleri içinde Varyetelerin Büyüme Gerilemesine Tuzluluğun Etkisi. Kültivarların Tuza tolerans Farklılıkları, Oransal Değer Aralıkları ile Gösterilmiştir. Kontrol (Tuz içermeyen) = 100.

Bitki Çeşitleri	İşlem (mM NaCl)	Büyüme parametresi	Kültüvar büyüme depresyonu (%)	Kaynak
Arpa	125	Dane ürünü	45 < 5	Greenway, 1962
Buğday	~50	Dane ürünü	90-50	Bernal ve ark., 1974
Şeker pancarı	150	Toplam kuru ağı.	93-49	Marschner ark., 1981
Soya fasulyesi	50	Toplam kuru ağı.	75-44	Lauchli ve Wieneke, 1979
Tütün	500	Yaşayabilen bitkiler	100-15	Nabors ve ark., 1980
Fasulye	Tuzlu-Sodik toprak	Yaşayabilen bitkiler	79-1	Ayoub, 1974

Belli bir bitki çeşidi veya kültüvarın tuzluluğa duyarlılığı, bitki gelişme döneminde (dönemi içinde ve boyunca) değişebilir. Bitki çeşidi, varyete veya çevresel etkenlere bağlı olarak, gelişme dönemi boyunca tuzluluğa duyarlılık azalabilir veya artabilir. Örneğin şekerpancarı, yaşam döngüsünün büyük bölümünde tuzluluğa oldukça dirençli ve fakat çimlenme döneminde duyarlıdır. Öte yandan çeltik, domates, buğday ve arpanın tuza duyarlılığı, çimlenmeden sonra genellikle artar (Maas ve Hoofman, 1977). Mısırdaki tuza duyarlılık, püsküllenmeyle özellikle yüksek ve dane dolumunda düşüktür (Maas ve ark., 1983). Bitki gelişme döneminde tuza duyarlılık değişimlerine ilişkin araştırma sonuçları çoğunlukla çelişkilidir. Lynch ve ark. (1982) bu konuda, belli bir bitki çeşidi için bile genelleme yapmanın son derece güç olduğunu sergilemişlerdir. Adı geçen araştırmacılar, fide döneminde duyarlı olan çoğu bitki çeşidinin, olgunlukta oldukça dirençli, öte yandan başka bir kültüvarın, tam tersi bir davranış sergilediğini göstermişlerdir.

### 21.3. Tuzluluğa büyüme tepkisini etkileyen çevresel etkenler

İklimsel faktörler tuzluluğa karşı bitki tepkisini önemli ölçüde değiştirebilir. Belli bir tuzluluk düzeyinde arpa ve mısır (fakat buğday değil) gibi bitki çeşitlerinin tuza toleransları, yüksek nisbi nem tarafından artırılır

(Hoffman ve Jobs, 1978). Bu artışın bitki tacında iyileşen su dengesinin bir yansıması, yoksa düşük transpirasyon oranı nedeniyle (yüksek nisbi nemde transpirasyon oranı azalır) bitki tacına daha düşük oranda  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  taşınmasının bir sonucumu olduğu henüz belli ve açık değildir. Nisbi nemi artırma yoluyla, transpirasyon oranını tarla koşullarında düşürmeyi gerçekleştirmek güçtür. Fakat transpirasyon yasaklayıcılarının uygulanması yoluyla terlemeyi azaltmak, daha fazla olabilir görünmektedir. Transpirasyon yasaklayıcıları buğdayda tuz toleransını, hem su dengesini iyileştirerek ve hem de bitki tacında  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  oranını yükselterek önemli düzeyde artırabilir (Malash ve Flowers, 1984).

Yüksek düzeyde ışıklanma, kavun (Meiri ve ark., 1982) ve faba fasulyesinde (Helal ve Mengel, 1981) tuz toleransını önemli düzeyde artırır. Bu koşullar altında faba fasulyesi,  $\text{Cl}^-$  ve sodyumu ( $\text{Na}^+$ ) taca taşımada, daha yüksek bir engelleme kapasitesine sahip olmuştur. Bu bir yüksek ışıklanma destekli dışlama mekanizmasıdır. Burada yüksek ışıklanma, büyük olasılıkla, köklere daha fazla karbonhidrat sağlanmasına neden olarak katkıda bulunmuştur. Ancak tarla koşullarında yüksek ışıklanmanın tuz toleransına yararlı katkısı, düşük nisbi nem ve ona bağlı olarak yüksek transpirasyon oranlarının (yüksek transpirasyon oranı, kök yüzeylerinde tuz birikimine yol açarak olumsuz etki yapabilir) olumsuz etkileri ile dengelenir veya ortadan kaldırılabılır.

Düşük sıcaklıklarda yüksek tuzluluk düzeyleri, çimlenmeyi çok az etkilediği halde, 25 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda, şeker pancarında ve sinamekide (Ayoub, 1974) yasaklayıcı etki, sıcaklık artışına bağlı olarak artar (Mahmoud ve Hill, 1981). Sıcaklığın tuz toleransındaki bu etkileri oldukça muğlaktır. Bu durumda, artan solunum nedeniyle, bir karbonhidrat açığı ya da yetersizliği söz konusu olabilir.

Toprak tuzluluğunun olumsuz etkileri, kötü toprak havalanması tarafından artırılır. Bu durum özellikle, tuzlu sodik topraklarda yetiştirildiği zaman, tuz dışlama mekanizmasına bağımlı olan bitki çeşitleri için geçerlidir. Tuzlu-sodik toprak koşulları altında toprağa jips uygulanması, tuza direnci önemli düzeyde artırabilir. Örneğin patateste jips uygulaması, yumru ürününü önemli ölçüde artırır (Çizelge 4). Yüksek tuzluluk düzeylerinde bile ürün, kontrolden sadece biraz daha düşük gerçekleşmiştir. Her ne kadar %1.2 tuz düzeyi, yaklaşık 20 mmhos/cm'lik  $\text{ECe}$ 'ye karşılık gelirse ve patates çeşitleri

için ortalama sınır E<sub>C</sub> 2 mmhos/cm olsa bile, bu tuzluluk düzeyinde ürün azalmasının hemen hiç olmaması, uygulanan jipsin tuza direnci artırmadaki büyük önemi açıkça ortaya çıkar (Maas ve Hoffman, 1977). Tuzlu sodik bir toprakta yetiştirilen soya fasulyesinde gösterildiği gibi (Coale ve ark., 1984). Jips uygulaması ikili (çift yönlü) bir etki yapar: (a). Jips toprak strüktürünü ve dolayısıyla havalanmasını iyileştirir ve (b) Ca<sup>+2</sup> / Na<sup>+</sup> oranını artırır ve böylece köklerin Na<sup>+</sup> alım kapasitesinin sınırlandırılmasını destekler.

**Çizelge 4.** Tuzluluk ve Jips Uygulamasının Kumlu Tınlı Bir Toprakta Yetiştirilen Patates (cv. Kırmızı Lasoda) Bitkisine Etkileri. Tuzlulaşma Sodyum, Mağnezyum ve Kalsiyum Tuzları Karışımı (Cl<sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ile Sağlanmıştır (Abdullah ve Ahmand, 1982).

İşlem	Yumru ürünü (g taze ağırlık / bitki)	
	Jipsiz	Jipsli (%2 jips)
Kontrol (Tuzsuz)	221	226
%0.6 Tuz	183	280
%1.2 Tuz	149	207

Yukarda verilen örnek, tuzlu topraklarda bitkisel üretim için bitkilerin tuza toleransının, nisbi (oransal) bir parametre olduğunu gösterir. Sulama periyodu ya da aralığı gibi diğer tarımsal uygulamalar da, en azından uygun çeşit ve varyete seçimi kadar (yüksek bitkisel üretim görüşü açısından) önemlidir. Bitki performansını ve ürünü artırıcı tarımsal uygulamalar konusunda ayrıntılı bilgi için Hoffman ve Phene (1971) önerilir.

#### 21.4. Tuzluluğun fizyolojik ve biyokimyasal etkileri

##### Tuz dışlama ve tuz işleme (alımı)

Düşük veya orta tuzluluk düzeylerinde glikofitlerde büyüme azalması, çoğunlukla yaprak kavrulması veya kloroz gibi özel belirtilerle ilişkili değildir (aralarında korelasyon yoktur). Bitkiler bodurdur ve normal kontrol bitkilerine göre daha koyu yeşil yapraklara sahiptirler. Çok yaygın olarak, iki çenekli bitkilerin yaprakları etlileşip sulanır (birim yaprak alanı başına su kapsamı artar). Genellikle taç büyüme azalması, kök büyüme azalmasına oranla daha fazladır. Bir kimyasal analiz yapmadan bitki taç büyümesindeki temel engelleyicinin, su açığı yoksa iyon zehirliliği / dengesizliği veya her ikisini olduğuna kesin karar vermek olanaksızdır. Tuz alımını sınırlayan bitki çeşitlerinin (dışlayıcı bitkiler) büyümesindeki tuz etkileri, nisbeten yüksek düzeyde tuz alan ve tuz iyonlarını (Cl<sup>-</sup> ve Na<sup>+</sup>) taca taşıyan bitki çeşitlerinin

(içleyiciler, alıcılar) büyümesindeki tuz etkilerinden farklıdır. Bitki çeşitlerini tuz dışlayıcı ve içleyici (alıcı) olarak sınıflandırmak, tuzun olumsuz etkilerini veya tuzluluğa uyumun temel ilkelerini göstermede yararlıdır. Fakat gerçekte, çok az glikofit, kesin dışlayıcı veya içleyicidir. Çoğu glikofitler ara veya geçit tipidir (hem içleyici ve hem de dışlayıcı özellikler taşırlar). Değişik otsu bitki çeşitlerinde ve çoğu odunsu türde NaCl tuzluluğu koşullarında, yaprak kenar kloroz ve nekrozu yaygındır. Bu bitkilerdeki yaprak analizleri, temel sorunun  $Cl^-$  zehirliliği olduğunu ortaya koymaktadır.

Bitki büyümesinde su açığı ya da iyon zehirliliğinden hangisinin daha önemli bir büyüme engelleyici sorun olduğu, aynı zamanda tuzluluk çeşidine (örneğin egemen anyon klorürmü,  $Cl^-$ ; yada sülfatını  $SO_4^{2-}$  ve  $Ca^{+2}/Na^+$  oranının büyüklüğü nedir), tuzlulukla karşı karşıya bulunulan süreye (tuzluluk etki süresine) ve tuzluluk düzeyine de bağlıdır. Yüksek tuzlulukla kısa süreli karşılaşan bitkilerde, su açığı (noksanlığı) temel sorundur. Tuzlulukla uzun süre karşı karşıya bulunan bitkilerde ki bu durum tarlada yetişen bitkilerde çok daha tipik ve yaygındır, su açığına ek olarak, özellikle yaprak büyümesinde iyon zehirliliği ve iyon dengesizliği giderek daha çok önem kazanır (Munns ve ark., 1983).

### 21.5. Fotosentez ve solunum

Tuzluluk ve yaprak alanı arasında, çoğunlukla ters bir ilişki vardır. Bu ters ilişki, büyüyen (genişleyen) dokularda su açığı ile açıklanabilir. Ancak sadece toplam yaprak alanı değil, fakat aynı zamanda, birim yaprak alanı başına düşen net  $CO_2$  fiksasyonu da azalabilmektedir. Halbuki solunum (karanlık solunum) artmaktadır. Bu da birim yaprak alanı başına, bir günde gerçekleşen net  $CO_2$  özümleme oranını çok dramatik biçimde düşürür (Çizelge 5). Işıklı dönemde daha düşük  $CO_2$  fiksasyon oranları, sadece su açığı ve stomat açıklığı ile ilgili değil, fakat aynı zamanda, klorür anyonunun ( $Cl^-$ ) doğrudan zararlı etkisinin sonucu da olabilir. Örneğin üzüm asmasında  $CO_2$  fiksasyon oranları, yaprakların  $Cl^-$  düzeyi ve mezofil direnci ile ters orantılı bulunmuştur. Hal bu ki bu ters orantı, su açığına dayanarak beklendiğinin aksine, stomat direnci ve  $CO_2$  fiksasyon arasında yoktur (Downton, 1977). Yüksek tuzlulukla uzun süreli karşı karşıya bulunma durumlarında, nisbeten düşük fotosentez oranlarına, birim yaprak alanı başına düşen klorofil kapsamındaki azalma da neden olabilir. Fakat bu konuda, birim yaprak ağırlığına düşen klorofil miktarı rol

oynamaz (Robinson ve ark., 1983). Buda mevcut klorofilin tümüyle fotosentez yapabilen ya da tamamen fotosentez aktif klorofil olduğunu gösterir.

**Çizelge 5.** Pamuk Bitkisi (cv. Acele SJ-1) CO<sub>2</sub> Dengesinde, NaCl Tuzluluğunun Etkisi (Hoffman ve Phene, 1971).

Tuzluluk (MPa)	Yaprak alanı (dm <sup>2</sup> /bitki)	CO <sub>2</sub> dengesi (mg CO <sub>2</sub> /dm <sup>2</sup> x 24 saat)		
		Aydınlık dönemde net fiksasyon	Karanlık dönemde CO <sub>2</sub> yayma	Net özümleme
-0.04	30	57	11	46
-0.64	24	44	16	29
-1.24	18	41	19	23

Tuzluluk kök solunumunu da artırabilir. Tuzlu ortamdaki kökler, en düşük düzeyde solunum (yaşamsal olayları en düşük düzeyde sürdürebilmeye yeterli solunum) için, daha yüksek düzeylerde karbonhidrat gereksinim duyarlar (Schwarz ve Gale, 1981). Bu yüksek karbonhidrat gereksinimi, muhtemelen iyonlar kompartmanlaşması (iyonların odacıklar içinde hapsedilmesi), iyon salgılanması (Örneğin Na<sup>+</sup> atım pompası, sodyumun bitkiden dışarı pompalanıp atılması) veya hücre zararı onarılmasının sonuçları olabilir. Ancak tuzun yolaştığı kök solunum artışı, büyük bir olasılıkla tuzluluğun yolaştığı büyüme azalmasının %25'inden fazlasını oluşturmaz. Geri kalan azalma (büyüme azalmasının %75'lik bölümü) Schwarz ve Gale (1981) tarafından azalan fotosenteze maledilmiştir. Doğal bitkilerin tuza dirençli (toleranslı) bazı çeşitlerinde solunum, tuzlu ortamlarda azalabilmektedir de. Bu bitkilerde, daha önce alternatif solunum için kullanılan karbonhidratlardan, tuzlu ortamda tercihen sorbitol sentezinde yararlanılmaktadır. Sorbitol, sitoplazmada ozmotik uyum yada ayarlamayı sağlayan uyumlu (sitoplazma bileşenleri ile tepkimeyen) organik bir bileşiktir (Lambers ve ark., 1981).

## 21.6. Protein sentezi

Tuzlu ortamlarda yetiştirilen bitki yapraklarında protein sentezi, su açığı veya özel bir iyon fazlalığına tepki olarak azalabilir. Yüksek molekül ağırlıklı organik bir madde olan Carbowax veya NaCl tarafından sağlanan düşük su potansiyeline sahip iki ortamda da fasulye yapraklarının protein sentezi, her iki madde tarafından da yasaklanmıştır. Fakat yasaklama, sadece su stresine göre, tuz stresinde daha fazla olmuştur (Frota ve Tucker, 1978). Protein sentezine NaCl tuzluluğunun etkileri, soya fasulyesi gibi duyarlı çeşitlerde, Cl<sup>-</sup>

zehirliliğinden kaynaklanabilir. Halbuki tuza çok daha dirençli arpada, yapraklardaki  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  dengesizliği, muhtemelen bu konudan (protein sentezi azalması) sorumlu temel etkindir (Çizelge 6). Yüksek NaCl konsantrasyonlarının arpada hem bitki K kapsamı ve hem de protein sentezi üzerine olumsuz etkisi, hernekadar KCl ile ortamın ozmotik potansiyelinin daha ileri derecede azalması ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonunun artmasına karşın, KCl tarafından dengelenebilir (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** Ortam Tuzlulaşmasının Arpa Bitkisi (cv. Miura) Büyümesi, Mineral Element Kapsamı ve Protein Sentezine Etkisi (Helal ve Mengel, 1981).

İşlem	Taç kuru ağ. mg/bitki	İçerik (mmol/100 g taze ağ.)		$^{15}\text{N}$ içeriği (toplam $^{15}\text{N}$ 'in %'si olarak) <sup>a</sup>	
		K	Na	Protein-N'u	İnorganik-N
Kontrol	371	126	14	44	3
+80 mM NaCl	286	80	208	29	20
+80 mM NaCl+10 mM KCl	323	136	160	49	1

(a)  $^{15}\text{NH}_4$  ve  $^{15}\text{NO}_3$ 'i sağladıktan 24 saat sonra.

Arpa kültüründe potasyumun yerine sodyumun geçmesi, büyüyen yapraklarda ozmotik ayarlamaya olanak sağlayabilir, fakat protein sentez düzeyinin korunmasını (aynı düzeyde tutulması) sağlayamaz. Birkaç halofit dışında, protein sentezi için, sitoplazmada 100-150 mM  $\text{K}^+$  konsantrasyonu gerekir. Bu protein sentezi işlevinde  $\text{Na}^+$ , belli bir çeşit içinde kültüvara bakılmaksızın potasyumun yerine geçemez (Gibson ve ark., 1984).

### 21.7. İyon zehirliliği ve dengesizliği

Birçok otsu bitki çeşidi, üzüm asma ve meyve çeşitlerinde, su açığının bir sorun olmadığı koşullarda, çok düşük  $\text{Cl}^-$  tuzluluğu düzeylerinde bile büyüme gerilemeleri görülür (Greenway ve Munns, 1980). Bu çeşitlerde büyüme yasaklanmasından,  $\text{Cl}^-$  zehirliliği sorumludur. Birçok baklagil çeşidi bu gruba dahildir. Dolayısıyla NaCl, ürün eş ozmotik (izoozmotik) konsantrasyonları, yer fıstığı ve fasulye büyümesinde  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  tuzluluğundan çok daha yasaklayıcıdır (Chavan ve Karadge, 1980). Bu konuda en önemli örnek, bazı soya kültürleridir. Kötü drenajlı sahil topraklarına, KCl içeren



potasyum gübrelerinin uygulanması, bazı varyetelerin  $Cl^-$  düzeylerini, yaprak kuru ağırlığının yaklaşık %1'i düzeyine kadar yükseltebilir. Bu düzeydeki klor, yaprak yanması ve şiddetli dane ürünü azalmasına yolaçar (Parker ve ark., 1983). Omorika ladini (*Picea omorika*) gibi klora duyarlı çeşitlerde, iğne kuru ağırlığının %0.2-0.3'ü kadar düşük  $Cl^-$  düzeyleri bile zehirlidir ve kloroz ve nekroza neden olur (Alt ve ark., 1982).

Sodyum zehirliliği,  $Cl^-$  zehirliliği kadar yaygın görünmemektedir. Sodyum zehirliliği esas olarak tuzlu ortamlarda düşük  $Ca^{+2}$  düzeyleri veya kötü toprak havalanmasıyla (tuzlu-sodik topraklar) birlikte, yüksek  $Ca^{+2}/Na^+$  oranları ile ilgilidir. Oldukça düşük tuz toleranslı birçok bitki çeşidi, tipik  $Na^+$  dışlayıcılarıdır. Bu bitkiler düşük ve orta tuzluluk derecelerinde, sodyumun yapraklara taşınmasını sınırlama yeteneğine sahiptirler. Bilindiği gibi  $Na^+$ , yapraklara oldukça zehirlidir. Bu dışlama mekanizması, sırasıyla nisbeten yüksek dış (harici)  $Ca^{+2}$  konsantrasyonlarına ve  $Ca^{+2}/Na^+$  oranlarına bağlıdır. La Haye ve Epstein (1971) tarafından 50 mM NaCl ile karşı karyıya bırakılan fasulye bitkisinde sergilendiği gibi, sağlanan  $CaSO_4$  düzeyini 0.1'den 10.0 mM düzeyine çıkarmak, taç kuru ağırlığını 0.46 dan 0.74 g/bitki düzeyine yükseltmiştir. Bu uygulama, yaprakların sodyum kapsamında çok açık bir düşmeyi de (kuru maddede yaklaşık 1.4'den 0.1 mmol/g kuru madde) beraberinde getirmiştir.

Toprak tuzluluğu marulda uç kuruması (yanma) ve domateste çiçek dibi çürüğü gibi  $Ca^{+2}$  bağlantılı bozukluk olaylarını (Sonneveld ve van den Ende, 1975), ya alım sırasında  $Na^+$  ve  $Ca^{+2}$  arasındaki rekabetle veya toprak su potansiyelini ve dolayısıyla kök basıncını düşürerek, artırır. Tuzluluk alkalınleşme ile bağlantılı olduğu zaman,  $CaCO_3$  çökmesi yoluyla  $Ca^{+2}$  çözünürlüğündeki azalma, bu konuda ek bir faktör olabilir.

Her ne kadar yüksek  $Cl^-$  düzeyleri, bitki  $NO_3^-$  alımını yasaklasa da toprak tuzluluğunun neden olduğu büyüme gerilemesinde, bu şekilde yolaçılan azot noksanlığının önemli bir etken olma olasılığı zayıftır. Öte yandan tarla koşullarında değişik bitkilerin tuza toleransları, yüksek düzeyde azotlu gübre uygulandığında, belirgin şekilde azalır (Maas ve Hoffman, 1977). Tuza dirençteki bu düşme, muhtemelen temelde azot tarafından sağlanan su dengesindeki değişimle ilgilidir. Bir başka deyişle, köklenme şekli ve fitonormon düzeyi (ABA/CYT oranının küçülmesi) ile ilgilidir. Azot

beslenmesi yönünden  $N_2^-$  fiksasyonuna bağımlı olan baklagil bitkilerinde durum farklı olabilir. Çünkü tuzluluk nodülleşmeyi, *Rhizobium* kolonileşmesini bozarak doğrudan ya da kök tüyü gelişmesini yasaklayarak dolaylı olarak zarara uğratar (Tu, 1981).

Fosfor elverişliliği yüksek ortamlarda  $Cl^-$  tuzlarının yolaçtığı tuzluluk, fosfor alımını artırır ve yapraklarda zehirli P düzeylerine yolaçabilir. Soya kültürvarları arasında, tuzluluğun yolaçtığı P-zehirliliği yönünden önemli farklar vardır (Grattan ve Grieve, 1999).

## 21.8. Fitohormonlar (Bitki hormonları)

Bitki hormonları düzeyindeki değişimler, bitkilerin tuzluluğa tepkileri ile ilgilidir. Artan absisik asit (ABA) düzeyleri, kuraklık veya tuzluluğun yolaçtığı su açığına tipik bir tepkidir. Yapraklarda artan ABA düzeyleri, stomat açıklığını denetleyerek (kapatarak) çabuk ozmotik ayarlama olayı yönünden son derece önemlidir. Artan ABA düzeyleri, genel olarak amino asitlerin ve özel olarak da prolin birikimini teşvik eder ve bitkinin tuzluluğa uyum yeteneğini geliştirir (Eder ve Huber, 1977). Tuzluluk, yaprak yaşlanmasını hızlandırabilir. Yaşlanma hızlanmasının göstergesi, protein sentezindeki azalma ve çok daha hızlı klorofil bozunumudur. Kinetin, bu etkileri kısmen dengeler (Katz ve ark., 1978). Tuzun yolaçtığı büyüme gerilemesini, sitokinlerin (CYT) giberallik asidin (GA) ve indolasetik asitin (IAA) azalttığına ve hatta önlediğine ilişkin araştırma belgelerine karşın (Bejaoui, 1985); tuzluluk, fitohormonlar düzeyleri ve büyüme gerilemesi arasındaki etkileşimler, henüz oldukça karmaşık ve muğlaktır. Soya kültürvarlarında en azından dahili ABA ve CYT düzeyleri ve tuz toleransı farklılıkları arasında bir ilişki bulunamamıştır (Roeb ve ark., 1982). Bu etkileşimlere ilişkin, daha sistematik çalışmalar yapma zorunluluğu vardır. Bu çalışmalarda, tuzluluğa bitki tepkisinin genotipsel ayrıcalıkları ele alınmalıdır.

## 22. Tuzlu ortamlara uyum mekanizmaları

### 22.1. Sakınma ve direnç

İlkesel olarak tuz dışlayıcı çeşitlerde tuza tolerans, dahili su açığından sakınma yoluyla ve tuz alıcı çeşitlerde, yüksek doku tuz konsantrasyonlarına yüksek tolerans veya yüksek doku tuz konsantrasyonlarından kaçınma yoluyla gerçekleştirilebilir. Ancak durum, genellikle çok daha karmaşıktır ve tuza tolerans anatomik, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal yönleri olan değişik

strateji kombinasyonları aracılığı ile sağlanır. Bu konuda ayrıntılı bilgi için Greenway ve Munns (1980), Wyn Jones (1981) ve Yeo (1983) gibi kaynaklar önerilmektedir.

*Chenopodiaceae* (Kazayağgiller) grubu halofitlerden yaprağını döken çeşitlerde yüksek tuz toleransı, temelde tuz alımı ve alınan tuzlardan turgor durumunun korunmasında yararlanma veya değişik metabolik işlevlerde sodyumun, potasyumun yerine geçmesi temeline dayanır. Şekerpancarı bu gruba giren bitki çeşididir. Tekçenekliler arasında tuza toleransı oldukça yüksek olan kallar çayı da (*Diplachne fusca*) bir tuz içleyicidir. Hernekadar bu bitki taçtan yeniden taşınma ve  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'ün kökten salgılanması gibi dışlayıcı bitki özelliklerini sergilemesine karşın (Bhatti ve Wieneke, 1984), Halofitik tek çeneklilerden *Puccinellia peisonis* (Stelzer ve Läubli, 1977) ve *Festuca rubra* 'da (Khan ve Marshall, 1981) dışlamada, yüksek tuz toleransına katkıda bulunan önemli bir etkidir.

Çoğu kültür bitkisi çeşidini içine alan glikofik bitki çeşitlerinde tuz alımı ve tuz toleransı arasında genellikle ters bir ilişki vardır. Bu da dışlamanın egemen strateji olduğu anlamı taşır (Greenway ve Munns, 1980). Ancak glikofitlerin dışlayıcılar olarak sınıflandırılması, konuyu fazla basite indirgemek olur. Dışlama, sadece oransal bir deyimdir. Buradaki dışlama, içleyicilere göre çok daha az tuz alımı anlamını taşır.

Tarla bitkileri çeşitleri arasında büyüme ve taçta mineral besin elementleri yönünden tipik farklar, Çizelge 7'de sergilenmiştir. Şeker pancarı tuza dirençli halofitik içleyicilerin tipik özelliklerini taşır. Bu bitkide büyüme,  $\text{NaCl}$  tuzluğu tarafından uyarılır ve taçta başta  $\text{Na}^+$  olmak üzere  $\text{Cl}^-$  düzeyleri, artan dış kaynağa bağlı olarak artar. Öte yandan potasyum ve kalsiyum düzeyleri, katyon rekabeti nedeniyle düşer. Mısır, şekerpancarına göre tuza çok daha az dirençlidir. Mısırdaki büyüme, taçta klor ve özellikle de  $\text{Na}$  düzeyleri nisbeten düşük düzeylerde olduğu zaman bile yasaklanmaktadır. Yolaçılan  $\text{K}$  veya  $\text{Ca}$  noksanlığı, buradaki büyüme gerilemesinin bir nedeni olamaz. Bozulan ozmotik ayarlama veya düzenleme olası ana etkidir. Çizelge 7'de verilen üç çeşitten fasulye, en düşük tuz toleransına sahiptir ve düşük tuzluluk düzeyinde büyüme gerilemesinin temel nedeni, klorür zehirliliğidir. Klorun tersine ( $\text{Cl}^-$ ) taçta  $\text{Na}^+$  taşınması, fasulyede etkili biçimde sınırlandırılmıştır. Buna göre fasulye, birçok tuza duyarlı bitki çeşidi gibi, etkili bir  $\text{Na}^+$  dışlayıcıdır fakat etkili bir  $\text{Cl}^-$  dışlayıcı değildir.

**Çizelge 7.** Yetiştirme Ortamında NaCl Konsantrasyonunu Artırmanın, Üç Kültür Bitkisi Çeşidine Etkisi (Lessani ve Marschner, 1978).

Bitki Çeşidi	NaCl konsantrasyonu (mM)	Oransal Kuru ağı. (%)	Mineral besin içeriği (meq/g kuru ağı.)			
			Na	Cl	K	Ca
Şekerpancarı (cv. Monohill)	0	100	0.1	0.05	3.3	1.6
	25	108	1.7	1.0	2.2	0.5
	50	115	2.1	1.2	2.0	0.4
	100	101	2.6	1.5	1.9	0.3
Mısır (cv. DC 790)	0	100	0.02	0.01	1.6	0.5
	25	90	0.2	0.5	1.8	0.3
	50	70	0.2	0.6	2.0	0.3
	100	62	0.3	0.8	2.0	0.3
Fasulye (cv. Contender)	0	100	0.02	0.01	1.7	2.9
	25	64	0.04	1.00	2.2	3.7
	50	47	0.2	1.4	1.9	3.4
	75	37	0.4	1.5	2.2	3.6

Bitki çeşitlerinin varyeteleri arasında  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ ü dışlama kapasitesi yönünden de farklar vardır. Örneğin bazı buğday, arpa (Greenway ve Munns, 1980) ve turuncgillerin (Maas ve Hoffman, 1977) bazı kültürlerinin yüksek tuz toleransları,  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ ün tahta taşınmasının daha etkili biçimde engellenmesi ile ilgilidir. Soya kültürlerinde (Abel, 1969) ve üzüm asma anaçlarında tuza direnç ise, sadece  $\text{Cl}^-$  taşınmasının engellenmesi ile ilgilidir (Downton, 1977). Soya kültürleri arasında, klorun yapraklara taşınmasının sınırlandırılması yönünden ortaya çıkan farklar, özellikle etkileyicidir. Tuza duyarlı içleyici bir çeşit olan Jackson, tuzlu bir toprakta yetiştirildiği zaman, kuru madde temeline göre yaprakta yaklaşık %0.9 Cl içermesine karşın, tuza dirençli dışlayıcı Lee çeşidi, sadece %0.05 Cl içermiştir. Bu soya çeşitlerinde  $\text{Cl}^-$  dışlama kapasitesi kalıtsal özelliği, tek bir gen çifti tarafından denetlenmektedir (Abel, 1969).

Tuzlu ortamlarda yetiştirilen bitkilerin tacında aşırı  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  birikiminin sınırlandırılması kök permeabilitesi ve seçiciliği ile başlar. Tuzlu ortamda büyüyen halofitler de köklerinde edilgen tuz girişini engellemek için, engellere gerek duyarlar. Bu halofitlerin kökleri özel anatomik özellikler taşırlar. Örneğin halofitlerde casperian şeridinin genişliği, glikofitlerin 2-3 katıdır (Poljakoff-Mayber, 1975) ve en içteki korteks hücreleri katmanı, ikinci bir endodermise dönüşebilir (Stelzer ve Lauchli, 1977).

Glikofitler de  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  için pasif hücre zarı geçirgenliği farkları veya dışlama pompaları (bu iyonların hücre dışına atılması süreçleri bir dışa atım pompası olarak düşünülmüş), kök düzeyinde alımı sınırlamadaki ve kökten taca taşımadaki sınırlamaların temel mekanizmalarıdır. Köklerin monogalaktoz digliserit kapsamı yapraklardaki  $\text{Cl}^-$  birikimi ile doğrudan pozitif ilişkilidir ve fosfodil kolin ile  $\text{Cl}^-$  kapsamı arasında ise, çarpıcı bir negatif ilişki vardır. Öte yandan turunçgil anacında  $\text{Cl}^-$  dışlama yönünden gönotip sel ayrıcalıkların, hücre zarlarındaki serbest sterollerin düzeyleriyle ilgili olduğuna ilişkin bazı kanıtlar mevcuttur (Douglas ve Walker, 1983).

Bitki sodyum ( $\text{Na}^+$ ) alımı ve köklerde taşınması arasında yukardakine benzer net ilişkiler bulunamamıştır. Ancak yinede yapraklardan  $\text{Na}^+$  dışlanması, çok daha yaygındır ve bu dışlanma, aralarında köklerde dışa atım pompası, kök hücre vakuollerinde tercihli birikim ve daha sonra kök ortamına salgılama gibi süreçlerin yer aldığı birkaç mekanizmaya bağlıdır. İskenderiye üçgülünde (besin = *Trifolium alexandrinum*) tuza direnç mekanizmalarının rolü, Winter (1982) tarafından sergilenmiştir. Bu iç  $\text{Na}^+$  döngüsü ya da taşınmasında aktarma hücreleri kilit rol oynar (Kramer ve ark., 1980).

## 22.2. Ozmotik ayarlama veya düzenleme (Düzelme)

Tuzluluktaki ani artışta ozmotik ayarlama, ilk olarak doku su kapsamındaki düşme aracılığıyla gerçekleştirilir. Ancak tuzlu ortamda tuz toleransı ve daha ileri aşamada bitki büyümesi, dokuda ozmotik olarak aktif solut miktarında net bir artışı gerektirir (Yeo, 1983). Tuza toleransta temel mekanizmanın tuz dışlaması olduğu genotiplerde şeker ve amino asitler gibi organik solutlar sentezinin veya örneğin  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  veya  $\text{NO}_3^-$  alımının artması zorunludur.

Tuza toleransta (Dirençte) tuz içlemenin (alıp depolama) temel mekanizma (strateji) olduğu genotiplerde ozmotik ayarlama, yaprak hücreleri vakuollerinde tuz birikimi (temelde  $\text{NaCl}$ ) yoluyla gerçekleşir. Sodyum seven (natrofilik) çeşitlerde  $\text{Na}^+$  potasyumun yerine, sadece vakuollerde ozmotik olarak aktif bir solut olarak ozmotik ayarlama işlevinde değil, fakat aynı zamanda bir dereceye kadar, özel hücre metabolik işlemlerinde de geçebilir. Bu çeşitlerde (natrofilik bitkilerde)  $\text{Na}^+$ , su açığı baskısını önlemede, potasyumdan ( $\text{K}^+$ ) daha etkili bile olabilmektedir. Ancak tuzlu ortamlarda sitoplazma ve

organcıklarının, örneğin kloroplastlar, fizyolojik ölçüler dışında, yüksek  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonlarına gerek duyar. Dolayısıyla sitoplazmada (sitosol) organik solutlar, ozmotik olarak aktif maddelerin işlevlerini üstlenmek zorundadırlar.

### 22.3. Odalaşma ve uyumlu ozmotik maddeler

Hücre zarına bağlanmış ATP-az gibi bazı enzimler, yüksek tuz konsantrasyonları tarafından köklerde ya aktive edilirler veya cansız dokularda yasaklanırlar. Bu aktivasyon veya yasaklanma, canlı bitkinin tuza toleransına bağlıdır. Bir başka deyişle, bu halofitlerin zara bağlanmış ATP-azlarının, glikofitlere göre tuza daha az duyarlı olduğu anlamındadır (Lerner ve ark., 1983). Ancak kural olarak halofit enzimlerinin yüksek tuz konsantrasyonlarına duyarlılıkları, glikofitlerdeki benzer enzimlerle aynıdır.

Dolayısıyla ozmotik ayarlama için yapraklarında fazla miktarda  $\text{NaCl}$  veya diğer tuzları biriktiren halofitik bitkiler, sitoplazma ve kloroplastlarındaki enzimleri, yüksek  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonlarından korumak zorundadırlar (Robinson ve ark., 1983). Vakuollerde böylesi sıkı bir  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  odalaşması, örneğin tuzlu ortamda yetiştirilen ve yaprak dokusunda yüksek düzeylerde  $\text{NaCl}$  kapsayan ıspanak bitkisi için sergilenmiştir. Süngersi karapazı (*Atriplex spongiosa*) gibi tipik halofitler bile, büyümekte olan hücrelerin sitoplazmasında 0.29 gibi düşük bir  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  oranını korurlar. Tümüyle farklılaşmış (değişime uğramış) hücre vakuollerinde bu oran 12.4'tür (Storey ve Walker, 1987). Vakual  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonu yüksek yapraklarda, sitoplazma ve kloroplast dahil sitoplazma organcıklarında ozmotik ayarlama, uyumlu organik solutlar birikimini (sitoplazma solutları) gerektirir. Bu solutların miktarı, vakuol özsuynunun ozmotik basıncına bağlıdır. Yukarıda değinilen ve konu ile ilgili uyumlu organik solut tipleri, güçlü taksonomik bir temele sahiptirler. Örneğin glisin betain *Chemopodiaceae*'da (kaz ayağıgillerde), sorbitol *Plantaginaceae*'da (sinir otugiller) ve muhtemelen prolin *Graminaceae* (iğne yapraklılar) ve diğer bitki ailelerinde bulunan uyumlu organik solutları (sitoplazmada) oluştururlar (Wyn Jones, 1981). Glisin betain veya betain çok etkili bir sitosoludur (uyumlu sitoplazma organik solutu). Çünkü bu maddenin sudaki çözünürlüğü oldukça yüksektir ve net elektrik yükü taşımaz. Aksi halde sitoplazmanın elektrik yük dengesini etkileyebilir.

Glisin betain sitoplazmada hemen tümüyle kileytleşmiştir. Bir başka deyişle, tümüyle farklılaşmış yaprak hücrelerinin toplam hacminin, yaklaşık %5'inde glisin betain, 200 mM'dan daha yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir (Leight ve ark., 1982).

Prolin birikimi, su açığına çok iyi bilinen bir tepkidir. Prolin, tuz baskısı koşullarında da ortaya çıkar ve tuzlu ortamda tohum çimlenmesinde koruyucu etki yapar (Bar-Nun ve Poljokoff-Mayber, 1977). Prolinin başlıca işlevi, yaprak su potansiyelindeki kısa süreli dalgalanmalara (gece ve gündüz arasındaki su potansiyeli değişimleri) karşı, sitoplazmayı korumak gibi görünmektedir. Ancak şeker ve şeker alkoller dahil diğer sitosolütler, vakuoldeki yüksek tuz konsantrasyonları tarafından yaratılan uzun dönemli etkilere karşı, muhtemelen daha büyük bir koruma sağlarlar. Bitkilerde tuz alımı yada dışlaması yoluyla ozmotik ayarlama süreci, bitki enerji dengesi yönünden büyük önem taşır. Tuzlu ortamlarda NaCl ve diğer tuzlar bol olduğundan, bu tuzlar potansiyel olarak ucuz fakat tehlikeli ozmozcular (ozmoza neden olan maddeler) kabul edilirler. Wyn Jones (1981)'a göre ozmoz düzenlemesi veya ayarlanması için 1 ozmol solut birikiminin, yaklaşık enerji maliyeti aşağıdaki gibidir.

Hücre özsuyunda 300 mM C<sub>6</sub> şekerleri, doku kuru ağırlığının %20-30'unu oluşturur. Bu yüzden taç dokusundan etkili tuz dışlama mekanizmasına sahip bitki çeşitleri, yüksek düzeyde tuzlu ortamlarda, önemli düzeyde büyüme oranları gerçekleştirme şansına sahip değillerdir.

Tuza toleransı orta ve yüksek çoğu bitki çeşidinde, taç kesiminde tuzlar ve ozmotik olarak aktif diğer solütlerin ortalama değerleri, tuza tolerans mekanizmasını anlamada yeterli bilgiyi simgelemez ya da temsil etmez. Tuz toleransları farklı iki buğday genotipinde gösterildiği gibi (Kingsbury ve ark., 1984), aynı bitkinin değişik organlarında ozmotik düzenleme farklılığına ilişkin öğretici bir örnek, tuzlu bir ortamda yetiştirilen *Aster tipolium* (aster, saraypatı) için Çizelge 8'de sergilenmiştir. Bu örnekte ozmotik ayarlama, yapraklarda Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> tarafından sağlanırken, çiçeklerde K<sup>+</sup>, glisin betain ve şekerler tarafından sağlanmıştır. Fakat belli bir yaprakta bile sitosolütlerin işlevleri değişebilmektedir. Kum darı bitkisinin genç yapraklarında glisin betain, ozmotik ayarlama yönünden sadece yaprak ayarında önemli, fakat yaprak kınında önemli değildir (Grieve ve Maas, 1984). Sodyum ve klorun (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) kök serbest bölgesinde (apoplast) birikimi, farklı dokuların ozmotik ayarlanması yönünden değişik solütlerin odalaşmalarının

değerlendirilmesinde, üzerinde daha çok durulması gereken bir konudur (Leigh ve Tomas, 1983).

Tuza orta derecede dirençli bitki çeşitlerinde, olgun ve gelişmekte olan yapraklar arasında, ozmoz düzenlemesi yönünden genel bir şekil vardır. Örneğin tuzlu ortamda yetişen arpada şekerler, olgun yapraklarda ozmotik ayarlama yönünden,  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'a göre önemsiz bir rol oynarlar. Halbuki şekerler gelişmekte olan yapraklarda, ozmotik ayarlamaya %20'den fazla katkıda bulunurlar (De Lane ve ark., 1982). Dolayısıyla tuzlu ortamlarda arpada büyüme gerilemesi, büyüyen dokuda su açığına atfedilebilir. Çünkü bu durumda, ozmotik olarak aktif solutlar floeme yeterli düzeyde alınmazlar. Ya da bu maddelerin floeme alımı yetersizdir (Munns ve ark., 1983).

Etilik ya da sululuk, hem tuz dışlayıcı (Longstreth ve Nobel, 1979) ve hem de tuz içleyici (Longstreth ve ark., 1984), çift çenekli bitki çeşitlerinin çoğunda, yüksek substrat tuzluluğuna tipik morfolojik bir uyum tepkisidir. Etilik, yaprak dokusunda aşırı tuz birikiminden kaçınmanın bir başka mekanizmasıdır. Etilik ya sodyumun vakuole tercihli taşınması sonucu oluşur ve  $\text{Cl}^-$  tarafından yolaçılır (Smith ve Struckmeyer, 1977). Tuz içleyicilerde sadece vakuol hacmi artmakla kalmaz, fakat aynı zamanda, hücrelerarası boşluk hacmi de artar (Hajibagheri ve ark., 1984). Ancak etilik, tuzluluğa özel bir tepki değildir. Çünkü etliliğe su noksanlığı, fitohormon uygulaması, dal uçlarının kesilmesi ve bazı bitki çeşitlerinde kısa gün koşulları da yolaçar.

**Çizelge 8.** Aster tipolium (saraypatı) Yaprakları ve Çiçek Demetlerinin Kimyasal Kompozisyonu (Gorham ve ark., 1980).

Bileşen	Yapraklar (mM) <sup>a</sup>	Buketler (mM) <sup>a</sup>
Sodyum ( $\text{Na}^+$ )	360	56
Klorür ( $\text{Cl}^-$ )	320	51
Potasyum ( $\text{K}^+$ )	72	133
Glisin betain	18	82
Toplam çözünebilir şekerler	53	493

(a) Bitki taze ağırlığı temeline göre.

#### 22.4. Tuz salgılama ve yaprak dökümü

Birçok halofitik bitki çeşidinde toprak üstü dokuların tuz kapsamı, ek mekanizmalarla denetlenir. Örneğin tuz bezleri büyük miktarlarda tuzu, yaprak yüzeylerine salgırlar. Yaprak yüzeylerine salgılanan bu tuzlar, yağmur ve çiğ



tarafından yıkanarak uzaklaştırılır. Bu halofitlerin tuza dirençlerinde tuz salgılarının önemi, yaralanmamış (sağlam) bitkilerin tuza toleranslarının, callus (doku) kültüründe yeniden üretilmeyişi ile gösterilmiştir. Öte yandan şeker pancarı doku kültürlerinin tuza toleransı, yaralanmamış bitkinin tuza toleransı ile çok daha yakından bağlantılıdır (Smith ve McComb, 1981).

Domates gibi tuza orta derecede toleranslı bazı bitki çeşitlerinde, tuzların yaprak tüylerinde çökmesi, fotosentetik olarak aktif yaprak hücrelerinde aşırı tuz birikimini önlemenin bir başka mekanizmasıdır. Bu mekanizma, yıkanma ya da mekanik yollarla tuz kaybına olanak sağlar.

Bazı çöl çalıları, tuz birikimi belli kritik bir düzeye çıktığında, alt yapraklarını dökerler. Aşırı tuzu uzaklaştırmanın bu yolu, doğal bitkilerin yaşamlarını sürdürmek için geliştirdikleri önemli bir mekanizma ya da stratejidir. Ancak bu yol, kültür bitkilerinin tuza direnç uyum çalışmalarında yararlanılabilecek bir özellik değildir yada yararlanma potansiyeli yoktur.

### **Genel değerlendirme**

Kültür bitkilerinin tuzlu topraklara uyumunu geliştirmek için planlanan seçme ve melezleme (ıslah) programları, tuz toleransı ve tuza duyarlılıktan sorumlu değişik mekanizmaları dikkate almalıdır. Soya fasulyesi ve üzüm gibi klora duyarlı bitki çeşitlerinde çabalar, klorun yaprak dokusundan dışlanması üzerinde yoğunlaşmalıdır. Ancak hem  $Na^+$  ve hem de  $Cl^-$ 'un her ikisinde dışlayıcıları, oldukça yüksek tuzluluk düzeyindeki topraklarda, muhtemelen çok üretken bitkiler olamayacaklardır. Çünkü su açığı ve ozmotik ayarlama için, yüksek düzeyde fotosentez ürünü gereksinimi, bu bitkilerin büyümesini ciddi biçimde engeller. İçleyici tipteki kültür bitkileri, daha iyi uyum yönünden, daha büyük potansiyele (kapasite) sahiptirler. Ayrıca bu bitkiler, oldukça yüksek tuzlulukta topraklarda yetiştirildiklerinde, yeterli üretkenlik kapasitesine de sahiptirler. Hem  $Na^+$  ve hemde  $Cl^-$  içleyiciler, yaprak bireysel hücrelerinde sıkı tuz odalaşması sürecine ve büyümekte olan dokuda yüksek bir  $K^+ / Na^+$  oranı yada kapasitesini koruma süreçlerine bağımlıdır. Fotosentetik olmayan dokuda tuz çökmesi ve/veya tuzun yaprak yüzeyine salgılanması süreçleri de tuzluluğa uyumda önemlidir.

Artan tuz toleranslı hatları seçmede, doku kültürleri kullanılabilir. Ancak bu yolla, sadece tuz toleransının hücreler içinde odalaşma,  $K^+ / Na^+$  yerine geçmesi gibi hücresel bileşenleri ortaya çıkarılıp, değerlendirilebilir. (Nabors

ve ark., 1980) Ancak el değmemiş bitkilerde tuz toleransının morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal yönlerinin oluşu ve bu yönlerin karmaşıklığı (örneğin  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'ün kökten taca taşınması, farklı organlarda uyumlu organik solutların rolü), denetimli koşullarda gerçekleştirilen su kültürlerinde test edilmeli ve tuzluluk düzeyi yüksek topraklarda yetiştirilen bitkilerin tarla elemeleri yapılmalıdır. Islah için, bitki çeşitleri içinde var olan genetik ayrıcalıklardan yararlanma yanında (Epstein ve ark., 1980), tuz toleransının önemli bileşenlerini, yabani akrabalarından kültür çeşitlerine aktarmak da olasıdır. Kültür bitkilerinin tuza dirençlerini geliştirmede, geleneksel seçme ve melezleme ve çağdaş genetik mühendisliği olanakları, Robinson ve Downton (1984) tarafından gözden geçirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Abbas, A., Khan, S., Hussain, N., Hanjra, M. A., & Akbar, S. (2013). Characterizing soil salinity in irrigated agriculture using a remote sensing approach. *Physics and chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 55, 43-52.
- Abdullah, Z. and Ahmand, R. (1982). Salt tolerance of *Solanum tuberosum* L. growing on saline soils amended with gypsum. *Z. Acker-Pflanzenbau* 151, 409-416.
- Abel, G. H. (1969). Inheritance of the capacity for chloride inclusion and chloride exclusion by soybeans. *Crop Sci.* 9, 697-698.
- Ahmed, K., Qadir, G., Jami, A. R., Saqib, A. I., Nawaz, M. Q., Kamal, M. A., & Haq, E. (2016). Strategies for soil amelioration using sulphur in salt affected soils.
- Alt, D., Zimmer, R., Stock, M., Peters, I. and Krupp, J. (1982). Erhebungsuntersuchungen zur Nährstoffversorgung von *Picea omorika* im Zusammenhang mit dem Omorikasterben. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 145, 117-127.
- Angelakis, A. N., Asano, T., Bahri, A., Jimenez, B. E., & Tchobanoglous, G. (2018). Water reuse: from ancient to modern times and the future. *Frontiers in Environmental Science*, 26.
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C., & Serret, M. D. (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Reviews in Plant Science*, 27(6), 377-412.
- Awal, M. A. (2014). Water logging in southwestern coastal region of Bangladesh: local adaptation and policy options. *Science Postprint*, 1(1), e00038.
- Ayoub, A. T. (1974). Causes of inter-varietal differences in susceptibility to sodium toxicity injury in *Phaseolus vulgaris*. *Agric. Sci.* 83, 539-543.
- Aziz, F., & Farissi, M. (2014). Reuse of treated wastewater in agriculture: solving water deficit problems in arid areas. *Annals of West University of Timisoara: Series of Biology*, 17(2).
- Bar-Nun, N. and Poljakoff-Mayber, A. (1977). Salinity stress and the content of proline in roots of *Pisum sativum* and *Tamarix tetragyna*. *Ann. Bot. (London) [N.S.]* 41, 173-179.
- Bejaoui, M. (1985). Interactions entre NaCl et quelques phytohormones sur la croissance du soja. *J. Plant Physiol.* 120, 95-110.

- Bello, S. K., Alayafi, A. H., Al-Solaimani, S. G., & Abo-Elyousr, K. A. (2021). Mitigating soil salinity stress with gypsum and bio-organic amendments: A review. *Agronomy*, 11(9), 1735.
- Bernstein, L. (1964). Salt tolerance of plants. *Agric. If. Bull. (V. S. Agric.)* 283.
- Bhatti, A. S. and Wieneke, J. (1984). Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>-leaf extrusion, retranslocation and root efflux in *Diplachne fusca* (Kallar grass) grown in NaCl. *J. Plant Nutr.* 7, 1233-1250.
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Laplante, B. (2012). Sea-level rise and coastal wetlands: impacts and costs. World Bank policy research working paper, (6277).
- Brindha, K., & Schneider, M. (2019). Impact of urbanization on groundwater quality. GIS and geostatistical techniques for groundwater science, 179-196.
- Bruce, W. B., Edmeades, G. O., & Barker, T. C. (2002). Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of experimental botany*, 53(366), 13-25.
- Chavan, P. D. and Karadge, B. A. (1980). Influence of sodium chloride and sodium sulfate salinization on photosynthetic carbon assimilation in peanut. *Plant Soil* 56, 201-207
- Chow, Y. N., & Foo, K. Y. (2023). A shared view on the current scenario of wastewater irrigation practice within the Mediterranean basin countries. In *Water Management and Circular Economy* (pp. 319-366). Elsevier.
- Coale, F. J., Evangelou, V. P. and Grove, J. H. (1984). Effects of saline- sodic soil chemistry on soybean mineral composition and stomatal resistance. *J. Environ. Qual.* 13, 635-639
- De Lane, R., Greenway, H., Munns, R. and Gibbs, J. (1982). Ion concentration and carbohydrate status of the elongating leaf tissue of *Hordeum vulgäre* growing at high external NaCl. I. Relationship between solute concentration and growth. *J. Exp. Bot.* 33, 557-573.
- De Vos, A., Bruning, B., van Straten, G., Oosterbaan, R., Rozema, J., & van Bodegom, P. (2016). Crop salt tolerance under controlled field conditions in The Netherlands, based on trials conducted at Salt Farm Texel. Salt Farm Texel.
- Dion, P. (2008). The microbiological promises of extreme soils. In *Microbiology of Extreme Soils* (pp. 3-13). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

- Douglas, T. J. and Walker, R. R. (1983). 4-Desmethylsterol composition of citrus root-stocks of different salt exclusion capacity. *Physiol. Plant.* 58, 69-74
- Downton, W. J. S. (1977). Photosynthesis in salt-stressed grapevines. *Aust. J. Plant Physiol.* 4, 183-192
- Du, J., & Hesp, P. A. (2020). Salt spray distribution and its impact on vegetation zonation on coastal dunes: a review. *Estuaries and Coasts*, 43(8), 1885-1907.
- Dubois, O. (2011). The state of the world's land and water resources for food and agriculture: managing systems at risk. Earthscan.
- Duvick, D. N., Kleese, R. A. and Frey, N. M. (1981). Breeding for tolerance of nutrient imbalance and constraints to growth in acid, alkaline and saline soils. *J. Plant. Nutr.* 4, 111-129.
- Eder, W., Ludwig, W. and Huber, R. (1999). Novel 16S rRNA gene sequences retrieved from highly saline brine sediments of Kebrut Deep, Red Sea. *Arch.Microbiol.* 172, 213-218.
- Elliott, M., Mander, L., Mazik, K., Simenstad, C., Valesini, F., Whitfield, A., & Wolanski, E. (2016). Ecoengineering with ecohydrology: successes and failures in estuarine restoration. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 176, 12-35.
- Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A. and Wrona, A. F. (1980). Saline culture of crops: a genetic approach. *Science* 210, 399-404.
- FAO. (2021). Global Map of Salt-Affected Soils. Version 1.0. <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-map-of-salt-affected-soils/en>
- Farifteh, J., Farshad, A., & George, R. J. (2006). Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics. *Geoderma*, 130(3-4), 191-206.
- Farifteh, J., Van der Meer, F., Van der Meijde, M., & Atzberger, C. (2008). Spectral characteristics of salt-affected soils: A laboratory experiment. *Geoderma*, 145(3-4), 196-206.
- Fent, K. (2004). Ecotoxicological effects at contaminated sites. *Toxicology*, 205(3), 223-240.
- Foster, S. S. D., & Chilton, P. J. (2003). Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1440), 1957-1972.

- Frota, J. N. E. and Tucker, T. C. (1978). Salt and water stress influences nitrogen metabolism in red kidney beans. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 743-746.
- Galliari, J., Santucci, L., Misseri, L., Carol, E., & del Pilar Alvarez, M. (2021). Processes controlling groundwater salinity in coastal wetlands of the southern edge of South America. *Science of the Total Environment*, 754, 141951.
- Gibson, T. S., Speirs, J. and Brady, C. J. (1984). Salt tolerance in plants. II. *In vitro* translation of m-RNA from salt-tolerant and salt-sensitive plants on wheat germ ribosomes. Responses to ions and compatible organic solutes. *Plant Cell Environ.* 7, 579-587.
- Gorham, J. (2016). Sodium. In *Handbook of plant nutrition* (pp. 585-600). CRC Press.
- Gorham, J., Hughes, L. and Wyn Jones, R. G. (1980). Chemical composition of salt-marsh plants from Ynys Mon (Anglesey): the concept of physiotypes. *Plant Cell Environ.* 3, 309-318
- Grattan, S.R. and Grieve, C.M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hartie.*, 78, 127-157
- Greenway, H. and Munns, R. (1980). Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31, 149-190
- Grieve, C. M. and Maas, E. V. (1984). Betaine accumulation in salt-stressed sorghum. *Physiol. Plant.* 61, 167-171
- Guimond, J. A., & Michael, H. A. (2021). Effects of marsh migration on flooding, saltwater intrusion, and crop yield in coastal agricultural land subject to storm surge inundation. *Water Resources Research*, 57(2), e2020WR028326.
- Gul, B., Ansari, R., & Khan, M. A. (2009). Salt tolerance of *Salicornia utahensis* from the great basin desert. *Pak. J. Bot*, 41(6), 2925-2932.
- Haldar, S. K. (2020). *Introduction to mineralogy and petrology*. Elsevier. Pages 1-51, ISBN 9780128205853.
- Harper, R. J., Dell, B., Ruprecht, J. K., Sochacki, S. J., & Smettem, K. R. J. (2021). Salinity and the reclamation of salinized lands. In *Soils and landscape restoration* (pp. 193-208). Academic Press.
- Helal, H. M. and Mengel, K. (1981). Interaction between light intensity and NaCl salinity and their effects on growth, CO<sub>2</sub> assimilation, and photosynthate conversion in young broad beans. *Plant Physiol.* 67, 999-1002.

- Herbert, E. R., Boon, P., Burgin, A. J., Neubauer, S. C., Franklin, R. B., Ardón, M., & Gell, P. (2015). A global perspective on wetland salinization: ecological consequences of a growing threat to freshwater wetlands. *Ecosphere*, 6(10), 1-43.
- Hoffman, G. J. and Jobes, J. A. (1978). Growth and Water Relations of Cereal Crops as Influenced by Salinity and Relative Humidity. Contribution from the U. S. Salinity Lab., Riverside, CA 92501. <https://doi.org/10.2134/agronj1978.00021962007000050017x>
- Hoffmann, G. J. and Phene, C. J. (1971). Effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. *Trans. ASAE* 14, 1103–1106.
- Holden, P. A., & Fierer, N. (2005). Vadose Zone| Microbial Ecology. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 216-224.
- Jalil, S. U., & Ansari, M. I. (2020). Stress implications and crop productivity. *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I: General Consequences and Plant Responses*, 73-86.
- Jones, A., Panagos, P., Barcelo, S., Bouraoui, F., Bosco, C., Dewitte, O., & Yigini, Y. (2012). The state of soil in Europe. JRC reference reports, 78.
- Joshi, R., Mangu, V. R., Bedre, R., Sanchez, L., Pilcher, W., Zandkarimi, H., & Baisakh, N. (2015). Salt adaptation mechanisms of halophytes: improvement of salt tolerance in crop plants. *Elucidation of Abiotic Stress Signaling in Plants: Functional Genomics Perspectives, Volume 2*, 243-279.
- Katz, A., Dehan, K. and Itai, C. (1978). Kinetin reversal of NaCl effects. *Plant Physiol.* 62, 836-837.
- Kaushal, S. S. (2009). Chloride. *Encyclopedia of Inland Waters*, Academic Press, Pages: 23-29, ISBN 9780123706263
- Khan, A. H. and Marshall, C. (1981). Salt tolerance within populations of chewing fescue (*Festuca rubra* L.). *Commun. Soil Sci. Plan.* 12, 1271–1281.
- Kingsbury, R.W., Epstein, E., Percy, R.W., 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiol.* 74, 417-423
- Kramer, D., Römheld, V., Landsberg, E. and Marschner, H. (1980). Induction of transfer-cell formation by iron deficiency in the root epidermis of *Helianthus annuus*. *Planta* 147, 335-339.

- Lambers, H., Posthumus, F., Stulen, I., Lanting, L., van de Dijk, S.J. and Hofstra, R. (1981) Energy metabolism of *Plantago major* as dependent on the supply of nutrients. *Physiol. Plant.* 51, 245-252.
- La Haye, P.A. and Epstein, E. (1971). Calcium and salt toleration by bean plants. *Physiol. Plant.*, 25,213-218
- Leigh, R. A., Stribley, D. P. and Jonston, A. E. (1982). How should tissue nutrient concentrations be expressed? In 'Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium, Warwick, England' (A. Scaife, ed.), pp. 39-44. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks
- Lerner, H. R., Reinhold, L., Guy, R., Braun, Y., Hasidim, M. and Poljakoff-Mayber, A. (1983). Salt activation and inhibition of membrane ATPase from roots of the halophyte *Atriplex nummularia*. *Plant, Cell Environ.* 6, 501-506.
- Lessani, H. and Marschner, H. (1978). Relation between salt tolerance and long-distance transport of sodium and chloride in various crop species. *Aust. J. Plant Physiol.* 5, 27-37.
- Lynch, J., Epstein, E. and Läuchli, A. (1982). Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> relationship in salt-stressed barley. In Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium, Warwick, England (A. Scaife, ed.), pp. 347-352. Commonwealth Agric. Bur., Farnham Royal, Bucks
- Maas, E. V. and Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance - current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. Am. Soc. Civ. Eng.* 103, 115-134.
- Maas, E. V., Hoffman, G. J., Chaba, G. D., Poss, J. A. and Shannon, M. C. (1983). Salt sensitivity of corn at various growth stages. *Irrigation Sci.* 4, 45-57
- Mahmoud, E.A. and Hill, M.J. (1981). Salt tolerance of sugar beet at various temperatures, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 24:1, 67-71, DOI: 10.1080/00288233.1981.10420872, <https://doi.org/10.1080/00288233.1981.10420872>
- Malash, N.M.A.R. and Flowers, T.J. (1984). The effect of phenylmercuric acetate on salt tolerance in wheat. *Plant and Soil*, 81: 269-279. DOI: 10.1007/BF02197160
- Mancuso, M., Santucci, L., & Carol, E. (2020). Effects of intensive aquifers exploitation on groundwater salinity in coastal wetlands. *Hydrological Processes*, 34(11), 2313-2323.



- Mazi, K., Koussis, A. D., & Destouni, G. (2014). Intensively exploited Mediterranean aquifers: resilience to seawater intrusion and proximity to critical thresholds. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(5), 1663-1677.
- Meiri, A., Hofmann, G. J., Shannon, M. C. and Poss, J. A. (1982). Salt tolerance of 3 muskmelon cultivars under 2 radiation levels. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107, 1168-1172.
- Moore, C. H., & Wade, W. J. (2001). Concepts of sequence stratigraphy as applied to carbonate depositional systems. *Dev. Sedimentol*, 55, 19-36.
- Montanarella, L. and E. Rusco, 2008. Threats to soil quality in Europe EUR 23438 EN-2008 Threats to Soil Quality in Europe Gergely Tóth, p; 151 Office for Official Publications of the European Communities. JRC 46574. ISBN 978-92-79-09529-0 ISSN 1018-5593 DOI 10.2788/8647
- Munns, R., Greenway, H. and Kirst, G. O. (1983). Halotolerant eukaryotes. In *Encyclopedia of Plant Physiology* (O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler, eds.), Vol. 12C, pp. 59–135. Springer- Verlag, Berlin and New York.
- Nabors, M. W., Gibbs, S.-E., Bernstein, C. S. and Mais, M. E. (1980). NaCl-tolerant tobacco plants from cultured cells. *Z. Pflanzenphysiol.* 97, 13-17.
- Negacz, K., Malek, Ž., de Vos, A., & Vellinga, P. (2022). Saline soils worldwide: Identifying the most promising areas for saline agriculture. *Journal of arid environments*, 203, 104775.
- Nicholls, R. J., Marinova, N., Lowe, J. A., Brown, S., Vellinga, P., De Gusmao, D., ... & Tol, R. S. (2011). Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4 C world' in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: mathematical, physical and engineering sciences*, 369(1934), 161-181.
- Okur, B., & Örçen, N. (2020). Soil salinization and climate change. In *Climate change and soil interactions* (pp. 331-350). Elsevier.
- Ondrasek, G., Rengel, Z., Romic, D., & Savic, R. (2010). Environmental salinisation processes in agro-ecosystem of Neretva River estuary. *Növénytermelés*, 59(Supplement), 223-226.
- Ozturk, M., Altay, V., Nazish, M., Ahmad, M., & Zafar, M. (2023). Ethnic Aspects of Halophytes and Importance in the Economy. In *Halophyte Plant Diversity and Public Health* (pp. 173-197). Cham: Springer International Publishing.

- Parker, M. B., Gascho, G. J. and Gaines, T. P. (1983). Chloride toxicity of soybeans grown on Atlantic coast flatwoods soils. *Agron. J.* 75, 439-443
- Paul, D., & Lade, H. (2014). Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review. *Agronomy for sustainable development*, 34, 737-752.
- Payen, S., Basset-Mens, C., Follain, S., Grünberger, O., Marlet, S., Núñez, M., & Perret, S. (2014). Pass the salt please! From a review to a theoretical framework for integrating salinization impacts in food LCA. American Center for Life Cycle Assessment.
- Peleg, Z., Apse, M. P., & Blumwald, E. (2011). Engineering salinity and water-stress tolerance in crop plants: getting closer to the field. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 57, pp. 405-443). Academic Press.
- Phillips, F. M., & Castro, M. C. (2003). Groundwater dating and residence-time measurements. *Treatise on geochemistry*, 5, 605.
- Poljakoff-Mayber, A. (1975). Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. In *Plants in Saline Environments* (A. Poljakoff-Mayber and J. Gale, eds.), pp. 97–117. Springer Verlag. Berlin.
- Qadir, M., Noble, A. D., Schubert, S., Thomas, R. J., & Arslan, A. (2006). Sodicty-induced land degradation and its sustainable management: Problems and prospects. *Land Degradation & Development*, 17(6), 661-676.
- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. S., & Khan, M. A. (2008). Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land degradation & development*, 19(4), 429-453.
- Qafoku, N. P., Lawter, A. R., Gillispie, E. C., McElroy, E., Smith, F. N., Sahajpal, R., ... & Freedman, V. (2022). Calcium carbonate minerals as scavengers of metals and radionuclides: Their role in natural attenuation and remediation. *Advances in Agronomy*, 176, 115-152.
- Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1017-1023.
- Robinson, S. P. and Downton, W. J. S. (1984). Potassium, sodium, and chloride content of isolated intact chloroplasts in relation to ionic compartmentation in leaves. *Arch. Biochem. Biophys.* 228, 197-206.

- Roeb, G. W., Wieneke, J. and Führ, F. (1982). Auswirkungen hoher NaCl-Konzentrationen im Nährmedium auf die Transpiration, den Abscisinsäure-, Cytokinin- und Prolingehalt zweier Sojabohnensorten. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 145, 103-116.
- Roelofs, D., Aarts, M. G. M., Schat, H., & Van Straalen, N. M. (2008). Functional ecological genomics to demonstrate general and specific responses to abiotic stress. *Functional Ecology*, 22(1), 8-18.
- Ruto, E., Gould, I., Bosworth, G., & Wright, I. (2018). The State, causes and impact of soil salinization: a global overview. *SALFAR Work Package*, 3.
- Sarraf, M., Larsen, B., & Owaygen, M. (2004). Cost of Environmental Degradation. The Case of Lebanon and Tunisia, The World Bank Environment Department, Environmental Economics Series, Paper, 97, 105pp.
- Schwarz, M. and Gale, J. (1981). Maintenance respiration and carbon balance of plants at lower levels of sodium chloride salinity. *J. Exp. Bot.* 32, 933-941.
- Shabala, S. (2022). *Stomata Regulation and Water Use Efficiency in Plants Under Saline Soil Conditions*. Academic Press.
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2), 123-131.
- Smith, M. K. and McComb, J. A. (1981). Effect of NaCl on the growth of whole plants and their corresponding callus cultures. *Aust. J. Plant Physiol.* 8, 267-275
- Sonneveld, C. and van den Ende, J. (1975). The effect of some salts on head weight and tip burn of lettuce and on fruit production and blossom-end rot of tomatoes. *Neth. J. Agric. Sci.* 23, 192-201.
- Stelzer, R. and Läuchli, A. (1977). Salz- und Überflutungstoleranz von *Puccinellia peisonis*. II. Strukturelle Differenzierung der Wurzel in Beziehung zur Funktion. *Z. Pflanzenphysiol.* 84, 95-108.
- Stone, R. (2008). Have desert researchers discovered a hidden loop in the carbon cycle? *American Association for the Advancement of Science. Science*, Vol:320, No: 5882.
- Storey, R. and Walker, R. R. (1987). Some effects of root anatomy on K, Na and Cl loading of citrus roots and leaves. *J. Exp. Bot.* 38, 1769-1780.

- Sukop, M. C. & Perfect, E. (2005). Solute transport. Encyclopedia of Soils in the Environment, Elsevier, Pages: 521-531, ISBN 9780123485304.
- Sukop, M. C., & Thorne, D. T. (2006). Solute transport. Lattice Boltzmann Modeling: An Introduction for Geoscientists and Engineers, 117-144.
- Sulmon, C., Van Baaren, J., Cabello-Hurtado, F., Gouesbet, G., Hennion, F., Mony, C., ... & Gérard, C. (2015). Abiotic stressors and stress responses: What commonalities appear between species across biological organization levels? Environmental Pollution, 202, 66-77.
- Tu, J. C., 1981. Effect of salinity on Rhizobium-root hair interaction, nodulation and growth of soybean. Canadian Journal of Plant Science, 61, 23
- Tzanakakis, V. E., Paranychianaki, N. V., & Angelakis, A. N. (2007). Soil as a wastewater treatment system: Historical development. Water Science and Technology: Water Supply, 7(1), 67-75.
- US Salinity Laboratory Staff (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dept. Agric., Agric. Handb. 60
- Vaughan, D. J. (2020). Sulfides. In Encyclopedia of Geology: Volume 1-6, Second Edition (pp. 395-412). Elsevier Masson srl.
- Vellinga, P., Rahman, A., Wolthuis, B., Barrett-Lennard, E. G., Choukr-Allah, R., Elzenga, T., ... & Negacz, K. (2021). Saline agriculture: A call to action. In Future of Sustainable Agriculture in Saline Environments (pp. 3-12). CRC Press.
- Verheye, W. (2009). Soils of arid and semi-arid areas. Land Use Land Cover Soil Sci, 7, 67-95.
- Vose, P. B. (1983). Rationale of selection for specific nutritional characteristics in crop improvement with *Phaseolus vulgaris* L. as a case of study. Plant Soil 72, 351-364.
- Weissman, D. S., & Tully, K. L. (2020). Saltwater intrusion affects nutrient concentrations in soil porewater and surface waters of coastal habitats. Ecosphere, 11(2), e03041.
- Winter, E. (1982). Salt tolerance of *Trifolium alexandrinum* L. III. Effects of salt on ultrastructure of phloem and xylem transfer cells in petioles and leaves. Aust. J. Plant Physiol. 9, 239-250
- Wyn Jones, R. G. (1981). Salt tolerance. In Physiological Processes Limiting Plant Productivity (C. B. Johnson, ed.), pp. 271-292. Butterworth, London

- Yamaguchi, T., & Blumwald, E. (2005). Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in plant science*, 10(12), 615-620.
- Yang, Z., Wang, T., Voisin, N., & Copping, A. (2015). Estuarine response to river flow and sea-level rise under future climate change and human development. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 156, 19-30.
- Yeo, A. R. 1983. Salinity resistance: physiologies and prices. *Physiol. Plant* 58:214-222
- Zhao, X., Zhao, C., Wang, J., Stahr, K., & Kuzyakov, Y. (2016). CaCO<sub>3</sub> recrystallization in saline and alkaline soils. *Geoderma*, 282, 1-8.

## BÖLÜM 2

### TUZLULUĞUN CANLI HAYATA ETKİLERİ

Prof. Dr. Kağan KÖKTEN<sup>1</sup>

Doç. Dr. Seyithan SEYDOŞOĞLU<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14582922>

---

<sup>1</sup> Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sivas

**E-mail:** kkokten@sivas.edu.tr

Orcid ID: 0000-0001-5403-5629

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt

**E-mail:** seyithanseydosoglu@siirt.edu.tr

Orcid ID: 0000-0002-3711-3733



## 1. Ekolojik genlik ve strese karşı özel tepkiler

Ekolojik genlik, canlı bir organizmanın çevresindeki değişikliklere uyum derecesidir. Bu ekolojik genlik, belirli bir türün normal yaşamsal faaliyetlerini sürdürdüğü çevresel değişim aralığı olarak niceliksel olarak ifade edilir. Ekolojik genlik, bir türün bireysel çevresel faktörlere veya faktörlerin toplamına tepkisi olarak incelenebilir. İlk durumda, etkili bir faktörün gücündeki geniş bir aralıktaki değişiklikleri tolere edebilen türler, verilen faktörün adı ve "eury" ön ekinde oluşan bir terimle belirtilir: euryhaline (tuzluluk) ve eurybathic (derinlik). Belirli bir faktörde yalnızca dar bir aralıktaki değişikliklere uyum sağlayan türler, "steno" ön ekiyle aynı terimle belirtilir; örneğin, stenotermal ve stenohalin. Faktörlerin toplamına göre geniş bir ekolojik genlik sergileyen türlere eurybiontlar, düşük adaptasyon yeteneğine sahip türlere ise stenobiontlar adı verilir. Karşılaştırmalı çalışmalar, stenotropik türlerin, eurytopik türlerden çok daha büyük bir yok olma eğilimine sahip olduğunu göstermiştir. Bu hiç şüphesiz, öritopik türlerin, gerektiğinde kendilerini farklı türde bir kaynağa yeniden yönlendirebilme kabiliyetine sahip olmaları, oldukça şiddetli iklim değişikliklerini tolere edebilmeleri ve genellikle stenotopik türlerden daha geniş bir alanda meydana gelmelerinin bir sonucudur. Coğrafi aralığın büyüklüğü, türün hayatta kalması açısından belirleyici faktör olma eğilimindedir. Dar bir ekolojik genliğe sahip türler genellikle iyi gösterge türleri oluştururlar. Stenobiontlar, eurybiontların çevrelerindeki hafif değişiklikleri gösteremeyecek kadar geniş bir gereksinim aralığına sahip olduğu durumlarda çok iyi biyolojik göstergelerdir. Teorik olarak iyi huylu bir ortamda, yaşamın gereksinimlerinin sınırsız olduğu bir ortamda, organizmalar bireysel biyokütellerinin ve popülasyonlarının büyümesini en üst düzeye çıkarabilirler (Ricard, 2014).

Stres, toprak ekosistemlerindeki doğal seçilimin önemli bir bileşenidir. Stres yaşamın temel bir yönüdür ve vahşi doğada doğal seçilimin önemli bir yönüdür. Çevresel koşulların normal büyüme ve gelişme için gerekli aralıkları aşabileceği ekolojik nişlerin kenarlarında yaşayan organizmalarda stres ortaya çıkar. Organizmalar, ekolojik genliklerinin sınırlarını belirleyen bu streslerle belirli bir dereceye kadar başa çıkabilirler. Daha önce fizyolojik ekoloji veya ekofizyoloji olarak bilinen bu çalışmalar artık sıklıkla stres ekolojisi olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle stres tepkileri türlerin ekolojisinin ana belirleyicileridir. Kuraklık ve tuzluluk üzerine yapılan fonksiyonel genomik çalışmalar, bu iki stres etkeninin birçok yönden benzer gen ifadelerine neden



olduğunu göstermiştir (Roelofs ve ark., 2008).

Organizmalar, yaşam ortamlarında düzenli olarak, genel olarak optimal yaşam koşullarından uyumlarını azaltan önemli çevresel sapmalar olarak tanımlanan stres faktörlerine maruz kalırlar (Larcher, 2003). Stres, stresin derecesine ve organizmaların duyarlılığına (hassas, toleranslı veya dirençli) bağlı olarak ciddi hasara veya hasarı önleyen veya onaran spesifik tepkilere yol açabilir (Steinberg, 2012). Tolerans ve direnç, organizmaların, stresten kaçınma, koruma ve savunma mekanizmalarını kullanarak, olumsuz etkileri azaltılmış veya hiç olumsuz etki yaratmadan stresle başa çıkma yeteneklerine karşılık gelir. Ekolojik bir perspektiften bakıldığında, stres duyarlılığının derecesi, yaşam öyküsü özelliklerinin performansı üzerinde seçici kuvvetler uygulayarak türler için ekolojik nişin sınırını belirler (Roelofs ve ark., 2008). Bu özellikler popülasyon dinamiklerini ve dolayısıyla topluluk kompozisyonunu etkileyebileceğinden, stres etkenleri topluluk ölçeğinde etkilere neden olabilir ve sonuçta türlerin bir arada yaşamasını ve topluluk yapılarını yönlendirebilir (Moe ve ark., 2013). Stres etkenlerinin risk değerlendirmesinde ekolojik tabanın genişletmesi gerekmektedir (Beketov ve Liess, 2012).

## **2. Habitat kaybı ve habitat parçalanması**

Habitat parçalanması, literatürde yaygın olarak, büyük, sürekli habitatın, farklı arazi kullanım türlerinden oluşan, insan tarafından değiştirilmiş bir matris ile birbirinden ayrılan, daha az toplam alana sahip çok sayıda daha küçük parçalara bölüdüğü habitat kaybının sonucu olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, hem kalan habitatın toplam miktarı hem de mekansal konfigürasyonu ile ilgili arazi kullanımı değişikliğinin bileşenlerini aynı her şeyi kapsayan ifade içinde içermektedir. Habitat parçalanması, habitat kaybından sonra kalan habitat parçalarının nasıl dağıldığını tanımlamak için kullanılır. Habitat kaybı ve parçalanmasının ve bu süreçlerin karasal biyolojik çeşitlilik üzerindeki genelleştirilebilir sonuçlarını ortaya çıkarmak zor olabilir. Habitat parçalanması, peyzaj ve yama değişkenleri arasındaki doğrudan ve dolaylı temel ilişkiler açıkça kabul edilip ayırt edilsin veya edilmesin, insan tarafından değiştirilmiş peyzajlarda meydana gelen iç içe geçmiş süreçlerin sırasını tanımlamak için literatürde tartışmasız hâlâ en sık kullanılan terimdir (Rogan & Lacher Jr, 2018). Kaynak mevcudiyetinin süreksizliği artırır, türlerin mevcudiyeti koşullarını ve sonuçta bireysel uygunluğu etkiler. Parçalanma, karasal ve sucül sistemlerde hem doğal hem de antropojenik süreçler yoluyla

ortaya çıkabilir. İkincisinde, parçalanma tatlı suların (örneğin nehirler ve göller) yanı sıra deniz sistemlerini de (örneğin okyanuslar, mercan resifleri, deniz çayırları, yosun ormanları, tuzlu bataklıklar ve deniz buzu) etkiler. Biyoçeşitlilik, yerel ekosistemlerdeki etkileşim halindeki türlerden oluşan karmaşık ekolojik ağlar halinde organize edilmiştir, ancak habitat parçalanmasının bu tür sistemler üzerindeki etkileri hakkındaki bilgimiz sınırlıdır (Hagen ve ark., 2012).

### 3. Ekofizyolojik adaptasyon

Su stresi bitki üretimini sınırlayan ana faktör olduğundan, su stresi altında fotosentez performansı bitki ekofizyolojisinin temel konularından biridir. Azalan su kaynağı altında fotosentezdeki azalma, difüzyon ve biyokimyasal sınırlamalardan kaynaklanabilir. Difüzyon sınırlamaları, atmosferden kloroplast içindeki karboksilasyon bölgesine kadar olan tüm CO<sub>2</sub> yolunu içerir. Su stresine yanıt olarak stomaların kapanması, hem absisik asit (ABA) hem de yaprak turgoruna duyarlılığı içeren iyi tanımlanmış bir süreçtir. Stomaların kapanması, su mevcudiyetindeki azalmaya verilen ilk açık tepkidir ve yaprakların dayandığı su stresinin yoğunluğunu izlemek için referans parametre olarak kullanılabilir (Nadal ve Flexas, 2018).

Bitki ekofizyolojisindeki araştırmaların çoğunluğu bitki örtüsünün çevre tarafından nasıl belirlendiğini açıklamaya çalışsa da bitkilerin çevrelerini etkilediği ve ekosistem özelliklerini etkilediği yönündeki geri bildirimler de yaygın olarak kabul edilmektedir. Belirli bitki topluluğu ve ekosistem özellikleri, potansiyel büyüme hızı, otçullar için lezzet, yangına dayanıklılık, atık kalitesi ve tohum kalıcılığı gibi belirli bitki özelliklerine doğrudan atfedilmektedir. Bu yaklaşım, ekosistemin bozulmaya verdiği tepkilerin incelenmesiyle bitki özelliklerini daha da genişletmiştir (Grime ve Fridley, 2013).

Karasal ekolojide bitki fonksiyonel tipleri, çevreye benzer tepkiler veren ve ekosistem işleyişi üzerinde benzer etkilere sahip tür kümeleridir. Temelde bu sınıflandırma, filogenetik, otekojik ve allometrik çeşitlilikleri aşan yaşam formlarındaki işlevsel ortaklıkları arar (Li ve Lopez-Urrutia, 2007). Bitki-su ilişkileri çift yönlü olduğundan, baskın bitki işlevsel tipindeki bir değişiklik, su, karbon, besin ve tortu döngülerinde sayısız etkiye ve geri bildirim neden olabilir. Yer üstü ve yer altı bitki özellikleri, diğer süreçlerin yanı sıra yerel radyasyonu, yağış sularının durdurulmasını, kök bölgesi suyunun alımını,

toprak nemini yeniden dağıtmayı, atık üretimini ve toprak oluşumunu etkiler. Çayırların yerini çalılıklar aldığımda, çayırlarla karşılaştırıldığında çalılıkların daha geniş çıplak alanlar ve daha yüksek bitki suyu kullanımını nedeniyle daha yüksek genel buharlaşma-terleme kayıpları meydana gelir. Çalılıkların suya olan talebinin artması, genel su mevcudiyetini azaltır; bunun sonucunda toprak nemi, yüzey akışı oluşumu, yeraltı suyunun yeniden doldurulması, çözünmüş ve partikül maddelerin su yoluyla taşınması üzerinde etkiler ortaya çıkar. Düz topografik konumlarda bulunan kumlu topraklardaki çalılıkların yağıştan gelen suyun çoğunu veya tamamını kullandığı, çayırların ise derine süzölmeye izin verdiği bulunmuştur. Buna karşılık, yamaçlarda ve kayalık topraklarda çayırlardan çalılıklara geçiş, yüzey akışı miktarını ve su erozyonu oranlarını artırabilir. Çıplak alanların birbiriyle teması, çayırlara kıyasla çalılıklarda genellikle daha fazladır, bu da daha yüksek su akışına ve daha fazla besin ve çökelti kaybına neden olur. Bu da toprak verimliliğinde kayıplara, peyzajların derelere ve oluklara bölünmesine ve mansap bölgelerdeki tortu yüklerinin artmasına neden olur. Bu, kurak alanlardaki su kalitesindeki azalmanın ana nedenidir. İlave olarak, insan faaliyetleri ve çölleşme nedeniyle çöl bölgelerinden yayılan toz, dağ kar hidrolojisini etkileme potansiyeline sahiptir. Kar üzerinde biriken toz, kar tarafından emilen güneş ışınımının miktarını önemli ölçüde etkileyebilir, erime oranını ve eriyen suyun üretilip nehir sistemlerine dağıtılma hızını artırabilir. Bu değişikliklerin su yönetimini etkileme ve büyük nehir sistemlerindeki su miktarını azaltma potansiyeli vardır (Okin, 2013).

#### **4. Biyoçeşitlilik ve ekstrem habitatlar**

Biyoçeşitlilik, mikroorganizmalar, bitkiler, mantarlar ve hayvanlar arasında bulunan çeşitlilik aralığını ifade eder. Biyoçeşitlilik tipik olarak bir bölgedeki türlerin sayısı ve türlerin kimliğinin zaman ve mekan içinde ne kadar hızlı değiştiği kullanılarak ölçölür. Biyoçeşitlilik, net birincil üretim, ayrışma-parçalanma, zararlıların biyolojik kontrolü ve hatta su ve rüzgar kaynaklı toprak erozyonu gibi fiziksel süreçler gibi ekosistem süreçlerini dolaylı olarak etkiler. Biyoçeşitlilik aynı zamanda kurak alanlarda yaşayan veya bu alanları ziyaret eden insanlar için geçim, dinlenme ve maneviyat açısından da önemli bir temel oluşturur. Biyoçeşitlilik ile doğrudan ilgilenen paydaşlar arasında avcılar, doğa bilimcileri, turistler ve çiftçiler yer almaktadır. Bu faktörler kurak alanlarda biyolojik çeşitliliğin nasıl yönetileceğine rehberlik eder. Kurak alanlardaki biyolojik çeşitlilik, özellikle diğer ekosistem türleriyle karşılaştırıldığında,

zaman ve mekân içinde stres (örneğin sıcaklık) ve kaynak bulunabilirliği (örneğin su ve bitki üretimi) açısından yüksek değişkenlikten güçlü bir şekilde etkilenir (Smith ve McAllister, 2008). Kurak alan türleri genellikle kaynak kıtlığını ve stresi tolere etmelerine veya bunlardan kaçınmalarına olanak tanıyan özel adaptasyonlara sahiptir ve bazı türler belirli koşullar konusunda oldukça uzmanlaşmıştır. Otlama baskısındaki değişiklikler, yabancı alanların veya meraların mahsul tarımına dönüştürülmesi ve kentleşme dahil olmak üzere arazi kullanımları, biyolojik çeşitlilikte değişikliklere neden olacak şekilde çevresel değişkenlik ve tür adaptasyonları ile etkileşime girer. Özellikle endişe verici olan, geçmişteki ağır hayvan otlatmayla ilişkili çölleşmenin, çalılar veya çıplak zeminin ekosistemlere hakim olduğu otlaklarla ilişkili türleri azaltmasıdır (Eldridge ve ark., 2011).



**Şekil 1.** Utah, ABD'de tuzlu bir alan (Kearl ve ark., 2019)

Ekstrem habitatlar çoğu organizmanın yaşadığı koşulların dışında yer alır. 'Uç' fiziksel aşırılıkları içerir; sıcaklık, radyasyon, basınç ve aşırı jeokimyasal; örneğin kuruma, tuzluluk, pH, oksijenin tükenmesi veya aşırı redoks potansiyeli. Bu ortamların araştırılması, evrim ilişkilerinin, yeni türlerin ortaya çıkmasının ve organizmalar arasındaki çeşitli ekolojik ilişkilerin incelenmesi açısından önemlidir. Bu tür habitatlardan yeni metabolitler ve organizmaların metabolik yollarını kullanması beklenebilir; bu da biyoremediasyon potansiyeli, yeni antibiyotiklerin keşfi gibi potansiyeller taşır. Ekstrem habitatlar, diğer türlerin aksine farklı stresler arasında köprü kurması

gereken son derece uzmanlaşmış organizmalar (ekstremofiller) tarafından doldurulur. Sıvı su, dünyadaki yaşamın olmazsa olmazıdır, ancak fiziksel ve jeokimyasal aşırılıklar göz önüne alındığında, bariz su eksikliği olan habitatlarda bile hayat mevcuttur; örneğin çöller. Bu tür habitatlarda çevresel parametreler yalnızca özel olarak uyarlanmış organizmaların yaşamasına izin verir. Tüm bu gerçekler, bu doğal özelliklerin korunması, genetik havuzunun muhafaza edilmesi ve sürdürülebilir yönetim gereksinimini desteklemektedir (Oarga, 2009).

## **5. Tuzdan etkilenen doğal ekosistemler**

Tuz kaynaklı arazi bozulması, yağmur suyunun toprakta düzenli olarak süzülmesini sağlamak için yağışların çok düşük olduğu ve sulamanın doğal veya yapay bir drenaj sistemi sağlanmadan yapıldığı kurak ve yarı kurak bölgelerde en yaygın arazi bozulması sürecidir. Bu tür iklim koşulları ve sulama uygulamaları toprakta tuz birikimini tetikleyerek çeşitli toprak özelliklerini etkiler ve toprak verimliliğini azaltır. Toprak ve su kaynaklarının uygunsuz yönetimini içeren antropojenik faaliyetlere ek olarak, ana minerallerin hava etkisiyle aşınması sonucu tuzdan etkilenen topraklar oluşur (Qadir ve ark., 2008). Tuzlu yeraltı suyundan kaynaklanan toprak tuzluluğu veya tam tersi, dünyada artan tuzluluk sorunlarına katkıda bulunmaktadır. Tuzluluk, toprakta veya sulara sodyum klorür, magnezyum ve kalsiyum sülfatlar ve bikarbonatlar gibi çözünen tuzların varlığını ifade eder ve sonuçta daha yüksek tuz konsantrasyonu seviyelerine neden olur. Yeraltı suyunun aşırı kullanımı, deniz suyu girişi ve sulamadan kaynaklanan kirli suyun katkısı, kirlilik kaynağından uzak mesafelerde bulunan akiferlerin yeraltı suyu kalitesini değiştirmeye devam etmektedir. Tuzlu/tatlı yeraltı suyu ve tuzla kirlenmemiş/kirlenmiş toprak arasındaki etkileşim, yüzeyde buharlaşma-terleme meydana geldiğinde bol miktarda tuz biriktirme eğilimindedir (Akudago ve ark., 2009).

Toprağın tuzlanması bitki büyümesini sınırlar ve topraktaki karbon (C) emisyonunda ve toprak ile atmosfer arasındaki C döngüsünde hayati bir rol oynayan bitki miktarını azaltır (Smith ve McAllister, 2008). Tuzdan etkilenen topraklar, yarı kurak otlaklarda ve kıyı alüvyon alanlarında geniş alanları kaplar. Bu yayılma, yeraltı suyu teminindeki eksiklik ve sürekli tuzlu su girişinden kaynaklanmaktadır (Fan ve ark., 2012). Yüksek tuzlu-alkali topraklar, toprağın mikrobiyal biyokütlesini ve topraktaki organik karbon dönüşümünü düzenleyen topluluk yapısını olumsuz yönde etkiler (Yang ve ark., 2019). Ek olarak, mikrobiyal metabolik fonksiyondaki herhangi bir

değişiklik, özellikle karbon metabolizmasının enzim aktiviteleriyle ilgili genler olmak üzere toprak karbon emisyonlarını belirleyen iç mekanizmadır. Tuzdan etkilenen topraklardaki organik karbon iki ana faktör tarafından kontrol edilir (i) ozmotik potansiyeldeki artışlar bitki büyümesini, dolayısıyla karbon girdisini azaltır ve (ii) topraktaki organik karbonunun ayrışması üzerinde olumsuz etkiye sahip olabilecek bakteri ve mantarlar gibi mikroorganizmaların mikrobiyal aktivitesinin azalması (Setia ve ark., 2013). Toprak tuzluluğunun, toprak mikroorganizmalarının küresel dağılımını şekillendiren ana faktör olduğu gösterilmiştir. Örneğin tuzluluk, birçok doğal habitatta toprağın bakteri çeşitliliğini ve bileşimini etkileyen çok önemli bir faktördür (Campbell ve Kirchman, 2013) ve toprağın tuzlanması, topraktaki mantar topluluklarının çeşitliliğini ve ekolojik işlevleri düzenler (Yang ve ark., 2021).

## 6. Toprak organik maddesinin toprak fonksiyonlarına katkıları

Toprak organik maddesi, topraktaki besin ağının temelini oluşturarak ayrıştırıcılara karbon açısından zengin substratlar ve enerji sağlar. Toprak mikropları genellikle karbon ile sınırlıdır, dolayısıyla toprak organik maddesi stokları ve özellikleri bunların metabolizması, mikropların büyümesi ve popülasyon dinamikleri üzerinde ana kontrol etmenidir. Bitkiler de mikrobiyal büyüme üzerinde önemli bir kontrol görevi görür ve bu da daha sonra toprak organik maddesi oluşumunu teşvik eder. Bu nedenle daha yüksek bitki mevcudiyeti ile daha yüksek toprak organik maddesi stoklarının mikrobiyal biyokütle ve aktivite üzerindeki etkilerini birbirinden ayırmak zordur. Toprak organik maddesi ve toprak fonksiyonları arasındaki ilişkiler, çeşitli seviyelerde çeşitli etkileşimler ve geri bildirimlerle karmaşıklaşmıştır. Topraklar, organik maddeyi öncelikle bitkilerden, bitki köklerinden sürekli sızıntı salınımı, kök dokusu dönüşümü ve yer üstü bitki kalıntılarının birikmesi yoluyla, zaman ve mekanda büyük ölçüde değişen ve ekosistem türüne bağlı olarak değişen miktarlarda alır. Bitkiler ayrıca organik karbonu mikorizal ortakyaşarlarına aktarır ve bunlar da toprağa en fazla organik karbon katkısı sağlayanlar arasındadır (Cotrufo ve Lavelle, 2022).

Toprağın bitki büyümesini ve biyolojik aktiviteyi sürdürmeye uygunluğu, çoğu topraktaki organik maddenin miktarına ve kalitesine bağlı olan fiziksel ve kimyasal özelliklerin bir fonksiyonudur. Toprak organik maddesinin denge seviyesi, bitki artıkları ve diğer biyokatıllar aracılığıyla sağlanan girdi ile ayrışma, erozyon ve yıkanma yoluyla elde edilen çıktı arasındaki dengeye bağlıdır. Ancak ürün artıklarının yem, yakıt ve inşaat

malzemesi gibi çok sayıda birbiriyle rekabet eden kullanım alanı vardır. Bu artıkların malç olarak uygulamasında farklı maliyetler ortaya çıkmakta ve malç seviyesi arttıkça bu maliyetler artmaktadır. Optimum malç uygulama oranlarının belirlenmesi ve uygulanacak yönetimin toprak kalitesi üzerindeki etkisini anlamak için, kalıntının girdi kalıntısıyla ilişkili toprak organik maddesine ilişkin ampirik verilere ihtiyaç vardır (Mulumba ve Lal, 2008).

Toprak mikroorganizmaları, ekosistemlerdeki organik maddenin ayrışmasında ve toprak besin maddelerinin biyojeokimyasal döngüsünde anahtar rol oynar (Cusack ve ark., 2011). Tuzluluk toprağın pH'ını ve diğer fizikokimyasal özelliklerini değiştirebilir, böylece mikrobiyal büyümeyi ve eklenen bitkinin ve toprağa doğal karbonun biyokimyasal dönüşümlerini etkileyebilir (Green ve ark., 2004). Artan tuzlulukla birlikte mikrobiyal aktivitenin azalmasına bağlı olarak karbon mineralizasyonu azalır. Mikrobiyal biyokütle genellikle çözünebilir tuzların konsantrasyonuyla negatif, kıyadaki tuzlu topraklardaki organik karbon içeriğiyle pozitif korelasyon gösterir. Ancak Luna-Guido ve ark. (2001), mikrobiyal aktivitenin ve biyokütlenin toprak tuzluluğu veya yüksek pH'dan etkilenmediğini bildirmişlerdir. Çelişkili gözlem sonuçları, eklenen organik maddelerin kalitesindeki farklılıklardan, toprak özelliklerinden, tuzluluk seviyelerinden, belirli iyon türlerinden, su içeriğinden, doku ve organik madde seviyesi arasındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir (Muhammad ve ark., 2008). Toprak organik karbonu, toprak besin havuzunun korunmasında ve besin kullanılabilirliğinin artırılmasında büyük öneme sahiptir. Toprak organik karbonunun kaybı toprak verimliliğini azaltabilir. Mikrobiyal biyokütle karbonu (microbial biomass carbon, MBC), toprak organik karbonunun önemli bir fraksiyonudur ve topraktaki mikrobiyal aktivitenin genel bir göstergesidir (Bending ve ark., 2004). Çözünmüş organik karbon, toprak mikroorganizmaları tarafından kolaylıkla metabolize edilen ve toprak yönetiminden doğrudan etkilenen bir enerji kaynağıdır. Toprak organik karbonu, mikrobiyal biyokütle karbonu ve çözünmüş organik karbon, tarımsal yönetim uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için sıklıkla kullanılır (Dong ve ark., 2009).

## **7. Mikroorganizmalarda aşırı ortamlara tolerans**

Aşırı ortamın tanımı konusunda genel bir fikir birliği yoktur. İnsan merkezli bir bakış açısından bakıldığında, memeli yaşamını destekleyen fizikokimyasal parametrelerden sapan koşullar aşırı olarak kabul edilir. Ancak mikroplar için neyin “ekstrem”, neyin “normal” olduğu tartışmalıdır ve

“ekstrem” kavramı mikroorganizmalar için uygun olmayabilir. Mantarlar kolonileşme konusunda özellikle yeteneklidirler ve yeni koşullarla karşılaştıklarında taşıdıkları özellik gruplarından yararlanarak yeni ortamlarda varlıklarını sürdürürler, yeni kaynaklar kullanırlar veya yeni birliktelikler oluştururlar. Ekolojik uyum olarak bilinen bu süreç, nadir görülen ekolojik, biyolojik ve morfolojik esneklikleri nedeniyle mantarlarda çok iyi çalışır (Agosta ve Klemens, 2008). Örneğin mantarlar, fiziksel veya kimyasal koşulların değişmesine bağlı olarak bir büyüme formundan diğerine hızla geçebilir. Hızla fermente olabilen şekere daldırıldıklarında veya çoğu insan patojeninde olduğu gibi enfektif fazda olduklarında veya vasküler bitki istilası sırasında tek hücreli büyümeyi benimserler; alternatif olarak, çevreyi incelemelerine olanak tanıyan "yiyecek arayışı" büyüme formu olan filamentli olarak büyüyebilirler veya yüzey/hacim oranını optimize etmek için stresli koşullara maruz kaldıklarında meristematik büyümeye geçebilirler. Bu nedenle mantarlar, uç noktalar da dahil olmak üzere hemen her türlü habitatta yaşar. Antarktika'daki aşırı kuru ve soğuk çöllerden ve dünya çapındaki diğer çok soğuk bölgelerden (Selbmann ve ark., 2005), en yüksek dağ zirvelerinden (Selbmann ve ark., 2008) derinlere kadar değişen sıra dışı ortamlarda (Onofri ve ark., 2011), permafrost topraklarda (Zuconci ve ark., 2012), volkanik bölgelerdeki jeotermal ve nemli topraklarda (Appoloni ve ark., 2008), sülfürik asitli asit maden drenajlarında (Selbmann ve ark., 2008) veya yüksek alkali alanlardaki topraklarda gelişebilirler. Yaşam öncelikle suyun varlığıyla belirlenir, ancak bazı mantarlar aşırı düşük su aktivitesi altında yüksek tuz konsantrasyonunda da üreyebilir (Gunde-Cimerman ve ark., 2009; Gostincar ve ark., 2009). Mantarlar ekosistemin işleyişinde yeri doldurulamaz roller oynar. Saprotroflar, simbiyotikler veya parazitler gibi farklı yaşam tarzlarını benimseyebilirler: Bazı türler geniş bir dağılıma sahip kozmopolittir, diğerleri ise ekolojik esneklikleri sayesinde çoğu yaşam formunun yasak olduğu zorlu ortamlara uyum sağlayabilir. Stresli koşullarda, organik maddenin geri dönüşümünde veya besin alımının desteklenmesinde rolleri daha da önemlidir. Koşullar gerçekten aşırı hale geldiğinde ve rekabet düşük olduğunda, mantarlar aşırı toleransa odaklanır ve çevrenin dayattığı belirli kısıtlamalarda doğal veya ksenobiyotik kaynaklardan yararlanmak için özel yetenekler geliştirir (Selbmann ve ark., 2013).



## 8. Halotolerant ve halofilik mantarlar ve olağandışı mantar nişleri

Kristal tuzun (NaCl) genellikle çoğu yaşam formuna karşı o kadar düşman olduğu düşünülür ki, yüzyıllardır gıda koruyucu olarak kullanılmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda tuzla korunan yiyecekler ve güneşlenmeyle tuz üretilen tuzlalar, halofilik ve halotolerant mikroorganizmalar için evcilleştirilmiş ve doğal ortamlardır. Bu mikroorganizmalar aşırı NaCl konsantrasyonlarına ve aynı zamanda sıklıkla diğer iyonların yüksek konsantrasyonlarına, yüksek ultraviyole (UV) ışınımına ve bazı durumlarda aşırı pH değerlerine uyum sağlayabilir (Gunde-Cimerman ve ark., 2000). Son çalışmalar, ön kristalleşme ve kristalizasyon havuzlarının aynı zamanda şaşırtıcı derecede zengin bir çeşitlilik ve halofilik ve halotolerant mantar bolluğu barındırdığını göstermiştir (Butinar ve ark., 2005; Zalar ve ark., 2008). Doğal tuzlu su sistemlerinde yaşayan hücreler, hayatta kalabilmek için çevrelerine göre daha düşük bir su potansiyeline sahiptir. Osmolalitedeki ani bir artışın ardından çoğu Bakteri ve Ökarya organik osmolitler biriktirirken, Archaea'ların çoğu turgor duyarlı taşıma sistemleri yoluyla hızla büyük miktarlarda  $K^+$  alabilir. Çoğu bakteri ve ökaryotik organizma, hücre içi  $Na^+$  konsantrasyonlarını hücreler için toksik seviyelerin altında tutmak için "uyumlu çözünen maddeler" biriktirme stratejisini kullanır. Mantarlar çoğunlukla farklı polioller, serbest amino asitleri ve bunların türevlerini biriktirir. Ortamdaki  $Na^+$  konsantrasyonundaki değişiklikleri algılama yeteneği, hücrenin hayatta kalması için hayati öneme sahiptir. Tuz toleransı ile ilgili en çok çalışılan ökaryotik mikroorganizma *Saccharomyces cerevisiae*'dir. Ancak *S. cerevisiae* tuza çok duyarlı değildir ve aşırı tuzlu koşullara uyum sağlayamaz. Buna karşılık, *Debaryomyces hansenii* (Prista ve ark., 2005), *Hortaea werneckii* (Gunde-Cimerman ve ark., 2000) ve *Wallemia ichthyophaga* gibi türler küresel olarak doğal hipersalin ortamlardan izole edilmiştir (Zalar ve ark., 2005).



**Şekil 2.** ABD'de Büyük Tuz Gölü'nün mikroorganizmalar tarafından görsel olarak renklendirilmesi. Büyük Tuz Gölü'nün kuzey kolu, büyük ölçüde hipersalin suda yaşayan halofilik arkelerden dolayı zengin pembe bir renge sahiptir; güney kolu ise alg türlerinin zengin çeşitliliği nedeniyle yeşil renktedir. İki kol, burada görülen bir demiryolu geçidiyle ayrılıyor. (resim: Patrick Wiggins) (Baxter, 2018).

Deniz suyu girişiminden kaynaklanan tuz birikimi kıyı bölgelerine özgüdür. Ancak tarımsal uygulamaların yanlış yönetimi, özellikle de acı su kullanılarak yapılan aşırı sulama, kılcal damarlanmayı ve buharlaşmayı tetiklemekte ve bunun sonucunda toprak profilinde uygun olmayan miktarlarda tuzlar birikmektedir. Tuzluluk, Na ve  $\text{NaCO}_3$ 'ün birikmesi ve hidrolizininin, pH'sı 8.5'in üzerine çıkararak ve sonuç olarak fosfor, kalsiyum, magnezyum ve çinkonun çökeldiği ve bitkiler için daha az kullanılabilir olan OH iyonlarını serbest bıraktığı alkalilik ile eş zamanlı olarak ortaya çıkabilir (Wahba ve ark., 2019). Yüksek pH (>9) ve  $\text{Na}^+$  iyonları tuzlu tabakayı nispeten kalınlaştırır ve toprağın intermisellar tabakasındaki artan itme kuvvetine aracılık ederek toprak parçacıklarının dağılmasına neden olur (Zhou ve Yu, 2016). Dispersiyon, toprak katmanlarını ayrıştırır ve organik karbonun mineralizasyona yatkın hale gelmesine neden olur (Wong ve ark., 2010), sıkışmayı artırır, toprak suyunun sızmasını engeller ve sonuç olarak topraklar, akışla kolayca sürüklenir (Shrivastava ve Kumar, 2015). Toprak çözeltisindeki aşırı NaCl

konsantrasyonu, mikrobiyal enzimleri inhibe eder ve dolayısıyla C ve N döngüsünü (Rietz ve Haynes, 2003), net birincil üretimi ve bitkisel kalıntıların dönüşümünü sınırlar (Yannarell ve Pearl, 2007). Ekolojik ölçekte toprak tuzluluğu, tür çeşitliliğini ve bunların ekolojik nişlerini olumsuz yönde sınırlayabilir (Ashilenje ve ark., 2022).

## **9. Tuzluluk altında siyanobakteriler**

Tuzlu topraklarda meydana gelen mikrobiyal toplulukların bolluğu ve yapısındaki mekansal modeli anlamak, çevrenin belirli işlev ve özelliklere sahip bakteri grupları üzerinde uyguladığı seçim mekanizmalarına ışık tuttuğu için ekolojide önemli bir hedefi temsil eder. Bakteri topluluklarının direnç için metabolik araçlar geliştirmek yerine daha uygun koşulları bekler. Tuzluluk ve kararsızlık açısından daha yüksek bir niş arasındaki seçim, sorunlu topraklarda mikrobiyal heterojenliği ve taksonların mekansal kompozisyonunu şekillendiren temel mekanizmadır (Canfora ve ark., 2014).

Siyanobakteriler, her türlü habitatta bulunan, mavi-yeşil algler adı verilen ilkel oksijenli fotoototrofik organizmalardır. Siyanobakteriler bilinen en eski fosillerdir ve yaklaşık 3.5 milyar yıl önce, yeryüzünde oksijenin evrimi sırasında ortaya çıkan en eski yaşam formlarıdır. Bireysel hücreler, koloniler, filamentler, dallanmış ve dallanmamış formlar gibi farklı formlarda bulunurlar (Catherine ve ark., 2013). Evrimsel geçmişleri nedeniyle kozmopolit bir dağılıma sahip bir siyanobakteri, tuzlu topraklardan kıyı bataklıklarına kadar farklı alanlara uzanır. Siyanobakteriler genellikle karadan su ortamlarına ve su pınarlarına, aşırı tuzlu sulara, tuz yataklarına ve çöllerin sıcak termal deliklerine kadar tüm habitatlarda dağılmıştır. Siyanobakteriler yüksek tuzluluk stresi altında farklı özellikler gösterir. Stres sırasındaki yüksek tuz konsantrasyonu, sitozol içindeki suyun kullanılabilirliğini azaltır ve inorganik iyonların miktarını artırır. Hipersalin durumu, siyanobakteriyel büyümeyi, fotosentezi, plazma zarı bileşimini ve diğer birçok biyokimyasal reaksiyonun değişimini etkiler. Yüksek tuzluluk hem ozmotik hem de iyonik strese neden olur ve bu da oksidatif hasarlara neden olur. Antioksidatif savunma sisteminin oluşturulması bunu hafifletebilir ve siyanobakteri hücresi ayrıca yüksek tuzluluk stresine alışmak için çeşitli savunma mekanizmalarına sahiptir (Singh ve ark., 2022).

## 10. Halofitik bitki toplulukları

Doğal ekosistemlerde, türlerin bitki kompozisyonu, kural olarak, substrat tuzluluğunun en yüksekten en aza doğru değişmesiyle değişir ve bu, şu şekilde ifade edilen, birbirinin yerini alan veya tamamlayan bitki gruplarıyla karakterize edilebilir: öhalofitler → krinohalofitler → glikohalofitler (veya zorunlu → fakültatif halofitler). Ancak tuza tolerans mekanizmalarının çeşitliliği ve bunların etkinliği ters bir ilişki içinde gibi görünmektedir. Bu nedenle, mineralli topraklar, ekolojik plastisiteleri düşük olmasına rağmen, substratın yüksek ve orta tuzluluğuna adapte olmuş bitki türleri tarafından işgal edilmektedir (Freitag ve ark., 2000).

Sularda ve toprakta  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  gibi iyonların aşırı seviyeleri bitkilerde iyona özgü etkilere neden olarak bazı besin maddelerinin toksisitesine veya eksikliğine yol açabilir. Tuzdan etkilenen koşullar altında,  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonları çoğu makro besin maddesinin konsantrasyonunu çoğu zaman bir veya iki büyüklük mertebesinde aşar; mikro besinler söz konusu olduğunda ise daha da fazladır. Bu nedenle, tuzdan etkilenen topraklarda besin-iyon aktiviteleri azalmış olabilir ve  $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2} / \text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Cl}^- / \text{NO}_3^-$  oranları aşırı olabilir (Qadir ve ark., 2008).

Ekolojistler, multitrofik meta toplulukların (yani alana dağılım ve trofik etkileşimlerle birbirine bağlanan topluluklar) incelenmesine odaklanmışlardır. Mekansal heterojenlik, besin ağlarının yapılandırılmasında önemli bir rol oynar. Topraktaki besin ağları, karasal ekosistemlerde organik materyalin ayrışmasını ve besin geri dönüşümünü destekleyen çeşitli sistemlerdir (Decaens, 2010). Topraklar, su içeriğinde güçlü mekansal heterojenliğe sahip, oldukça heterojen ekosistemlerdir. Bu, yaprak döküntüsü besin ağlarının mikro, yerel ve bölgesel ölçeklerde mekansal yapılanmasını yönlendirebilir (Melguizo-Ruiz ve ark., 2012). Mikro-çevresel ölçekte, yaprak döküntülerinin bulunduğu alanın mikro-topografyası (örneğin yamaçların tabanı) veya mikro-çevreyi etkileyen diğer alanlar (örneğin, çalılırların ve ağaçların altları) nedeniyle toprak parçalarında su birikebilir. Toprak nemi, toprak faunasını kuru koşullarda nemli alanlara çekerek etkilediğinden, bu nem cepleri kuraklık koşullarında üretkenlik adaları olarak çalışabilir. Bu, göç yoluyla birbirine bağlanan mikro-çevresel alanlar meta-topluluk dinamiklerini etkiler (Moya-Larano ve ark., 2014).

## **11. Bitkilerde mikrop-aracılı stres toleransı**

Mikroorganizmalar tartışmasız dünya üzerindeki işlevsel açıdan en çeşitli ve önemli organizmalardandır ve her biyojeokimyasal döngüyü yönlendirirler. Başlangıçta mikroorganizmaların kozmopolit dağılımlara sahip olduğu, küçük boyutları ve yüksek popülasyon yoğunluklarının onları etkili pasif dağıtıcılar haline getirdiği varsayılmıştır. Halofilik mikrobiyal topluluklarla ilgili çalışmalar, bölgesel ölçeklerde topluluk değişiminin kanıtlarını bulmuş, bu da biyocoğrafik bölgelerin oluşma potansiyelini ortaya koymaktadır (Zhaxybayeva ve ark., 2013).

Mikrobiyal topluluklar, neredeyse tüm doğal ve insanlarla ilişkili ekosistemlerde hayati önem taşıyan karmaşık biyolojik varlıklardır. Mikrobiyal topluluklar, dünyadaki biyolojik çeşitliliğin büyük çoğunluğunu oluşturur ve organik maddenin ayrışması, besinlerin biyojeokimyasal döngüsü ve ksenobiyotik bozunması gibi ekosistem işleyişinde önemli roller üstlenir (Vincent ve ark., 2021). Toprakta veya işlevsel bir bitki mikrobiyomunda yaşayan mikrobiyal topluluklar, konakçının fizyolojisini, işlevsel mekanizmayı mutlaka etkileyen ve fizyolojik ve gelişimsel gelişimi engellemeden çevresel değişkenlerle başa çıkmak veya aşırı koşulları tolere etmek için yerel ve sistemik mekanizmaları harekete geçiren doğal yaşam ortaklarını temsil eder. Düzenli olarak değişen iklim koşullarında bitkiler, doğal atmosferlerindeki sürekli veya zamana bağlı dalgalanmalara karşı hassastır ve bu da bitkilerin fenotipik plastisitesine meydan okur. Bununla birlikte bitkiler, stresle indüklenen genlerin transkripsiyonel yeniden programlanması ve stresi azaltmak için bunların diferansiyel ekspresyonu tarafından kontrol edilen fizyoloji, biyokimya veya morfolojideki değişiklikleri yansıtarak mikrobiyal ortak yaşamların veya diğer ilgili çeşitliliğin varlığında bu değişikliklere iyi yanıt verir. Ayrıca antropojenik müdahaleler, felaket olayları ve aşırı çevresel değişiklikler aynı zamanda aktif bir bitki mikrobiyomunda mikrobiyal topluluk dinamiklerini, topluluk kompozisyonunu ve ilişkili mikrobiyal çeşitliliği de etkiler. Dolayısıyla bitki-mikrop etkileşimi, bitki hücresel sistemi içindeki karmaşık bir mekanizmayı temsil eder (Chandok ve ark., 2022).

## **12. Tatlı su tuzlanmasının biyoçeşitliliğe etkisi**

Antropojenik tuzlanma, tatlı su ekosistemleri için giderek artan küresel bir sorun haline gelmekte ve ciddi biyolojik çeşitlilik kaybına ve ekosistem bozulmasına yol açmaktadır. Antropojenik tuzlanmanın tatlı su ekosistemleri

üzerindeki etkisi son yıllarda yoğun bir şekilde araştırılırken, çoğu çalışma, çeşitlilik ve trofik bağlantılar gibi ekosistem düzeyleri üzerindeki etkisi dikkate alınmaksızın, tuzlanmanın bireysel veya tek organizma grupları üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır. Önceki çalışmalar sürekli olarak antropojenik tuzlanmanın diatomların, makroomurgasızların ve balıkların topluluk yapısında ve fonksiyonel özelliklerinde değişikliklere yol açtığını ileri sürmüştür (Zhao ve ark., 2021). Şu anda, tatlı su tuzlanması benzeri görülmemiş bir oranda ve coğrafi ölçekte meydana geldiğinden acil bir ekolojik sorun olarak kabul edilmektedir. Tuzlanmış akarsularda çözünmüş tuz iyonlarındaki artışlar su dengesini ve iyon değişim sürecini bozabilir, bu da tatlı su biyotasının osmoregülasyon stresi altında yaşamasına neden olur. Bu fizyolojik stres etkenleri doğurganlığın azalmasına, büyüme oranlarının yavaşlamasına ve ölüm oranlarının artmasına neden olabilir (Kefford ve Nugegoda, 2005). Bu bozulma, sırasıyla biyokütleyi ve tür zenginliğini etkiler, topluluk ve özellik kompozisyonunu değiştirir ve sonunda biyotik homojenleşmeyle sonuçlanır (Miyazono ve ark., 2015). Topluluk ve işlevsel çeşitlilik gibi biyoçeşitliliğin tuzluluğa bağlı olarak azalması özellikle ciddidir, çünkü av kaynaklarını, rekabetçi etkileşimlerini ve yırtıcı hayvan bolluğunu etkileyerek ekosistem işlevlerini değiştirebilir. Antropojenik tuzlanma arttıkça topluluk çeşitliliği ve fonksiyonel çeşitlilik belirgin düşüşler gösterir ve trofik bağlantılar daha az bağlantıyla basitleşir ve sonuçta basamaklı etki yoluyla ekosistem işlevini etkileyebilir (Zhao ve ark., 2021).

### 13. Halofilik algler

Bazı mikroalg türleri tuz seviyelerini tolere edebilir veya azaltabilir. Algler bir grup olarak çok çeşitli tuz toleranslarına sahiptir. Bazı türler yalnızca milimolar tuz konsantrasyonuna dayanabilirken, diğerleri doymuş tuzda yaşayabilir. Tuzluluk adaptasyonu ile ilgili olarak algler genel olarak halotolerant ve halofil olarak ikiye ayrılabilir; ilki, tuzlu ortamda bulunmalarına izin veren reaksiyon mekanizmalarına sahiptir. İkincisi, büyümeyi maksimuma çıkarmak için tuza ihtiyaç duyar. Tuz içeriğindeki değişiklikler algleri üç şekilde etkiler: (1) hücrenin su potansiyelini doğrudan etkileyen ozmotik stres; (2) aynı zamanda bir iklimlendirme olan kaçınılmaz iyon emilimi veya salınımının neden olduğu iyonik (tuz) stres; ve (3) seçici membran geçirgenliğine bağlı olarak hücresel iyon oranlarındaki değişiklikler. Birçok alg, osmolit üretimi ve birikimi gibi biyokimyasal stratejilerle veya tuzluluktaki değişikliklere yönelik  $\text{Na}^+$  /  $\text{K}^+$  pompa sisteminin işleyişiyle adapte edilebilir

(Slama ve ark., 2015).  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  pompasının aktivitesi ozmotik potansiyelin artmasına yardımcı olur ve dolayısıyla turgor basıncını ve hücre hacmini etkiler. Yüksek tuz içeriğine maruz kalan alglerin tüm hücre bileşenlerinde iyon konsantrasyonları artar, ancak organellerin seçici alımı iyonik oranları değiştirebilir. Mikro yeşil alg *Dunaliella salina*, aşırı tuzu bloke etme yeteneğinden dolayı 3 M NaCl konsantrasyonunda yaşayabildiğinden, yaygın tuz-dışlayan alglerin bir örneğidir (Taheri ve Shariati, 2013). Bir  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiportörü, vakuol (tonoplast) ve plazma zarındaki  $\text{H}^+ / \text{ATPaz}$  pompalarındaki bu yetenekten sorumludur. Bu nedenle halofil mikroalg *D. salina*, %50-250'lik geniş bir tuzluluk aralığında %100-125'lik optimal tuzluluk seviyesinde büyüyebilir. Nispeten yüksek tuzluluğa sahip olan mikroalg hücreler, büyümek yerine hücre basıncını belirli bir seviyede tutmak için enerjilerinin çoğunu kullanarak ozmotik strese dayanır (Ishika ve ark., 2018). Yavaş adaptasyon, kademeli tuzluluk artışının bir sonucu olarak osmoregülatör maddeler üreterek mikroalg hücrelerine strese dayanmaları için yeterli zaman verebilir. Yağ asitleri, monosakaritler ve serbest amino asitler dahil olmak üzere osmoregülasyona katkıda bulunan bir dizi düşük moleküler ağırlıklı organik çözünen madde tespit edilmiştir. Tuzluluk stresini çözmek için oksidatif stres aracılı enzimler de geliştirilebilir. Bazı halofilik algler sadece tuzu tolere etmekle kalmaz, aynı zamanda içinde yaşadıkları suyun katları kadar tuz da konsantre edebilirler. Yüksek tuz ve acı bataklık ortamlarına sahip haliçlerde ve tuzlu iç bölgelerde yaşayan algler, tuzu tolere edecek şekilde seçilebilir. Bu, tuzlu suyun arıtılması için bir alg rezervuarı sağlayabilir (Gautam ve Kapoor, 2022).

#### 14. Tuzdan etkilenen tarımsal ekosistemler

Her ne kadar toprak tuzluluğu ürün yetiştirmede önemli bir sınırlama olarak kabul edilse ve tuza dayanıklı ürünler üretmeye yönelik birçok bitki yetiştirme çabasının odak noktası olsa da genellikle bitki ekolojisinde bir faktör olarak ihmal edilmektedir; halofitlerin yaygınlığı göz önüne alındığında öneminin açıkça görüldüğü çöllerin (tuz tavaları ve playalar) ve sulak alanların (tuzlu bataklıklar, mangrovlar) ekolojisi bir istisnadır (Bui, 2013). Çoğunlukla kurak bölgelerde, çok çeşitli halofitler gelişmiştir. Tuz direncinin mekanizmaları çok çeşitlidir. Halofit türlerinin sınıflandırılması çeşitli parametreler kullanılarak yapılabilmektedir. Halofitlerin adaptasyonunda iyon oranları önemli rol oynar. Sukulentlik, halofitlerin özel bir özelliğidir; sap ve yaprak sukulentlerindeki tuzlarla zenginleştirilir. Tuz bezleri veya mesaneler

tarafından tuzların atılması, tuzlulukla başa çıkmanın başka bir mekanizmasıdır. Doğal tuzlu ekosistemler dünya çapında kıyılarda bulunmaktadır, ancak iç bölgelerdeki alanlar ağırlıklı olarak kurak bölgelerde ortaya çıkmaktadır (Breckle, 2002).

Mahsul verimliliğine yönelik toprak altı darboğazların çoğu, tuzluluk, sodalılık ve toprak pH'sından etkilenen toprak suyunun kimyasal bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Genellikle 'tuzluluk' olarak tanımlanan eşik seviyesinin üzerinde tuz birikmesi, bitkileri ozmotik ve iyonik etkilerle etkiler. Bu tuzlara sodyum hakim olduğunda, 'sodiklik' olarak bilinen toprakta adsorbe edilen (değiştirilebilir) sodyumun artan seviyesi, toprağın yapısal stabilitesini etkileyerek, kök bölgesi katmanlarında su ve hava hareketini sınırlayan zayıf toprak fiziksel koşullarına yol açar. Toprak suyunda bikarbonat ve karbonat anyonlarının hakimiyeti, toprak pH'sını 8'in üzerine çıkararak toprak alkalinitesine ve pH'ya bağlı iyon eksikliğine ve toksisiteye neden olur (Rengasamy, 2002). Biyolojik değerlendirme yaklaşımları (örneğin biyoanalizler, toksisite testleri, ilgili taksonların bolluğu ve çeşitliliği), tuzdan etkilenen tarımsal ekosistemlerin tanımlanması, kontrolü ve restorasyonu için hayati öneme sahiptir (Ondrasek ve Rengel, 2021).

Tarım arazileri ve su kaynaklarının bozulması, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde uygulanan yoğun tarım uygulamalarının bir sonucudur. İdeal olarak, bu uygulamaların toprak ve su kaynaklarının daha akılcı kullanımına dönüştürülmesidir; ancak bu değişiklik yakın gelecekte gerçekleşmeyecektir. Örneğin, uzun ömürlü bitkiler ve ağaçlarla karışık ekim, toprağın üst katmanlarında sodyum ve diğer tuzların birikmesini hafifletecektir. Bununla birlikte, tarım sistemlerindeki bu tür bir değişim ve yeni ürünlerin geliştirilmesi muhtemelen uzun ve zorlu bir süreç olacaktır, çünkü yeni arazi kullanımını gerektirecek ve riskli arazide ürün yetiştirme sorununu çözmeyecektir. Topraktaki yüksek tuzluluk seviyesini tolere edebilen mahsullerin geliştirilmesi ve kullanılması, sorunun çözümüne yönelik pratik bir katkı olacaktır. Tuza toleranslı bitkilerin (halofitler) varlığı ve tuza duyarlı bitki türleri (glifikotler) içindeki genotipler arasındaki tuz toleransındaki farklılıklar, tuz tepkisinin genetik bir temeli olduğunu gösterir. Moleküler biyoloji ve genetik mühendisliği, tuza dayanıklı mahsullerin yetiştirilmesinde güçlü araçlardır. Ancak her iki yaklaşım da yavaştır, maliyetlidir ve bazen hedefe ulaşmada başarısız olurlar. Bu nedenle tuza dayanıklı doğal bitkilerin tuz içeren ürünler olarak yetiştirilmesi, tuzdan etkilenen alanlar için kolay ve ucuz bir çözüm



görülmektedir (Yamaguchi ve Blumwald, 2005).

Tuza dayanıklı bitki türlerine dayalı mahsul çeşitlendirme ve üretim sistemleri, tuzdan etkilenen toprakların bulunduğu, tuzlu drenaj sularının üretildiği ve/veya tuzlu akiferlerin sulama için pompalandığı bölgelerde gelecekteki tarımsal ve ekonomik büyümenin anahtarı olacak gibi görünmektedir (Qadir ve ark., 2008).

## **KAYNAKLAR**

- Agosta, S. J., & Klemens, J. A. (2008). Ecological fitting by phenotypically flexible genotypes: implications for species associations, community assembly and evolution. *Ecology Letters*, 11(11), 1123-1134.
- Akudago, J. A., Nishigaki, M., Chegbeleh, L. P., Komatsu, M., & Alim, M. A. (2009). Capillary cut design for soil-groundwater salinity control. *Journal of the Faculty of Environmental Science and Technology*. 14(1), 17-22.
- Appoloni, S., Lekberg, Y., Tercek, M. T., Zabinski, C. A., & Redecker, D. (2008). Molecular community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of geothermal soils in Yellowstone National Park (USA). *Microbial Ecology*, 56, 649-659.
- Ashilenje, D. S., Amombo, E., Hirich, A., Kouisni, L., Devkota, K. P., El Mouttaqi, A., & Nilahyane, A. (2022). Crop Species Mechanisms and Ecosystem Services for Sustainable Forage Cropping Systems in Salt-Affected Arid Regions. *Frontiers in Plant Science*, 13, 899926.
- Baxter, B. K. (2018). Great Salt Lake microbiology: a historical perspective. *International Microbiology*, 21(3), 79-95.
- Beketov, M. A., & Liess, M. (2012). Ecotoxicology and macroecology–time for integration. *Environmental Pollution*, 162, 247-254.
- Bending, G. D., Turner, M. K., Rayns, F., Marx, M. C., & Wood, M. (2004). Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(11), 1785-1792.
- Breckle, S. W. (2002). Salinity, halophytes and salt affected natural ecosystems. In *Salinity: environment-plants-molecules* (pp. 53-77). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bui, E. N. (2013). Soil salinity: a neglected factor in plant ecology and biogeography. *Journal of arid environments*, 92, 14-25.
- Butinar, L., Sonjak, S., Zalar, P., Plemenitaš, A., & Gunde-Cimerman, N. (2005). Melanized halophilic fungi are eukaryotic members of microbial communities in hypersaline waters of solar salterns.
- Campbell, B. J., & Kirchman, D. L. (2013). Bacterial diversity, community structure and potential growth rates along an estuarine salinity gradient. *The ISME journal*, 7(1), 210-220.
- Canfora, L., Bacci, G., Pinzari, F., Lo Papa, G., Dazzi, C., & Benedetti, A. (2014). Salinity and bacterial diversity: to what extent does the

- concentration of salt affect the bacterial community in a saline soil? PLoS One, 9(9), e106662.
- Catherine, Q., Susanna, W., Isidora, E. S., Mark, H., Aurelie, V., & Jean-François, H. (2013). A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria-ecology, toxin production and risk management. *Water research*, 47(15), 5464-5479.
- Chandok, I. K., Afreen, H., Afreen, R., Haider, S., Moharana, D. P., Hussain, T., ... & Malik, M. Z. (2022). Functional genomics tools for studying microbe-mediated stress tolerance in plants. In *Mitigation of Plant Abiotic Stress by Microorganisms* (pp. 175-204). Academic Press.
- Cotrufo, M. F., & Lavelle, J. M. (2022). Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration. *Advances in agronomy*, 172, 1-66.
- Cusack, D. F., Silver, W. L., Torn, M. S., Burton, S. D., & Firestone, M. K. (2011). Changes in microbial community characteristics and soil organic matter with nitrogen additions in two tropical forests. *Ecology*, 92(3), 621-632.
- Decaens, T. (2010). Macroecological patterns in soil communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19(3), 287-302.
- Dong, W., Hu, C., Chen, S., & Zhang, Y. (2009). Tillage and residue management effects on soil carbon and CO<sub>2</sub> emission in a wheat-corn double-cropping system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83, 27-37.
- Eldridge, D. J., Bowker, M. A., Maestre, F. T., Roger, E., Reynolds, J. F., & Whitford, W. G. (2011). Impacts of shrub encroachment on ecosystem structure and functioning: towards a global synthesis. *Ecology letters*, 14(7), 709-722.
- Fan, X., Pedroli, B., Liu, G., Liu, Q., Liu, H., & Shu, L. (2012). Soil salinity development in the yellow river delta in relation to groundwater dynamics. *Land Degradation & Development*, 23(2), 175-189.
- Freitag, H., Golub, V. B., & Yuritsyna, N. A. (2000). Halophytic plant communities in the northern Caspian lowlands: 1, annual halophytic communities. *Phytocoenologia*, 31(1), 63-108.
- Gautam, S., & Kapoor, D. (2022). Application of halophilic algae for water desalination. In *Handbook of Algal Biofuels* (pp. 167-179). Elsevier.
- Gostincar, C., Grube, M., De Hoog, S., Zalar, P., & Gunde-Cimerman, N. (2009). Extremotolerance in fungi: evolution on the edge. *FEMS*

- microbiology ecology, 71(1), 2-11.
- Green, J. L., Holmes, A. J., Westoby, M., Oliver, I., Briscoe, D., Dangerfield, M., ... & Beattie, A. J. (2004). Spatial scaling of microbial eukaryote diversity. *Nature*, 432(7018), 747-750.
- Grime, J. P., & Fridley, J. D. (2013). Herbaceous vegetation, species richness in. In *Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition* (pp. 79-86). Elsevier.
- Gunde-Cimerman, N., Ramos, J., & Plemenitaš, A. (2009). Halotolerant and halophilic fungi. *Mycological research*, 113(11), 1231-1241.
- Gunde-Cimerman, N., Zalar, P., de Hoog, S., & Plemenitaš, A. (2000). Hypersaline waters in salterns-natural ecological niches for halophilic black yeasts. *FEMS microbiology Ecology*, 32(3), 235-240.
- Hagen, M., Kissling, W. D., Rasmussen, C., De Aguiar, M. A., Brown, L. E., Carstensen, D. W., ... & Olesen, J. M. (2012). Biodiversity, species interactions and ecological networks in a fragmented world. In *Advances in ecological research* (Vol. 46, pp. 89-210). Academic Press.
- Ishika, T., Bahri, P. A., Laird, D. W., & Moheimani, N. R. (2018). The effect of gradual increase in salinity on the biomass productivity and biochemical composition of several marine, halotolerant, and halophilic microalgae. *Journal of applied phycology*, 30, 1453-1464.
- Kearl, J., McNary, C., Lowman, J. S., Mei, C., Aanderud, Z. T., Smith, S. T., ... & Nielsen, B. L. (2019). Salt-tolerant halophyte rhizosphere bacteria stimulate growth of alfalfa in salty soil. *Frontiers in microbiology*, 10, 1849.
- Kefford, B. J., & Nuggeoda, D. (2005). No evidence for a critical salinity threshold for growth and reproduction in the freshwater snail *Physa acuta*. *Environmental pollution*, 134(3), 377-383.
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Science & Business Media.
- Li, W. K., & Lopez-Urrutia, A. (2007). Macroscopic patterns in marine plankton. *Encyclopedia of biodiversity*, 1-16.
- Luna-Guido, M. L., Beltran-Hernandez, R. I., & Dendooven, L. (2001). Dynamics of <sup>14</sup>C-labelled glucose in alkaline saline soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(6), 707-719.
- Melguizo-Ruiz, N., Verdeny-Vilalta, O., Arnedo, M. A., & Moya-Laraño, J. (2012). Potential drivers of spatial structure of leaf-litter food webs in south-western European beech forests. *Pedobiologia*, 55(6), 311-319.

- Miyazono, S., Patiño, R., & Taylor, C. M. (2015). Desertification, salinization, and biotic homogenization in a dryland river ecosystem. *Science of the Total Environment*, 511, 444-453.
- Moe, S. J., De Schamphelaere, K., Clements, W. H., Sorensen, M. T., Van den Brink, P. J., & Liess, M. (2013). Combined and interactive effects of global climate change and toxicants on populations and communities. *Environmental toxicology and chemistry*, 32(1), 49-61.
- Moya-Larano, J., Bilbao-Castro, J. R., Barrionuevo, G., Ruiz-Lupi3n, D., Casado, L. G., Montserrat, M., ... & Magalhães, S. (2014). Eco-evolutionary spatial dynamics: rapid evolution and isolation explain food web persistence. In *Advances in ecological research* (Vol. 50, pp. 75-143). Academic Press.
- Muhammad, S., Müller, T., & Joergensen, R. G. (2008). Relationships between soil biological and other soil properties in saline and alkaline arable soils from the Pakistani Punjab. *Journal of Arid Environments*, 72(4), 448-457.
- Mulumba, L. N., & Lal, R. (2008). Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 98(1), 106-111.
- Nadal, M., & Flexas, J. (2018). Mesophyll conductance to CO<sub>2</sub> diffusion: effects of drought and opportunities for improvement. In *Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment* (pp. 403-438). Academic Press.
- Oarga, A. (2009). Life in extreme environments. *Revista de Biologia e ciencias da Terra*, 9(1), 1-10.
- Okin, G. S. (2013). *Desertification of Rangelands. Climate Vulnerability: Understanding and Addressing Threats to Essential Resources*. Elsevier Inc., Academic Press, 239-258. ISBN: 9780123847034
- Ondrasek, G., & Rengel, Z. (2021). Environmental salinization processes: Detection, implications & solutions. *Science of the Total Environment*, 754, 142432.
- Onofri, S., Anastasi, A., Del Frate, G., Di Piazza, S., Garnero, N., Guglielminetti, M., ... & Zucconi, L. (2011). Biodiversity of rock, beach and water fungi in Italy. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 145(4), 978-987.
- Prista, C., Loureiro-Dias, M. C., Montiel, V., García, R., & Ramos, J. (2005). Mechanisms underlying the halotolerant way of *Debaryomyces hansenii*. *FEMS yeast research*, 5(8), 693-701.

- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. S., & Khan, M. A. (2008). Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land degradation & development*, 19(4), 429-453.
- Rengasamy, P. (2002). Transient salinity and subsoil constraints to dryland farming in Australian sodic soils: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42(3), 351-361.
- Ricard, M. (2014). Ecological principles and function of natural ecosystems. Intensive Programme on Education for Sustainable Development in Protected Areas. Amfissa, Greece.
- Rietz, D. N., & Haynes, R. J. (2003). Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(6), 845-854.
- Roelofs, D., Aarts, M. G. M., Schat, H., & Van Straalen, N. M. (2008). Functional ecological genomics to demonstrate general and specific responses to abiotic stress. *Functional Ecology*, 22(1), 8-18.
- Rogan, J. E., & Lacher Jr, T. E. (2018). Impacts of habitat loss and fragmentation on terrestrial biodiversity.
- Selbmann, L., De Hoog, G. S., Mazzaglia, A., Friedmann, E. I., & Onofri, S. (2005). Fungi at the edge of life: cryptoendolithic black fungi from Antarctic desert. *Stud Mycol*, 51(1), 1-32.
- Selbmann, L., De Hoog, G. S., Zucconi, L., Isola, D., Ruisi, S., Van Den Ende, A. H. G., ... & Onofri, S. (2008). Drought meets acid: three new genera in a dothidealean clade of extremotolerant fungi. *Studies in mycology*, 61(1), 1-20.
- Selbmann, L., Egidi, E., Isola, D., Onofri, S., Zucconi, L., de Hoog, G. S., ... & Varese, G. C. (2013). Biodiversity, evolution and adaptation of fungi in extreme environments. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 147(1), 237-246.
- Setia, R., Gottschalk, P., Smith, P., Marschner, P., Baldock, J., Setia, D., & Smith, J. (2013). Soil salinity decreases global soil organic carbon stocks. *Science of the Total Environment*, 465, 267-272.
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2), 123-131.
- Singh, R. P., Yadav, P., Kujur, R., Pandey, K. D., & Gupta, R. K. (2022). Cyanobacteria and salinity stress tolerance. In *Cyanobacterial lifestyle and its applications in biotechnology* (pp. 253-280). Academic Press.

- Slama, I., Abdelly, C., Bouchereau, A., Flowers, T., & Saviouré, A. (2015). Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. *Annals of botany*, 115(3), 433-447.
- Smith, M. S., & McAllister, R. R. (2008). Managing arid zone natural resources in Australia for spatial and temporal variability—an approach from first principles. *The Rangeland Journal*, 30(1), 15-27.
- Steinberg, C. E. (2012). *Stress ecology: environmental stress as ecological driving force and key player in evolution*. Springer Science & Business Media.
- Taheri, R., & Shariati, M. (2013). Study of the inhibitory effect of the media culture parameters and cell population to increase the biomass production of *Dunaliella tertiolecta*. *Progress in Biological Sciences*, 3(2), 123-133.
- Vincent, S. G., Jennerjahn, T., & Ramasamy, K. (2021). Assessment of microbial structure and functions in coastal sediments. *Microbial Communities in Coastal Sediments*, 167-185.
- Wahba, M., Fawkia, L. A. B. İ. B., & Zaghoul, A. (2019). Management of calcareous soils in arid region. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 2(5), 248-258.
- Wong, V. N., Greene, R. S. B., Dalal, R. C., & Murphy, B. W. (2010). Soil carbon dynamics in saline and sodic soils: a review. *Soil use and management*, 26(1), 2-11.
- Yamaguchi, T., & Blumwald, E. (2005). Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in plant science*, 10(12), 615-620.
- Yang, C., Liu, N., & Zhang, Y. (2019). Soil aggregates regulate the impact of soil bacterial and fungal communities on soil respiration. *Geoderma*, 337, 444-452.
- Yang, C., Lv, D., Jiang, S., Lin, H., Sun, J., Li, K., & Sun, J. (2021). Soil salinity regulation of soil microbial carbon metabolic function in the Yellow River Delta, China. *Science of the Total Environment*, 790, 148258.
- Yannarell, A. C., & Paerl, H. W. (2007). Effects of salinity and light on organic carbon and nitrogen uptake in a hypersaline microbial mat. *FEMS microbiology ecology*, 62(3), 345-353.
- Zalar, P., Frisvad, J. C., Gunde-Cimerman, N., Varga, J., & Samson, R. A. (2008). Four new species of *Emericella* from the Mediterranean region of Europe. *Mycologia*, 100(5), 779-795.

- Zalar, P., Sybren de Hoog, G., Schroers, H. J., Frank, J. M., & Gunde-Cimerman, N. (2005). Taxonomy and phylogeny of the xerophilic genus *Wallemia* (Wallemiomycetes and Wallemiales, cl. et ord. nov.). *Antonie Van Leeuwenhoek*, 87, 311-328.
- Zhao, Q., Zhang, Y., Guo, F., Leigh, C., & Jia, X. (2021). Increasing anthropogenic salinisation leads to declines in community diversity, functional diversity and trophic links in mountain streams. *Chemosphere*, 263, 127994.
- Zhaxybayeva, O., Stepanauskas, R., Mohan, N. R., & Papke, R. T. (2013). Cell sorting analysis of geographically separated hypersaline environments. *Extremophiles*, 17, 265-275.
- Zhou, Q. H., & Yu, H. L. (2016). Influence of soil surface sodium ion and soil pH on dispersion of cohesive soil. *Chemical Engineering Transactions*, 55, 427-432.
- Zucconi, L., Selbmann, L., Buzzini, P., Turchetti, B., Guglielmin, M., Frisvad, J. C., & Onofri, S. (2012). Searching for eukaryotic life preserved in Antarctic permafrost. *Polar biology*, 35, 749-757.





### **BÖLÜM 3**

## **TUZZLULUKLA MÜCADELE VE TUZZLU ARAZİ ISLAHI**

Dr. Öğr. Üyesi Cihan DEMİR<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14582939>

---

<sup>1</sup> Kırklareli Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kırklareli

**E-mail:** cihan.demir@klu.edu.tr

Orcid ID: 0000-0002-2866-4074



## 1. Tuz birikimi

Toprakta tuz birikmesi birincil (doğal) veya ikincil (antropojenik) süreçlerle gerçekleşir. Kayaların aşınması, deniz suyunun sızması, yüksek sıcaklıkla birlikte yetersiz yağış ve atmosferik çökeltme, tuz birikiminin ana süreçlerini oluşturur. İkincil süreçler arasında uygunsuz sulama uygulamaları, zayıf drenaj sistemi ve çok yıllık bitkiler yerine yıllık bitkilerin tercih edilmesi tuzlu yeraltı suyu seviyesinde artışa yol açmaktadır (Biswas ve Biswas, 2014). Toprakta tuz birikmesi doğal bir süreçtir; ancak uygunsuz tarım uygulamaları, zayıf drenaj sistemi ve verimsiz su yönetimi gibi insan kaynaklı faaliyetler tuzlanma sürecini hızlandırmaktadır. Tuzluluk sorunları uzun sürelidir ve çok çeşitlidir (Swallow ve O'Sullivan, 2019).

Tuzdan etkilenen topraklar üç gruba ayrılabilir: tuzlu, tuzlu-sodik ve sodik (veya alkali) topraklar. Tuzlu topraklar, doyma ekstraktının (ECe) 4 dS m<sup>-1</sup>'den (25°C'de) daha yüksek elektriksel iletkenliği, 15'ten daha az değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP) ve genellikle 8.5'ten daha düşük bir pH ile karakterize edilir. Tuzlu-sodik toprakların ECe'si 4 dS m<sup>-1</sup>'den büyük, ESP'si 15'ten büyük ve pH'sı nadiren 8.5'in üzerindedir. Sodik (veya alkalın) topraklar ESP değerlerinin 15'ten büyük, ECe'nin 4 dS m<sup>-1</sup>'den az olduğunu ve pH'nın genellikle 8.5 ile 10 arasında olduğunu gösterir (Leogrande ve Vitti, 2019).

Toprak tuzluluğu ve sodalılığının büyük kısmı doğaldır (Munns, 2005). Özellikle Sodyumun toprağın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerinde olumsuz etkileri vardır (Parvaiz ve Satyawati, 2008).

## 2. Tuzluluk göstergeleri

Tuzluluk göstergesi, toprak tuzluluğunun etkilerini gösteren semptomdur. Görsel karakterler tuzdan etkilenen toprakların tanımlanmasında teşhis kriteridir. Tuzdan etkilenen toprakların fiziksel göstergeleri arasında topraklanma, kil dağılımı ve yüzey tuzu kabukları yer alır. Toprak tuzluluğunun geleneksel kimyasal göstergeleri arasında elektriksel iletkenlik (EC), pH, toplam çözülmüş katılar (TDS), değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP), elektrokimyasal stabilite indeksi (ESI) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) yer alır. Toprağın elektrik iletkenliği ile sodyum adsorpsiyon oranı arasındaki ilişki, toprak dokusu, kil türü, sızıntı oranı ve yağış gibi değişikliklerle bitkilerin tuzlardan ve özellikle de sodyumdan nasıl etkileneceğinin sahaya özgü şekilde anlaşılması için önemlidir. "Gösterge tür" olarak görev yapan bitki türleri,

toprak tuzluluğunun belirlenmesinde fiziksel ve kimyasal göstergelerle birlikte yaygın olarak kullanılır. Yalnızca yüksek oranda tuzlu toprakta yetişen (gerçek halofitler) veya gelgit bölgesinde yetişen (mangrovlar) bitki türü tuzluluğun göstergeleridir. Yüksek tuzlulukla ilişkili çamur düzlüklerinde bulunan birçok mikrop için de aynı durum geçerlidir. Çevresel koşulların değişmesi, bitkiler ve mikroplar dahil biyoindikatörlerin davranışlarını etkileyebilir. Halofit bitki türleri ve halotolerant veya halofilik bakteriler de farklı mekanizmalar aracılığıyla strese uyum sağlayabildikleri için tuzluluğun geçerli göstergeleri olarak görev yapar (Arora ve Dagar, 2019).

### **2.1. Fiziksel tuzluluk göstergeleri**

Toprak tuzluluğunun fiziksel göstergeleri arasında tuz kristalleri ve toprak yüzeylerindeki açık gri veya beyaz renkli lekeler öne çıkar. Su, tuzların arazide hareket ettiği ortam olduğundan, su birikintisi tuzluluğa neden olur. Suyun biriktiği bölgelerde tuz mevcutsa, su buharlaşıp geride tuz bırakarak bu alanlar daha da tuzlu hale gelebilir. Kuru toprağın yüzeyindeki şişkinlik, tuzluluğa ve erozyona yatkın olan sodyumlu toprağın veya yüksek sodyum içeriğinin bir göstergesi olabilir. Tuz kristalleri en iyi şekilde toprağın nem içeriğinin buharlaştığı sıcak ve kuru bir günde görülebilir (Arora ve Dagar, 2019).



**Şekil 1.** Toprak yüzeyindeki tuzlar (Arora ve Dagar, 2019).

Sodyum topraklarda tuzluluğun tam tersi bir etkiye sahiptir. Yüzeysel kabuklanması sodyumdan etkilenen toprakların ortak bir özelliğidir. Yüksek sodyum iyonu konsantrasyonlarıyla ilişkili birincil fiziksel süreçler toprağın dağılması, kil trombositleri ve agregatların şişmesidir. Kil parçacıklarını birbirine bağlayan kuvvetler, çok fazla büyük sodyum iyonu tarafından bozulur. Bu ayrılma meydana geldiğinde kil parçacıklarının genişmesi şişmeye ve toprağın dağılmasına neden olur. Toprağın dağılması, kil parçacıklarının toprak gözeneklerini tıkamasına ve dolayısıyla toprağın geçirgenliğinin azalmasına neden olur. Toprağın tekrar tekrar ıslanması ve kuruması üzerine kil dispersiyonu meydana gelir ve bu daha sonra yeniden şekillenir ve uygun yapıya sahip olmayan veya çok az yapıya sahip neredeyse çimento benzeri toprak halinde katılaştır. Sodyumun neden olduğu toprak dağılımının neden olduğu üç ana sorun, sızmanın azalması, hidrolik iletkenliğin azalması ve toprak yüzeyinin kabuklanmasıdır (Arora ve Dagar, 2019).

## 2.2. Kimyasal tuzluluk göstergeleri

Toprak tuzluluğunun kimyasal göstergeleri arasında elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS), değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP), pH ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) yer alır. Tuzlu topraklar, 25 °C'de 4 dS m<sup>-1</sup>'den fazla elektrik iletkenliğine (doymuş toprak ekstraktının) sahip olanlardır. Mevcut olan baskın çözünebilir tuzlar, Na, Ca ve Mg'nin klorürleri ve sülfatlarıdır; nitratlar ise bazı durumlarda kayda değer miktarlarda mevcut olabilir. Yüksek oranda tuzlu topraklarda bulunan en baskın iyonlar sodyum ve klorürdür. Kalsiyum ve magnezyum genellikle mahsul bitkilerinin besin gereksinimlerini karşılamak için yeterli miktarlarda bulunur. Çözünür karbonatlar yoktur. Bazı tuzlu toprakların toprak profilinde önemli miktarda jips (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) bulunur. Doymuş toprak hamurunun pH'sı her zaman 8.2'den azdır ve çoğunlukla nötrlüğe yakındır. EC ölçümü çoğu amaç için hızlı ve yeterince doğrudur. Toprak tuzluluğunu veya EC'yi ölçmek için hem arazi hem de laboratuvar prosedürleri mevcuttur (Hardie ve Doyle, 2012). Doymuş macun ekstraktında çözünebilir iyonların oranının (CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>) / (Cl + SO<sub>4</sub>) < 1, Na / (Cl + SO<sub>4</sub>) < 1 olması durumunda toprak kategorisi "tuzlu"dur. Doymuşluk ekstraktında toprak pH'sının ölçümü, tuzdan etkilenen toprakların önemli bir tanısıdır. Yüksek oranda tuzlu topraklarda, toprak çözeltisindeki çözünenlerin çoğunu oluşturan nötr tuzların pH'sı nedeniyle doymuş toprak hamurunun pH'sı nötr civarındadır. Değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP), 100 g toprak başına milieşdeğer cinsinden toprağın toplam

kasyon değişim kapasitesinin yüzdesi olarak ifade edilen, toprak değişim kompleksinde adsorbe edilen Na miktarıdır. Değiştirilebilir sodyum yüzdesinin (ESP) laboratuarda belirlenmesi zaman alıcıdır ve hata olasılığı vardır. Doymuş toprak ekstraktının SAR'ından toprakların değişebilir sodyum durumunun tahmini nispeten daha iyidir. Elektrokimyasal stabilite indeksi (yani ESI), sodalılık ve tuzluluk arasındaki ilişkiyi ifade etmek için kullanılır. ESI, toprağın elektriksel iletkenliğine ve değişebilir sodyum yüzdesine (ESP) oranıyla tahmin edilmektedir (Arora ve Dagar, 2019).

Tuzluluk toprağın topaklanmasını, sodalılık ise toprak dağılımını artırır. Toprakların tuzluluk ve sodalılık kombinasyonu, bir toprağın farklı tuzluluk ve sodalılık kombinasyonları ile şişmesi muhtemel miktar olan şişme faktörü ile ölçülür. Temel olarak şişme faktörü, sodyumun neden olduğu dispersiyonun mu yoksa tuzluluğun neden olduğu topaklaşmanın mı toprağın fiziksel özelliklerini daha büyük ölçüde etkileyeceğini tahmin eder. Tuzluluğun (EC) ve sodalılığın (SAR) toprağın fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmeye yönelik bir başka yaklaşım, çeşitli sulama suyu kalitelerinin toprak infiltrasyon oranları üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmektir (Arora ve Dagar, 2019).

### **3. Toprak tuzluluğunu tespit ve haritalamada uzaktan algılama**

Toprak kaynaklarının envanterinin çıkarılması, tuzlanmadaki eğilimleri ve etkenleri belirlenmesi ve ıslah ve koruma programlarının etkinliğini değerlendirmek için sahaların toprak tuzluluğunun tespit edilmesi ve izlenmesi gerekmektedir. Kök bölgesinde ECex'in geniş alanlar üzerinde doğrudan ölçülmesinin pratik olmaması nedeniyle, bölgesel ölçekli tuzluluk değerlendirme araştırmalarının çoğu, havadan fotoğraflama ve uydu uzaktan algılama yoluyla elde edilen alternatif tuzluluk ölçümlerine odaklanmıştır. Tuzluluğun uzaktan tespiti, onlarca yıl önce geliştirilmiş olmasına rağmen, tuzluluk izleme programlarında yaygın olarak kullanılmamış ve bugüne kadar yalnızca sınırlı bir başarı elde etmiştir. Ancak son 20 yılda kaydedilen metodolojik ve teknolojik gelişmeler, tarımsal tuzluluğun izlenmesi için uzaktan algılamanın rutin kullanımının mümkün olabileceğini düşündürmektedir. Uzaktan tuzluluk tespitine yönelik iki yaklaşım kullanılmaktadır: dolaylı ve doğrudan. Dolaylı yöntemlerle, kök bölgesi tuzluluk seviyesi, genellikle gölgelik spektral yansımaları veya termografik verilerle, mahsulün büyümesine ve sağlığına dayalı çıkarsamalar yapılır. Belirli görünür veya kızılötesi spektrumların yansımaları genellikle sağlıklı ve stresli

yapraklar için farklılık gösterir (Hopmans ve ark., 2021).

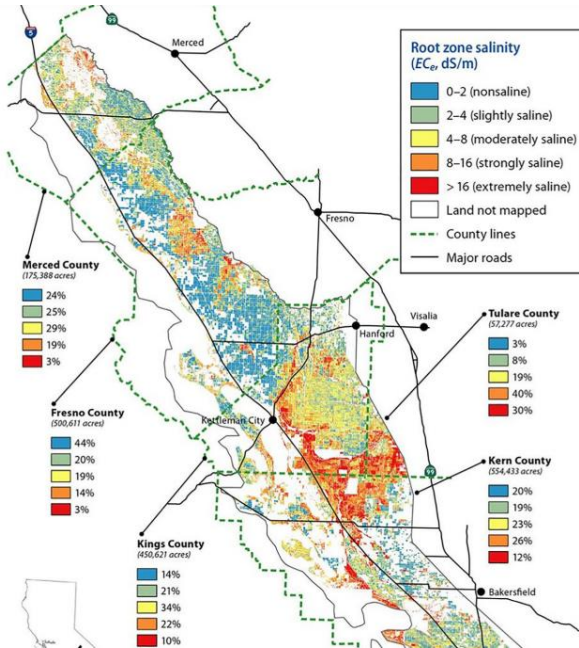
Kök bölgesi EC<sub>ex</sub> ile spektral tepki arasında bir korelasyon kurulabilirse, uzaktan algılama görüntüsündeki toprak tuzluluk seviyelerini ölçmek veya etiketlemek için regresyon veya sınıflandırıcı modeller geliştirilebilir. Doğrudan yöntemler, yüzey tuzlarının ve toprak kabukların yansıtma özelliklerine dayanarak çıplak topraklardaki tuzluluğu tespit eder. Spektrumun görünür kısmında tuzla kaplı alanların yüksek yansıtması nedeniyle yüzey tuzlarının olduğu ve olmadığı bölümleri ayırt edilebilir. Tuzla kaplı alanlarda, tuz bolluğu, mineraloji, nem, renk ve yüzey kabuklanması ve pürüzlülüğünün yansıtma üzerindeki etkileri nedeniyle tuzluluk seviyeleri ve tuz türleri farklılaşabilir. Doğrudan yaklaşım, tuzlu bataklıkların ve diğer yüksek oranda tuzlu, tarım dışı alanların değerlendirilmesinin yanı sıra, kurak alan meraları ve meralardaki çorak, yüksek tuzluluk oranlarına sahip alanların tecavüzünü veya görünümünü izlemek için faydalıdır. Ancak geniş bitki örtüsünün varlığı nedeniyle tarım bölgelerine faydası daha azdır. Bu nedenle toprak tuzluluğunun izlenmesi için dolaylı uzaktan algılama yöntemlerine odaklanılır (Furby ve ark., 2010).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde birçok toprak ve çoğu zaman yeraltı suyu potansiyel olarak tuzludur. Tuz taşıma mekanizması genellikle oldukça karmaşıktır ve bunun anlaşılması, tercihen saha çalışmaları ve jeostatistik ile birlikte bilgisayar modellemesinin kullanılmasını gerektirir. Tuzlanmanın (bir süreç olarak) karmaşıklığı göz önüne alındığında, sorumlu faktörlere ve nedenlere bağlı olarak, erken aşamalarda tespiti zor olmaya devam etmektedir. Uzaktan algılama verileri, jeofizik araştırma ve çözünen madde taşıma modellemesi, toprak tuzluluğunun tespiti ve haritalanmasında en sık kullanılan araç ve tekniklerdir ki bunların entegre bir yaklaşımı önerilmektedir (Farifteh ve ark., 2006).

Tuzdan etkilenen toprakları tanımlamak ve izlemek için yerdeki, havadaki ve uzaydaki tüm sensörler kullanılır. Çevresel çalışmalarda, spektral imza ile yüzey veya nesne özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla havadan veya uzaydan uzaktan algılanan veriler genellikle alan ölçümüyle tamamlanır. GER3700 ve FieldSpec FR (ASD) gibi yer tabanlı spektrometreler, daha dar, sürekli spektral bantlardaki yansıtma spektrumlarını ölçer (Farifteh ve ark., 2006). Jeofizik sensörler 20. yüzyılın başlarından beri çevresel çalışmalarda kullanılmaktadır ve son zamanlarda yüzeye yakın ve yüzey altından, ayrıca regolit ve toprak profilinden bilgi



çıkarmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Tuzdan etkilenen topraklarla ilgili olarak, özellikle havadaki jeofizik sensörler kapsamlı veriler sağlayabilir (George ve Woodgate, 2002). En büyük kısıtlama, tuzların toprak altında yoğunlaştığı yer gibi 3 boyutlu toprak kütesinin üçüncü boyutundan bilgi çıkarılmasına izin vermeyen uydu görüntülerinin doğasıyla ilgilidir. Toprak altı tuz dağılımını tahmin etmek için çözünen madde taşıma modellemesi kullanılır. Tuz hareketi rejimlerinin dinamikleri hakkında toprak altı bilgisi sağlama avantajına sahiptir. Bu teknik, uzaktan algılama verileriyle birlikte kullanılabilir, toprak profilindeki tuz hareketine ilişkin tamamlayıcı veriler sağlar. Son yıllarda, özellikle havadan olmak üzere yüzeye yakın jeofizik sensörler, tuzdan etkilenen alanların haritalanması ve izlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji, ekili araziler için etkinlik avantajına sahiptir ve yüzeyde tuz ifadesinin belirgin olmadığı iletken alanları vurgulamak için verimli bir şekilde kullanılabilir (Farifteh ve ark., 2006). Halofitik bitki örtüsü görüntü analizini karmaşık hale getirir çünkü tarımsal mahsullerin çoğunun monoton olarak azalan tuzluluk tepki fonksiyonunun aksine, halofitler orta tuzluluk seviyelerinde maksimum büyümeye ulaşır (Scudiero ve ark., 2015).



**Şekil 2.** San Joaquin Vadisi'nin (ABD, Kaliforniya) batı yakasındaki tarım toprakları (meyve bahçeleri hariç) için kök bölgesi toprak tuzluluğunun uzaktan algılama tahminleri (Scudiero ve ark., 2017).

Değişen toprağın optik özelliklerinin analizi için çeşitli analitik teknikler geliştirilmiştir. Yöntemler, çok değişkenli yaklaşımlara tek değişkenli regresyonları kapsar. Son zamanlarda, kısmi en küçük kareler regresyonu (PLSR), yansıma spektrumlarının niceliksel analizi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Yang ve ark., 2003).

#### 4. Tuzlu toprakların ıslahı

Tuzluluk sorunu çözülmediği takdirde tuzlu alanlar tarım yapılamaz hale gelecektir. Tuzlu topraklar, tuz konsantrasyonunun en aza indirilmesi, pH değerinin düşürülmesi ve toprak yapısının iyileştirilmesi yoluyla ıslah edilebilir. Tuza dayanıklı bitkilerin yer üstü kısımlarının toplanması veya tuzların kök bölgesinin altındaki toprağın üst katmanlarından sızmasına izin verilmesi yoluyla da toprağın tuzdan arındırılması sağlanabilir. Toprakları tuzdan arındırmak için süzme, halofit yetiştirme, yüzey altı drenajı, biyomimikri vb. gibi pek çok yöntem geliştirilmiştir (Swallow ve O'Sullivan, 2019). Başarılı bir ıslah programı için toprağın ıslah yöntemleri tek başına veya diğer yöntemlerle birlikte uygulanabilir (Giri ve Varma, 2019).

Toprağın ıslahı çeşitli stratejiler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, her yöntemin uygunluğu birçok faktöre bağlıdır: 1) Mevcut tuzların türleri ve konsantrasyonları, 2) Yıkama için iyi kalitede suyun mevcudiyeti (düşük elektrolit konsantrasyonu), 3) Alt toprağın dokusu, 4) Yeraltı suyunun seviyesi ve kalitesi, 5) Islah edilmesi gereken toprak hacmi, 6) Tuzdan etkilenen alanların peyzajı, 7) Islah sonrasında yetiştirilecek bitkilerin türü, 8) İklim koşulları, 9) Islah için yeterli zamanın bulunması, 10) Maliyet etkinliği (Mahanta ve ark., 2015).

Çözünmüş tuzların birincil bileşenleri arasında yüksek çözünürlüğe sahip  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$  ve  $SO_4^{2-}$ 'nin yanı sıra düşük çözünürlüğe sahip tuzlar,  $CaCO_3$  ve  $CaSO_4$  yer alır (Hanay ve ark., 2004). Tuzlu topraklar, 25 °C'de  $E_{ce} > 4$  dS/m,  $pH < 8.2$  ve  $ESP < 15$  ile karakterize edilir. Birçok meyve ve süs bitkisi, 2-4 dS/m toprak  $E_{ce}$  aralığında bile tuz etkilerine karşı hassastır. Bu nedenle tuzlu topraklar için  $E_{ce}$  sınırının 4 dS/m'den 2 dS/m'e düşürülmesi önerilir (Giri ve Varma, 2019). Islah edilmiş bir toprakta: 1) tuz konsantrasyonu kontrol edilmeli, 2) gözeneklilik muhafaza edilmeli, 3) toprakta suyun taşınması için elverişli bir ortam sağlamalı ve bitki köklerinin büyümesini ve gelişmesini desteklemelidir (Mahanta ve ark., 2015).

## **5. Tuzlu ve tuzlu-alkali toprakların ıslah yöntemleri**

Tuzlu-alkali toprağın geleneksel ıslah yöntemleri temel olarak fiziksel yöntemleri (kum karıştırma, malçlama, arazi yönetimi uygulamaları vb.), biyolojik yöntemleri (bitki iyileştirme ve mikrobiyal iyileştirme) ve kimyasal yöntemleri (alçıtaşı, biyokömür, hümik asit, su-tutucu ajanlar vb. kullanma) içermektedir (Weng ve ark., 2023). Fiziksel yöntemler bol miktarda insan gücü ve yüksek uygulama maliyetleri gerektirir. Biyolojik yöntemler zaman alıcıdır ve iklim koşullarıyla sınırlı olma eğilimindedir (Liu ve ark., 2014). Genetik ve elektriksel iyileştirmeler gibi bazı modern teknolojilerle tuzlu-alkali toprağın ıslah yöntemleri yüksek maliyetleri ve düşük verimlilikleri nedeniyle kısıtlı kullanılır (Amombo ve ark., 2022).

Kimyasal yöntemler, tuzlu-alkali toprağı iyileştirmek için en uygun maliyetli ve yaygın olarak kullanılan yöntemler olarak kabul edilir. Günümüzde kimyasal yöntemler arasında, tuzlu-alkali toprağın iyileştirilmesi için katı atıkların diğer malzemelerle nasıl birleştirileceğı bir araştırma konusu haline gelmiştir. Çeşitli bilimsel çalışmalar alçıtaşının toprağın tuzluluğunu ve alkaliliğini etkili bir şekilde azalttığını doğrulamıştır. Bunu topraktaki  $Na^{+}$ 'ı ikame ederek ve böylece optimal  $K^{+} / Na^{+}$  oranını koruyarak başarır (Ahmed ve ark., 2016). Tuzluluk ve alkaliliğın azaltılmasına ek olarak, tuzlu-alkali topraklar, gelişmiş bir bitki ortamı sağlamak için yüksek besin içeriğı ve su tutma gerektirir. Yeterli bir besin taşıyıcısı olan hümik asit, tuzlu-alkali topraklarda toprağın organik maddesinin sızmasından kaynaklanan besin kıtlıklarını gidermek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, su tutucu malzemeler olarak sodyum karboksimetil selüloz ve bentonit, toprağın gözenek yapısını ve su tutma kapasitesini iyileştirerek, topraktaki suyun buharlaşmasını engelleyerek ve sırasıyla iyon değışimi ve hidratlanmış katyonların adsorpsiyonu yoluyla tuz stresini hafifletebilir (Zhou ve ark., 2019).

Tuzlu toprakların yönetimi, tuza dayanıklı mahsullerin seçilmesini, tuz kazımayı, tuzla yıkamayı ve sulama ve yapay drenajla yıkamayı içerir. Genellikle tuzlu toprakların ıslahı için kimyasal iyileştirmeler gerekli değildir, ancak sodik toprakların yönetimi için yıkamadan önce kimyasal arıtmaya ihtiyaç vardır. Alçıtaşı ve  $CaCl_2$  gibi çözünebilir kalsiyum içeren maddeler ve sülfürik asit veya kükürt, pirit, demir sülfat, alüminyum sülfat vb. gibi toprağı uygulandıktan sonra sülfürik asit üreten maddeler, sodik topraklarda katkı maddeleri olarak kullanılır. Sodik toprakların fitoremediasyonu da bazı durumlarda başarılıdır (Osman ve Osman, 2018).

Kimyasal toprak iyileştirme, tuzlu ve/veya alkali (sodik) toprakların ıslahında uzun süredir uygulanmaktadır. Böylece, değiştirilebilir toprak mineral/organik matrisleri üzerinde nispeten "zayıf bir şekilde emilen Na"nın yerine yeterli bir Ca kaynağı ve miktarı sağlanır ve ardından yer değiştirmiş Na'nın süzülmesi sağlanır (Guangming ve ark., 2017). Aşırı Na'nın kılcal yükselişi, tuz süzülmesini yüksek derecede artırabilir, bu da sodik toprakların restorasyonunu son derece zorlaştırabilir. Çok sayıda geleneksel (örn. alçıtaşı, pirit, gübre, organik kalıntılar) ve modern toprak düzenleyiciler (örn. alçı taşı, pirolize ve gazlaştırılmış karbon) ve tarım kimyasalları (fitohormonlar, nanogübreler, vb.) ile arazi ve su yönetimi (koruyucu toprak işleme, sulama, drenaj gibi) ve biyomühendislik yaklaşımları (örneğin halofitik özelliklerin genetik kullanımı, bitki-mikrop birlikteliklerinin kullanılması) tuzdan etkilenen toprakların iyileştirilmesinde kullanılmıştır (Farhangi-Abriz ve Ghassemi-Golezani, 2019).

## 6. Yeraltı drenajı

Su ve besin maddelerinin etkileşimi tarımsal üretimi etkileyen temel faktörlerdir (Li ve ark., 2009). Su mevcudiyeti, besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırırken, besinler de su kullanım verimliliğini artırır (Qiu ve ark., 2008). Bir ürünün kök sisteminin zamansal ve mekansal dağılımı, su ve besin emiliminin önemli bir belirleyicisidir. Sulama rejimleri toprağın su içeriğini etkiler ve bu da köklerin yoğunluğunu ve derinliğini güçlü bir şekilde etkiler. Orta düzeyde toprak suyu seviyeleri, toprak profilinin kök uzunluğu yoğunluğunu önemli ölçüde artırabilir (Li ve ark., 2010).

Nemli bölgelerde drenaj, saha trafiğine uygun şekilde ekim, hasat yapma ve kök bölgesindeki fazla suyu uzaklaştırma olanağı sağlar. Kurak ve yarı kurak bölgelerde drenaj, su basması ve tuzluluğun kontrolü için gereklidir (Muhammad ve ark., 2021). Tuzluluk ve su birikintisi, dünyanın birçok bölgesinde sulu tarımın sürdürülebilirliği açısından temel kaygılardandır (Singh, 2015). Bu iki sorun yaklaşık bir milyar hektarı (dünyadaki sulanan alanların yaklaşık %33'ü) etkilemekte ve birçok ülkenin gıda güvenliğini tehdit etmektedir (Askri ve ark., 2022).

Çalışmalar, yeraltı drenajının toprakta su birikmesini ve tuzlanmayı iyileştirmede etkili bir önlem olduğunu (Wang ve ark., 2014; Muhammad ve ark., 2021) ve yeraltı drenajının yalnızca toprak nem koşullarını değiştirmekle kalmayıp aynı zamanda çözünebilir tuzları da sızdırdığını göstermiştir (Askri

ve ark., 2022). Li ve ark. (2023), yeraltı drenaj işleminin yalnızca toprak tuzluluğunu önemli ölçüde azaltmakla kalmayıp aynı zamanda topraktaki bakteri topluluğunun bileşimi üzerinde de önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Drenajın aynı zamanda toprak parçacıklarının yapışmasını desteklediği, toprağın havalanmasını iyileştirdiği ve toprak organik maddesinin oksidasyonunu hızlandırdığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, tek başına drenaj önlemlerinin tuzlu arazi yönetimi ve toprak kalitesinin artırılması açısından sınırlamaları vardır ve çoklu iyileştirme önlemlerinin kombinasyonu, tuzlu arazilerin iyileştirilmesi ve sürdürülebilir arazi kullanımında en ümitvar olanıdır (Heng ve ark., 2022).

Yeraltı drenajı, yeraltı suyu dengesi ve yeraltı suyu tablasını uygun seviyede içeren arazi ve su yönetimi uygulamaları için en uygun yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Tarımsal yüzey altı drenajı, daha iyi sağlık ve verimli mahsul büyümesi için güvenli ortamı destekleyen, fazla yeraltı suyunun mahsul kök bölgesi sisteminden uzaklaştırılması işlemidir. Yeraltı drenajı yüksek su tablası düzeyini düşürür. Bu teknik uluslararası olarak kabul görmüştür. Yeraltı tarımsal drenajı, tarım alanlarından kaynaklanan tortu ve fosfor kayıplarının azaltılması açısından da tarımsal ve çevresel faydalar sağlar. Toprakta ve yeraltı suyunda tuzlar mevcut olduğunda, uzun vadede arazi ıslahını sağlamak için yeraltı drenajının tek çözüm olduğu tespit edilmiştir (Tiwari ve Goel, 2017).

İndus havzası, Asya'da İndus nehri ve kolları tarafından beslenen havzadır. Havza, dört ülkeyi (Afganistan, Çin, Hindistan ve Pakistan) geçerek 1.120.000 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsar. Alanın çoğu ağırlıklı olarak Hindistan ve Pakistan'da bulunur. Su birikmesi ve tuzluluk İndus Havzası'ndaki 16.7 milyon hektarlık sulu tarım alanı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır ki yaklaşık 2 milyon hektarı sular altında, 6 milyon hektarı ise tuzdan etkilenmiş durumdadır (Nijland ve ark., 2005). Hindistan'da 2.5 milyon ha su basmış arazi ve 3.1 milyon ha tuzluluktan etkilenen alan mevcuttur ve daha da genişlemektedir. Hindistan'da toprak tuzluluğu ve su basması sorunlarını çözmek için geçmişte bir dizi pilot çalışma yürütülmüştür. Hindistan hâlâ tuzlu toprak, kıyı tuzluluğu ve alkalilik gibi değişen derecelerde tuzluluk sorunlarıyla karşı karşıyadır (Mandal ve Sharma, 2011). Hindistan yer altı drenaj tasarımına ilişkin geliştirilmiş temel yönergeler şunları tavsiye etmektedir: 1) Sorunlu bir alana herhangi bir drenaj projesi uygulamadan önce, konuyla ilgili olan birincil (teknik, sosyoekonomik, jeo-hidrolojik iklim) ve ikincil (özel alandaki su

kalitesi) verilerinin toplanması gerekir. 2) Geçmişte alkali ve tuzlu bölgelerde çimento beton borular çok popülerdi, çünkü bu borular kurulumundan sonra alkali bölgelerde 20 yıla kadar, tuzlu bölgelerde ise 8 yıla kadar herhangi bir şikayet vermemişti. Ancak günümüzde PVC borular taşınabilirliği ve hafifliği nedeniyle diğerlerine göre daha popülerdir. 3) Drenaj derinliği konusu, kurulum maliyetinin artması veya azalması, ayrıca makine ve işçiliğin bulunabilirliği ile ilgili bir konudur. Ancak yeraltı suyu seviyesinin konumuna, toprak tipine ve hidrolik özelliklerine bağlıdır. Tarımsal drenaj için önerilen lateral derinliği  $>1.2$  m'dir, çünkü tarımsal faaliyetler laterallere zarar verebilir. 4) Drenaj aralıkları toprağın dokusuna göre sınıflandırılır. Hafif dokulu topraklar için yanal aralık, boyut ve eğim (% cinsinden) sırasıyla 100 ila 150 m, 100 mm ve %0.10 arasında değişmektedir. Bu değerler orta dokulu topraklar için 50 ve 100 m, 125 mm ve %0.075'tir. Ağır dokulu topraklar için ise sırasıyla 30 ve 50 m, 150 mm ve %0.05'tir. 5) İklim şartlarına göre drenaj katsayısı 1 ila 3 mm/gün arasında optimum bir değere sahiptir (yani kurak bölge 1 mm/gün, yarı kurak bölge 2 mm/gün ve yarı nemli bölge 3 mm/gün'dür). 6) Boru ve akifer sistemindeki suyun sürekli hareketi, borularda drenaj sisteminin performansını etkileyebilecek tortuları toplar. Sorunun çözümü için drenaj borularına filtre ve zarf konulması benimsenmelidir. Drenaj borusunu çevreleyen filtre için filtre/zarf malzemesi kullanılır ve bunlar genellikle drenaj borularıyla (jeotekstil, polipropilen, hindistan cevizi lifi, polistiren ve köpük plastik) birlikte kullanılır. Geleneksel filtre malzemesi çakıl ve kaba kumun birleşimidir. 7) Normalde drenaj atıksuları kanala, tuz havuzlarına, balık havuzlarına atılır veya bitkisel üretimde yeniden kullanılabilir. Araştırmacılar tarafından atık suyun sulamada yeniden kullanılması için harmanlama ve karıştırma gibi çeşitli yöntemler önerilmiştir (Tiwari ve Goel, 2017).

Pakistan, 1959'da bir dizi tuzluluk kontrolü ve ıslah projesi başlatarak tuzluluk kontrolü için çaba harcadı ve sonuçlar, yüzeydeki tuzluluk düzeyinin ve toprak profili tuzluluğunun azaltılması konusunda iyi ilerlemeler olduğunu gösteriyor. Pakistan'daki yeraltı drenaj tesisleri hâlâ toplam ekilebilir alanlarının %1'inden azdır, bu nedenle artırılması gerekmektedir (Ghumman ve ark., 2012). Pakistan dünyanın en büyük sulama sistemine, kanalla sulanan yaklaşık 14.2 M ha alana hakim olan İndus Havzası Sulama Sistemine sahiptir. Pakistan'ın tarım arazilerini tuzluluktan korumak için çeşitli yöntemler kullanılmış, ancak yer altı drenaj projelerinin çoğu sorunu çözmede faydalı olmamıştır. Pakistan'ın verimli topraklarının ıslahı için yüzey drenajı, yeraltı boru drenajı ve tüp kuyuları gibi pek çok yaklaşım uygulanmıştır, ancak yer altı

boru drenajının diğer iki yöntemden daha faydalı olduğu görülmüştür (Azhar ve ark., 2010). Pakistan drenaj tasarım kılavuzu şunları önermektedir: 1) Pakistan'da, yeraltı drenaj sistemlerinin drenaj tasarım derinliği 1.8 ile 2.4 m arasında, kolektör derinliği ise  $>3$  m olmalıdır. 2) SSD drenaj deşarjı 0.95-3.5 mm/gün olarak tasarlanmalıdır. 3) PVC borular genellikle sabit boyutlu, yani 100-200 mm çapında ve 800 m'ye kadar uzunluktaki saha drenajlarında popülerdir. 4) Kolektör drenajlarında sabit ölçüleri 200-380 mm çapında ve boyu  $>4$  km olan PVC ve PE borular kullanılmaktadır. 5) Çakıl filtreler Pakistan yeraltı drenaj kurulumunda daha popülerdir (Tiwari ve Goel, 2017).

## **7. Organik katkı malzemeleri**

Saman, çiftlik gübresi vb. gibi organik katkıların toprağın tuzdan arındırılmasını desteklediği gösterilmiştir. Saman malçlamanın yağmurdan sonra yıkama verimliliğini arttırdığı bulunmuştur (Cui ve ark., 2018). Saman malç, toprak suyunun buharlaşmasını azaltır ve toprak çözeltisinin kök bölgesine veya üstüne doğru yukarı hareketini sınırlandırır, su alımını ve depolamasını artırır, suyun sızmasını iyileştirir ve yüzey akışının hızını ve miktarını azaltır (Ram ve ark., 2013; Prosdocimi ve ark., 2016). Sadegh-Zadeh ve ark. (2009), çiftlik gübresi ve kamış kullanılarak geliştirilen üç farklı katmandan oluşan katmanlı malç uygulamasının toprağın ECe değerini düşürmede 56 cm derinliğe kadar başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Organik iyileştirmeler sadece tuzluluğu azaltmakla kalmaz, aynı zamanda tuzlu alanlardaki bitki örtüsünü de iyileştirir. Tejada ve ark. (2006) çırçırlanmış ve ezilmiş pamuk kompostunun ve kümes hayvanı gübresinin tuzlu toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Tuzlu toprağın bu organik atıklarla bir yıl artılmasından sonra kendiliğinden bitki örtüsünün arttığını ve 5 yıllık bir süre sonra arazinin %80'inin bitki örtüsüyle kaplandığını, buna karşılık kontrol alanlarındaki %0.8 artışı bildirmişlerdir (Giri & Varma, 2019).

Dışarıdan organik madde girişi (gübre, bitki artıkları, çiftçilik veya belediye faaliyetlerinin yan ürünleri, vb.) ciddi tuzluluk ve sodalılık sorunları olan toprakların ıslah edilmesi için uygun bir yol olabilir. Farklı organik iyileştirmelerin optimum oranları (50 t/ha'dan fazla değil) toprağın fiziksel özelliklerini (toprak yapısı, geçirgenlik, su tutma kapasitesi vb.) ve kimyasal özelliklerini (pH, katyon değişim kapasitesi vb.) ve mikrobiyal aktivite, çevre için herhangi bir risk olmadan (toprak altı ve yeraltı suyu kirliliği) iyileştirerek bitki büyümesini destekleyebilir. Elbette, daha fazla arazi bozulmasını önlemek

için organik atıkların tarımda kullanılmadan önce dikkatlice karakterize edilmesi ve yönetimlerinin optimize edilmesi çok önemlidir (Leogrande ve Vitti, 2019).

Tuzdan etkilenen topraklara organik maddelerin (bitki kalıntıları, gübre, kompost, gıda işleme atıkları vb.) eklenmesi son 20-30 yılda yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Bu atıkların bir kısmı herhangi bir risk oluşturmadan doğrudan toprağa eklenebilmektedir, ancak bir kısmının toksisite ve besin eksikliği oluşturabileceği bilinmelidir. Toksikite, canlı dokulara zarar veren tehlikeli patojenlerin ve doğal veya sentetik maddelerin varlığından kaynaklanabilir. Besin eksiklikleri temel olarak, karbon kaynaklarını parçalamak için azotu kullanan ve bitkiler için kullanılamaz hale getiren toprak mikroorganizmaları tarafından immobilizasyondan kaynaklanmaktadır. Bu tür atıkların geri dönüştürülmesi için cazip bir alternatif uygulama kompostlamadır. Bu aerobik stabilizasyon işlemi, organik atık maddelerin çöplükten ve/veya yakma fırınından uzaklaştırılması ve nispeten düşük maliyetli, tarımsal amaçlara uygun bir ürün üretilmesi için iyi bilinen bir yöntemdir (Cai ve ark., 2007). Kompost, organik madde seviyesini taze organik kalıntılardan daha yüksek tutabilir. Organik iyileştirmelerin uygulanması, tüm olumlu/olumsuz sonuçlarla birlikte katyon değişim kapasitesinin (CEC) ve iyon adsorpsiyonunun artırılmasına yardımcı olabilir ve dolayısıyla toprak çözeltisindeki çözünür tuz konsantrasyonunu azaltabilir (Oorts ve ark., 2003).

Tuzlu-sodik ve sodik topraklarda ise, tuzları uzaklaştırması gereken suyun geçişini teşvik etmek amacıyla öncelikle gözeneklerin sayısına ve boyutuna müdahale ederek toprağın geçirgenliğini arttırmak gerekir. Sodik ve tuzlu sodik toprakları etkili bir şekilde ıslah etmek için, inorganik iyileştirmeler (alçıtaşı, kalsit, kalsiyum klorür ve diğer kimyasal maddeler), değişim bölgelerindeki değişebilir Na'nın yerini alacak önemli kalsiyum kaynakları kullanılır. Aslında organik madde, mineral parçacıklarının organik polimerlere bağlanması yoluyla toprak agregatlarının yapısal stabilitesi üzerinde temel bir rol oynar (Chaganti ve ark., 2015). Daha düşük molekül ağırlığı ile karakterize edilen, kolayca ayrışabilen maddeler toprağın bu fiziksel özelliği üzerinde yoğun ve geçici bir etkiye sahipken, lignin ve selüloz gibi daha dirençli bileşenler daha düşük ancak uzun süreli bir etkiye sahiptir. Ek olarak, özellikle organik madde ayrışmasının başlangıcında artan biyolojik aktivite ve ekzopolisakaritler gibi mikroorganizma aglütinantlarının salınımı, çoğunlukla toprak agrega stabilitesinin artmasına katkıda bulunur. Toprağın yapısal



stabilitesinin iyileştirilmesi, kütle yoğunluğunun azalmasına ve gözenekliliğin, hidrolik iletkenliğin ve su tutma kapasitesinin artmasını sağlar (Camberato ve ark., 2006).

Son zamanlarda, biyokömür (300 ila 1000°C arasındaki sıcaklıklarda, oksijensiz veya oksijenle sınırlı koşullar altında üretilen katı karbonlu kalıntı), karbonda kalma süresi onlarca yıldan bin yıla kadar değişen bir toprak düzenleyici olarak büyük ilgi görmüştür (Jeffery ve ark., 2011, Kookana ve ark., 2011). Ancak bazı çalışmalarda biyokömür uygulamasıyla yüksek oranlarda tuzluluk ve/veya sodyumlulukta artış da tespit edilmiştir (Sigua ve ark., 2016; Blok ve ark., 2017). Ayrıca biyokömürün üretimi, nakliyesi ve yüksek uygulama oranlarıyla ilişkili yüksek maliyet, tuzluluk ve sodalılıktan etkilenen alanlarda yaygın kullanımı açısından önemli bir zorluk olmaya devam etmektedir (Dahlawi ve ark., 2018).

## **8. Kürüt, türevleri ve jips katkısı**

Alçıtaşı, tuzlu-sodik ve sodik topraklardaki değiştirilebilir Na'nın yerini alacak önemli bir Ca<sup>2+</sup> kaynağı olarak geniş çapta kabul görmektedir ve kireçli ve kireçsiz topraklarda eşit derecede iyi çalışır. Diğer kimyasal ıslah stratejileri, doğal kalsiti (yalnızca kireçli topraklar) çözüdüren ve katyon değişim alanlarından Na'yı uzaklaştırmak için gerekli Ca'yı sağlayan asitlerin veya asit oluşturan bileşiklerin uygulanmasını içerir. Bu stratejilerin tümü işe yarasa da genel olarak sürdürülebilir bir ıslah tekniğinin seçimini büyük ölçüde sahaya özgü coğrafi ve toprak fizikokimyasal parametreler belirler (Dahlawi ve ark., 2018).

Tuzlu topraklar doğası gereği çok çeşitlidir ve uzun vadeli verimlilik sağlamak amacıyla yönetimine ve ıslahına yardımcı olmak amacıyla alçıtaşı gibi kükürt içeren bileşiklerin uygulanması gibi özel stratejiler gerektirir (Wiedenfled, 2011). Alçı uygulaması, tuzdan etkilenen toprakların ıslahında yaygın olarak bilinen yöntemlerin başında gelir; diğer ilgili değişiklikler arasında elementel kükürt (S), sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), kükürt polisülfürleri ve hidrojen sülfid yer alır (Lastiri-Hernandez ve ark., 2019). Alçı, tuzlu topraklara uygulandığında toprağın fiziksel (yığın yoğunluğu, agregat stabilitesi ve su sızması) ve kimyasal (pH, SAR, ESP, CEC, EC, besin bulunabilirliği ve organik karbon) özelliklerinin yanı sıra biyokütle ve mahsul üretimini de geliştirebilir. Alçı uygulaması, P gibi çeşitli besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırır ve toprak çözeltisinde dengeli bir elektrolit

konsantrasyonunu destekler. Alçı uygulaması toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra toprağın mikrobiyal aktivitesini, biyokütlesini ve solunumunu da artırır (Kim ve ark., 2018). Alçıtaşının toprak tuzluluğunun iyileştirilmesinde en önemli faktörlerinden biri ucuz ve kullanımının kolay olmasıdır. Alçıtaşı, yüksek S ve Ca yataklarına sahip deniz ortamında oluşan tortul kayalardan çıkarılabilir. Alçı aynı zamanda sülfürik ve fosforik (fosfoalçı) asitlerin endüstriyel üretiminde ve baca gazı kükürt gidermede yan ürün olarak da oluşabilmektedir (Gonçalo Filho ve ark., 2019).

$\text{CaCl}_2$ , HSO ve  $\text{CaSO}_4$  gibi çeşitli ürünler toprak düzenleyici olarak çokça kullanılmıştır. Elementel kükürt (S) ve sülfürik asit, özellikle damla sulama sistemleri altında uzun yıllar, tuzlu ve alkali toprakların ıslahı ve iyileştirilmesi için kullanılmıştır, fakat S'nin oksidasyonu yavaştır, bu nedenle bu yöntemin değeri sınırlıdır (Abdelhamid ve ark., 2013). Alçıtaşının optimal  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$  ve  $\text{Ca}^{2+} / \text{Na}^+$  oranlarını koruduğu, pH'yı düşürdüğü ve tuzlu topraklarda mahsullere gerekli S besinini sağladığı defalarca rapor edilmiştir. Toprak tuzluluğu toprağın pH'sını arttırdığından, bu tür toprakların ıslahında toprağın pH'sını düşürecek kimyasal değişikliklerin kullanılması oldukça arzu edilir olacaktır. Buna göre alçıtaşının içerdiği S, nem koşullarında ve uygun sıcaklıklarda toprağın pH'sını ve elektrik iletkenliğini (EC) hızlı bir şekilde düşürmeye olanak sağlayan bir asit oluşturmaktadır. Bu nedenle, alçıtaşının yüksek pH'lı, kireçli tuzlu topraklar üzerindeki ana etkileri, toprağın pH'sını düşüren güçlü bir asit (örn.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) halinde oksitlenirken toprağı hızla asitleştiren S'nin varlığı yoluyla (Wiedefeld, 2011). Ancak S, alçıtaşı yerine elementel S olarak uygulanırsa, yeni oluşan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  topraktaki karbonatlar ve bikarbonatlarla reaksiyona girerek sızabilir  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  haline gelebilir. Tuzlu topraklarda alçı uygulamasının bir diğer önemi de Ca sağlamasıdır. Tuzlu topraklarda değiştirilebilir  $\text{Na}^+$ 'nın önemli bir yüzdesinin  $\text{Ca}^{2+}$  tarafından uzaklaştırılması gerekir ve bu reaksiyon  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  kullanılarak hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Araştırmalar,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  kullanımının katyon değişim bölgelerindeki  $\text{Na}^+$ 'ı azalttığını, dolayısıyla bitkiler tarafından alımını azalttığını göstermiştir (Mahmoodabadi ve ark., 2013). Toprak kolloidlerindeki  $\text{Ca}^{2+}$ 'nın  $\text{Na}^+$  ile değişimi toprağın stabilizasyonunu ve geçirgenliğini artırır. Ancak alçının uygulanması üzerine, toprakla iyice karıştırılması ve ardından yer değiştiren  $\text{Na}^+$ 'nın rizosferden uzaklaştırılması için yeterli su uygulanması gerekir. Kil yüzeylerinde  $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Na}^+$  oranlarının artması, toprağın dağılmasını önler ve stabil bir toprak yapısının yanı sıra artan kil topaklanmasını destekler. Bu aynı zamanda bitki alımı için daha fazla  $\text{Ca}^+$  bulunmasını sağlar (Aboelsoud

ve ark., 2020).

### **9. Liç etme (çözeltiye alma)**

Toprağın üst tabakasından (en üstteki 45-60 cm) gelen tuzların kök bölgesinin çok altına, aşağıya doğru hareket etmeye zorlandığı bir yöntemdir. Bu yöntem, tuzların çözünmesini ve bunların kök bölgesinde aşırı tuz birikmesini önlemek üzere aşağıya doğru hareketini kolaylaştırmak için toprak profili boyunca süzülen, düşük elektrolit konsantrasyonuna sahip, iyi kalitede su gerektirir. Bir toprağın ıslahı için gereken su hacmi, toprağın dokusuna, içinde bulunan tuzlara, ıslah edilecek toprağın hacmine ve rizosferde istenen tuz seviyesine ve ıslahattan sonra yetiştirilecek bitkilere göre belirlenir (Biswas ve Biswas, 2014).

Toprağın nem içeriğinin düşük olduğu ve yeraltı suyu seviyesinin derin olduğu durumlarda süzme tercih edilir. Süzme, sürekli göllendirme, aralıklı göletleme ve yağmurlama gibi farklı şekillerde gerçekleştirilebilir. Sürekli göllendirme orta dokulu topraklar için daha uygundur ve kısa sürede yıkama sağlanabilir. Aslında, ıslah edilecek toprağın derinliğine eşdeğer bir su derinliği ile sürekli göllenme sonrasında, yıkamadan önce toprakta mevcut olan çözünebilir tuzların %70'inden fazlasının uzaklaştırıldığı tahmin edilmektedir. Aralıklı havuzlama, sürekli havuzlamada yaklaşık üçte bir oranında daha az su kullanılarak aynı seviyede yıkama işlemini gerçekleştirebilir; ancak daha uzun bir süre alabilir. Özellikle sığ su tablası veya kiremit drenaj sistemi olan tarlalarda ince dokulu topraklar için daha uygundur. Su tablasını düşürerek liç verimliliğini artırır. Toprak yüzeyinde bir yüzey contasının olduğu durumlarda, aralıklı göllenme, suyun sızmasına izin verecek çatlakların oluşmasına neden olabilir (Abdel-Fattah, 2019).

Yağmurlama, havuzlu liç için hazır olmayan alanlar için uygun, enerji ve maliyet yoğun bir yöntemdir. Tuzdan arındırma stratejilerinin önündeki en büyük kısıtlama, kaliteli suyun mevcudiyetidir; çünkü tuzluluk sorunları çoğunlukla, su mevcudiyetinin doğal olarak kısıt olduğu dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde karşılaşılmaktadır. Süzme maliyetlidir ve suyun mevcudiyetine ve uygun drenaj sistemine bağlıdır, ayrıca toplam azot-toplam organik karbonu, mikrobiyal aktiviteyi ve genel toprak verimliliğini azaltır (Laudicina ve ark., 2009).

## 10. Biyomimikri

Bu teknik, toprak yüzeyinde biriken tuzun toplanmasına olanak sağlamak için damarlı bitkilerin kılcıl hareketini taklit etmeye çalışan yeni bir tekniktir (Swallow ve O'Sullivan, 2019). Bu tekniği 30 gün boyunca kullanan araştırmacılar, toprağın ECe ve tuz konsantrasyonunu neredeyse on kat (120 mS/cm'den 14 mS/cm'e ve tuz konsantrasyonu %8'den %0.8'e) azaltmayı başarmışlardır. Ferrosiyanürler gibi kristal inhibitörleri, kristal oluşumunu önlemek ve dendritik kristal yapıların oluşumunu teşvik ederken buharlaşma terlemesini optimize etmek için toprak yüzeyine uygulanır (Klaustermeier ve ark., 2017). Dendritik kristaller toprakta kılcıl pompa oluşturarak çözünmüş tuzları içeren toprak çözeltisinin hızla yokuş yukarı hareketine izin verir. Toprak yüzeyinde buharlaşma-terleme nedeniyle tuzlar toplanabilir. Bu yöntem henüz araştırma aşamasındadır ve toprağın tuzluluğunu azaltmak amacıyla tuzdan arındırma için etkili bir araç olarak kullanılması açısından tarlalarda test edilmeyi beklemektedir (Swallow ve O'Sullivan, 2019).

## 11. Yıkama veya kazıma

Yıkama yönteminde tuzların temizlenmesi için toprak yüzeyinden su geçirilir. Bu ancak tuz toprak yüzeyinde bir kabuk tabakası oluşturduğunda mümkündür. Ancak verimsiz bir işlemdir ve çok az miktarda tuzu giderebilir (Abdel-Fattah, 2019).

Birikmiş yüzey tuzları yüzeyin kazınması yoluyla da giderilebilir. Ancak yıkama gibi bunun da pratik önemi azdır (Giri ve Varma, 2019).

## 12. Çölleşmeyi önlemek için toprakların biyostabilizasyonu

Çölleşme dünya çapında büyüyen bir sorundur ve çoğunlukla kurak alanlarda, kurak/yarı kurak bölgelerde, eğimli arazilerde ve kıyı bölgelerinde etkilidir. Kırsal, kentsel ve kıyı altyapısının geliştirilmesi ve arazi/orman/kıyı biyolojik çeşitliliğinin ve ekosisteminin korunması açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Çölleşme, toprak verimliliğinin kaybı, şiddetli ve değişken yağış olayları nedeniyle toprak erozyonu, tuzlanma, rüzgar erozyonu, ormansızlaşma, bitki örtüsünün aşırı otlatılması, tarımsal kalıntıların yakılması, sel, kuraklık, heyelan ve orman yangınları gibi doğal afetler veya arazi kullanım modellerinde değişikliklerden kaynaklanabilir. Çölleşmeyle mücadele (yani, daha fazla çölleşmenin kontrol edilmesi ve bazı durumlarda çölleşme sürecinin tersine çevrilmesi), su akışı boyunca setler inşa edilmesi (erozyon kontrolü),

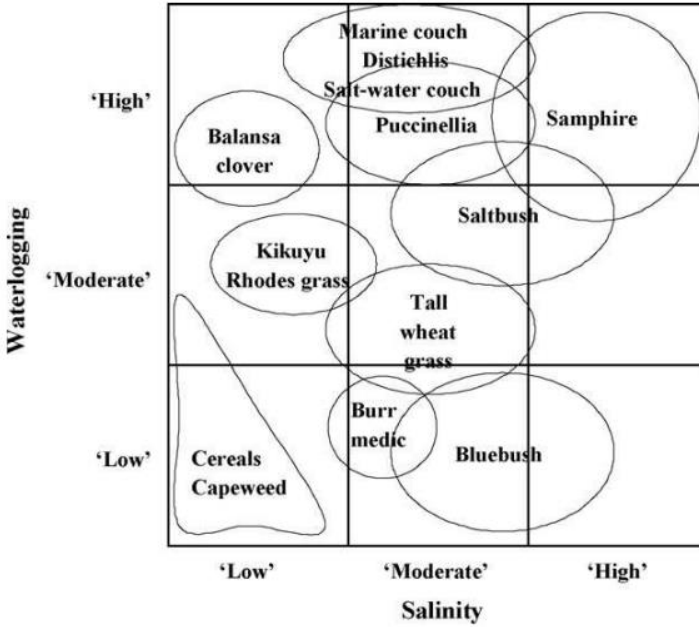
yer altı bariyer duvarları (tuzlanmanın kontrolü), ağaçlandırma faaliyetleri, çim sahaların oluşturulması, toprak stabilizasyon teknikleri ile birleştirilmiştir. Büyük ölçekte çölleşmeyle mücadele, erozyon, su birikintisi veya tuzlanma nedeniyle arazi bozulmasını önlemek için sürdürülebilir ve doğal stratejilerin uygulanmasını gerekir. Çölleşmeyi önlemeye, azaltmaya veya tersine çevirmeye yönelik çölleşme karşıtı tedbirlerin, iklim değişikliğinin hem mevcut hem de gelecekteki etkilerine karşı dayanıklı olması tavsiye edilmektedir. Bu önlemlerin bazıları ürün-toprak-su yönetimine yönelik entegre yaklaşımları içeren tarımsal uygulamalar, çöl eğilimli arazilerde yangın ve otlatma yönetimi, tuzlu arazilerde halofitler gibi uygun bitki türleri kullanılarak yeniden bitkilendirme ve kum ve toz fırtınalarıyla mücadele için toprak stabilizasyon tekniklerinin kullanımınıdır. Şu anda uygulamada kullanılan spesifik müdahaleler arasında kontur set inşaatı ve çiftçilik, şerit ekimi, teraslama, oluk ıslahı ve arazi ve ekosistem restorasyonu için barınak kuşakları yer almaktadır. Toprak stabilizasyon teknikleri mekanik olabilir; kum hareketine ve birikmesine engel olacak savunma duvarlarının (korkuluklar)/seddelerin inşası; kimyasal - kumları hareketsiz hale getirmek ve erozyona karşı direncini arttırmak için çimento, uçucu kül veya kireç gibi toprak bağlayıcı kimyasalların kullanımını; veya biyolojik - yüzeysel toprağın stabilizasyonu için biyopolimerlerin, malç ve/veya bitki örtüsünün kullanımını kapsar. Son zamanlarda araştırmacılar, potansiyel olarak çevre dostu, dayanıklı, sürdürülebilir ve düşük maliyetle büyük ölçekli çölleşme karşıtı kampanyalar gerçekleştirmeye uygun bir dizi biyostabilizasyon yöntemini keşfetmeye başlamışlardır (Patil ve ark., 2023).

### **13. Kıyıdaki tarımsal ekosistemlere deniz suyu girişi**

Kıyı tarım ekosisteminin yönetimi, deniz suyu girişi ve büyük ölçekli insan müdahaleleri gibi doğal olaylardan etkilendiğinde daha karmaşık hale gelir. Toprak ve yeraltı suyundaki tuzluluk kısıtlamalarının üstesinden gelmek için doğal kaynak yönetimindeki değişiklikler, kullanılan teknolojiye değişiklikler ve tuza dayanıklı mahsul çeşitlerinin geliştirilmesi olmak üzere üç yaklaşım kullanılabilir. Tuzlu tarım yoluyla tuza toleranslı çeşitlerin ve ekonomik halofitlerin kullanılması, tuzdan etkilenen vertisollerin yönetiminde etkili, ekonomik ve çevre dostu bir yaklaşımdır (Gururaja Rao ve Chikara, 2022).

#### 14. Tuzlu arazinin yeniden bitkilendirilmesi yoluyla tuzdan arındırma

Tuzlu toprak kaynaklarının kullanımına olan ilgi, Pakistan, Avustralya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika dahil bir dizi ülkede tuzlu tarıma yeniden odaklanmasıyla birlikte son 20 yılda artmıştır. Avustralya'da, tuzlu alanların yeniden bitkilendirilmesine ilgi 1940'larda ve 1950'lerde başlamış, tuzlu alanların yeniden bitkilendirilmesi için teşvik edilmiştir. Otsu genetik materyalin (69 tür) ilk taraması 1954'ten 1959'a kadar gerçekleşti ve daha sonra halofitik çalıların taranması, birçok türün yaygın şekilde kullanılmasıyla sonuçlanmıştır (Bennett ve ark., 2009).



**Şekil 3.** Güney Avustralya'daki farklı bitkilerin tuzluluğa ve su basmasına karşı göreceli toleransları. Türler şunlardır: balansa clover (*Trifolium michelianum*), burr medic (*Medicago polymorpha*), bluebush (*Maireana brevifolia*), cereals (*Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*), distichlis (*Distichlis spicata* var. *stricta*), kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), marine couch (*Sporobolus virginicus*), puccinellia (*Puccinellia ciliata*), rhodes grass (*Chloris gayana*), river and old man saltbush (*Atriplex amnicola* ve *A. nummularia*), salt-seeded samphire (*Tecticornia pergranulata* subsp. *pergranulata*; formerly *Halosarcia pergranulata* subsp. *pergranulata*) and tall wheatgrass (*Thinopyrum ponticum*) (Barrett-Lennard ve ark., 2003; Bennett ve ark., 2009).

Biyoremediasyon mikroorganizmaları içerir ve fitoremediasyon bitkileri içerir. Fitoremediasyon, toprak ve su kirlenmelerinin giderilmesine yönelik bitki ve bitkiyle ilişkili mikroorganizma bazlı bir yaklaşımdır (Bernardino ve ark. 2020). Bitkiler tarafından kullanılan, rizofiltrasyon, fitostimülasyon, fitostabilizasyon, fitoekstraksiyon, fitovolatilizasyon ve fitodegradasyon dahil olmak üzere altı farklı fitoremediasyon mekanizması vardır (Pilon-Smits, 2005; Joshi ve ark., 2019). Fitodesalinasyon, fazla miktardaki tuzu kirlenme alanlarından uzaklaştırmak ve araziye ekim amacıyla restore etmek için etkili, bitki bazlı bir yaklaşımdır. Kirlenme alanının ciddiyetine bağlı olarak çeşitli bitki türlerini kullanarak tuzdan etkilenen alanları temizlemek için uygun maliyetli, yeşil bir iyileştirme yaklaşımıdır (Srivastava, 2020).

Tuzlu toprağı ıslah etmek için bitkilerin ve bunların parçalarının kullanıldığı bir tekniktir. Kök bölgesindeki fazla tuzlar, tuzlu alanda tuza dayanıklı ürünler (halofitler) yetiştirilerek giderilebilir. Temiz, verimli, uygun maliyetli ve ekolojiktir dostu bir yöntemdir (Devi ve ark., 2016). Halofitler, tuzlu topraklarda hayatta kalabilen ve 20 dS/m (yaklaşık 200 mM NaCl) kadar yüksek E<sub>Ce</sub> içeren tuzlu ortamların florasıdır. Bu bitkiler, tek yıllık veya çok yıllık bitkiler, çift çenekli veya tek çenekli türler, çalılar ve bazı ağaçlar olabilir. Halofitler, Na<sup>+</sup> iyonlarının vakuolar tutulması, ozmotik stresin üstesinden gelmek için ozmolitlerin sentezi ve ayrıca tuz seviyeleri bakımından büyük farklılıklar gösteren bu tür bitkilerde antioksidan sistemlerin uyarılması gibi çok çeşitli morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik adaptasyon mekanizmalarına sahiptir. tolerans (Flowers ve Colmer, 2015).

Bu bitkiler tuzları dışarıda tutabilir, salgılayabilir veya biriktirebilir ve üç türe ayrılır: (1) tuzu hariç tutan, (2) tuz salgılayan ve (3) tuz biriktiren. Tuz içermeyen halofitler, anatomik modifikasyonlar yoluyla kök sistemindeki tuzları hariç tutabilir. Örnekler arasında *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops candolleana*, *Kandelia candel* ve *Rhizophora mucronata* bulunur. *Avicennia alba*, *A. marina*, *A. officinalis* ve *Aegiceras corniculatum* gibi bazı halofitler, yaprak bezleri aracılığıyla tuzları salgılayabilir. Tuz biriktiren halofitler, hücrelerinde ve dokularında yüksek konsantrasyonlarda tuz biriktirerek tuz toksisitesinin üstesinden gelmek için sukkulentlik geliştirirler. Örnekler arasında *Excoecaria agallocha*, *Lumnitzera racemosa*, *Pentatropis sianshoides*, *Salvadora persica*, *Sonneratia apetala*, *S. acida*, *Sesuvium portulacastrum* ve *Suaeda nudiflora* yer alır (Rabhi ve ark., 2009; Muchate ve ark., 2016). Gıda, yem, yağ üreten ve farmasötik açıdan önemli bitkiler olarak

kullanılabilirler. Halofitlerin arbusküler mikorizal mantarlar (AMF) ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ile simbiyotik birlik oluşturduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Bitkisel tuzdan arındırma işlemi yavaş bir süreçtir; ancak tüm ıslah teknikleri arasında en ekonomik, çevre dostu ve sürdürülebilir yöntemdir (Giri ve Varma, 2019).

Ravindran ve ark. (2007), tuz biriktiren halofitler olan Suaeda maritima bitkilerinin tuzlu topraktaki ECe'yi 4.9'dan 1.4 dS/m'e düşürebildiğini, *Sesuvium portulacastrum*'un ise tuzlu toprakta 120 günlük yetiştirmeden sonra toprak ECe değerini 2.5 dS/m'e düşürdüğünü bildirmiştir. Buna paralel olarak bitkilerin ECe değerleri, *S. maritima*'da 4.5'ten 18.8 dS/m'e ve *S. portulacastrum*'da 4.3'ten 15.3 dS/m'e yükselmiştir. Ayrıca bu iki halofitin 120 günde hektar başına sırasıyla 504 ve 474 kg oranında NaCl'yi tuzlu alanlardan uzaklaştırabileceği öngörülmüştür.

## 15. Sonuç

Tuz stresi mahsul verimliliğindeki en önemli kısıtlamalardan biridir. Tuzdan etkilenen topraklar, düşük mahsul verimine rağmen ihmal edilemeyecek ve kolayca terk edilemeyecek kadar değerli bir kaynaktır. Tuzlanmanın neden olduğu arazi bozulması sürecini tersine çevirmek için ıslah önlemleri gereklidir; aksi takdirde gelişmekte olan ülkelerde tuzlanma eğiliminin kontrolden çıkması muhtemeldir. Tuzun neden olduğu arazi bozulmasıyla karşı karşıya kalan ülkelerde sürdürülebilir arazi yönetimine yatırım yapmak uygun maliyetli olabilir. Değişikliklerin uygulanması, toleranslı genotiplerin yetiştirilmesi, uygun sulama, drenaj ve arazi kullanım stratejileri, koruyucu tarım, fitoremediasyon ve biyolojik iyileştirme teknikleri gibi azaltma yaklaşımları, toprak tuzluluğu sorununu başarılı bir şekilde ele almış ve topraktaki karbon tutumu gibi faydalar sunmaktadır. Bu yönetim uygulamaları, tuzdan etkilenen bölgelerdeki kırsal çiftçi topluluğunun sosyo-ekonomik koşullarını iyileştirmektedir.



## **KAYNAKLAR**

- Abdel-Fattah, M. K. (2019). Reclamation of saline-sodic soils for sustainable agriculture in Egypt. *Sustainability of Agricultural Environment in Egypt: Part II: Soil-Water-Plant Nexus*, 69-92.
- Abdelhamid, M., Eldardiry, E., & Abd El-Hady, M. (2013). Ameliorate salinity effect through sulphur application and its effect on some soil and plant characters under different water quantities.
- Aboelsoud, H., Engel, B., & Gad, K. (2020). Effect of planting methods and gypsum application on yield and water productivity of wheat under salinity conditions in North Nile Delta. *Agronomy*, 10(6), 853.
- Ahmed, K., Qadir, G., Jami, A. R., Saqib, A. I., Nawaz, M. Q., Kamal, M. A., & Haq, E. (2016). Strategies for soil amelioration using sulphur in salt affected soils. <https://repository.iuils.ro/xmlui/handle/20.500.12811/1187>
- Amombo, E., Ashilenje, D., Hirich, A., Kouisni, L., Oukarroum, A., Ghoulam, C., ... & Nilahyane, A. (2022). Exploring the correlation between salt tolerance and yield: Research advances and perspectives for salt-tolerant forage sorghum selection and genetic improvement. *Planta*, 255(3), 71.
- Arora, S., & Dagar, J. C. (2019). Salinity tolerance indicators. *Research developments in saline agriculture*, 155-201.
- Askri, B., Khodmi, S., & Bouhlila, R. (2022). Impact of subsurface drainage system on waterlogged and saline soils in a Saharan palm grove. *Catena*, 212, 106070.
- Azhar, A. H., Bhutta, M. N., & Latif, M. (2010). Reclamation irrigated agriculture through tile drainage at Fourth Drainage Project, Faisalabad. *J Anim Plant Sci*, 20(3), 211-216.
- Barrett-Lennard, E. G., Bathgate, A. D., & Malcolm, C. V. (2003). *Saltland pastures in Australia, a practical guide*. WA Government. Dept. of Agriculture and Food.
- Bernardino, C. A., Mahler, C. F., Alvarenga, P., Castro, P. M., da Silva, E. F., & Novo, L. A. (2020). Recent advances in phytoremediation of soil contaminated by industrial waste: a road map to a safer environment. *Bioremediation of Industrial Waste for Environmental Safety: Volume I: Industrial Waste and Its Management*, 207-221.
- Bennett, S. J., Barrett-Lennard, E. G., & Colmer, T. D. (2009). Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: a review.

- Agriculture, Ecosystems & Environment, 129(4), 349-360.
- Biswas, A., & Biswas, A. (2014). Comprehensive approaches in rehabilitating salt affected soils: a review on Indian perspective. *Open transactions on geosciences*, 1(1), 13-24.
- Blok, C., Van der Salm, C., Hofland-Zijlstra, J., Streminska, M., Eveleens, B., Regelink, I., ... & Visser, R. (2017). Biochar for horticultural rooting media improvement: evaluation of biochar from gasification and slow pyrolysis. *Agronomy*, 7(1), 6.
- Cai, Q. Y., Mo, C. H., Wu, Q. T., Zeng, Q. Y., & Katsoyiannis, A. (2007). Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts. *Journal of Hazardous Materials*, 147(3), 1063-1072.
- Camberato, J. J., Gagnon, B., Angers, D. A., Chantigny, M. H., & Pan, W. L. (2006). Pulp and paper mill by-products as soil amendments and plant nutrient sources. *Canadian journal of soil science*, 86(4), 641-653.
- Chaganti, V. N., Crohn, D. M., & Šimůnek, J. (2015). Leaching and reclamation of a biochar and compost amended saline-sodic soil with moderate SAR reclaimed water. *Agricultural Water Management*, 158, 255-265.
- Cui, S., Zhang, J., Sun, M., Chen, H., & Feng, Z. (2018). Leaching effectiveness of desalinization by rainfall combined with wheat straw mulching on heavy saline soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(7), 891-902.
- Dahlawi, S., Naeem, A., Rengel, Z., & Naidu, R. (2018). Biochar application for the remediation of salt-affected soils: Challenges and opportunities. *Science of the Total Environment*, 625, 320-335.
- Devi, S., Nandwal, A. S., Angrish, R., Arya, S. S., Kumar, N., & Sharma, S. K. (2016). Phytoremediation potential of some halophytic species for soil salinity. *International journal of phytoremediation*, 18(7), 693-696.
- Farhangi-Abriz, S., & Ghassemi-Golezani, K. (2019). Jasmonates: mechanisms and functions in abiotic stress tolerance of plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 20, 101210.
- Farifteh, J., Farshad, A., & George, R. J. (2006). Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics. *Geoderma*, 130(3-4), 191-206.
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2015). Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. *Annals of botany*, 115(3), 327-331.
- Furby, S., Caccetta, P., & Wallace, J. (2010). Salinity monitoring in Western Australia using remotely sensed and other spatial data. *Journal of Environmental Quality*, 39(1), 16-25.

- George, R., & Woodgate, P. (2002). Critical factors affecting the adoption of airborne geophysics for management of dryland salinity. *Exploration Geophysics*, 33(2), 84-89.
- Ghumman, A. R., Ghazaw, Y. M., Hashmi, H. N., Kamal, M. A., & Niazi, M. F. (2012). Environmental and socio-economic impacts of pipe drainage in Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 1671-1681.
- Giri, B., & Varma, A. (2019). *Microorganisms in saline environments: strategies and functions*. Springer International Publishing.
- Gonçalo Filho, F., da Silva Dias, N., Suddarth, S. R. P., Ferreira, J. F., Anderson, R. G., dos Santos Fernandes, C., ... & Cosme, C. R. (2019). Reclaiming tropical saline-sodic soils with gypsum and cow manure. *Water*, 12(1), 57.
- Guangming, L., Xuechen, Z., Xiuping, W., Hongbo, S., Jingsong, Y., & Xiangping, W. (2017). Soil enzymes as indicators of saline soil fertility under various soil amendments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 237, 274-279.
- Gururaja Rao, G., & Chikara, J. (2022). Phytoremediation of Coastal Saline Vertisols of Gujarat Through Biosaline Agriculture. In *Biotechnological Innovations for Environmental Bioremediation* (pp. 291-351). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Hanay, A., Büyüksönmez, F., Kiziloglu, F. M., & Canbolat, M. Y. (2004). Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. *Compost science & utilization*, 12(2), 175-179.
- Hardie, M., & Doyle, R. (2012). Measuring soil salinity. *Plant salt tolerance: methods and protocols*, 415-425.
- Heng, T., He, X. L., Yang, L. L., Xu, X., & Feng, Y. (2022). Mechanism of Saline-Alkali land improvement using subsurface pipe and vertical well drainage measures and its response to agricultural soil ecosystem. *Environmental Pollution*, 293, 118583.
- Hopmans, J. W., Qureshi, A. S., Kisekka, I., Munns, R., Grattan, S. R., Rengasamy, P., ... & Taleisnik, E. (2021). Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. *Advances in agronomy*, 169, 1-191.
- Jeffery, S., Verheijen, F. G., van der Velde, M., & Bastos, A. C. (2011). A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 175-187.

- Joshi, R., Dkhar, J., Singla-Pareek, S. L., & Pareek, A. (2019). Molecular mechanism and signaling response of heavy metal stress tolerance in plants. *Plant-Metal Interactions*, 29-47.
- Kim, H. S., Kim, K. R., Lee, S. H., Kunhikrishnan, A., Kim, W. I., & Kim, K. H. (2018). Effect of gypsum on exchangeable sodium percentage and electrical conductivity in the Daeho reclaimed tidal land soil in Korea—a field scale study. *Journal of Soils and Sediments*, 18, 336-341.
- Klaustermeier, A. W., Daigh, A. L., Limb, R. F., & Sedivec, K. (2017). Crystallization inhibitors and their remediation potential on brine-contaminated soils. *Vadose Zone Journal*, 16(4), 1-10.
- Kookana, R. S., Sarmah, A. K., Van Zwieten, L., Krull, E., & Singh, B. (2011). Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. *Advances in Agronomy*, 112, 103-143.
- Lastiri-Hernandez, M. A., Alvarez-Bernal, D., Bermúdez-Torres, K., Cárdenas, G. C., & Ceja-Torres, L. F. (2019). Phytodesalination of a moderately saline soil combined with two inorganic amendments. *Bragantia*, 78, 579-586.
- Laudicina, V. A., Hurtado, M. D., Badalucco, L., Delgado, A., Palazzolo, E., & Panno, M. (2009). Soil chemical and biochemical properties of a salt-marsh alluvial Spanish area after long-term reclamation. *Biology and Fertility of Soils*, 45, 691-700.
- Leogrande, R., & Vitti, C. (2019). Use of organic amendments to reclaim saline and sodic soils: a review. *Arid Land Research and Management*, 33(1), 1-21.
- Li, D., Yang, Y., Zhao, Y., Tian, G., Zhou, X., Qiu, H., & Li, M. (2023). Subsurface drainage influences the structure and assembly of soil bacterial and fungal communities in salinized cotton field. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(8), 1310-1326.
- Li, Q., Dong, B., Qiao, Y., Liu, M., & Zhang, J. (2010). Root growth, available soil water, and water-use efficiency of winter wheat under different irrigation regimes applied at different growth stages in North China. *Agricultural Water Management*, 97(10), 1676-1682.
- Li, S. X., Wang, Z. H., Malhi, S. S., Li, S. Q., Gao, Y. J., & Tian, X. H. (2009). Nutrient and water management effects on crop production, and nutrient and water use efficiency in dryland areas of China. *Advances in agronomy*, 102, 223-265.

- Liu, W., Hou, J., Wang, Q., Ding, L., & Luo, Y. (2014). Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria and their effects on phytoremediation of petroleum-contaminated saline-alkali soil. *Chemosphere*, 117, 303-308.
- Mahanta KK, Kansal, M. L., & Mishra, G. C. (2015). Managing salt affected soils: Issues and strategies. *Sky Journal of Soil Science and Environmental Management* Vol. 4(1), pp. 001 - 009.
- Mahmoodabadi, M., Yazdanpanah, N., Sinobas, L. R., Pazira, E., & Neshat, A. (2013). Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (I): Redistribution of soluble cations within the soil profile. *Agricultural water management*, 120, 30-38.
- Mandal, A. K., & Sharma, R. C. (2011). Delineation and characterization of waterlogged salt affected soils in IGNP using remote sensing and GIS. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 39, 39-50.
- Muchate, N. S., Nikalje, G. C., Rajurkar, N. S., Suprasanna, P., & Nikam, T. D. (2016). Physiological responses of the halophyte *Sesuvium portulacastrum* to salt stress and their relevance for saline soil bio-reclamation. *Flora*, 224, 96-105.
- Muhammad, E. S., Ibrahim, M. M., & El-Sayed, A. (2021). Effects of drain depth on crop yields and salinity in subsurface drainage in Nile Delta of Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(2), 1595-1606.
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytologist*, 167(3), 645-663.
- Nijland, H., Croon, F. W., & Ritzema, H. P. (2005). Subsurface drainage practices: guidelines for the implementation, operation and maintenance of subsurface pipe drainage systems (No. 60). ILRI.
- Oorts, K., Vanlauwe, B., & Merckx, R. (2003). Cation exchange capacities of soil organic matter fractions in a Ferric Lixisol with different organic matter inputs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(2-3), 161-171.
- Osman, K. T., & Osman, K. T. (2018). Saline and sodic soils. *Management of Soil Problems*, 255-298.
- Parvaiz, A., & Satyawati, S. (2008). Salt stress and phyto-biochemical responses of plants-a review. *Plant Soil and Environment*, 54(3), 89.
- Patil, M., Dalal, P. H., Salifu, E., Iyer, K. K., & Dave, T. N. (2023). Biostabilization of soils as sustainable pathway for anti-desertification: Present and future perspectives. *Materials Today: Proceedings*.

- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 56, 15-39.
- Prosdocimi, M., Jordán, A., Tarolli, P., Keesstra, S., Novara, A., & Cerdà, A. (2016). The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. *Science of the Total Environment*, 547, 323-330.
- Qiu, G. Y., Wang, L., He, X., Zhang, X., Chen, S., Chen, J., & Yang, Y. (2008). Water use efficiency and evapotranspiration of winter wheat and its response to irrigation regime in the north China plain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(11), 1848-1859.
- Rabhi, M., Hafsi, C., Lakhdar, A., Hajji, S., Barhoumi, Z., Hamrouni, M. H., ... & Smaoui, A. (2009). Evaluation of the capacity of three halophytes to desalinate their rhizosphere as grown on saline soils under nonleaching conditions. *African Journal of Ecology*, 47(4), 463-468.
- Ram, H., Dadhwal, V., Vashist, K. K., & Kaur, H. (2013). Grain yield and water use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) in relation to irrigation levels and rice straw mulching in North West India. *Agricultural Water Management*, 128, 92-101.
- Ravindran, K. C., Venkatesan, K., Balakrishnan, V., Chellappan, K. P., & Balasubramanian, T. (2007). Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(10), 2661-2664.
- Swallow, M. J., & O'Sullivan, G. (2019). Biomimicry of vascular plants as a means of saline soil remediation. *Science of the Total Environment*, 655, 84-91.
- Scudiero, E., Skaggs, T. H., & Corwin, D. L. (2015). Regional-scale soil salinity assessment using Landsat ETM+ canopy reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 169, 335-343.
- Scudiero, E., Corwin, D. L., Anderson, R. G., Yemoto, K., Clary, W., Wang, Z., & Skaggs, T. H. (2017). Remote sensing is a viable tool for mapping soil salinity in agricultural lands. *California Agriculture*, 71(4).
- Sadegh-Zadeh, F., Seh-Bardan, B. J., Samsuri, A. W., Mohammadi, A., Chorom, M., & Yazdani, G. A. (2009). Saline soil reclamation by means of layered mulch. *Arid Land Research and Management*, 23(2), 127-136.
- Sigua, G. C., Novak, J. M., Watts, D. W., Johnson, M. G., & Spokas, K. (2016). Efficacies of designer biochars in improving biomass and nutrient uptake of winter wheat grown in a hard setting subsoil layer. *Chemosphere*, 142, 176-183.
- Singh, A. (2015). Soil salinization and waterlogging: A threat to environment

- and agricultural sustainability. *Ecological Indicators*, 57, 128-130.
- Srivastava, N. (2020). Reclamation of saline and sodic soil through phytoremediation. *Environmental Concerns and Sustainable Development: Volume 2: Biodiversity, Soil and Waste Management*, 279-306.
- Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L., & Hernandez, M. T. (2006). Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1413-1421.
- Tiwari, P., & Goel, A. (2017). An overview of impact of subsurface drainage project studies on salinity management in developing countries. *Applied Water Science*, 7(2), 569-580.
- Wang, C., Liu, W., Li, Q., Ma, D., Lu, H., Feng, W., ... & Guo, T. (2014). Effects of different irrigation and nitrogen regimes on root growth and its correlation with above-ground plant parts in high-yielding wheat under field conditions. *Field Crops Research*, 165, 138-149.
- Weng, H., Wu, M., Li, X., Wu, L., Li, J., Atoba, T. O., ... & Ye, D. (2023). High-throughput phenotyping salt tolerance in JUNCAOs by combining prompt chlorophyll a fluorescence with hyperspectral spectroscopy. *Plant Science*, 330, 111660.
- Wiedenfeld, B. (2011). Sulfur application effects on soil properties in a calcareous soil and on sugarcane growth and yield. *Journal of Plant Nutrition*, 34(7), 1003-1013.
- Yang, H., Griffiths, P. R., & Tate, J. D. (2003). Comparison of partial least squares regression and multi-layer neural networks for quantification of nonlinear systems and application to gas phase Fourier transform infrared spectra. *Analytica Chimica Acta*, 489(2), 125-136.
- Zhou, L., Monreal, C. M., Xu, S., McLaughlin, N. B., Zhang, H., Hao, G., & Liu, J. (2019). Effect of bentonite-humic acid application on the improvement of soil structure and maize yield in a sandy soil of a semi-arid region. *Geoderma*, 338, 269-280.

## BÖLÜM 4

### HALOFİTLER VE TUZA DAYANIKLI BİTKİLER

Doç. Dr. Mustafa OKANT<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

**E-mail:** mokant@harran.edu.tr

Orcid ID: 0000-0002-8159-2444





## 1. Bitkilerin tuza toleransı

Bitkiler arasındaki tuz toleransı, sadece 25 mM NaCl ile ölen türler (örn: nohut, *Cicer arietinum*) (Flowers ve ark., 2010) ile 1 M'ye yaklaşan NaCl konsantrasyonlarında hayatta kalanlar (örn: *Tecticornia* spp.) arasında değişir (English ve Colmer, 2013). Tuzluluk genellikle sodyum ve klorür iyonlarının varlığıyla ilişkilendirilirken, birçok toprak karbonat ve bikarbonat içerir ve tanımı gereği 'tuzlu' yerine 'sodik'tir. İlginç bir şekilde, sodik koşulları tolere eden bitkilerin mutlaka NaCl'ye toleranslı olması gerekmez: örneğin pirinç (*Oryza sativa*), tuzluluğa göre sodalılığa çok daha toleranslıdır (Santos ve ark., 2016). Bitkilerin tuzluluğa tepkileri yalnızca topraktaki ve su kütlelerindeki tuzların bileşimiyle değişmekle kalmaz, aynı zamanda aralıklı veya su baskını veya kalıcı su altında kalma nedeniyle değişen sıcaklık, nem ve oksijen varlığı gibi diğer çevresel faktörlerden de etkilenebilir. Sonuç olarak tuz toleransını karakterize etmek kolay değildir ve literatürde çeşitli tanımlar ortaya çıkmıştır (Huchzermeyer ve Flowers, 2013).

## 2. Kültüre yaygın yapılan tuza dayanıklı bitkiler

Buğday (*Triticum aestivum*) orta derecede tuza toleranslı bir türdür. Tuzluluğun 100 mM NaCl'ye (yaklaşık 10 dS/m) yükseldiği bir tarlada pirinç (*Oryza sativa*) olgunlaşmadan ölür, buğday ise verimde düşüşle karşılaşır. En dayanıklı tahıl olan arpa (*Hordeum vulgare*) bile 250 mM NaCl'den (%50 deniz suyuna eşdeğer) yüksek tuz konsantrasyonlarında uzun süre kaldıktan sonra ölür. Durum buğdayı (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), mısır (*Zea mays*) ve sorgum (*Sorghum bicolor*) türleri ekmeklik buğdaya göre tuza daha az toleranslıdır (Munns ve ark., 2006).

Başlıca tarla bitkilerinin toprak tuzluluğuna (dS/m) eşik toleransı: börülce (*Vigna sinensis*) için 1.3; İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum*) için 1.5; bakla (*Vicia faba*) için 1.6; dane mısır (*Zea mays*) için 1.7; patates (*Solanum tuberosum*) için 1.7; yeşil yemlik mısır (*Zea mays*) için 1.8; yonca (*Medicago sativa*) için 2.0; sudan otu (*Sorghum sudanense*) için 2.8; fiğ (*Vicia sativa*) için 3.0; çeltik (*Oryza sativa*) için 3.0; yerfıstığı (*Arachis hypogaea*) için 3.2; soya (*Glycine max*) için 5.0; buğday (*Triticum aestivum*) için 6.0; yeşil yemlik arpa (*Hordeum vulgare*) için 6.0; sorgum (*Sorghum bicolor*) için 6.8; şeker pancarı (*Beta vulgaris*) için 7.0; pamuk (*Gossypium hirsutum*) için 7.7; dane arpa (*Hordeum vulgare*) için 8.0 dS/m'dir (Pirasteh-Anosheh ve ark., 2016).

Çeşitler arasında büyük farklılıklar olmakla birlikte, pirinç (*Oryza sativa*), 70'e kadar çıkan ESP seviyelerine dayanabildiğinden, sodisiteye dayanıklı bir ürün olarak derecelendirilir. Buğday, tuza orta derecede toleranslı bir ürün olarak derecelendirilse de, tuzluluğa tepki olarak genotipler arasında büyük bir çeşitlilik vardır. Pamuk (*Gossypium hirsutum*) nispeten tuza dayanıklı bir türdür ve 17 dS/m Ece tuzluluk seviyelerinde %50 verim düşüşü gösterir (Munns ve ark., 2006). Şeker pancarı (*Beta vulgaris*) tuza en dayanıklı ürünlerden biridir. Ancak çimlenme, çıkış ve fide aşamasında tuzluluğa toleransı daha azdır. Bu nedenle tuzlu koşullarda yeterli sayıda şeker pancarı bitkisinin bitki standı oluşturmasında zorluklar yaşanabilmektedir. Bu mahsul, sulama suyundaki orta düzeydeki tuzluluğu (4-8 dS/m) tolere edebilir. Tuzlu koşullar altında yeterince gelişen mahsuldeki şeker içeriği, tuzsuz koşullarla karşılaştırıldığında yüksektir. Bu tür, toprak profilinde depolanan suyu kullanabilen derin köklü bir bitkidir (Moreno ve ark., 2001).

### 3. Halofitler

Halofitler dünyadaki toplam floranın yaklaşık %1'ini oluşturur. Hem dikotları hem de monokotları içerirler ve çoğunlukla tropik ve subtropikal kıyıları boyunca kurak, yarı kurak iç kesimlerde ve tuzlu sulak alanlara dağılmışlardır (Kumari ve ark., 2015). Halofitler ayrı bir taksonomik grup değildir. Halofitler çeşitli ağaç, çalı, bitki ve ot türleridir. Çeşitli taksonomik gruplara ayrılırlar ve yaşam formu spektrumları geniş bir çeşitlilik gösterir. Tuza dayanıklı bitkiler dahil edildiğinde halofitlerin sayısı önemli ölçüde artmaktadır (Attia-Ismail, 2018).

Sadece halofitler (tuzlu ortamlara adapte olmuş bitkiler) 250 mM NaCl'nin üzerindeki tuzluluklarda büyümeye devam eder (Munns ve ark., 2006). Halofitlerin çok az türü kültür bitkisi statüsüne ulaşmış olup hiçbiri geniş bir kullanıma sahip değildir. Ancak bazıları tuzlu topraklar için yararlı yem türleridir. Tuz çalıları (*Atriplex* spp.) tuza karşı oldukça toleranslıdır ve yüzeye ulaşan su tablasını azaltabilir ve hayvansal üretim için tuzlu araziye eski haline getirebilir (Barrett-Lennard, 2002). Buğdayın halofitik akrabası olan mavi ayrık (*Thinopyrum ponticum*, syn. *Agropyron elongatum*), tuzlu topraklarda yem amaçlı yetiştirilir. Arpanın, deniz arpa otu (*Hordeum marinum*) gibi uzak halofitik akrabaları tuza daha da toleranslıdır (Garthwaite ve ark., 2005), ancak yem için yararlı değildir (Munns ve ark., 2006).

Halofitik ortamlarda yaygın olarak bulunan birkaç bitki türü ve bunların

tuz tolerans sınırları şunlardır: *Atriplex lentiformis* (500 mM), *Batis maritima* (500 mM), *Salicornia europaea* (500 mM), *Inula crithmoides* (400 mM), *Mesemyanthemum crystallinum* (400 mM), *Aster tripolium* (300 mM), *Plantago coronopus* (250 mM) (Hasanuzzaman ve ark., 2014).

Halofitler, diğer türlerin %99'unu öldüren tuz konsantrasyonlarını tolere edebilen olağanüstü bitkilerdir. Ancak halofitler yüzlerce yıldır bilinmesine rağmen tanımları hala belirsizliğini korumaktadır. Bir tanım, 'doğal ortamda karşılaşılabileceklerle benzer koşullar altında en az 200 mM NaCl tuz konsantrasyonunda yaşam döngüsünü tamamlama' yeteneğine dayanmaktadır. Doğal olarak tuzlu habitatların özelliklerine veya sürgünlerin kimyasal bileşimine ('fizyotipler') veya iyon salgılama yeteneğine (recreto-halofitler) dayalı olan diğer halofit sınıflandırmaları da önerilmiştir (Breckle, 2002).

Fakültatif halofit, tuzlu koşullarda yaşayabilen ancak mümkün ise tuzdan kaçınmayı tercih eden bir bitkidir. Örneğin, tuz konsantrasyonlarının seyreltiği yağmur mevsimi sırasında gelişen bitkiler genellikle tuzu tolere eden fakültatif halofitlerdir, ancak tuzdan özellikle hoşlanmazlar. Zorunlu bir halofitin hayatta kalabilmesi için tuza ihtiyacı vardır. Halofitler farklı bir şekilde gruplanacak olursa hidro-halofitlere ve ksero-halofitlere ayrılabilir. Hidro-halofitler (veya mangrovlar) su koşullarında, kıyı şeridindeki tuzlu bataklık türleri gibi ıslak toprakta yetişir. Ksero-halofitler, toprağın her zaman tuzlu olduğu habitatlarda büyüebilir, ancak bitki için suyun daha az kullanılabilir hale gelmesine neden olacak kadar kuruyabilir (Hamed ve ark., 2014). *Amaranthaceae*, dünya çapında çok sayıda ksero-halofit ve halofit içeren yaklaşık 165 cins ve 2040 farklı tür içeren kapalı tohumlular familyasından olup (Christenhusz ve Byng, 2016), 34 halofitik takson (%22 oranında) *Chenopodiaceae/Amaranthaceae* familyasına aittir (Öztürk ve ark., 2016).

Halofitlerin çevresel ve fiziksel doğası oldukça karmaşıktır. Halofit bitkileri yüksek tuzlu su ve toprakta ve bir dereceye kadar kuraklık sırasında büyüebilir. Bu bitkilerin büyümesi yarı çöl tuzlu sularında, mangrov bataklıklarında, bataklıklarda ve deniz kıyılarında tuzlu suyun bitki kökleriyle temasına bağlıdır. Halofit bitkileri büyümek için toprak suyunda yüksek düzeyde sodyum klorüre ihtiyaç duyar ve toprak suyunun ayrıca sodyum hidroksit veya magnezyum sülfat gibi yüksek düzeyde tuzlar olması gerekir (Abd El-Hack ve ark., 2018).

Halofit bitkileri, sulama suyundaki toplam çözünmüş katı madde miktarı 5 g/L'ye kadar olan tuz içeriğine kadar hayatta kalabilir. Gerçek bir halofitin deniz suyu tuzluluğunda canlı kaldığı ve yaşam döngüsünü tamamladığı kabul edilir (Flowers ve Colmer, 2008). Küresel toprak tuzlanması arttıkça, toprak kalitesinin iyileştirilmesinde tuzlu topraklarda yetişebilen halofitler öncelikli tercih haline gelmektedir. Hatta bazı halofitler deniz suyuyla sulanabilmektedir. Deniz suyundaki tuz konsantrasyonlarını tolere edebilen bitkilere öhalofitler adı verilmektedir (Flowers ve ark., 2010).



***Pulicaria crispa***  
(Fleawort, Jisjas, Sabat)



***Artemisia monosperma***  
(Aader, Selikah)



***Rhanterium epapposum***  
(Arfa)



***Astragalus kahiricus***



***Phragmites australis***  
(Boos, Qassab, Reed)

Şekil 1. Suudi Arabistan'ın orta bölgesinde yetişen bazı halofitler (Mohammed ve ark., 2023)

Halofitler kara bitki türlerinin yalnızca %2'sini oluşturmasına rağmen, yüksek bitki familyalarının neredeyse yarısından tür içerirler. Tuz biriktirme/dışlama yeteneklerine bağlı olarak aşağıdaki bitki türleri ayırt edilir: 1) "tuz biriktiren" (veya öhalofitler), 2) "tuz salan" (veya krinofitler), 3) "tuz geçirgen olmayan" (veya glikol-halofitler) 4) psödo-halofitler (veya miyohalofitler). Ekolojik açıdan halofitler zorunlu, fakültatif ve psödo-halofitler olarak ikiye ayrılır (Grigore ve Toma, 2014). Büyüme karakterleri önemli ölçüde farklıdır. Bu nedenle zorunlu halofitler yalnızca

tuzlu habitatlarda yetişir. Fakültatif halofitler tuzlu topraklarda büyüyebilir, ancak optimal büyümeleri tuzsuz veya az tuzlu topraklarda gözlenir. Ancak belirli tuz konsantrasyonlarını tolere edebilirler. *Poaceae*, *Cyperaceae* ve *Brassicaceae* familyalarının çoğu türünün yanı sıra *Aster tripolium*, *Glaux maritima*, *Plantago maritima* vb. gibi çok sayıda dikotiledon bitkisi bu bitki grubuna aittir. Tuza duyarlı olmayan ancak tuzlanmayla baş edemeyen bitkiler genellikle tuzsuz topraklarda yetişmekte ve tuza duyarlı türlerle rekabet edebilmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2014).

Bitkinin substrat tuzlanmasına duyarlılığına dayalı olarak da bir sınıflandırma yaklaşımı vardır. Bu durumda NaCl konsantrasyon aralığına bağlı olarak bitkiler hassas, orta derecede hassas ve çok toleranslı türlere ayrılmaktadır (Flowers ve ark., 2010). Tuza duyarlı türler için, tuzlanma seviyesinin artmasıyla birlikte büyüme süreçleri yavaşlar veya hatta durur. Buna karşın halofitler için, belirli tuz konsantrasyon aralıklarında büyümelerinin uyarıldığı gözlenir. Tuz duyarlılığına göre ayrılan her bitki grubunun belirli bir tuz tolerans eşiği vardır ve bu durum şu sırayla azalmaktadır: zorunlu, fakültatif, psödo-halofitler ve glikofitler (Hasanuzzaman ve ark., 2014).

Bazı halofit türlerinin (*Suaeda* ve *Salicornia* cinslerinin temsilcileri) optimal büyümesi için önemli bir faktör yalnızca belirli bir tuzluluk seviyesi değil aynı zamanda topraktaki nemin varlığıdır (Baoshan ve ark., 2008). Nemlendirmeye ilgili olarak dört ana bitki grubu tanınır: halohigrofitler, halomesofitler, halomesokserofitler ve halokserofitler. Bunlara ek olarak sukulent ve sukulent olmayan halofit grupları da tanımlanmaktadır (Ogburn ve Edwards, 2010). Sukulentler (örneğin *Salicornia herbacea*) hücre özlerindeki yüksek klorür konsantrasyonuna karşı dayanma yeteneğine sahipken, sukulent olmayan halofitler, tuz bezleri yoluyla fazla tuzu salgırlar; örneğin, *Spartina alterniflora*. Öte yandan, *Suaeda fruticosa*, *Juncus gerardii* vb. gibi tuz biriken halofitlerin, tuzu bitki gövdesinden uzaklaştıracak herhangi bir mekanizması yoktur ve bu nedenle fazla tuzu hücreler arası boşluklarda ve hücre duvarında biriktirerek sonunda yapraklarını dökerler (Hasanuzzaman ve ark., 2014).

Toprak türü, su tablası, adaptif özellikler ve fotosentez moduna göre halofitlerin sınıflandırılması (ve örnekleri) ise şöyledir (Saddhe ve ark., 2020):

1) **Hiperhalofitler**: Solonchak alkali, Solonetz toprağı ve 0.5-1.5 m su tablasında E<sub>C</sub>e 100 dS/m'ye kadar tuzu tolere ederler. Adaptif sukkulens

özelliğine sahiptirler. Örneğin, *Halostachys belangerana*, *Salicornia* sp., *Plantago coronopus*, *Halocnemum strobilaceum*, *Petrosimonia crassifolia*, *Halogeton glomeratus*, *Halocnemis varia*.

2) Hidrohalofitler: Tatlı ve acı suda bulunanları 100.000 ppm veya daha fazla tuzluluğu tolere edebilirler. C3 fotosentez moduna sahiptirler. Örneğin, *Phragmites australis*, *P. communis*, *Arundo* sp., *Typha* sp., *Populus diversifolia*, *Elaeagnus angustifolia*.

3) Öhalofitler: Islak kumlu, tuz düzlüklerinin kenarları, bataklıklar, tuzlu çöllere, 1-2 m su seviyesinde yetişmeye adaptirler. C4 fotosentez moduna sahiptirler. Tuz biriktirme ve dışlama adaptif özelliğine sahiptirler. Örneğin, *Suaeda* sp., *Aeluropus repens*, *Aeluropus littoralis*, *Poa littoralis*, *Dactylis littoralis*, *Kochia scoparia*.

4) Halokserofitler: Gri, alçı içerikli, alkali çayır tuz bataklıkları, kumlu çöl toprağında ve >4 m su seviyesinde yetişmeye adaptirler. Örneğin, *Haloxylon aphyllum*, *Salsola* sp., *Ephedra strobilacea*, *Kochia scoparia*, *Anabasis ferganica*.

5) Halogemimezofitler: Solonetz alkali toprak, göl kıyıları, nehir kıyılarında, 1.5-2.5 m su tablasında yetişmeye adaptirler. Örneğin, *Cynodon dactylon*, *Limonium gmelinii*, *Karelinia caspica*, *Frenkenia* sp., *Zygophyllum fabago*, *Atriplex tatarica*.

6) Halogemipetrofitler: Taşlı tuzlu topraklarda, 1.5-2.5 m su tablasında yetişmeye adaptirler. Örneğin, *Haloxylon ammodendron*, *Salsola arbusculiformis*.

7) Metallohalofitler: Metalle kirlenmiş topraklarda yetişmeye adaptirler. Adaptif birikim özelliğine sahiptir. Örneğin, *Artemisia diffusa*, *Artemisia halophylla*, *Tamarix hispida*.

Aronson (1989), yalnızca gıda, yem, yakacak odun veya toprak stabilizasyonu amacıyla yetiştirilebilecek 117 familyaya ait 550 cins altında 1.560 tür içeren halofitlerin bir listesini derlemiştir. *Chenopodiaceae* alt-familyası 275'i aşkın halofit türüyle en büyüğü olmuştur. Diğer üç büyük familya, *Poaceae* (buğdaygiller), *Fabaceae* (baklagiller) ve *Asteraceae* (kompozitler) olmuştur. Monokotiledon halofitler arasında *Poaceae*, diğer familyalardan daha fazla halofitik cins (45 cins) içermiştir. Onu yaklaşık 83 tür

içeren *Cyperaceae* takip etmiştir.

Çok az tür, (örn. *Salicornia bigelovii*), 70 g/L toplam çözünmüş katı miktarını (1.3 M NaCl) aşan toprak çözeltisinde bile iyi büyüebilir ve tohum verebilir. Şeker pancarı, hurma ağacı ve arpa gibi bazı mahsul bitkileri de 5 g/L toplam çözünmüş katı içeren sulama suyunda yetiştirilebildikleri için halofit olarak kabul edilir. Öte yandan pirinç ve fasulye gibi en hassas ürünler 20-50 mM seviyesinde düşük NaCl'den ciddi şekilde etkilenebilir. *Kosteletzkya virginica* gibi yağlı tohumlu bitkiler; *Salvadora persica*; *Salicornia bigelovii* ve *Batis maritima* (Macone, 2003; Ruan ve ark., 2008; Reddy ve ark., 2008); *Atriplex* spp. gibi yem bitkileri ve *Distichlis palmeri* tarımsal açıdan faydalı halofitlerden bazılarıdır (Masters ve ark., 2007).

Tuza dayanıklı biyoyakıt halofitleri aynı zamanda marjinal tarım arazilerinde de yetiştirilebilir (Qadir ve ark., 2008) ve acı su veya deniz suyuyla sulanabilir (Rozema ve Flowers, 2008). Sürdürülebilir tarım uygulamalarını geliştirmek amacıyla tuzdan etkilenen bölgelerin yeniden bitkilendirilmesi ve iyileştirilmesi için halofitlere de faydalıdır (Peacock ve ark., 2003). Bazı deniz çayırları ve tuzlu bataklık bitkileri, çökeltilerden ağır metalleri çekme yeteneğine sahiptir. Tuza dayanıklı bitkiler aynı zamanda su iletkenliğini, toprağın verimliliğini artırır ve su tablasını düşürür (Barrett-Lennard, 2002). Monokot halofit *Puccinellia tenuiflora*, tuzlu-alkali topraklarda gelişebilir ve besi hayvanları için olağanüstü bir besin değerine sahiptir (Yu ve ark., 2011). Ozmotik ayarlama için inorganik iyonları, prolin, betain ve organik asidi biriktirir (Guo ve ark., 2010). Bununla birlikte, herhangi bir ekonomik ürün halofitinin geliştirilmesinde hayati önem taşıyan gelecekteki bitkilerin belirlenmesi için aday türlerin değerlendirilmesi zorunludur. Halofitlerin potansiyel uygulamaları, tarımsal türlerinin tuz toleransı özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik araştırma ve geliştirmelerine daha fazla önem verilmesini hak etmektedir (Joshi ve ark., 2015).

Halofitler tuzlu koşullar altında büyümeyi ve hayatta kalmayı başarsa da tuzluluğun büyüme üzerindeki etkisi halofitler arasında farklılık gösterir. Hepsi olmasa da çoğu dikotiledon halofit, 50-250 mm NaCl konsantrasyonunda optimal büyüme gösterirken, monokotiledon halofitler genellikle tuz yokluğunda veya düşük NaCl konsantrasyonuyla (50 mm veya daha az) en iyi şekilde büyür. Birim kuru kütle başına su miktarındaki değişiklikler, farklı tuzluluk derecelerinde yetişen halofitlerin taze biyokütlesindeki değişikliklere büyük katkıda bulunabilir. Özellikle sürgünün kuru kütlelerinin neredeyse



yarısının 'kül' olduğu sukulent çift çenekli türlerde büyük iyon birikimi meydana gelebilir (Flowers ve Colmer, 2008).

#### 4. Çok sayıda halofit tür içeren bitki familyaları

"Halophyte Database Version 2.0" (Menzel ve Lieth, 2013)'da yer alan halofitler incelenince, çok sayıda halofit tür içeren bitki familyalarının (ve içerdikleri halofit tür sayısının) şunlar olduğu görülmektedir: **Poaceae** (304 tür); **Compositae** (148 tür); **Fabaceae** (143 tür); **Plumbaginaceae** (119 tür); **Cyperaceae** (86 tür); **Tamaricaceae** (60 tür); **Najadaceae** (59 tür); **Ficoidaceae** (55 tür); **Zygophyllaceae** (41 tür); **Palmae** (38 tür); **Solanaceae** (38); **Rhizophoraceae** (36 tür); **Malvaceae** (32 tür); **Myrtaceae** (31 tür); **Verbenaceae** (30 tür); **Polygonaceae** (27 tür); **Cruciferae** (25 tür); **Euphorbiaceae** (25 tür); **Scrophulariaceae** (24 tür); **Umbelliferae** (24 tür); **Amaranthaceae** (22 tür); **Convolvulaceae** (22 tür); **Frankeniaceae** (22 tür); **Caryophyllaceae** (21 tür); **Portulacaceae** (19 tür); **Plantaginaceae** (18 tür); **Aizoaceae** (17 tür); **Juncaceae** (17 tür); **Boraginaceae** (16 tür); **Asclepiadaceae** (15 tür); **Bignoniaceae** (14 tür); **Apocynaceae** (13 tür); **Goodeniaceae** (13 tür); **Myoporaceae** (13 tür); **Combretaceae** (12 tür); **Lythraceae** (12 tür); **Pandanaceae** (12 tür); **Cactaceae** (11 tür); **Hydrocharitaceae** (11 tür).

#### 5. Bir adet halofit tür içeren bitki familyaları ve içerdikleri türler

Bir adet halofit tür içeren bitki familyaları ve içerdikleri türler şunlardır: **Blechnaceae** (*Stenochlaena palustris*); **Chrysobalanaceae** (*Chrysobalanus icaco*); **Clusiaceae** (*Calophyllum inophyllum*); **Crassulaceae** (*Cotyledon orbiculata*); **Cycadaceae** (*Zamia chigua*); **Elatinaceae** (*Elatine americana*, *Elatine minima*); **Flagellariaceae** (*Flagellaria indica*); **Geraniaceae** (*Pelargonium capitatum*); **Guttiferae** (*Tovomita rhizophoroides*); **Illecebraceae** (*Pollichia campestris*); **Juncaginaceae** (*Triglochin gaspense*); **Labiatae** (*Westringia dampieri*); **Linaceae** (*Linum maritimum*); **Loasaceae** (*Kissenia spathulata*); **Nolanaceae** (*Nolana crassulifolia*); **Nymphaeaceae** (*Nuphar advena*); **Phytolaccaceae** (*Stegnosperma cubense*); **Restionaceae** (*Leptocarpus similis*); **Sapindaceae** (*Allophyllus cobbe*); **Saxifragaceae** (*Brexia madagascariensis*); **Ulmaceae** (*Ulmus pumila*); **Ternstroemiaceae** (*Pelliciera rhizophoreae*); **Vitaceae** (*Cissus vinifera*); **Zosteraceae** (*Heterozostera tasmanica*).

## 6. İki adet halofit tür içeren bitki familyaları ve içerdikleri türler

İki adet halofit tür içeren bitki familyaları ve içerdikleri türler şunlardır: **Alismataceae** (*Lophotocarpus calycinus*, *Sagittaria calycina*); **Balanophoraceae** (*Cynomorium coccineum*, *Cynomorium songaricum*); **Calyceraceae** (*Acicarpha crassifolia*, *Calycera crassifolia*); **Dilleniaceae** (*Candollea cuneiformis*, *Hibbertia cuneiformis*); **Epacridaceae** (*Leucopogon parviflorus*, *Leucopogon richiei*); **Ephedraceae** (*Ephedra foliata*, *Ephedra przewalskii*); **Gnetaceae** (*Ephedra ochreatea*, *Ephedra peduncularis*); **Lauraceae** (*Cassytha filiformis*, *Litsea sebifera*); **Loganiaceae** (*Anthocleista madagascariensis*, *Fagraea crenulata*); **Melastomataceae** (*Ochthocharis bornensis*, *Ochthocharis javanica*); **Moraceae** (*Dorstenia foetida*, *Dorstenia gypsophila*); **Myristicaceae** (*Myristica hollrungii*, *Myristica irya*); **Orobanchaceae** (*Cistanche lutea*, *Cistanche tubulosa*); **Pontederiaceae** (*Monochoria hastaeifolia*, *Monochoria hastata*); **Salicaceae** (*Populus euphratica*, *Populus pruinoso*); **Simaroubaceae** (*Picramnia pentandra*, *Suriana maritima*); **Thymelaeaceae** (*Pimelea clavata*, *Pimelea ferruginea*); **Zannichelliaceae** (*Thalassodendron ciliatum*, *Thalassodendron pachyrhizum*).

## 7. Üç ile on adet arası sayıda halofit tür içeren bitki familyaları

**Casuarinaceae** (10 tür); **Liliaceae** (10 tür); **Potamogetonaceae** (10 tür); **Celastraceae** (9 tür); **Ranunculaceae** (9 tür); **Rutaceae** (9 tür); **Tiliaceae** (7 tür); **Typhaceae** (7 tür); **Primulaceae** (7 tür); **Rubiaceae** (7 tür); **Gentianaceae** (7 tür); **Meliaceae** (7 tür); **Cucurbitaceae** (6 tür); **Anacardiaceae** (6 tür); **Myrsinaceae** (6 tür); **Nyctaginaceae** (6 tür); **Rhamnaceae** (6 tür); **Rosaceae** (6 tür); **Sterculiaceae** (6 tür); **Salvadoraceae** (5 tür); **Amaryllidaceae** (5 tür); **Bixaceae** (4 tür); **Capparaceae** (4 tür); **Iridaceae** (4 tür); **Piperaceae** (4 tür); **Resedaceae** (4 tür); **Sapotaceae** (4 tür); **Urticaceae** (4 tür); **Acanthaceae** (3 tür); **Annonaceae** (3 tür); **Bromeliaceae** (3 tür); **Coniferae** (3 tür); **Ebenaceae** (3 tür); **Elaeagnaceae** (3 tür); **Onagraceae** (3 tür).

## 8. Halofitlerin bölgesel yayılım durumu

Halofitlerin en bilinen familyaları Arap bölgelerinde bulunur ve *Cyperaceae*, *Compositae*, *Chenopodiaceae*, *Gramineae*, *Aizoaceae*, *Avicenniaceae*, *Caryophyllaceae*, *Convolvulaceae*, *Frankeniaceae*, *Juncaceae*, *Cynomoriaceae*, *Leguminosae*, *Tamaricaceae*, *Typhaceae*, *Nitrariaceae*, *Plantaginaceae*, *Plumbaginaceae*, *Rhizophoraceae*, *Salvadoraceae* ve

*Zygophyllaceae* familyalarından türler barındırır (Abd El-Hack ve ark., 2018).

Sabkhat ("Sabka" düz tuz anlamına gelen Arapça kökenli bir kelime), Suudi Arabistan'ın Doğu Eyaleti'nin yanı sıra Kuveyt, Bahreyn, Katar ve Birleşik Arap Emirlikleri'nde de çok tipik bir jeomorfolojik özelliktir. Sabkhat'ın kendisi aşırı tuzluluk nedeniyle herhangi bir bitki örtüsünden yoksundur. Ancak Sabkha kenarlarına yakın yerlerde tuzluluk ve toprak nemi tarafından kontrol edilen çok farklı bir halofitik bitki örtüsü serisi vardır. Kıyılardaki sabkha kenarlarında bulunan karakteristik bitki örtüsü türleri şunlardır: *Halocnemum-Ghuspan*, *Halopeplis-Zygophyllum*, *Zygophyllum* ve *Zygophyllum-Cyperus*. İç sabkha kenarlarında, biraz farklı hidrolojik ve iklimsel özellikler, farklı bitki örtüsü bölgelerine yol açar: *Aeluropus lagopoides*, 1-3 farklı *Zygophyllum qatarense* türü, *Panicum turgidum* ve tipik iç bitki örtüsü. Hem iç hem de kıyı sabkhat'ında meydana gelen çok farklı bir bitki örtüsü türü *Phoenix dactylifera* / *Tamarix* sp. tipidir. Bu alanlar, rekreasyon arayan insanlar tarafından oldukça değerlidir, çünkü normalde olağanüstü olmayan manzarada gölge ve yeşillik sağlarlar. Genellikle Sabkha kenarları boyunca çevre koşullarının *Phoenix/Tamarix* topluluklarını destekleyebileceği çok daha fazla yer vardır (Barth, 2006).

Asya'daki Aral Gölü artık mevcut değildir. Sadece Küçük Aral Gölü'nün su seviyesi artık sabit durumdadır. Bir zamanlar dünyanın dördüncü büyük gölü olan eski Aral Gölü neredeyse kurudur ve kurumuş deniz tabanı "Aralkum" adı verilen yeni bir çöldür. Tuzla zenginleştirilmiş toz ve kum fırtınalarının kaynağı durumdadır. Bunlar, tüm bölgedeki köylerin ve tarım sistemlerinin büyük bir kısmını, ayrıca halkın geçimini ve sağlığını etkilemektedir. Bu yeni çöl yaklaşık 50 yıl içinde gelişmiştir. İnsan faaliyetlerinden kaynaklandığından dolayı yapay bir çöldür. Ancak süregelen tüm süreçler doğa kanunlarını takip eder ve bilim için çok ilginçtir. Bölge, insanlık için en büyük ekolojik felaketlerden biri olarak da adlandırılabilir. Bölgenin yaklaşık %70'i tuz çölüdür; dolayısıyla burada halofitler önemli bir rol oynamaktadır. Floranın dörtte biri *Chenopodiaceae* alt-familiyasına ait türlerdir (Breckle, 2012).

ABD'de Nevada ve Utah'ın bir kısmı olan bölgedeki nehirler okyanusa akamaz, bunun yerine dağ sıraları arasındaki sık göllere akar. Bu su zamanla buharlaşarak tuzlu toprak ve tuzlu gölleri oluşturmuştur. Kalıcı tuzlu göllerden bazıları Utah'taki Büyük Tuz Gölü ve Nevada'daki Piramit Gölü'dür. 'Büyük Havza' terimi, nehirlerin denize boşaltmadığı alanı ifade eder. Büyük Havza bölgesi ABD'nin en büyük çölüdür ve 190.000 mil karelik bir alanı

kaplamaktadır. Batı sınırı Sierra Nevada Sıradağları, doğu sınırı ise Rocky Dağları'dır. Kuzey sınırı Columbia Platosu, güney sınırı ise Mojave ve Sonoran çölleri'dir. Büyük Havza bölgesinde aralarında geniş tuzlu toprak vadilerinin bulunduğu çok sayıda dağ sırası bulunmaktadır. Büyük Havza, daha kuzeydeki enleminin yanı sıra daha yüksek rakımı (normalde 1312 m'den 2132 m'ye) nedeniyle serin veya soğuk bir çöl olarak kabul edilir. Vadi tabanlarında yıllık yağış miktarı 17 ila 30 cm civarındadır. Vadi tabanlarından dağların tepelerine kadar dikey bir bitki örtüsü bölgesi bulunmaktadır. Üç çalı-bozkır bölgesi vardır (a) Tuz-çöl çalılığı, (b) Sagebrush yarı çölü, (c) Sagebrush bozkırı. Tuzlu çöl çalılık bölgesinde çoğunlukla halofitlerden oluşan çok yıllık bitkiler hakimdir. Tipik olarak toprak yüzeyinde serbest NaCl bulunan en yüksek tuzlu koşullarda (121 mmho/cm), bulunan türler normalde *Allenrolfea occidentalis*, *Salicornia utahensis*, *Salicornia rubra*, *Distichlis spicata* ve bazı *Atriplex gardneri*'dir. Toprak tuzluluğunun düşük olduğu durumlarda (96 mmho/cm) *Atriplex gardneri*, *Sarcobatus vermiculatus*, *Atriplex falcata*, *Kochia americana* ve *Suaeda torreyana* yaygın olarak bulunur. Daha yüksek rakımlarda topraklar iyi şekillenmiştir ancak bazı durumlarda hala yüksek seviyede Na<sup>+</sup> içermektedir. Bu koşullar altında en göze çarpan çalı türü *Atriplex confertifolia*'dır. İlişkili çok yıllık türler arasında *Ceratoides lanata*, *Kochia americana*, *Artemisia spinescens* ve çeşitli *Atriplex* türleri bulunur. Tuz gradyanında *Sporobolus airoides*, *Elymus elymoides* ve *Elymus cinereus* gibi çok yıllık otlar bulunur. Toprak tuzluluğunun en düşük seviyelerinde çeşitli *Atriplex* ve *Ceratoides* türleri gelişir. Yarı çöl adaçayı bölgesi ve adaçayı bozkırına *Artemisia tridentata* hakimdir. Büyük Havza'da çok yıllık bitkiler baskındır ve yerli tek yıllık bitkiler son derece azdır. Ancak egzotik tekyıllık türler yaygındır ve Büyük Havza'daki tekyıllık türlerin çoğunluğunu oluşturur. En yaygın olanlardan bazıları *Bromus tectorum*, *Descurainia pinnata*, *Halogeton glomeratus*, *Lepidium perfoliatum*, *Malcomia africana* ve *Salsola pestifer*'dir (Weber ve Hanks, 2006).

Tuz otu (*Distichlis spicata*) yabancı popülasyonları Kanada, ABD ve Meksika'nın tuzlu ve acı kıyı bataklıklarında bulunur. Tuz otu Meksika'nın kuzeybatı eyaletleri için önemlidir, çünkü kuru ve tuzlu habitatlarda yetişir ve yaprakları çoğunlukla diğer otların hayvancılık ve yaban hayatı için mevcut olmadığı dönemlerde üretilir (Escobar-Hernandez ve ark., 2006).

Brezilya'da 8000 km'den fazla kıyı şeridi ve 1.085.187 km<sup>2</sup>'lik kuraklıktan etkilenen alanlar bulunmaktadır. Burada doğal süreçler ve arazi

kullanımı değişiklikleri geniş tuz düzlüklerinden kaynaklanmaktadır. Brezilya kıyı tuz düzlükleri, mangrov ormanlarının veya tuz bataklıklarının ve kuru yüksek arazi alanlarının geçiş bölgeleri olarak bulunur ve yarı kurak veya mevsimsel olarak kuru kıyılarda, bahar gelgitlerinin ortalama seviyesinin üzerinde bulunurlar. Tuz düzlüklerinin dağılımları düzensizdir ve çalışılan gelgit arası alanların %1-24.4'ünü kaplar. Kumlu toprakları deniz suyu değerlerine yakın tuz içeriği gösterir. Baskın bitkiler, Güney Amerika'nın tropikal bölgelerinde daha sık bulunan yaygın türlerdir. Halofitik otlar ve otlar mangrovların orta kıyısız ve aşırı tuzlu boşluklarını kaplarken, mevsimsel yüzeysel tatlı su drenajları toprak tuzluluğunu hafiflettiğinde sazlarla karışık meşcereler ortaya çıkar. Halofit kullanımına ilişkin çok az sayıda kayıt bulunmasına rağmen, gelgit arası yengeçler nehir ağzındaki besin ağı için önemlidir ve yerli halklar ve balıkçılar tarafından insan tüketimi için kullanılmaktadır. Tuz tavaları ve karides yetiştiriciliği, tuz düzlük alanlarında meydana gelen en yaygın antropojenik faaliyetlerdir. Brezilya'nın kuzeydoğu bölgesinin yıllık yağış miktarının düşük olduğu (500-800 mm) iç kesimlerdeki tuz düzlükleri yaygındır. Sodyum karakterli taşlı topraklar tuz düzlüklerinin doğal oluşumunu teşvik eder. Düşük yağış, yüksek su açığı ve dikkatsiz sulama yönetimi bu topraklarda çok hızlı bir şekilde ikincil tuzlanmaya neden olabilir. Doğal ve yapay tuz düzlüklerinin yüzey toprağının doymuş ekstraktı, kuraklık mevsimi boyunca ortalama 8-40 dS/m CE değerlerine sahip olabilir. İç kısımdaki tuz düzlüklerinin baskın örtüsü, Kuzeydoğu Brezilya'da evcil hayvanlar için yem ve yem olarak getirilen birkaç yerli halofitik bitki ve egzotik çalı ve otları içerir. Yerli *Malvaceae* türleri yaygındır ve aynı zamanda hayvan yemi olarak da kullanılır. Geleneksel olarak grip, idrar-böbrek sorunları ve ülser tedavisinde kullanılan birçok bitki, antiinflamatuvar ve antioksidan özellikler de göstermektedir. Kıyıda *Sarcocornia ambigua* ve iç kısımda *Atriplex nummularia*, entegre multitrofik su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde ve ikincil tuzlamadan kaynaklanan tuz düzlüklerinde, fitoekstraksiyon teknikleri olarak, topraktan tuzun ve tuzlu atık sudan atık besin maddelerinin uzaklaştırılması amacıyla yetiştirilen halofitlerdir (Costa ve Herrera, 2016).

Tuzlu karasal alanlar Arjantin kıtasal topraklarının %3.3'ünü (92.600 km<sup>2</sup>) temsil etmektedir. Bu bölgelerde edafik veya azonal gibi halofitik bitki örtüsü, ekolojik bölgenin iklimine değil, tuzlu veya alkali topraklarla ilişkisine bağlı olarak bulunur. Arjantin'in çeşitli tuzlu habitatlarında 291 cins ve 64 damarlı bitki familyasına ait toplam 673 halofitik takson kaydedilmiş olup

bunların %23'ü endemiktir. Halofitik flora Arjantin'in toplam damarlı bitki florasının %6.5'ini temsil etmektedir. Çeşitlilik, hidrohalomorfik süreçlerden daha az etkilenen jeosistemlerden, fiziksel olarak taşkın-tuzlanma süreçlerinin maksimum düzeyde ifade edildiği jeosistemlere doğru bir azalma eğilimi göstermektedir. Derinlikteki zamansal dalgalanmalar, elektriksel iletkenlik ve yeraltı suyunun iyonik bileşimi, ülkenin tuzlu bitki örtüsünün bileşimsel değişimini belirleyen ana çevresel faktörlerdir. Neredeyse tüm halofitler çiçekli bitkilerdir, yalnızca %0.3'ü eğrelti otlarına karşılık gelir. Dikotlar toplamın %67'sini (48 familyadan 453 takson) oluştururken, geri kalanı Monokotların 216 taksonu (14 familya) ve sadece iki Gymnosperm türünden oluşur. En fazla cins sayısına sahip familya şu şekildedir: *Asteraceae* (53), bunu *Poaceae* (50), *Fabaceae* (21), *Amaranthaceae* (13), *Solanaceae* ve *Cactaceae* (11) ve *Verbenaceae* (10) takip etmektedir. En çok temsil edilen cinsler *Atriplex* (19), *Lycium* (18), *Senecio* (16), *Chloris* (12), *Baccharis* (12), *Deyeuxia* ve *Hordeum* (11), *Heliotropium*'dır (10). Yaşam formu spektrumlarına bakıldığında, Hemikriptofitler baskın yaşam formudur ve kaydedilen tüm türlerin %53'ünü oluşturur, bunu *Chamaephytes* (%21.8), *Therophytes* (%10.1), *Fanerophytes* (%7.1), *Geophytes* (%5.8) ve diğerleri takip eder. Şaşırtıcı bir şekilde Arjantin'de yetişen halofitik taksonların sayısı çok yüksektir ve dünya için belirtilen toplam sayının yaklaşık %22'sini temsil etmektedir (Cantero ve ark., 2016).

Avustralya dünyanın en kurak kıtasıdır. Kurak ve yarı kurak koşullar ~5 milyon km<sup>2</sup> veya alanının 2/3'ünü kaplamaktadır. Bu koşullar, Koppen iklim sınıflandırmasındaki “çöl” ve “otlak” sınıflarına karşılık gelir. Dokuz ana bitki örtüsü oluşumu Avustralya'nın çöl ve otlak iklim sınıflarını kapsar: (i) spinifex'in (*Triodia* spp.) hakim olduğu tümsek otlaklar; (ii) Mitchell çimlerinin (*Astrelba* spp.) hakim olduğu otlaklar; (iii) Akasya ormanları ve çalılıklar; (iv) mallee okaliptüs ormanları; (v) casuarina ormanları ve ormanlık alanlar; (vi) *Proteaceae*'nin hakim olduğu fundalıklar ve diğer bitki toplulukları; (vii) kenopod ve samphire çalılıkları; (viii) diğer otlaklar, otlaklar, sazlıklar ve sazlık alanlar; ve (ix) MacLeod Gölü çevresindeki bodur *Avicennia marina* topluluklarıyla birlikte mangrovlar. *Proteaceae*, Casuarina ormanları ve ormanlık alanların hâkim olduğu bitki toplulukları, muhtemelen tuzluluk ve alkaliteden ziyade kumlu, kuvars bakımından zengin topraktaki çok düşük fosfor konsantrasyonlarına ve kuraklığa daha fazla uyum sağlar (Bui, 2019).

Tuza dayanıklı türler, çok çeşitli botanik familyalara dağılmış, çeşitli

ekolojik habitatlarda karşılaşılan çok yıllık ve yıllık bitkileri içerir. Akdeniz bölgesinde *Amaranthaceae* türleri baskın olup bunu *Poaceae*, *Compositae*, *Caryophyllaceae*, *Leguminosae*, *Zygophyllaceae*, *Aizoaceae*, *Frankeniaceae*, *Tamaricaceae*, *Cyperaceae*, *Plantaginaceae* takip etmektedir (El Shaer ve Attia-Ismael, 2015).

Mevcut verilere göre en fazla halofit Türkiye'de (yaklaşık 600 takson); Pakistan'da (yaklaşık 360 takson); İran'da (yaklaşık 350 takson), Afganistan, Suudi Arabistan, Umman ve Yemen'de (yaklaşık 120 takson) bulunmaktadır. Güneybatı Asya'daki halofitler, dünya için kaydedilen halofit taksonlarının (ve familyalarının) yaklaşık yarısını oluşturur (Ghazanfar ve ark., 2014).

Afrika'daki hayvancılık, özellikle yılın kurak dönemlerinde kronik bir yem sıkıntısı çekmektedir. Birçok Afrika ülkesi hayvan yemi ihtiyaçlarının büyük bir kısmını ithal etmektedir. Halofitler yüksek oranda tuzlu topraklarda ve bir dereceye kadar kuraklık koşullarında yetişen dikkat çekici bitkiler olduklarından bu bitkilerin bu bölgeler için (i) fizyolojik mekanizmaların ve tuz toleransının genetik temellerinin aydınlatılması; (ii) fitoremediasyon, tuzdan arındırma, biyoenerji üretimi ve glikofitlerle bağlantılı kültür; ve (iii) hayvanları yem bitkisi olarak besleme çalışmaları önemlidir. *Chenopodiaceae* gibi bazı halofitler istenmeyen bileşikler içerir. Bu dezavantajın üstesinden gelmek için halofitler hayvanlara takviye olarak sunulabilir veya diğer glikofitlerle, özellikle baklagillerle kombinasyon halinde yetiştirilebilir (Badri ve Ludidi, 2020).

Avrupa'da iki ana tür halofitik habitat bulunmaktadır: farklı halofitik bitki topluluklarının bulunduğu iç kesimler (kıtasal) ve kıyıları (deniz). İç kısımdaki halofitik bitki örtüsü iki ana sınıfa ayrılır: *Thero-Salicornietea*: aşırı tuz bakımından zengin toprakların yıllık sulu bitki örtüsü ve *Festuco-Puccinellietea*: tuzlu bozkır otlakları. Kıyı halofitik bitki örtüsü beş sınıfla temsil edilir: *Saginetea maritimae*: geçici bitki örtüsü; *Crithmo-Staticetea*: tuz püskürtülmüş kıyı kayalıklarının bitki örtüsü; *Cakiletea maritimae*: kumlu ve çakıllı plajların öncü bitki örtüsü; *Ammophiletea*: hareketli kıyı kumullarındaki uzun otlu bitki örtüsü; *Helichryso-Crucianelletea maritimae*: stabilize kum tepeleri üzerindeki çüce çalı ve otlak bitki örtüsü. Başlıca tehditlerin çiftçilik ve ıslahın yanı sıra geleneksel yönetimin (otlatma ve biçme) terk edilmesi, ötrofikasyon ve kabalaşma olduğu düşünülmektedir. Kıtasal ve denizdeki halofitik bitki örtüsünün çeşitli türleri Habitat Direktifi Ek I'de (Annex I of the Habitats Directive) listelenmiştir ve "tuzlu habitatlar Natura 2000 ağı"nın bir

parçasıdır (Council Directive 92/43/EoEC 1992) (Stevanovic ve ark., 2019).

### 9. Türlerin koşullara karşı gösterdiği fenotipik esneklik

Fenotipik esneklik, bir organizmanın çevreden gelen uyarılara veya girdilere yanıt olarak değişme yeteneğidir. Eş anlamlılar fenotipik yanıt verme, esneklik ve durum duyarlılığıdır. Tepki adaptif olabilir veya olmayabilir ve herhangi bir organizasyon düzeyinde morfolojide, fizyolojik durumda veya davranışta veya bunların bir kombinasyonunda bir değişiklik içerebilir; fenotip, bir organizmanın genleri dışındaki tüm özellikleridir (West-Eberhard, 2008). Fenotipik esneklik, organizmaların öngörülemeyen çevresel stres karşısında hayatta kalmasını sağlar. Fenotipik esneklik kavramıyla yakından ilişkili olan, fenotipik esnekliği çevresel değişimlere genotipe özgü bir yanıt bağlamına yerleştiren reaksiyon normu kavramıdır (Gonzalez ve ark., 2020). Fenotipik esnekliğin ekoloji açısından da önemli sonuçları vardır ve bu da ek evrimsel sonuçlara yol açar. Ancak bunun tersi de doğrudur: Bir organizmanın ekolojik etkileşimleri ve dolayısıyla deneyimlediği seçici rejimler, onun gelişimsel tepkilerinden etkilenebilir. Örneğin, birçok türün bireyleri, fenotipik esneklik yoluyla kaynak kullanım özelliklerini isteğe bağlı olarak değiştirerek, türler arası rekabete uyarlabilir bir şekilde yanıt verir (Pfennig ve Pfennig, 2012).

Fenotipik esneklik, belirli bir genotipin farklı ekolojik ortamlarda farklı fenotipleri ifade ettiği durumu ifade eder. En temel düzeyde kavram, ortamlar arasındaki özellik ortalamalarındaki herhangi bir farklılığa uygulanır. Örneğin bitkiler adapte oldukları habitatın dışındaki habitatlarda bodur büyüme gösterebilir. Bununla birlikte, farklı habitatlarda özellik ifadesi doğal seçim tarafından şekillendirildiğinde fenotipik esneklik, organizmaları heterojen ortamlara adapte eden ve tür etkileşimlerinin ayrılmaz bir parçasını oluşturan ekolojik bir stratejiyi temsil eder. Bu tür uyarlabilir esneklik, davranış, fizyoloji veya yaşam öyküsünde tekrarlanan ontogenetik ayarlamalardan, böceklerdeki tam kanatlı ve uçamayan formlar, bitkilerin gölgeden kaçınan büyüme formu gibi farklı, geri döndürülemez morfolojilerin (polifenizm) ifadesine kadar değişebilir (Nurnberger, 2013).

Karasal halofitler, 'doğal ortamda karşılaşılabilecek koşullara benzer koşullar altında yaşam döngülerini en az 200 mM NaCl tuz konsantrasyonunda tamamlayan bitkiler' olarak tanımlanabilir (Flowers ve Colmer, 2008). Karasal halofitlerin işgal ettiği habitatların çoğu yalnızca tuzlu olmakla kalmayıp aynı zamanda su baskınlarına da yatkındır (örneğin kıyıdaki mangrovlar ve kıyıdaki



ve iç kısımlardaki tuzlu bataklıklar), diğerleri (örneğin tuzlu çöller) nadiren sular altında kalır. Su baskını tipik olarak toprağın anaerobik olmasına neden olur (Colmer ve Flowers, 2008).

## 10. Büyüme ve ozmotik ayarlama

Çift çenekli halofitler için 200-360 mm NaCl aralığında, kuru kütle bazında 6 ila 160 mg/g/gün arasında ve tek çenekli halofitler için 15 ila 26 mg/g/gün arasında bağıl büyüme oranları mevcuttur (Harrouni ve ark., 2003; Debez ve ark., 2006). Kuraklıkta hayatta kalabilen ve çok düşük büyüme oranlarına sahip olan ve bu nedenle ürün olarak uygun olmayan kserofitlerin durumunun aksine, halofitler tuzlu koşullarda hızla büyüyebilir (Flowers ve Colmer, 2008).

Tuz dışlayan halofit türlerinin kök sistemi ultrafiltrasyon mekanizmasına sahiptir ve bu özellik bu türlerin mangrov bitki örtüsünün baskın bileşeni olarak yerleşmesine yol açmaktadır. Örnekler arasında *Rhizophora mucronata*, *Ceriops candolleana*, *Bruguiera gymnorrhiza* ve *Kandelia candel* sayılabilir. Tuz salgılayan halofit türleri, yaprak bezleri aracılığıyla iç tuz seviyelerini düzenler. Örnekler arasında *Avicennia officinalis*, *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Aegiceros corniculatum* ve *Acanthus ilicifolius* sayılabilir. Tuz biriktiren halofit türleri, hücrelerinde ve dokularında yüksek konsantrasyonlarda tuz biriktirir ve sukkulentlik geliştirerek tuz toksisitesinin üstesinden gelir. Örnekler arasında *Sonneratia apetala*, *Sonneratia acida*, *Sonneratia alba*, *Limnizera racemosa*, *Excoecaria agallocha*, *Salvadora persica*, *Sesuvium portulacastrum*, *Suaeda nudiflora* ve *Pentatropis sianshoides* sayılabilir (Hasanuzzaman ve ark., 2014).



**Şekil 2.** Bazı halofitler: a) *Mesembryanthemum crystallinum*, b) *Suaeda australis*, c) *Chenopodium album*, d) *Salsola vermiculata*, e) *Sarcocornia quinqueflora*, f) *Portulaca oleracea* (Hasanuzzaman ve ark., 2014).

Tuza toleranslı bitkilerin büyüme ortamında yaşam döngülerini yüksek tuz konsantrasyonlarında gerçekleştirebilmeleri büyük ölçüde yapısal özellikleri sayesinde gerçekleşmektedir. Organlar ve dokular düzeyinde bu, sululuk, yaprak tüylenmesi, boyutlarının küçülmesi, çok katmanlı epidermis, kalın kütikül ve özel bezlerin, trikomların vb. varlığıdır. Etili şekil birçok halofit için tipiktir ve ekolojik değeri bitki organizmasındaki nem stoğu ve tuzların seyreltilmesi (Ogburn ve Edwards, 2010).

### **11. *Chenopodiaceae* alt-familiyasında (*Amaranthaceae* familyası) öne çıkan halofit cinsler**

*Atriplex* spp. (146 tür); *Salsola* spp. (61 tür); *Suaeda* spp. (57 tür); *Salicornia* spp. (32 tür); *Kochia* spp. (27 tür); *Halosarcia* spp. (23 tür); *Maireana* spp. (19 tür); *Anabasis* spp. (18 tür); *Arthrocnemum* spp. (15 tür); *Chenopodium* spp. (15 tür); *Bassia* spp. (14 tür); *Sarcocornia* spp. (12 tür); *Sclerolaena* spp. (8 tür); *Halocharis* spp. (7 tür); *Haloxylon* spp. (7 tür); *Chenolea* spp. (6 tür); *Kalidium* spp. (6 tür); *Petrosimonia* spp. (6 tür).

### **12. *Poaceae* familyasında öne çıkan halofit cinsler**

*Poaceae* familyasından halofit olarak tanımlanmış tür sayısı 304 adettir.

*Poaceae* familyasından en çok halofit tür içeren cinsler şunlardır: *Sporobolus* spp. (25 tür); *Puccinellia* spp. (20 tür); *Hordeum* spp. (16 tür); *Spartina* spp. (14 tür); *Agropyron* spp. (11 tür); *Eragrostis* spp. (9 tür); *Chloris* spp. (8 tür); *Panicum* spp. (8 tür); *Festuca* spp. (6 tür).

### **13. *Compositae* familyasında öne çıkan halofit cinsler**

*Compositae* familyasından halofit olarak tanımlanmış tür sayısı 148'dir. *Compositae* familyasından en çok halofit tür içeren cinsler şunlardır: *Artemisia* spp. (16 tür); *Aster* spp. (7 tür); *Saussurea* spp. (7 tür); *Flaveria* spp. (6 tür).

### **14. *Fabaceae* familyasında öne çıkan halofit cinsler**

*Fabaceae* familyasından halofit olarak tanımlanmış tür sayısı 143'dür. *Fabaceae* familyasından en çok halofit tür içeren cinsler şunlardır: *Prosopis* spp. (16 tür); *Acacia* spp. (9 tür); *Lotus* spp. (9 tür); *Glycyrrhiza* spp. (7 tür); *Medicago* spp. (6 tür); *Trifolium* spp. (6 tür).

### **15. *Plumbaginaceae* familyasında öne çıkan halofit cinsler**

*Plumbaginaceae* familyasından halofit olarak tanımlanmış tür sayısı 119'dur. *Plumbaginaceae* familyasından en çok halofit tür içeren cinsler şunlardır: *Limonium* spp. (60 tür); *Statice* spp. (48 tür).

### **16. *Cyperaceae* familyasında öne çıkan halofit cinsler**

*Cyperaceae* familyasından halofit olarak tanımlanmış tür sayısı 86'dır. *Cyperaceae* familyasından en çok halofit tür içeren cinsler şunlardır: *Carex* spp. (23 tür); *Scirpus* spp. (22 tür); *Cyperus* spp. (14 tür); *Fimbristylis* spp. (8 tür); *Eleocharis* spp. (7 tür).

### **17. *Tamaricaceae* familyasında öne çıkan halofit cinsler**

*Tamaricaceae* familyasından halofit olarak tanımlanmış tür sayısı 60'dır. *Tamaricaceae* familyasından en çok halofit tür içeren cinsler şunlardır: *Tamarix* spp. (48 tür); *Reaumuria* spp. (11 tür).

### **18. *Najadaceae* familyasında öne çıkan halofit cinsler**

*Najadaceae* familyasından halofit olarak tanımlanmış tür sayısı 59'dur. *Najadaceae* familyasından en çok halofit tür içeren cinsler şunlardır: *Zostera* spp. (13 tür); *Cymodocea* spp. (9 tür); *Halodule* spp. (7 tür); *Triglochin* spp. (7 tür).

tür).

### 19. Diğer familyalarda öne çıkan halofit cinsler

Diğer familyalarda öne çıkan halofit cinsler ve bu cinslerdeki tür sayıları şöyledir:

•**Ficoidaceae** familyasından *Mesembryanthemum* spp. (16 tür);  
*Tetragonia* spp. (9 tür).

•**Boraginaceae** familyasından *Heliotropium* spp. (8 tür).

•**Caryophyllaceae** familyasından *Spergularia* spp. (10 tür).

•**Casuarina** familyasından *Casuarina* spp. (10 tür).

•**Convolvulaceae** familyasından *Ipomoea* spp. (11 tür).

•**Cruciferae** familyasından *Lepidium* spp. (11 tür).

•**Euphorbiaceae** familyasından *Euphorbia* spp. (9 tür).

•**Frankeniaceae** familyasından *Frankenia* spp. (19 tür).

•**Goodeniaceae** familyasından *Scaevola* spp. (11 tür).

•**Juncaceae** familyasından *Juncus* spp. (16 tür).

•**Myoporaceae** familyasından *Eremophila* spp. (9 tür).

•**Myrtaceae** familyasından *Eucalyptus* spp. (12 tür); *Melaleuca* spp. (11 tür).

•**Pandanaceae** familyasından *Pandanus* spp. (12 tür).

•**Plantaginaceae** familyasından *Plantago* spp. (18 tür).

•**Polygonaceae** familyasından *Polygonum* spp. (12 tür)

•**Portulacaceae** familyasından *Portulaca* spp. (9 tür).

•**Rhizophoraceae** familyasından *Bruguiera* spp. (10 tür),  
*Rhizophora* spp. (12 tür).

- Solanaceae* familyasından *Lycium* spp. (23 tür).
- Typhaceae* familyasından *Typha* spp. (7 tür).
- Verbenaceae* familyasından *Avicennia* spp. (11 tür)
- Zygophyllaceae* familyasından *Zygophyllum* spp. (24 tür).

## 20. Mahsul olarak halofitler

Doğal olarak tuza toleranslı türler artık tarımda, özellikle de yem, şifalı bitkiler, aromatik bitkiler ve ormancılık amacıyla teşvik edilmektedir (Marcar ve Crawford, 2004). Barrett-Lennard (2002), Avustralya'da tarıma değer katan ürünler (veya hizmetler) üretebilen, tuza dayanıklı 26 bitki türü belirlemiştir. Yararlı tarımsal halofitlerin bilinen örnekleri arasında potansiyel yağlı tohum bitkiler *Kosteletzkya virginica* (Ruan ve ark., 2008); *Salvadora persica* (Reddy ve ark., 2008); *Salicornia bigelovii* ve *Batis maritima* (Marcone, 2003) sayılabilir. *Atriplex* spp. (El Shaer, 2003) ve *Distichlis palmeri* (Masters ve ark., 2007) ise bazı yem bitkisi örnekleridir. Marjinal tarım arazilerinde tuza dayanıklı tarımsal biyoyakıt bitkileri yetiştirmek, biyoyakıt endüstrisinin gıda üretimi için mevcut arazi miktarını azalttığı yönündeki endişelerin giderilmesine yardımcı olacaktır. En uç durumda, çok yüksek tuz seviyelerinde verimli bir şekilde büyüeyebilen tarımsal bitkiler, acı su veya deniz suyuyla sulanabilir (Rozema ve Flowers, 2008). Kaynaklarını tuza tolerans mekanizmaları faaliyette tutmaya harcayan bitkiler (örneğin, ozmotik dengeyi korumak için uyumlu çözünen maddelerin üretimi enerjisel bir maliyettir) bunu diğer işlevlerin pahasına yapsa da, birçok halofit tuzlu koşullarda optimal büyüme gösterir ve tuzlu bataklıklar yüksek verim sağlar (Colmer ve Flowers, 2008).

Dikolitedon halofitlerin glikofitlere benzer oranlarda büyüeyebilmesi, tuz toleransının tek başına verimi sınırlamayacağını düşündürmektedir. Tarım ürünü olarak doğrudan kullanımın yanı sıra, tuzdan etkilenen arazilerin yeniden bitkilendirilmesi ve iyileştirilmesi için halofitlere giderek daha fazla güvenmemiz gerekebilir. Son 200 yılda, Avrupa'da ve diğer yerlerdeki sanayileşme, ağır metallerin çevreye salınımında muazzam bir artışa yol açmıştır. Cd, Cu, Pb ve Zn dahil olmak üzere bu toksik maddelerin büyük bir kısmı gelgit bataklıklarının toprakları da dahil olmak üzere çökeltilerde birilmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, bazı deniz çayırlarının ve

tuzlu bataklık bitkilerinin, ağır metalleri çökeltilerden çıkarabildiğini ve bunları yer altı veya yer üstü dokularda biriktirebildiğini göstermiştir (Lewis ve Devereux, 2009). Bu suda yaşayan halofitlerin süreçleri ve potansiyel uygulamaları, çok daha fazla araştırma ve geliştirmeyi hak etmektedir. *Kochia*, *Bassia*, *Cynodon*, *Medicago*, *Portulaca*, *Sesbania* ve *Brachiaria* türleri de dahil olmak üzere tuza dayanıklı bitkilerin tarımsal olarak yetiştirilmesi, toprak verimliliğinin artırılması gibi diğer toprak özelliklerini de iyileştirebilir (Qadir ve ark., 2008).

Tarımsal halofitler aynı zamanda su tablasını da düşürebilir, böylece tuzdan etkilenen topraklarda tuza duyarlı türlerin büyümesine izin verebilir (Barrett-Lennard, 2002). Ek olarak halofitleri, yeniden bitkilendirme programlarının başarısını artırmak için sulak alanların stabilizasyonu gibi 'ekosistem mühendisliği' projeleri için kullanmak hedeflenmektedir (Fogel ve ark., 2004). Halofitler sürdürülebilir tarım uygulamalarını geliştirmek için de kullanılmaktadır; örneğin aşırı otlatılan meraları eski haline getirmek ve sulamaya olan bağımlılığı azaltmak için yerli halofitlerin kullanılması (Peacock ve ark., 2003). Peyzaj ıslahı için tuza dayanıklı türler giderek daha fazla değerlendirilmektedir. Örneğin, iyi planlanmış bir yeniden bitkilendirme uygulaması hem maden sahalarındaki yerinde tuz konsantrasyonunu azaltabilir, hem de tuzların maden sahalarından akıntıyla taşınmasını azaltabilir (Carroll ve Tucker, 2000). Bununla birlikte, kendi başlarına bir çevre sorunu haline gelebileceklerinden, biyoremediasyon için türlerin tarımsal olarak kullanılmasında dikkatli olunmalıdır. Örneğin, 1990 yılında Batı Avustralya'da yem ve biyoremediasyon amacıyla ekilen *Kochia* kısa sürede yayılmış ve 1992'de yabancı ot ilan edilmiştir (Qadir ve ark., 2008).

Boestfleisch ve ark. (2014), yetiştirme ortamının tuzluluğunu değiştirerek, farklı familyalara ait halofitlerden (*Amaranthaceae*, *Brassicaceae*, *Plantaginaceae* ve *Rhizophoraceae*) fideler ve bitkilerde toplam fenoller, flavonoidler, askorbat, indirgenmiş/oksidize glutatyon ve ROS temizleyici enzimlerin konsantrasyonunu değiştirmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir. *Tripolium pannonicum*, *Plantago coronopus*, *Lepidium latifolium* ve *Salicornia europaea*'nın fonksiyonel gıdalar veya nutrasötiklerin tedariki açısından en fazla potansiyele sahip olduğunu belirlemişlerdir. Singh ve ark. (2014), potansiyel mahsul olarak *Salicornia* ve *Sarcocornia* türlerinin seçimine ilişkin araştırmaları rapor etmektedirler. Panuccio ve ark. (2014), yüksek protein içeriğine ve benzersiz amino asit bileşimine sahip fakültatif

halofitik bir tür olan kinoanın, deniz suyu veya farklı tuzların varlığında yetiştirilebilecek yeni bir ürün olarak potansiyelini araştırmışlardır. Rozema ve ark. (2015) şeker pancarını incelemiş ve toleransını yabancı halofitik akrabası olan deniz pancarıyla karşılaştırmışlardır.

## **21. Halofitlerde su basmasına tolerans**

Karasal halofitlerin işgal ettiği habitatların çoğu yalnızca tuzlu olmakla kalmayıp aynı zamanda su baskınlarına da yatkındır (örneğin kıyıdaki mangrovlar ve kıyıdaki ve iç kısımlardaki tuzlu bataklıklar), diğerleri (örneğin tuzlu çöller) nadiren sular altında kalır. Sel, tuzlulukla birlikte yaygın bir çevresel değişkendir. Su altındaki organlar O<sub>2</sub> yoksunluğuna maruz kalabilir ve bunun sonucunda ortaya çıkan enerji açıkları, tuzluluk toleransı için gerekli olan iyon taşıma süreçlerini tehlikeye atabilir. Halofitlerde toprağın su basmasına tolerans, glikofitlerde olduğu gibi, genellikle aerenkima içeren tesadüfi köklerin üretimi ve bunun sonucunda ortaya çıkan dahili O<sub>2</sub> kaynağı ile ilişkilidir. Halofitlerin anoksi toleransı hakkında çok az şey bilinmesine rağmen, bazı türler için aerobik üst toprak katmanlarında sığ köklenme, sık sık su basan topraklarda hayatta kalmanın anahtarı gibi görünmektedir. Suyu dolu substratlarda yaşayan halofitik türler, köklendikleri hipoksik (veya anoksik) ortama rağmen sürgün iyon konsantrasyonlarını düzenleyebilmektedir; bu durum, tuzluluk ve su birikintisinin bir arada meydana gelmesinden zarar gören diğer bitkilerin çoğuyla tam bir tezat oluşturmaktadır (Colmer ve Flowers, 2008).

Kıyı bataklıklarında gelgitler bazı alanları günlük olarak, diğer bataklıklarda ise daha az sıklıkta (örneğin aylık veya mevsimsel olarak) sular altında bırakır ve taşkınların derinliği ve süresi ortalama deniz seviyesine göre olan yüksekliğe bağlıdır (Silvestri ve ark., 2005). Birçok kıyı bataklığı aynı zamanda fırtına dalgalanmalarına yatkın olabilir ve bu olaylar deniz seviyeleri yükseldikçe artabilir (Reed, 2002). İç sulardaki bataklıklarda (örneğin tuz gölleri) sel olayları yoğun yağış dönemlerinde meydana gelir ve baskın hava koşullarına ve su akışını etkileyen çevredeki havzaya bağlı olarak uzayabilir (Pedersen ve ark., 2006).

## **22. Sonuç**

Dünyadaki suyun çoğu, her kilogramı yaklaşık 35 g tuz içeren deniz suyudur, ancak çoğu bitki bu çözeltide büyüyemez. Bitkilerin, insanlar olarak

ekstrem ortamlar olarak gördüğümüz yerlerde büyümek üzere dünya üzerinde tundradan tropik ormanlara, çöllerden bataklıklara ve hatta okyanuslara kadar farklı alanlara yayılmış, soğuğa, sıcağa, kuraklığa ve sellere dayanıklı türleri vardır. Halofitler, glikofitlerin hayatta kalamadığı tuzdan etkilenen topraklarda yetişebilen çok yönlü bitki grubunu temsil eder. Halofitlerde tuz toleransına yol açan biyokimyasal mekanizmalar, onlara glikofit olan diğer bitkilere göre rekabet avantajı sağlayacak şekilde düzenlenir. Tuz konsantrasyonunun 200 mM NaCl veya daha fazla olduğu ortamlarda üremek için hayatta kalan bitkiler olan halofitler, dünya florasının yaklaşık %1'ini oluşturur. Halofitler, artan tuzluluğa karşı dramatik bir uyarıdan engellemeye kadar çeşitli büyüme tepkileri gösterir. Halofitik türlerin farklı ekolojilerdeki karşılaştırmaları vasıtasıyla halofitler ve tuza dayanıklı türlerin tuzlulukla baş etmek için kullandıkları mekanizmaların çeşitliliği hakkında öğrenilecek hâlâ çok şey vardır.



## **KAYNAKLAR**

- Abd El-Hack, M. E., Samak, D. H., Noreldin, A. E., Arif, M., Yaqoob, H. S., & Swelum, A. A. (2018). Towards saving freshwater: halophytes as unconventional feedstuffs in livestock feed: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 14397-14406.
- Aronson, J. A., & Whitehead, E. E. (1989). HALOPH: a data base of salt tolerant plants of the world. Office of Arid Land Studies, University of Arizona, Tucson.
- Attia-Ismail, S. A. (2018). Halophytes as forages. *New Perspectives in Forage Crops*. Intechopen, 69-87.
- Badri, M., & Ludidi, N. (2020). Halophytes as a Resource for Livestock in Africa: Present Status and Prospects: Present Status and Prospects. *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*, 1-17.
- Barrett-Lennard, E. G. (2002). Restoration of saline land through revegetation. *Agricultural Water Management*, 53(1-3), 213-226.
- Barth, H. J. (2006). Sabkha edge vegetation of coastal and inland sabkhat in Saudi Arabia. *Tasks for Vegetation Science* 40, 215.
- Baoshan, C., Qiang, H., & Xinsheng, Z. (2008). Ecological thresholds of Suaeda salsa to the environmental gradients of water table depth and soil salinity. *Acta Ecologica Sinica*, 28(4), 1408-1418.
- Boestfleisch, C., Wagenseil, N. B., Buhmann, A. K., Seal, C. E., Wade, E. M., Muscolo, A., & Papenbrock, J. (2014). Manipulating the antioxidant capacity of halophytes to increase their cultural and economic value through saline cultivation. *AoB Plants*, 6, plu046.
- Breckle, S. W. (2002). Salinity, halophytes and salt affected natural ecosystems. In *Salinity: environment-plants-molecules* (pp. 53-77). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Breckle, S. W. (2012). From Aral Sea to Aralkum: An ecological disaster or halophytes' paradise. In *Progress in Botany: Vol. 74* (pp. 351-398). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bui, E. N. (2019). Evidence for the Role of Salinity and Alkalinity in Plant Diversification in Australia. *Sabkha Ecosystems: Volume VI: Asia/Pacific*, 7-14.
- Cantero, J. J., Palchetti, V., Núñez, C. O., & Barboza, G. E. (2016). Halophytic flora of Argentina: A checklist and an analysis of its diversity. *Sabkha Ecosystems: Volume V: The Americas*, 137-204.

- Carroll, C., & Tucker, A. (2000). Effects of pasture cover on soil erosion and water quality on central Queensland coal mine rehabilitation. *Tropical Grasslands*, 34(3/4), 254-262.
- Christenhusz, M. J., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201-217.
- Colmer, T. D., & Flowers, T. J. (2008). Flooding tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 179(4), 964-974.
- Costa, C. S. B., & Herrera, O. B. (2016). Halophytic life in Brazilian salt flats: Biodiversity, uses and threats. *Sabkha Ecosystems: Volume V: The Americas*, 11-27.
- Debez, A., Saadaoui, D., Ramani, B., Ouerghi, Z., Koyro, H. W., Huchzermeyer, B., & Abdelly, C. (2006). Leaf H<sup>+</sup>-ATPase activity and photosynthetic capacity of *Cakile maritima* under increasing salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 57(3), 285-295.
- El Shaer, H. M. (2003). Potential of halophytes as animal fodder in Egypt. In *Cash Crop Halophytes: Recent Studies: 10 Years after Al Ain Meeting* (pp. 111-119). Dordrecht: Springer Netherlands.
- El Shaer, H. M., & Attia-Ismail, S. A. (2015). Halophytic and salt tolerant feedstuffs in the Mediterranean basin and Arab region: an overview. Halophytic and salt-tolerant feedstuffs impact on nutrition, physiology and reproduction of livestock. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 21-36.
- English, J. P., & Colmer, T. D. (2013). Tolerance of extreme salinity in two stem-succulent halophytes (*Tecticornia* species). *Functional Plant Biology*, 40(9), 897-912.
- Escobar-Hernandez, A., Troyo-Dieguez, E., Garcia-Hernandez, J. L., Murillo-Amador, B., Fenech-Larios, L., ... & Valdez-Cepeda, R. (2006). Analysis of the soil sustaining salt grass (*Distichlis spicata* (L.) Greene) wild populations in a semiarid coastal zone of Mexico. *Tasks for Vegetation Science* 40, 225.
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*, 945-963.
- Flowers, T. J., Galal, H. K., & Bromham, L. (2010). Evolution of halophytes: multiple origins of salt tolerance in land plants. *Functional Plant Biology*, 37(7), 604-612.
- Fogel, B. N., Crain, C. M., & Bertness, M. D. (2004). Community level engineering effects of *Triglochin maritima* (seaside arrowgrass) in a salt marsh in northern New England, USA. *Journal of Ecology*, 92(4),

589-597.

- Garthwaite, A. J., von Bothmer, R., & Colmer, T. D. (2005). Salt tolerance in wild *Hordeum* species is associated with restricted entry of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> into the shoots. *Journal of experimental botany*, 56(419), 2365-2378.
- Ghazanfar, S. A., Altundag, E., Yaprak, A. E., Osborne, J., Tug, G. N., & Vural, M. (2014). Halophytes of southwest Asia. *Sabkha Ecosystems: Volume IV: Cash Crop Halophyte and Biodiversity Conservation*, 105-133.
- Gonzalez, R., Butković, A., & Elena, S. F. (2020). From foes to friends: Viral infections expand the limits of host phenotypic plasticity. *Advances in Virus Research*, 106, 85-121.
- Grigore, M. N., & Toma, C. (2014). Integrative ecological notes on halophytes from “Valea Ilenei”(Iași) nature reserve. *Memoirs of the Scientific Sections of the Romanian Academy*, 37, 19-36.
- Guo, L. Q., Shi, D. C., & Wang, D. L. (2010). The key physiological response to alkali stress by the alkali-resistant halophyte *Puccinellia tenuiflora* is the accumulation of large quantities of organic acids and into the rhizosphere. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(2), 123-135.
- Hamed, K. B., Magné, C., & Abdelly, C. (2014). From halophyte research to halophytes farming. *Sabkha Ecosystems: Volume IV: Cash Crop Halophyte and Biodiversity Conservation*, 135-142.
- Harrouni, M. C., Daoud, S., & Koyro, H. W. (2003). Effect of seawater irrigation on biomass production and ion composition of seven halophytic species in Morocco. In *Cash crop halophytes: recent studies: 10 years after Al Ain Meeting* (pp. 59-70). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Bhowmik, P. C., Hossain, M. A., Rahman, M. M., ... & Fujita, M. (2014). Potential use of halophytes to remediate saline soils. *BioMed research international*, 2014.
- Huchzermeyer, B., & Flowers, T. (2013). Putting halophytes to work—genetics, biochemistry and physiology. *Functional Plant Biology*, 40(9), v-viii.
- Joshi, R., Mangu, V. R., Bedre, R., Sanchez, L., Pilcher, W., Zandkarimi, H., & Baisakh, N. (2015). Salt adaptation mechanisms of halophytes: improvement of salt tolerance in crop plants. *Elucidation of Abiotic Stress Signaling in Plants: Functional Genomics Perspectives, Volume 2*, 243-279.
- Kumari, A., Das, P., Parida, A. K., & Agarwal, P. K. (2015). Proteomics,

- metabolomics, and ionomics perspectives of salinity tolerance in halophytes. *Frontiers in Plant Science*, 6, 537.
- Lewis, M. A., & Devereux, R. (2009). Nonnutrient anthropogenic chemicals in seagrass ecosystems: fate and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 28(3), 644-661.
- Marcar, N. E., & Crawford, D. F. (2004). *Trees for saline landscapes*. Canberra, Rural Industries Research and Development Corporation. CSIRO Publishing: Melbourne.
- Marcone, M. F. (2003). *Batis maritima* (Saltwort/Beachwort): a nutritious, halophytic, seed bearings, perennial shrub for cultivation and recovery of otherwise unproductive agricultural land affected by salinity. *Food Research International*, 36(2), 123-130.
- Masters, D. G., Benes, S. E., & Norman, H. C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3-4), 234-248.
- Menzel, U., & Lieth, H. (2013). Halophyte Database Versi 2.0 in alphabetical order including some updates. *Cash crop halophytes: Recent Studies*, 221-250.
- Mohammed, H. A., Emwas, A. H., & Khan, R. A. (2023). Salt-tolerant plants, halophytes, as renewable natural resources for cancer prevention and treatment: roles of phenolics and flavonoids in immunomodulation and suppression of oxidative stress towards cancer management. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(6), 5171.
- Moreno, F., Cabrera, F., Fernandez-Boy, E., Giron, I. F., Fernandez, J. E., & Bellido, B. (2001). Irrigation with saline water in the reclaimed marsh soils of south-west Spain: impact on soil properties and cotton and sugar beet crops. *Agricultural water management*, 48(2), 133-150.
- Munns, R., James, R. A., & Läuchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1025-1043.
- Nurnberger, B. (2013). Ecological genetics. In *Encyclopedia of biodiversity* (pp. 714-731). Elsevier.
- Ogburn, R. M., & Edwards, E. J. (2010). The ecological water-use strategies of succulent plants. In *Advances in botanical research* (Vol. 55, pp. 179-225). Academic Press.
- Öztürk, M., Altay, V., Altundağ, E., & Gücel, S. (2016). Halophytic plant diversity of unique habitats in Turkey: Salt mine caves of Çankırı and

- Iğdır. In Halophytes for food security in dry lands (pp. 291-315). Academic Press.
- Panuccio, M. R., Jacobsen, S. E., Akhtar, S. S., & Muscolo, A. (2014). Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB plants*, 6, plu047.
- Peacock, J. M., Ferguson, M. E., Alhadrami, G. A., McCann, I. R., Al Hajoj, A., Saleh, A., & Karnik, R. (2003). Conservation through utilization: a case study of the indigenous forage grasses of the Arabian Peninsula. *Journal of Arid Environments*, 54(1), 15-28.
- Pedersen, O., Vos, H., & Colmer, T. D. (2006). Oxygen dynamics during submergence in the halophytic stem succulent *Halosarcia pergranulata*. *Plant, Cell & Environment*, 29(7), 1388-1399.
- Pfennig, D. W., & Pfennig, K. S. (2012). *Evolution's wedge: competition and the origins of diversity* (No. 12). Univ of California Press.
- Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Pakniyat, H., & Emam, Y. (2016). Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants: An overview. *Plant-Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress*, 141-160.
- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. S., & Khan, M. A. (2008). Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land degradation & development*, 19(4), 429-453.
- Reddy, M. P., Shah, M. T., & Patolia, J. S. (2008). *Salvadora persica*, a potential species for industrial oil production in semiarid saline and alkali soils. *Industrial Crops and Products*, 28(3), 273-278.
- Reed, D. J. (2002). Sea-level rise and coastal marsh sustainability: geological and ecological factors in the Mississippi delta plain. *Geomorphology*, 48(1-3), 233-243.
- Rozema, J., Cornelisse, D., Zhang, Y., Li, H., Bruning, B., Katschnig, D., ... & van Bodegom, P. (2015). Comparing salt tolerance of beet cultivars and their halophytic ancestor: consequences of domestication and breeding programmes. *AoB Plants*, 7, plu083.
- Rozema, J., & Flowers, T. (2008). Crops for a salinized world. *Science*, 322(5907), 1478-1480.
- Ruan, C. J., Li, H., Guo, Y. Q., Qin, P., Gallagher, J. L., Seliskar, D. M., ... & Mahy, G. (2008). *Kosteletzkya virginica*, an agroecoengineering halophytic species for alternative agricultural production in China's east coast: Ecological adaptation and benefits, seed yield, oil content,

- fatty acid and biodiesel properties. *Ecological Engineering*, 32(4), 320-328.
- Saddhe, A. A., Manuka, R., Nikalje, G. C., & Penna, S. (2020). Halophytes as a potential resource for phytodesalination. *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*, 1-21.
- Santos, J., Al-Azzawi, M., Aronson, J., & Flowers, T. J. (2016). eHALOPH a database of salt-tolerant plants: helping put halophytes to work. *Plant and Cell Physiology*, 57(1), e10-e10.
- Silvestri, S., Defina, A., & Marani, M. (2005). Tidal regime, salinity and salt marsh plant zonation. *Estuarine, coastal and shelf science*, 62(1-2), 119-130.
- Singh, D., Buhmann, A. K., Flowers, T. J., Seal, C. E., & Papenbrock, J. (2014). *Salicornia* as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. *AoB plants*, 6, plu071.
- Stevanovic, Z. D., Aćić, S., Stešević, D., Luković, M., & Šilc, U. (2019). Halophytic vegetation in south-east Europe: classification, conservation and ecogeographical patterns. *Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses*, 55-68.
- Weber, D. J., & Hanks, J. (2006). Salt tolerant plants from the Great Basin region of the United States. *Tasks for Vegetation Science* 40, 69.
- West-Eberhard, M. J. (2008). Phenotypic plasticity. *Encyclopedia of Ecology*, Academic Press, 2008. Pages: 2701-2707, ISBN 9780080454054.
- Yu, J., Chen, S., Zhao, Q., Wang, T., Yang, C., Diaz, C., ... & Dai, S. (2011). Physiological and proteomic analysis of salinity tolerance in *Puccinellia tenuiflora*. *Journal of Proteome Research*, 10(9), 3852-3870.



## BÖLÜM 5

### BİTKİLERDE TUZLULUĞA DAYANIM FİZYOLOJİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Ali DEVLET<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14582965>

---

<sup>1</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik

**E-mail:** ali.devlet@bilecik.edu.tr

Orcid ID: 0009-0007-2084-2941





## 1. Giriş

Bitkiler abiyotik streslere moleküler, hücresel, dokusal, anatomik, morfolojik ve tüm bitki fizyolojik seviyelerinde olmak üzere birçok seviyede tepki verir (Chaves ve ark., 2003). Strese verilen tepki, olayın süresi, şiddeti, tür ve genotiple ilişkili olarak bitkinin yaşı ve gelişim aşamasına bağlıdır. Yüksek tuz koşullarına maruz kalmak bitkilere iki stres getirir: Birincisi, topraktaki nispeten yüksek çözünen madde konsantrasyonlarından kaynaklanan su eksikliği; ikincisi, değiştirilmiş  $K^+ / Na^+$  oranlarından ve bitkilere zararlı olan  $Na^+$  ve  $Cl^-$  iyon konsantrasyonlarından kaynaklanan iyon özgül stresler. Bu olumsuz etkiler bitki büyümesinin engellenmesine ve hatta bitki ölümüne sebep olur (Zhang ve ark., 2008).

Aşırı toprak tuzluluğu, su açığına, iyon toksisitesine, besin eksikliğine, büyüme hızında hızlı bir düşüşe neden olabilir ve moleküler hasara yol açan birçok metabolik değişikliğe neden olabilir, böylece tuza duyarlı bitkilerin ve hatta bazı halofitlerin genel gelişimini etkileyebilir. Tuzluluğun neden olduğu su açığına fotosentetik ünitelerde azalma, reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi, çeşitli inorganik iyonların ve organik metabolitlerin birikmesi eşlik eder (Kumari ve ark., 2015).

Tuzluluğa uyum sağlamak için halofitler farklı tuz tolerans mekanizmaları, yani tuzu dışlayan, tuz salgılayan ve tuz biriktiren mekanizmalar geliştirmiştir. Tuz içermeyen mekanizma, kökler tarafından tuz alımını azaltır, tuz salgılayan mekanizma, tuz mesaneleri/bezleri yoluyla tuzu ortadan kaldırır ve tuz biriktirme mekanizması, tuzun hücre vakuollerinde depolanmasını destekler (Chen ve ark., 2018). Halofitlerdeki tuzluluk toleransı, yüksek tuzlu koşullarda büyümelerine ve gelişmelerine olanak tanıyan bir dizi ekolojik ve fizyolojik özelliğe bağlıdır (Kumari ve ark., 2015).

Katyonların alımı ve translokasyonu bitki beslenmesinde, sinyal iletiminde, büyümesinde ve gelişmesinde önemli rol oynar. Bunlar arasında potasyum (K) ve sodyum (Na) çok sayıda fizyolojik çalışmanın odak noktası olmuştur, çünkü K temel bir makro besin maddesidir ve bitki hücrelerinde en bol bulunan inorganik katyondur; Na toksisitesi ise tuzluluk stresiyle ilişkili zararlı etkilerin temel bileşenidir. Bu iki iyonun homeostazisinin uzun süredir ince ayarlı ve karmaşık düzenleme altında olduğu düşünülse de, bunların alımına, hücre içi dağılımına ve uzun mesafeli taşınmaya aracılık eden sayısız membrana bağlı iyon taşıyıcıları mevcuttur ve ilişkileri karmaşıktır (Pardo ve

ark., 2006).

## 2. Sodyum algılama ve hücre membranı taşıyıcıları

Karasal bitkiler, çevresel dalgalanmalara yanıt olarak iki farklı sistemin, sürgün ve kökün büyümesini ve gelişmesini koordine etmek için karmaşık mekanizmalar geliştirmişlerdir. Adaptif sistemik tepkiler, çeşitli uzun mesafe sinyal moleküllerini içeren sürgün-kök iletişimi ile gerçekleştirilir. Son birkaç on yıl boyunca, çeşitli genetik, biyokimyasal, moleküler ve aşılama çalışmaları, bitkilerin dış değişikliklere uyum sağlaması için hayati önem taşıyan çok sayıda uzun mesafeli sinyal molekülünü tanımlamıştır. Aslında, bitkilerin damar sisteminde RNA molekülleri, proteinler, peptitler ve fitohormonlar dahil olmak üzere çeşitli sinyal maddeleri tespit edilmiştir ve bunlar, uzun mesafeli taşıma yoluyla ulaştıkları hedef dokularda yanıtları tetiklerler (Notaguchi ve Okamoto, 2015). Örneğin, sürgün büyümesi ve mimarisi kökten türetilen fitohormonlar tarafından modüle edilir; benzer şekilde, kökteki besin alım aktivitesi, sürgünden türetilen sinyaller tarafından yukarı doğru düzenlenir; bu, sürgün ve kökün, sistemik tepkileri tetiklemek için birbirlerine mesajlar ilettiğini gösterir (Liu ve ark., 2009). Uzun mesafeli sinyallerle düzenlenen bitki büyümesi ve gelişiminin uyarlanabilir sistemik tepkileri ve esnekliği, bitkilerin karada gelişmesi için çok önemlidir (Ko ve Helariutta, 2017).

Bitkiler, çoğunlukla tek değerlikli katyonları hücre içi-dışı arasında taşımak için büyük bir iyon taşıyıcı setine sahiptir. Bu grubun üyelerinin hücrelerin mineral beslenmesinde, protein ayrıştırılmasında, bitki gelişiminde, vakuolde iyon birikiminde, tuzluluğa karşı dirençte ve patojenlere tepkide önemli roller oynadığını gösterilmiştir. Bu işlevlerin çoğu genetik verilerle çözülmüştür ve genetik bilimi bu büyük iyon taşıyıcı grubunun her bir üyesine kesin olarak belirli işlevler atanmasına katkıda bulunması yakın gelecekte de muhtemelen devam edecektir. Hücre zarlarında katyon değişiminin etkilediği fizyolojik süreçler göz önüne alındığında bunların önemi büyüktür (Pardo ve ark., 2006).

Bitki beslenmesi, mineralleri topraktan bitkiye aktaran ve bunların hücre içi ve hücreler arası dağılımına aracılık eden membran taşıyıcıların aktivitesine bağlıdır. *Arabidopsis thaliana* genomunun, %65'i ikincil aktif taşıyıcılar olan 800'den fazla membran taşıma proteinini kodladığı tespit edilmiştir. Bu ortak taşıyıcıların sınıflandırılması, hem filogeniye hem de bunların katyonlar, anyonlar ve şekerler ve amino asitler dahil olmak üzere

organik bileşikler için taşıyıcılar olarak bilinen veya tahmin edilen işlevlerine dayanmaktadır. Bitkilerde çoğu yardımcı taşıyıcıya, tüm hücre zarlarında çalışan birincil proton pompaları tarafından üretilen proton elektrokimyasal gradyanı tarafından enerji verilir, ancak alternatif bağlantılar da mevcuttur. Ayrıca birden fazla taşıyıcı aile birçok inorganik besin maddesini taşır. Kapsamlı membran taşıyıcı dizileri, bitkilere çevrelerindeki dalgalanmalarla başa çıkabilmeleri ve besin eksikliği ile toksik iyon fazlalığının olumsuz etkilerini en aza indirebilmeleri için esnek stratejiler sağlayabilir (Pardo ve ark., 2006).

Topraktaki yüksek  $\text{Na}^+$  konsantrasyonları çoğu yüksek bitki türü için toksiktir. Çeşitli çalışmalar, tuzlu koşullar altında kök hücrelere  $\text{Na}^+$  girişinin,  $\text{Na}^+$  geçirgen taşıyıcıları yoluyla gerçekleştiğini, bunun da sitoplazmik sodyum konsantrasyonunu yükselttiğini ve toksisiteye neden olduğunu göstermiştir.  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{K}^+$  gibi besin katyonlarına yönelik kanallar ve taşıyıcılar,  $\text{Na}^+$  akışına izin verir. Ayrıca, sodyum taşınması için daha spesifik olan diğer  $\text{Na}^+$  taşıyıcıları, bitki hücrelerini ve tüm dokuları  $\text{Na}^+$  toksisitesinden korumada çeşitli roller oynar.  $\text{Na}^+$  toleransına katkıda bulunan önemli mekanizmalar,  $\text{Na}^+$  akış taşıyıcıları ve  $\text{Na}^+$ 'nın vakuollerde tutulmasına aracılık eden  $\text{Na}^+$  taşıyıcılarıdır (Horie ve Schroeder, 2004). Üstelik son araştırmalar, plazma zarı  $\text{Na}^+$  akışının, yapraklara vasküler uzun mesafeli  $\text{Na}^+$  transferini azaltarak  $\text{Na}^+$  toleransına aracılık edebildiğini, böylece fotosentetik olarak aktif dokuları tuzluluk stresinden koruduğunu da göstermiştir (Berthomieu ve ark., 2003).

Sodyum iyonları ( $\text{Na}^+$ ), hem genel ozmotik etkilerin hem de spesifik iyon toksisitesinin bir sonucu olarak çoğu karasal bitki türünü olumsuz etkiler.  $\text{Na}^+$ , terleme yoluyla bitki gövdesinde dolaşır ve bu, koruyucu hücrelerin apoplastik sodyuma doğrudan maruz kalmasıyla sonuçlanır.  $\text{Na}^+$ , tüm ana ürün türleri de dahil olmak üzere karasal bitki türlerinin çoğunluğu için toksik bir iyondur (Zait ve Assmann, 2022).  $\text{Na}^+$ 'nın bitki hücreleri tarafından nasıl algılandığına ilişkin öğrenilecek çok şey vardır, ancak bazı sinyal olaylarının  $\text{Na}^+$ 'ya maruz kaldıktan sonra oldukça hızlı bir şekilde meydana geldiği bilinmektedir. Örneğin,  $\text{Na}^+$ , en azından *Arabidopsis* fidelerinde, tüm organizmaya yayılması yalnızca birkaç dakika gerektiren tüm bitki  $\text{Ca}^{2+}$  dalgalarını indükler (Choi ve ark., 2014).

Koruma hücreleri (guard cells) bitkilerde tuzluluk toleransının temel düzenleyicileridir. Tuzluluk hasarına karşı korumada stomaların rolü düşünüldüğünde, stomaların kapanmasının terlemeyi ve bitki kanopisindeki

toksik iyonların birikimini azaltması beklenir (Zait ve Assmann, 2022). Tuz duyarlılığı kısmen glikofitik koruyucu hücrelerin sodyum alımından ve bunun sonucunda bitkinin kurummasını ve yaprakta  $\text{Na}^+$ 'nın toksik birikimini teşvik eden kısa süreli stoma açılmasıyla ortaya çıkar. Bununla birlikte, koruyucu hücre  $\text{Na}^+$  algılama, taşıma ve tepkisinin birçok yönü hala bilinmemektedir ve hem bu hipotezi test etmek hem de çok sayıda bilgi açığını gidermek için yeni çalışmalara ihtiyaç vardır (Shabala, 2022).

### **3. Sodyumun bitkilere girişi**

Kök yüzey alanının en büyük kısmı kök kılları tarafından temsil edilir ve iyon alımının en büyük kısmı bu epidermal hücrelerin plazma membranı boyunca meydana gelir. Bütün haldeki bitkiler ve kesilmiş köklerle sodyum alımına ilişkin ilk çalışmalar, köklerde  $\text{Na}^+$  alımının iki modunun faaliyette olduğu fikrine yol açmıştır: 1) hem  $\text{Na}^+$  hem de  $\text{K}^+$  için yüksek afiniteli taşıma gösteren hızlı doyunlaşan bir sistem, 2) doymayan düşük afiniteli taşıma sistemi (Apse ve Blumwald, 2007). Kök  $\text{Na}$  taşınması için en basit model bile birden fazla bölmeyi hesaba katmalıdır ki bunlar epidermal tabaka, vakuollü olarak korteks, ksilem parankiminin bitişiğindeki vakuollü stelar hücreler, Casparian bandı veya floem (floem arkadaş hücreleri). Tipik fizyolojik koşullar altında bitkiler, nispeten yüksek  $\text{K}^+$  (100-200 mM) ve düşük  $\text{Na}^+$  konsantrasyonları (1-10 mM) ile sitozollerinde yüksek bir  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$  oranını korurlar. Plazma zarındaki negatif elektriksel membran potansiyeli farkı (-140 mV) göz önüne alındığında, hücre dışı  $\text{Na}^+$  konsantrasyonlarındaki artış, sodyumun çevreden sitozole pasif taşınmasını kolaylaştıracak büyük bir  $\text{Na}^+$  elektrokimyasal potansiyel gradyanı oluşturacaktır (Tester ve Davenport, 2003).

Kök hücrelerine  $\text{Na}^+$  girişi pasiftir; uniporter veya iyon kanalı tipi taşıyıcılar sodyum akışı için muhtemel adaylardır. Her bir taşıyıcı tipinin rolü türe ve büyüme koşullarına göre değişebilse de, kanıtlar farklı taşıyıcıların paralel olarak çalışarak köklere  $\text{Na}^+$  alımına aracılık edebildiğini göstermektedir. İyon kanalı taşıyıcıları muhtemelen  $\text{Na}^+$ 'nın hücelere pasif taşınmasına aracılık etmeye adaydır. Son birkaç yılda, yüksek düzeyde toprak  $\text{NaCl}$  konsantrasyonlarında  $\text{Na}^+$ 'nın köklere girişinin ana yolu olan zayıf voltaja bağımlı seçici olmayan katyon kanallarının varlığını destekleyen kanıtlar sunulmuştur. Yüksek afiniteli potasyum taşıyıcılarının,  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$  ortak taşıyıcıları ve  $\text{Na}^+$  seçici tek taşıyıcılar olarak işlev gördükleri gösterilmiştir (Horie ve Schroeder, 2004).

#### 4. Sodyumun taşınımı

Hücre dışında yüksek düzeylerde  $\text{Na}^+$  varlığında, köklere (ve hücelere) sodyum alımını pasif hale getiren elektrokimyasal gradyanlar,  $\text{Na}^+$ 'nın hücreden dışarı akışını aktif bir süreç haline getirir. Hayvanlarda ve mikroorganizmalarda sodyum atımına doğrudan ATP hidrolizi tarafından enerji sağlanırken, bu  $\text{Na}^+$  pompaları yüksek bitkilerde yoktur (Horie ve Schroeder, 2004). Plazma zarındaki ikincil aktif taşıma ( $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporterleri),  $\text{Na}^+$  akışını kolaylaştırır. Plazma membranı  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporter aktivitesi hem kök hem de sürgün dokularından izole edilen membranlarda ölçülmüştür. Akışı kolaylaştırmak için sodyumun protonlara yönelik bu elektronötral değişimi, fizyolojik koşullar altında akış için ölçülen tek taşıma şeklidir (Apse ve Blumwald, 2007).

Yüksek oranda tuzlu ortamlarda büyüyen bitkiler için hücre sitoplazmasında sodyum birikmesi, metabolik süreçlerin bozulmasına ve büyümenin azalmasına neden olur. Düşük sitoplazmik sodyum seviyelerinin korunması, çok sayıda hücrel membran üzerindeki taşıma proteinlerinin koordineli düzenlenmesini gerektirir. Tuz stresinin büyüme ve gelişme üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınmak için bitkiler, sitoplazmada tuz düzeyini düşük tutacak mekanizmalar geliştirmişlerdir. Bir mekanizma, sodyumun vakuol içine veya hücre dışına taşınarak sitoplazmadan uzaklaştırılmasını içerir. Bu taşıma, vakuolar (tonoplast) veya plazma membranında lokalize olan  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  değiştiriciler (antiporterler) ve membran proteinleri tarafından katalize edilir.  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$ -değişim aktivitesi, plazma membranı  $\text{H}^+$ -ATPaz veya tonoplast  $\text{H}^+$ -ATPaz ve  $\text{H}^+$ -pirofosfataz gibi  $\text{H}^+$  pompaları tarafından üretilen protonların ( $\text{H}^+$ ) elektrokimyasal gradyanı tarafından yönlendirilir (Qiu ve ark., 2004).

Tuz stresi fizyolojisinde önemli bir konu,  $\text{Na}^+$ 'nın kökten gövdeye translokasyonudur. Fizyolojik kanıtlar, tuza dirençli glikofitlerin ve halofitlerin aktif olarak  $\text{Na}^+$ 'ı kökten gövdeye taşıdığını, tuza duyarlı glikofitlerin ise sürgünde  $\text{Na}^+$  birikimini önlemek için terleme akışına  $\text{Na}^+$  girişini sınırladığını göstermektedir. Ksilem damarlarına ve ksilem damarlarından  $\text{Na}^+$  taşınmasından sorumlu taşıyıcılar bilinmemektedir, ancak plazma membranı  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporterlerinin bu rolü yerine getirdiği fikri önerilmiştir (Shi ve ark., 2002).

Bitkilerin yüksek  $\text{NaCl}$  konsantrasyonlarında büyüme yeteneği,

bitkilerin  $\text{Na}^+$  iyonlarını taşıma, bölümlendirme, ekstrüzyon ve mobilize etme yeteneği ile ilişkilidir. Köklerdeki giriş ve çıkış,  $\text{Na}^+$ 'nın bitkiye giriş hızının sabit durumunu oluştururken,  $\text{Na}^+$ 'nın hücre vakuollerine hapsedilmesi ve  $\text{Na}^+$ 'nın radyal taşınması ve ksileme yüklenmesi  $\text{Na}^+$ 'nın kök hücrelerin sitozolünde homeostatik kontrolünü sağlar.  $\text{Na}^+$ 'nın terleme akıntısından uzaklaştırılması, bitki içindeki dağılımı ve yaprak vakuollerinde ilerleyici birikimi,  $\text{Na}^+$ 'nın toksik etkileriyle başa çıkma yeteneğini belirler (Apse ve Blumwald, 2007).

## 5. Klorür iyonu

Halofit olmayan mahsullerin sürgünlerindeki klorür ( $\text{Cl}^-$ ) konsantrasyonu, 1-20 mg/g DW arasında büyük değişim gösterir, ancak glükofit tütün bitkisi (*Nicotiana tabacum*), 5 mM ile muamele edildiğinde 50 mg/g DW'e kadar  $\text{Cl}^-$  biriktirebilir (Franco-Navarro ve ark., 2016). Genel olarak, sürgündeki  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonu türe, çeşit ve çevreye (yani toprak çözeltilisindeki  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonu) ve terlemeyi etkileyen atmosferik su buharı basıncı gibi diğer faktörlere bağlıdır.  $\text{Cl}^-$  alımı, su akışıyla iyi bir korelasyon gösterir. Glükofitler  $\text{Cl}^-$  tuzluluğuna maruz kaldıklarında,  $\text{Cl}^-$ 'nin doku konsantrasyonu gereksinimlerinin çok ötesine geçebilir ve toksisiteye yol açabilir. Görsel  $\text{Cl}^-$  toksisitesi semptomları genellikle nekrotik lezyonlara dönüşen klorotik renk değişimleriyle başlar ve yaprak ucu yanması semptomuyla sonuçlanır. Semptomlar aldaticıdır, çünkü görsel görünüm diğer besin eksiklikleri veya element toksisitesi koşullarında görülenlere benzer olabilir (Tavakkoli ve ark., 2010).  $\text{Cl}^-$  toprak suyuyla birlikte köke doğru hareket eder ve burada ksileme doğru radyal olarak hareket eder. Simplastik taşınma  $\text{Cl}^-$  alımı için anahtar yoldur (Gong ve ark., 2011).  $\text{Cl}^-$  tuzluluğu olmayan koşullar altında, kök hücrelere (yani kök kılı veya kök kortikal hücre)  $\text{Cl}^-$  alımı aktiftir, çünkü  $\text{Cl}^-$ , elektrokimyasal gradyanının her iki bileşenine karşı da birikir. Bir  $\text{Cl}^- / 2\text{H}^+$  simportu  $\text{Cl}^-$  akışını kolaylaştırır (Geilfus, 2018).

## 6. Tuzluluk ve bitki hormonları

Oksin, bitki büyümesini ve gelişimini düzenleyen önemli bir hormondur. Doğal olarak oluşan oksinler indol bileşikleridir, ancak tarımda kullanılan sentetik oksinler farklı kimyasal yapılara sahip olabilir. Genomik çalışmalar, oksinin bitki biyolojisinin neredeyse her yönüne dokunduğunu göstermiştir. Oksinler, embriyogenez, organogenez, çiçek ve meyve gelişimi dahil olmak üzere bitki büyümesi ve gelişim süreçlerinin hemen hemen her yönünü kontrol

eder. Ek olarak oksin, bitkilerde çevresel adaptasyonun önemli bir aracıdır (Olatunji ve Kelley, 2021).

Pek çok çalışma, kuraklık ve tuzluluk stresleri sırasında fizyolojik ve metabolik dönüşümlerin uyarlanabilir yeniden yapılanmasını düzenlemede oksinin önemli rolünü öne sürmektedir (Chaves ve ark., 2009). Bitkilerdeki oksin gradyanları ve oksin akış dinamikleri, hem kuraklık hem de tuzluluk stresi altında büyük ölçüde dalgalanır (Ribba ve ark., 2020). Ancak bugüne kadar bu stresler sırasındaki oksin sinyalleşme olayları daha az araştırılmıştır. Yine de sinyal yollarını birbirine bağlayan kilit oyuncular (SA, JA, ABA ve etileninkiler) tanımlanmıştır (Verma ve ark., 2022).

Bitkilerde gelişimi teşvik edici doğal maddelerin yanı sıra ters yönde hareket eden engelleyici doğal maddeler de bulunmaktadır. Bu maddelerden en önemlisi absisik asittir (ABA). ABA teşvik edici hormonlar olarak bilinen oksin, gibberellinler ve sitokininlerin doğal antagonistidir (Kumlay ve Eryiğit, 2011). ABA bitkilerin her organında bulunmaktadır. Ancak en fazla yaprak mezofil hücrelerinin stoplazmalarında sentezlenerek yeşil yapraklarda bulunur. Köklerde kloroplast bulunmadığından ABA köklerde sentezlenmemektedir (Algül ve ark., 2016).

Tuzluluğun neden olduğu hücrel iyon homeostazisindeki dengesizlik, plazma zarındaki düzenlenmiş iyon akışı ve akışı ve vakuoler iyon sekestrasyonu ile başa çıkar. Bitki hormonları, karmaşık gelişimsel ve strese uyum sağlayan sinyalleşme basamaklarını birbirine bağlayan ve yeniden programlayan merkezi bütünleştiriciler olarak işlev görür. Fitohormon absisik asit (ABA), kuraklığa ve tuzluluğa bitki hücrel adaptasyonunun aktivasyonunda anahtar düzenleyici olarak işlev görür ve bir büyüme inhibitörü olarak çok önemli bir işleve sahiptir (Cutler ve ark., 2010). Tuz stresi, bitki hormonu absisik asit (ABA) gibi sinyal molekülleri ile yakın ilişkilidir. ABA'nın tuz stresine yanıt olarak önemli bir sinyal molekülü ve düzenleyici faktör olduğu bilinmektedir (Golldack ve ark., 2014). ABA'nın önemli bir etkisi stomaların koruyucu hücreler tarafından kapanmasını tetiklemektir (Tuteja, 2007). Bu mekanizma bitkilerin su durumu için gereklidir ve koruyucu hücreler tarafından havadaki nemin ve köklerin su potansiyelinin algılanmasını içerir (Ko ve Helariutta, 2017). Son çalışmalar, halofitik ve glikofitik koruyucu hücrelerde ABA metabolizmasının farklı şekilde düzenlendiğini göstermektedir (Karimi ve ark., 2021).



ABA, hem abiyotik stres adaptasyonunun hücrel mekanizmalarının transkripsiyonel yeniden programlanmasını hem de karbonhidrat ve lipid metabolizmasındaki transkripsiyonel değişiklikleri tetikleyerek ABA'nın bitki stres tepkisi ve hücrel birincil metabolizma arayüzündeki fonksiyonunu gösterir (Hey ve ark., 2009). Absisik asit sinyalleri, farklı hücrel reseptörler tarafından algılanır ve spesifik hücrel ABA yanıtlarının, farklı hücrel bölmelerdeki algılanması gerçekleşir. Bitki hücreleri için çok önemli ve varoluşsal bir zorluk, hem plazma zarında hem de endomembranlarda hücrel zarların bütünlüğünün korunmasıdır. Böylece bitkiler metabolizmanın homeostazisini ve hücrel enerji tedarikini sağlar. Ek olarak, çevresel değişikliklerin birincil algılanmasında ve hücrel hormonal sinyalleşme basamaklarının tetiklenmesinde ve düzenlenmesinde lipid kaynaklı sinyalleşmenin önemli rol oynadığına dair artan kanıtlar ortaya çıkmaktadır. Süperoksit, hidrojen peroksit ve nitrik oksit gibi ROS'un aşırı üretimi ve birikmesi, apoplastik bölmede oksidatif hasarlara ve lipid peroksidasyonu ile hücrel membranların hasar görmesine neden olur ve iyon akışlarına müdahale ederek iyon homeostazisi üzerinde geniş bir etkiye sahiptir (Baier ve ark., 2005). ABA'nın kök hidrolik özelliklerini değiştirdiği iyi bilinmektedir. Wan (2010), ABA'nın dışarıdan uygulanmasının, NaCl'nin hücreler üzerindeki olumsuz etkisini inhibe ettiğini bulmuş ve bunu, ABA'nın hücre ozmotik ayarını desteklediğini öne sürerek açıklamıştır. Ekzojen ABA ayrıca kök protein bolluğunu da sağlar (Jang ve ark., 2004).

Abiyotik stres tepkisinde yer alan bir başka iyi bilinen uzun mesafe sinyali de kalsiyumdur. Abiyotik ve biyotik strese yanıt olarak sitozolik kalsiyum ( $[Ca^{2+}]_i$ ) konsantrasyonu artar. Köklerdeki tuz ve ozmotik stresin bitki gövdesi boyunca  $[Ca^{2+}]_i$  artışının yayılmasına yol açarak sürgündeki tepkileri tetiklediği gösterilmiştir (Choi ve ark., 2014). Örneğin, tuz stresinin kökte lokal olarak uygulanması, endodermis ve korteks boyunca uzun mesafeli sistemik bir  $[Ca^{2+}]_i$  artış dalgasını başlatır, bu da tuz stresine yanıt veren genlerin yukarı regülasyonu ile sonuçlanır (Ko ve Helariutta, 2017).

Kalsiyumun birçok bitkide hücre içi sodyum birikimini önleyerek büyüme ve su dengesinin iyileşmesine yol açarak NaCl etkilerini iyileştirebildiği uzun zamandır bilinmektedir (Lee ve Zwiazek, 2015). Ayrıca NaCl'nin bitkiler üzerindeki bazı etkilerinin florür ile hafifletilebildiği de rapor edilmiştir (Calvo-Polanco ve ark., 2009). Ca ve florür, NaCl'ye maruz kalan bitkilerde kök iyon akışları da dahil olmak üzere bir dizi farklı süreç yoluyla su

ilişkilerini etkileyebilmektedir (Shabala ve ark., 2006). İlginç bir şekilde bitkilerde florürün neden olduğu yaralanmalar NaCl ile kısmen önlenebilir (Lee ve Zwiazek, 2015).

## 7. Bitkilerde tuza tolerans mekanizmaları

Tuzluluğun tuza özgü etkilerinin toleransına yönelik mekanizmalar iki ana tiptedir: 1) tuzun bitkiye girişini en aza indiren mekanizmalar; 2) sitoplazmadaki tuz konsantrasyonunu en aza indiren mekanizmalar. Bitkilerin tuzlu ortamlarda yetişmesi gerekiyorsa, metabolizmanın Na<sup>+</sup> veya Cl<sup>-</sup> tarafından tahrip edilmesinden kaçınılmalıdır. Bu nedenle sorumlu enzimlerin korunması büyük önem taşımaktadır (Borsani ve ark., 2003). Terleme akışıyla beslenen yapraklar, düzenlenmesi gereken büyük miktarda sodyumu bünyesine alır. Bitki hücreleri tuz stresine, plazma zarından sodyum akışını ve vakuolde sodyum birikimini artırarak yanıt verir. Dolayısıyla bu süreçlerde yer alan proteinler ve sonuçta genler, tuz toleransının belirleyicileri olarak düşünülebilir. Sitosolden apoplasta veya vakuollere aktif transmembran iyon ihracatı, tuzlu ortamlarda gelişen halofitlerin ana stratejileri arasındadır. Tuzun boşluklara tutulması, etli bitkilerin (sukulentler) tercih ettiği stratejidir. Etli bitkiler, tuz konsantrasyonunu bir eşik değerinin altında tutacak kadar hızlı yeni boşluklu alan üretmeyi başarabilirlerse hayatta kalabilirler (Koyro ve ark., 2008).

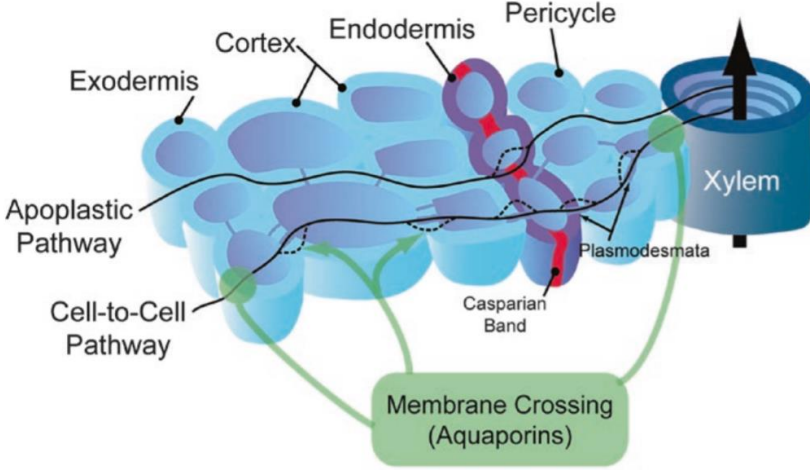
Halofitlerde her iki tuz toleransı mekanizması türü de vardır; tuzu iyi bir şekilde 'dışlarlar', ancak hücreler tuzu boşluklarda bölümlere de ayırabilir. Bu mekanizmalar, tuz bezleri veya tuz salgılayan keselerle birlikte, tuzlu toprakta uzun süre büyümelerine olanak tanır (Munns ve ark., 2006).

## 8. Bitkilerin tuza karşı ilk tepkileri

### 8.1. Su açığı

Abiyotik stres koşullarının üstesinden gelmek için köklerin su alımının çok önemli olduğu açıktır (Aroca ve ark., 2012). Ozmotik ve hidrostatik kuvvetler olmak üzere köklerden su alım hızını düzenleyen iki ana kuvvet vardır. Hidrostatik kuvvet terleme akışı tarafından üretilirken, ozmotik kuvvet kök basıncı (çözünen maddelerin aktif taşınması veya yeni osmolitlerin biyosentezi) tarafından oluşturulur. Kök suyunun taşınması radyal ve aksenal olarak ikiye ayrılır. Aksenal taşıma, suyun ksilem damarları boyunca hava kısımlarına doğru hareket etmesinden oluşur ve tüm bitki boyunca su taşıma

direncine büyük bir katkıda bulunmaz (Knipfer ve Fricke, 2011). Odunsu bitkilerde bu aksenal taşınma, kavitasyon olayları nedeniyle direncin önemli bir belirleyicisi olabilir (Dalla-Salda ve ark., 2009). Öte yandan, toprak çözeltisinden kök ksilem damarlarına doğru radyal su akışı, kök suyunun taşınmasına karşı yüksek dirence sahiptir ve dinamik olarak değiştirilebilir üç yol içerir. Apoplastik yol, hücre duvarının fibrilleri arasındaki gözeneklerden ve hücreler arası boşluklardan geçen suyu içerir. Simplastik yol, sitoplazma boyunca ve hücreler arasındaki plazmodezmata boyunca hareket eden sudan oluşur. Son olarak, transmembran yolu, sitoplazma boyunca hareket eden suyu ve plazma ve vakuolar membranları geçen vakuollerini içerir. Simplastik ve transselüler yollar ampirik olarak ayırt edilemediği için bu iki yolun toplamı hücreden hücreye yol olarak adlandırılır (Aroca ve ark., 2012).



**Şekil 1.** Su taşınması modeli, suyun topraktan kök ksilemine iki paralel yol boyunca akabileceğini öne sürmektedir. Yollardan biri apoplastik yoldur (hücre duvarları boyunca), diğeri ise hücreden hücreye yoldur. Apoplasttan geçen su akışı, endodermiste (kırmızı Kaspar bandı) hidrolik bir bariyerle karşılaşabilir ve bu bariyer, suberize edilmişse (noktalı çizgi) endodermal hücre zarları boyunca su akışını zorlayabilir. Hücreden hücreye yol, suyun plazmodezmata boyunca ve/veya membranlar boyunca (noktalı çizgiler; yani transselüler yol) akışını içerir (Gambetta ve ark., 2017).

Transpirasyon koşulları altında radyal su taşınması için ana yolun apoplastik yol olduğu ve terlemenin azaldığı koşullar altında ana yolun hücreden hücreye yol olacağı varsayılmıştır (Javot ve Maurel, 2002). Tuzluluk stresinin erken evresinde ozmotik dengesizlik iyonik toksisiteden daha kritiktir. Tuzluluk stresinin getirdiği hipertonic koşullar, stresin şiddetine bağlı olarak

köklere su alımında azalmaya veya köklerden su kaybına neden olmakta, bu da bitki gelişimini ciddi şekilde azaltmaktadır (Kaneko ve ark., 2015).

Kök suyu alımı ile yaprak terlemesi arasında bir dengesizlik olduğunda doku dehidrasyonu meydana gelir (Aroca ve ark., 2012). Kuraklık, düşük sıcaklık, ısı, tuz veya su baskını stresi koşullarında dokularda su açığı oluşur. Bazı spesifik stres koşulları altında, stres hasarının üstesinden gelmek için köklerden su alımının düzenlenmesi, yaprak terlemesinin düzenlenmesinden daha önemlidir. Belirli bir bitkinin kök suyu alım oranı, sonuçta aquaporin aktivitesi ve bir dereceye kadar suberin birikimi tarafından düzenlenen kök hidrolik özelliklerinin bir sonucudur (Aroca ve ark., 2012).

Su, bitki büyümesini ve mahsul verimliliğini sınırlayan en kritik kaynaklardan biridir ve kök suyunun alımı, bitkinin su kullanımını ve stres toleransını düzenleyen bitki fizyolojisinin önemli bir yönüdür. Kök suyunun alım yolları karmaşıktır ve kök yapısından ve dokunun fizyolojik tepkilerinden etkilenir. Su topraktan kök ksilemine apoplast (yani hücre duvarı alanı) ve/veya hücreden hücreye doğru ilerler, ancak apoplasttaki hidrolik bariyerler (örneğin endodermisteki suberize yapılar) bu yolun bazı noktalarında suyu hücre zarlarından geçmeye zorlayabilir. Su bir hücre zarını geçtiğinde, taşınması, zarın kendine özgü su kanalı proteinlerinin (aquaporinler) aktivitesinden etkilenebilir. Aquaporinler kök suyunun taşınma özelliklerini (hidrolik iletkenlik,  $L_p$ ) etkilemede önemli bir rol oynar ve dolayısıyla su alımını, bitki su durumunu, besin kazanımını, büyümeyi ve terlemeyi değiştirir. Bitkiler, kök hidrolik iletkenliğini düzenlemenin hızlı ve geri dönüşümlü bir yolunu sağlayabilen çeşitli mekanizmalar (örneğin, pH, fosforilasyon, içselleştirme, oksidatif geçitleme) yoluyla aquaporin aktivitesini düzenleme kapasitesine sahiptir. Aquaporin aktivitesinin farklılaşması yoluyla kök hidrolik iletkenliğindeki değişikliklerin, kuraklık, tuz, besin eksikliği ve soğuk dahil olmak üzere çok çeşitli streslere karşı kök tepkilerine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Stres toleransına katkıda bulunmadaki rolleri göz önüne alındığında aquaporinler, stresli ortamlarda mahsul performansını iyileştirmeye yönelik gelecekteki hedefler olabilir (Gambetta ve ark., 2017).

## 8.2. Fotosentezde azalma

Tuzluluğa karşı ilk bitki reaksiyonları, tuz stresinden saniyeler veya saatler sonra meydana gelir (Julkowska ve Testerink, 2015). Tüm bitkinin tuzluluğa verdiği ilk tepkilerden biri fotosentezin azalmasıdır. Tuzluluğun

fotosentez üzerindeki etkisi genellikle stoma ve stoma dışı sınırlamalarla ilişkilidir (Pan ve ark., 2021). Stoma sınırlamaları, fiksasyon için mevcut CO<sub>2</sub> miktarını azaltan stoma kapanmasından kaynaklanır. Tuzluluk, önce kısaca su ilişkilerinin bozulması, ardından yerel ABA sentezi yoluyla stoma iletkenliğini anında etkiler. Stoma iletkenliği ayrıca ROS ve Ca<sup>2+</sup> dalgaları gibi kök sinyaller tarafından da düzenlenir (Gilroy ve ark., 2014).

Fotosentetik dokularda ilerleyen sodyum birikimi, öncelikle fotosentezi etkileyerek CO<sub>2</sub> asimilasyonunu daha da engeller. Buna fotosentezin stoma dışı sınırlamaları denir ve fotosentetik enzim aktivitesinin baskılanması, klorofil biyosentezinin ihlali, fotosentetik aparatın ve tilakoid membranların verimliliğinde ve yapısal bütünlüğünde bir azalma ile ilişkilidir (Pan ve ark., 2021). Bitkilerin düşük ve yüksek tuzluluğa tepkileri değişiklik gösterir ve tuz toleransının hücresel ve moleküler mekanizmaları da önemli ölçüde farklı olabilir (Zelm ve ark., 2020).

### **8.3. Reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi**

Tuzluluğun en popüler olmuş etkilerinden biri, hidroksil, süperoksit ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türlerinin aşırı üretimi nedeniyle oluşan oksidatif hasardır. Halofitik bitkilerin tuzluluğa uyum sağlamasına yardımcı olmak için çeşitli morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişiklikler gözlemlenmiştir (Hameed ve ark., 2009). Bu stratejiler; fotosentetik sistemin klorofil sentezi yoluyla sürdürülmesi (Koyro ve ark., 2013); karotenoidlerin artırılması veya engellenmesi (Aghaleh ve ark., 2009); reaktif oksijen türleri (ROS) üretimi; süperoksit dismutaz (SOD) gibi enzimatik antioksidan aktivasyonu; peroksidaz ve katalazlar (Mohamed ve ark., 2020); fenolik bileşik (Pereira, 2016) ve flavonoidler (Di Ferdinando ve ark., 2012) gibi enzimatik olmayan antioksidan sentezi; osmoregülatör ve uyumlu çözünen maddelerin sentezidir (prolin gibi) (Kaur ve Asthir, 2015).

### **8.4. İnorganik iyonların birikmesi ve iyon toksisitesi**

Bitki büyümesi topraktan kökler tarafından emilen mineral besin maddelerine bağlıdır. Na<sup>+</sup> toprak çözeltilerinde bulunan önemli bir katyon olmasına rağmen, Na<sup>+</sup> çoğu bitki için gerekli bir mineral olarak kabul edilmez. Tuzlu topraklarda yüksek Na<sup>+</sup> konsantrasyonları K<sup>+</sup> ve diğer mineral beslenmesini bozar, hiperosmotik stres oluşturur ve oksidatif stres gibi ikincil sorunlara neden olur. Bu olumsuz etkiler bitki büyümesinin engellenmesine ve

hatta bitki ölümüne katkıda bulunur. Birçok sitozolik enzim  $K^+$  tarafından aktive edilir ve  $Na^+$  tarafından inhibe edilir. Bitki hücrelerinde sitozolde aşırı  $Na^+$  birikimini önlemek için üç mekanizma mevcuttur (Zhu, 2001). Birincisi, bitki hücrelerine  $Na^+$  girişi seçici iyon alımıyla kısıtlanabilir. İkincisi, içselleştirilmiş  $Na^+$  vakuollerde depolanabilir. Depolanan  $Na^+$  ozmotik düzenlemeye katkıda bulunduğundan, bitki hücrelerinin tuz stresiyle baş etmesi için vakuolar bölmeleme etkili bir stratejidir. Yüksek tuzluluğa doğal olarak adapte olmuş bitkiler olan halofitlerin, boşlukta büyük miktarda  $Na^+$  biriktirdiği bilinmektedir. Üçüncüsü, sitozoldeki  $Na^+$  büyüme ortamına veya apoplastik alanlara geri gönderilebilir. Plazma zarındaki  $Na^+ / H^+$  antiporterlerinin bu işlevi yerine getirmesi beklenir. Bu  $Na^+ / H^+$  antiporterleri yoluyla  $H^+$ -ATPazlar tarafından oluşturulan içe doğru yönlendirilmiş proton gradyanı tarafından tahrik edilir (Shi ve ark., 2002).

Tuzlu topraklarda yetişen bitkiler için  $Na^+$  ve  $Cl^-$ 'nin kökler tarafından 'dışlanması' büyük önem taşımaktadır (Barrett-Lennard, 2003). Bitkilerin yer altı ve yer üstü biyokütlesi arasındaki  $Na^+$  paylaşımı, tuzluluğa dayanıklılık açısından önemli bir husustur (Flowers ve Colmer, 2008). Bitkiler, dikotlara kıyasla sürgünlerde daha az miktarda  $Na^+$  biriktirir. Bitkiler,  $Na^+$ 'yı kökten toprak çözeltisine atar, vasküler dokulardaki yükünü düzenler, vakuol/apoplastta bölümlere hapseder ve metabolik süreçler üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için onu toprak üstü epidermal mesane hücrelerinden salgılar (Shabala, 2013).

### 8.5. Bitki metabolit profillerinde değişiklik

Bitkiler, çok çeşitli çevresel değişiklikleri algılamak, yanıt vermek ve bunlara uyum sağlamak için çok çeşitli, oldukça karmaşık ve etkili mekanizmalar geliştirmişlerdir (Fraire-Velázquez ve Balderas-Hernández, 2013). Halofitlerin yüksek tuzu tolere etme yeteneği, çeşitli fizyolojik süreçler, metabolik yollar ve tuzluluk toleransını sağlamaktan sorumlu protein veya gen ağları arasındaki etkili koordinasyonla belirlenir. Tuzluluğa duyarlı proteinler, fotosentez, redoks homeostazisi gibi çeşitli fonksiyonel sınıflara aittir; stres/savunma, karbonhidrat ve enerji metabolizması, protein metabolizması, sinyal iletimi ve membran taşınması. Halofitlerin tuz toleransında rol oynayan önemli metabolitler prolin, glisin betain, pinitol, miyo-inositol, mannitol, sorbitol, O-metilmukoinositol ve poliaminlerdir. Halofitlerde spesifik proteinlerin ve ozmotik olarak aktif metabolitlerin sentezi, iyon ve su akışını kontrol eder ve tuz stresi koşullarında oksijen radikallerinin temizlenmesini

destekler (Kumari ve ark., 2015).

Olumsuz veya sınırlayıcı büyüme koşullarında bitkiler, çeşitli organizasyon seviyelerindeki (moleküler, doku, anatomik ve morfolojik) tolerans mekanizmalarını aktive ederek, membran sistemini ve hücre duvarı mimarisini ayarlayarak, hücre döngüsünü ve hücre hızını değiştirerek ve metabolik ayarlama yoluyla yanıt verirler. Çeşitli işlevlere sahip geniş bir rezervuarı temsil eden 200.000'den fazla bilinen bitki sekonder metaboliti vardır. Çevre olumsuz olduğunda ve bitki büyümesi etkilendiğinde, metabolizma sinyal verme, fizyolojik düzenleme ve savunma tepkilerinde derinden rol oynar. Aynı zamanda geri bildirimde abiyotik stresler birincil ve ikincil metabolitlerin biyosentezini, konsantrasyonunu, taşınmasını ve depolanmasını etkiler. Abiyotik stres faktörlerine yanıt olarak yapılan metabolik ayarlamalar, amino asit, karbonhidrat ve amin metabolik yollarındaki ince ayarlamaları içerir. Erken metabolik tepkilerin uygun şekilde aktivasyonu, hücrelerin stresin neden olduğu kimyasal ve enerji dengesizliklerini onarmasına yardımcı olur ve iklimle uyum ve hayatta kalma için çok önemlidir. Araştırmalar, metabolik aktivitelerin strese transkripsiyonel aktivitelerden daha hızlı tepki verdiğini ortaya çıkarmıştır (Fraire-Velázquez ve Balderas-Hernández, 2013).

Tuzluluğa maruz kalma sırasında metabolik profilde meydana gelen değişiklikler bitkilerin cinsine, türüne, çeşidine ve gelişim aşamasına bağlıdır (Bernstein ve ark., 2010). *Arabidopsis*, *Lotus* ve *Medicago* gibi çeşitli glikofitik cinslerin tuza maruz bırakılması, amino asitlerin (özellikle prolin), şekerlerin ve fenollerin konsantrasyonlarının artması ve organik asitlerin konsantrasyonlarının azalmasıyla birlikte 48 metabolitte benzer değişikliklere neden olmuştur (Fraire-Velázquez ve Balderas-Hernández, 2013). Tersine, halofitler tuza maruz kaldıktan sonra metabolit profillerinde ve/veya gen ifadesinde bu kadar büyük değişiklikler göstermez, bu da yapısal bir tuz toleransı olduğunu gösterir (Kosova ve ark., 2013). Tuz stresine verilen metabolik yanıt, uyumlu osmolitlerin sentezidir. Bunlar ozmotik ayarlamaya aracılık eder ve dolayısıyla düşük su potansiyeli ve/veya yük dengesi sağlar, hücre içi yapıları korur ve yüksek tuzluluğa tepki olarak üretilen serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasarı azaltır. Bununla birlikte, organik çözünenlerin sentezi enerji gerektirir ve bu çözünenlerin oluşumu bitkinin enerji durumunu azaltır (Koyro ve ark., 2008).

## 8.6. Besin eksikliği ortaya çıkması

Tuz toleransı yalnızca  $\text{Na}^+$  toksisitesine adaptasyonla ilişkili değildir, aynı zamanda su eksikliği ve bozulmuş besin kazanımı gibi tuzluluğun ikincil etkilerine adaptasyonu da yansıtır. Tuzlu habitatlardaki karasal bitkiler genellikle toprak çözeltisinde ve atmosferde düşük su potansiyeli ile çevrilidir. Terleme yoluyla su kaybının, akış oranından daha yüksek olmasını önlemek önemlidir. Bu ancak bitkideki su potansiyelinin topraktakinden daha düşük olması durumunda mümkündür. Yaprak suyu potansiyellerine ilişkin veriler, halofitlerin yaprak suyu potansiyelinin tuzluluk toleransı ile tek başına tek bir faktör olarak ilişkili olmadığını açıkça göstermektedir (Koyro, 2006). Bununla birlikte, biyokütle üretimi temel olarak düşük su kaybı oranlarında yüksek net fotosentezi sürdürme yeteneğine bağlı olduğundan, düşük toprak su potansiyellerinde bitki su kaybının en aza indirilmesi gerekir. İyon toksisitesi ve besin dengesizliği, tuzlu habitatlarda büyümenin iki ana kısıtlayıcısıdır ve bu nedenle halofitlerin tuz toleransı açısından özel bir öneme sahiptir. Bazı tuza toleranslı bitkiler, tuza duyarlı akrabalarından, yapraklara düşük oranda  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  taşınmasıyla farklılık gösterir (Munns, 2002). Bununla birlikte, bazı halofitler, maksimum büyüme ve düşük çözünen madde potansiyellerine ulaşmak için aşırı miktarda tuza bile ihtiyaç duyarlar.  $\text{NaCl}$  birikimi, organik maddelerle ozmotik ayarlama için gerekenden çok daha az enerji tüketir. Bununla birlikte, yüksek substrat tuzluluğu, bu içeriklerin içinde bile tuzun toksik etkilerine yol açabilmektedir (Munns, 2005). Yaralanmanın nedeni muhtemelen hücrelerin vakuoldeki tuzları bölümlere ayırma yeteneğini aşan tuz yüküdür. Tuzlar daha sonra sitoplazmada hızla birikecek ve enzim aktivitesini inhibe edecektir. Alternatif olarak hücre duvarlarında birikebilir ve hücrenin dehidrasyonunu sağlayabilirler. *Laguncularia racemosa* (tuz bezli) gibi bazı halofitler tipik  $\text{Na}$  dışlayıcılardır ancak yapraklarda yüksek  $\text{Cl}^-$  birikimi vardır. *Spartina townsendii* ise yapraklarda yüksek  $\text{Na}^+$  birikimine sahip tipik bir  $\text{Cl}^-$  dışlayıcıdır (Koyro ve ark., 2008).

Yüksek tuzluluk durumu, ozmotik stres, beslenme dengesizliği, oksidatif hasar ve/veya spesifik iyon toksisitesi yoluyla bitki büyümesini engelleyebilir. Tuzlu ortamda, sodyum ( $\text{Na}^+$ ), klorür ( $\text{Cl}^-$ ), amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ), potasyum ( $\text{K}^+$ ), kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) gibi bitki besin maddelerinin alımını, translokasyonunu ve asimilasyonunu engeller ve iyon homeostazisinin bozulmasına yol açar. Azot (N), bitkiler tarafından emilen temel bitki besin maddeleri arasında önemli bir yere sahiptir. Hücre



materyallerini ve bitki dokularını oluşturan proteinlerin ayrılmaz bir bileşendir ve dolayısıyla bitki büyümesi ve gelişimi için hayati öneme sahiptir. Ancak bitkilerde, özellikle de glikofitlerde N birikimi, tuzlu ortamdaki tuz iyonları tarafından ciddi şekilde kısıtlanır. Tuzluluğun N alımı ve asimilasyon üzerindeki etkileri, sırasıyla  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  ile  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  antagonizmasına, bitkiler tarafından su alımında tuzluluğun neden olduğu azalmaya, bitki büyümesinin engellenmesine veya N metabolizmasındaki değişikliğe atfedilebilir. Tuzlu koşullar altındaki bitkilerde  $\text{NH}_4^+$  asimilasyonu,  $\text{NH}_4^+$  asimilasyonundan sorumlu genlerin aşağı regülasyonu nedeniyle de inhibe edilebilir (Wang ve ark., 2012).

Farklı stratejiler arasında, tuzluluk stresi altında bitkinin hayatta kalmasını iyileştirmek için mineral besin maddelerinin yeterli düzeyde düzenlenmesinin önemi giderek artmaktadır. Çok yüksek hücresel tuz birikimi aynı zamanda yaprak dökülmesine, klorofil ve fotosistem hasarına da neden olur. Tuzluluk stresi altında, besin dengesizlikleri genellikle tuz iyonlarının besin maddesinin fitoyararlılığı, alımı, translokasyonu veya bitki gövdesi içindeki dağılımı üzerindeki etkilerinden kaynaklanır ve bu da ürün veriminde ve kalitesinde önemli bir düşüşe neden olur. Tuz stresi aynı zamanda stoma açıklığını da düzenleyerek yapraklardaki  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  oranını azaltır ve  $\text{CO}_2$ 'nin bitkilerde sabitlenmesini engeller (Hernández ve Almansa, 2002). Tuzluluk,  $\text{CO}_2$  fiksasyonu sırasında elektron taşınmasının bozulmasına neden olur ve bitkilerde ROS üretimini artırır. Tuzluluk stresi altında artan ROS üretimi, hücre zarına, klorofile, proteinlere, lipitlere ve nükleik asitlere zarar verir ve sonuçta oksidatif stres yoluyla ürün veriminde ve kalitesinde önemli bir düşüşe yol açar (Demidchik ve Maathuis, 2007). Azot, iyon toksisitesini azaltarak ve iyonik dengeyi koruyarak bitkilerin tuzlu ortama adaptasyonunu geliştirebilir. Tuzlu koşullar altında uygun N sağlanması bitki büyümesini teşvik eder, tuz seyrelmesine yol açar ve sonuç olarak stres ortamında bitkinin hayatta kalmasını artırır. Rais ve ark. (2013), N'nin ozmotik ayarlamaya, klorofil sentezine ve prolin birikimine katkısının bitkilerde tuz toleransını tetikleyen ana mekanizmaları oluşturduğunu ileri sürmüştür. Siddiqui ve ark. (2010), prolin ve glisin betain (GB) gibi ozmoprotektanların N kaynaklı senteziyle radikal oksijen türlerinin (ROS) detoksifikasyonunun bitkilerde tuz toleransına katkıda bulunduğunu bulmuşlardır.

## 9. Bitkilerin tuzluluğa adaptasyonu

Abiyotik strese karşı bitki tepkileri, bitki fizyolojisi ve metabolizmasının tüm yönlerini etkileyerek ciddi verim kayıplarına yol açar. Dolayısıyla tolerans mekanizmaları hücresel hasarın önlenmesine veya hafifletilmesine, homeostatik koşulların yeniden kurulmasına ve büyümenin yeniden başlamasına bağlıdır (Peleg ve ark., 2011).

Tuzlulukla başa çıkmak için bitkiler, değişen büyüme düzeni, ozmotik düzenleme ve iyon homeostazisi dahil olmak üzere çeşitli adaptif mekanizmalar geliştirmiştir (Flowers ve Colmer, 2008). Bitkilerin tuzluluğa adaptasyonu, tuz stresinin şiddetine ve süresine bağlı olarak çeşitli fizyolojik mekanizmaların kullanıldığı oldukça çok yönlü bir süreçtir. Çeşitli tuzluluklara karşı adaptif bir tepkinin oluşması belirli zamanları gerektirir. Tuza toleranslı türler (halofitler) üzerine yapılan çalışmalar, sodyum ve potasyum iyonlarının taşınması ve tutulmasının yanı sıra uyumlu çözünen maddelerin sentezi ve taşınmasının bitkilerde tuz toleransı mekanizmalarında belirleyici bir rol oynadığını göstermiştir. Bu büyük ölçüde, tuzlanmanın yoğunluğuna ve süresine ve belirli tuz toleransı mekanizmalarının varlığına doğrudan bağlı olan, biriken sodyum iyonlarının oranına bağlıdır (Shuyskaya ve ark., 2022).

Salin koşullarının bitkiler tarafından toleransı değişken olmasına rağmen, tuzların konsantrasyonu deniz suyunda bulunanların %30'u olduğunda bitki türleri genellikle hoşgörüsüzdür. Halofitler çok tuzlu topraklarda doğal olarak büyür. Halofitlerdeki tuz toleransı bir dizi adaptasyona bağlıdır. Çok faktörlü yanıt, gaz değişimi, su ilişkileri (ozmotik adaptasyon), seçici taşınması ve iyonların alımı, iyon bölümlendirmesi (homeostaz), ozmolit üretimi, enzim aktiviteleri, iyon atılımı ve genetik kontrol gibi birçok yönü kapsar. Bitki hücrelerinin düşük sitosolik sodyum konsantrasyonlarını sürdürme yeteneği, bitkilerin tuzlu habitatlarda büyüme yeteneği için önemli bir süreçtir ve birkaç bitkiye özgü etkileşime bağlıdır. Bazı bitkiler (fakültatif halofitler), yağmurlu mevsimlerde generatif yaşam döngüsünü tamamlamak gibi hilelerle yüksek tuzun etkilerinden kaçınır (Koyro ve ark., 2008).

### 9.1. Moleküler adaptasyon

Optimum seviyenin üstü tuzluluklarda büyümenin neden azalması gerektiği bilinmemektedir. Ancak fotosentez ve solunum dengesini değiştirecek yaprak, gövde ve kök arasındaki biyokütle tahsisindeki

değişiklikler gibi azalan karbon fiksasyonu bundan sorumlu olabilir. Diğer bir olasılık, apoplasttaki yüksek iyon konsantrasyonlarının veya hücre duvarı elastikiyetindeki bir değişikliğin sonucu olarak turgordaki bir düşüşün bir sonucu olarak büyümede bir değişikliktir (Balnokin ve ark., 2005). Farklı olasılıklar ozmotik ayarlama ile ilgili olarak yeterli besin biriktirememesi ve/veya dağıtamama veya yeterli organik çözünen maddeleri sentezleyememesi, iyonların ayrı bölümlere hapsedilmesinin enerji talepleri olabilir (Britto ve Kronzucker, 2006).

Halofitlerde tuz toleransı için gerekli olan süreçlerin enerji ihtiyaçları önemli düzeyde olabilir.  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin net alınımı ve hücresel bölünmesini düzenlemek için iyon taşınmasında ve uyumlu çözünen maddelerin sentezinde enerji tüketilecektir. Ancak bu taleplerin kapsamı bilinmemektedir ve eğer halofitlerdeki tonoplast zarları  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  sızıntısını önlemede özellikle etkiliyse, iyon bölmelemenin maliyeti aşırı olmayacaktır. Artan tuzluluğa maruz kalan halofitlerin yaprakları için solunum oranları farklı seviyelerde rapor edilmiştir: 1) değişmeme (örn. *Spartina alterniflora*'da kuru kütle bazında; *Salicornia bigelovii*'de alan bazında; *Avicennia germinans*'de alan bazında); 2) artış (örneğin iki mangrov türünde kuru kütle bazında); 3) azalma (örn. *Plantago coronopus*'de alan bazında) (Lopez-Hoffman ve ark., 2007; Koyro, 2006).

## 9.2. Hücresel ve dokusal adaptasyon

Kök hücrelerde suberizasyon ve Caspari kuşaklarının oluşumu, bitkilerin su ve mineral elementlerin taşınmasını kontrol etmesine izin veren önemli anatomik özelliklerdir. Bununla birlikte, benzer anatomik özellikler yalnızca halofitlerde mevcut değildir, aynı zamanda *Gossypium hirsutum* gibi glikofitlerde de ortaya çıkmaktadır (Shabala ve Mackay, 2011).

Organizma ve doku yapısal özelliklerinin yanı sıra, farklı tuz biriktirme stratejileri sergileyen halofitlerin mezoyapı düzeyinde de bazı farklılıklar ortaya çıkarılmıştır. Öhalofit tür olan *Salicornia perennans*'ta hücre boyutlarının, krinohalofit türler olan *Limonium gmelinii* ve glikohalofit *Artemisia santonica*'dan 4-5 kat daha büyük olduğu bulunmuştur. Ancak öhalofitlerde yaprak yüzey alanı birimi başına düşen hücre sayısı krino ve glikohalofitlerden daha azdır. Öhalofitlerin lager hücreleri büyük boyutta kloroplastlar içermesine rağmen, krinohalofitlerde ve glikohalofitlerde dış hücre ve kloroplast membranlarının toplam yüzey alanı, öhalofitlere kıyasla

daha yüksektir (Rozentsvet ve ark., 2016).

Yoğun lignifikasyon, yüksek ozmotik basınçta hücrelerin büyük mekanik sertliğini sağlar. Böyle bir mekanizma *Acrostichum aureum* mangrovarlarının eğrelti otu yapraklarında bulundu. Endodermin gelişmesi, tuzun bitki organlarının iç kısmına nüfuz etme yolunda bir bariyer görevi görür ve hem yer üstü hem de yeraltı organlarındaki yoğun büyümesi, zorunlu ve fakültatif halofitlerin karakteristik bir özelliğidir (Naz ve ark., 2013).

Çoğu çevresel stres, büyüme ve fotosentezde azalma, oksidatif hasar, hormonal değişiklikler ve stresle ilişkili çok sayıda proteinin birikmesi gibi ortak etki ve tepkileri paylaşır. Bu değişiklikler genellikle doku dehidrasyonunun sonucudur (Kacperska, 2004).

Deniz suyuyla sulanan bölgelerde yetişen *Fimbristolis dichotoma* bitkileri iyi gelişmiş aerenkimaya sahiptir ve bu, böyle bir yapıya sahip köklerin uzun süreli tuzlu su taşkınlarını tolere edebilmesi gerçeğiyle uyumludur. Sklereidler, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Halocnemum strobilaceum* ve *Sarcocornia fruticosa* halofitlerinin yapraklarında gelişir. Ayrıca *Salicornia* cinsine ait bazı bitkilerin yanı sıra *Halocnemum strobilaceum* ve *Arthrocnemum glaucum*'un palisad hücreleri arasında yer alan sarmal hücrelerle donatıldığı görülmüştür; ancak ekolojik işlevleri şu ana kadar belirsizliğini korumaktadır. Bu hücrelerin, su dengesinin korunmasında rol oynadığı varsayılmaktadır. Örneğin *Scorzonera cana* ve *Plantago coronopus* bitkilerinde bazal rozet içine toplanan yapraklar sürekli yenilenme özelliği sayesinde bitkinin tuz fazlalığını da ortadan kaldırmasına yardımcı olur (Grigore ve ark., 2014).

C4 bitkilerinin karakteristik yapısal özellikleri, damar demetleri etrafında sıkı bir şekilde paketlenmiş çift katmanlı kılıf hücreleri ve kılıflar arası ve mezofil hücreleri arasında çok sayıda plazmodezmata ve bu hücrelerde özel kloroplastların varlığıdır. *Anabasis salsa*, *Atriplex lampa*, *Climacoptera brachiata*, *Suaeda acuminata* ve *Suaeda eltonica* gibi bitki türleri C4-halofitlerin örnekleridir (Rozentsvet ve ark., 2016).

Hücresel işleyiş, genellikle pH-stat olarak adlandırılan pH stabilizasyon mekanizmaları yoluyla farklı metabolik yollara katılan enzimler için pH optimumunun korunmasını gerektirir. Bitki metabolizması, hücre içi pH'yı korumak için dengelenmesi gereken H<sup>+</sup> veya OH<sup>-</sup> iyonlarını üretir.

Biyotik veya abiyotik stresler aynı zamanda adaptif metabolik reaksiyonları tetikleyen sitoplazmik pH değişikliklerini de indükler. İyonların membranlar boyunca uyumlu taşınması, biyofiziksel bir pH durumu oluşturabilir. Elektrofizyolojik çalışmalar, tonoplast antiporterlerin sitoplazmik ve vakuoler pH'nın ve tuz stresinin neden olduğu iyon gradyanlarının düzenlenmesinden sorumlu mekanizmalar arasında olduğunu göstermektedir (Carden ve ark., 2003).

### 9.3. Anatomik ve morfolojik adaptasyon

Vesiküler kıllar, epidermisin değiştirilmiş formlarını temsil eden iki bölümden oluşan (gövde ve kesecik) özel salgı yapılarıdır. Sapın işlevi iyonları mezofil hücrelerinden keseciğe taşımaktır. Kütikül ile kaplı olan ve tuz ve su geçirmez kesecik, NaCl çözeltisini biriktirir ve tuz birikimi arttıkça boyutu 200 µm'den büyük hale gelebilir. Daha sonra veziküler tüyler bozulur ve yaprak yüzeyinde %80'e varan tuzlar açığa çıkar (Agarie ve ark., 2007). Bu tür tüyler *Atriplex*, *Chenopodium* ve *Halimione* türlerinde bulundu. Tuz bezleri oldukça özelleşmiş yapılardır ve farklı türlerin temsilcilerinde yapıları farklı karakterdedir. Bunlar tuz salma işlevini yerine getirir ancak kesecikli tüylerin aksine birikmez ve aksine sürekli olarak tuz salımı yapar. Bu tür bitkilerin tipik temsilcileri *Limonium* türleridir (Daraban ve ark., 2013).

*Zygophyllum aegyptium* ve *Holocnemum strobilaceum* gibi bitkilerde toprağın tuzlanma düzeyinin artmasıyla birlikte sululuğun artırılmasıyla ilişkili değişim mevcuttur. *Inula crithmoides* ve *Arthrocnemum macrostachyum* gibi bitkilerde sukulens, toprak tuzluluğunun belirli bir eşiğine kadar artar, sonra azalır (Khan ve ark., 2005).

Periyodik olarak kuraklığı tolere eden *Puccinellia distans*, *Juncus gerardi* ve *Bolboschoemus maritimus* halofitlerinin karakteristik bir özelliği, epidermal hücreler nedeniyle yaprakların katlanmasıdır. Tuz toleransında ek kambiyum katmanlarının ve endodermin oluşumu, yoğun lignifikasyon ve sklereidlerin varlığı büyük önem taşımaktadır (Grigore ve ark., 2014).

## 10. Sodyum iyonlarının vakuollerde tutulması

Bitkiler tuzluluğa direnmek için ozmotik düzenleme, iyon homeostazisi ve antioksidan koruma gibi çeşitli stratejiler kullanır. Bitki hücrelerinin ayırt edici yapısal özelliklerinden biri, zarla çevrili büyük bölmelerin (vakuoller) varlığıdır. Son zamanlarda, Na<sup>+</sup>'nin vakuolar tutulması, aynı zamanda

sitozoldeki  $\text{Na}^+$  konsantrasyonunu da azaltan ozmotik ayarlama için önemli ve uygun maliyetli bir strateji olarak daha fazla ilgi çeker olmuştur. Bu homeostatik mekanizmada birincil rol oynayan proteinler, vakuolar  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporterleridir. Bitkilerde vakuolar  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporteri tuz toleransında önemli bir rol oynar. Vakuolar  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporterleri, vakuolar H-ATPaz ve H-PPiaz tarafından üretilen proton elektronkimyasal gradyanı altında tonoplast membranları boyunca  $\text{Na}^+$ 'nın  $\text{H}^+$  ile değişimini katalize eden membran proteinleridir. Bitkilerde vakuolar  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporterleri,  $\text{Na}^+$  toksisitesini azaltmak ve tuz stresini hafifletmek için sitozolde yüksek  $\text{K}^+ / \text{Na}^+$  oranını korumak için  $\text{Na}^+$ 'yı vakuolara pompalayabilir (Zhang ve ark., 2008). İlk biyokimyasal ve tonoplast taşıma analizleri, aşırı  $\text{Na}^+$ 'nın tuz stresi altında tutulmasına, vakuoler membranda lokalize olan  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporterlerinin aracılık ettiği modelin keşfine yol açmıştır. Bu  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporterleri, vakuoler lümeni asitleştiren vakuoler (V tipi) proton ATPaz tarafından oluşturulan, proton gradyanı tarafından yönlendirilen, vakuollere  $\text{Na}^+$  hapsine aracılık eder. Ortaya çıkan vakuolar  $\text{Na}^+$  tutulması, turgoru korurken sitoplazmadaki temel enzimatik reaksiyonları aşırı  $\text{Na}^+$  seviyelerinden korur (Horie ve Schroeder, 2004).

## 11. Fazla tuzun salgılanması

Boşaltımsal halofitler, bitki organlarından fazla tuz salgılayabilen glandüler hücrelere sahiptir. İki hücreli trikomlara sahip basit bir sistem, örneğin kord otunda tuzlar için toplama odaları olarak gelişmiştir ve örneğin birkaç yaygın mangrovda karmaşık tipte tuz bezleri bilinmektedir. Sadece bezler değil mesane kolları da tuza duyarlı metabolik bölgelerdeki tuzları uzaklaştırabilir. *Atriplex* veya *Chenopodium* gibi bazı halofitler, yaprakların yüzeylerinde, parçalandıklarında tuzu çevreye geri salan vesiküllü trikomlara sahiptir. Halofitler genellikle ultraviyole ışığın yaprak dokularına ulaşmasını önleyen ve böylece reaktif moleküllerin (ROS) yanı sıra nitrojen radikallerinin gelişimini en aza indiren yansıtıcı yüzeylere (balmumu veya trikomlar) sahiptir. Tuz iyonlarının vakuollerde biriktirilmesiyle toksisite, hücrelerin sitoplazmasından ve organellerinden ayrılır. Birçok halofitin yaprakları oldukça hızlı bir şekilde değişir; yapraklar döküldüğünde bitkiden tuzlar uzaklaştırılır. Tuzun atımıyona toksisitesini en aza indirir ancak su açığını hızlandırır ve dolaylı olarak  $\text{CO}_2$  alımını azaltır (Koyro ve ark., 2008).



**Şekil 2.** Kinoa, yüksek (deniz suyu) tuzluluk seviyeleriyle sulandığında bile dane üretebilen fakültatif bir C3 halofitik bitkidir (fotoğraf A ve B). Kinoa bitkilerinin kayda değer tuzluluk toleransı, büyük ölçüde, hem adaksiyel hem de abaksiyel yaprak yüzeylerinde bulunan tuz keselerine atfedilir. Ancak tuz kesesi yoğunluğu genç (fotoğraf C) ve yaşlı (fotoğraf D) yapraklar arasında oldukça farklıdır (Bonales-Alatorre ve ark., 2013).

Salgılama bitkilerde yaygın bir olgudur ve özel dokular nektardan müsilağlara ve tuzlara kadar çeşitli maddeleri salgılayacak şekilde gelişmiştir. Tuz salgılayan bezler, bu rolü yerine getirmek için çeşitli yapıların evrimleştiği çiçekli bitki ailelerinde bulunur (Dassanayake ve Larkin, 2017). Bitkilerin salgıları, çeşitli amaçlarla hem toprak üstü hem de yer altı organlarından üretilebilir; salgı yapıları tüm kapalı tohumlu dallarda bulunur ve bitki mikro ortamını çeşitli şekillerde etkileme potansiyeline sahiptir (Galloway ve ark., 2020). Tuz salgılayan bezler, müsilağ salgılayan bezlerin aksine nispeten nadirdir: Halofit içeren 111 familyanın yalnızca 12'sinde bulunurlar. Tuz salgılayan halofitlere (rekretahalofitler) sahip 12 familyadan beş familya, bu tip toplam türlerin yaklaşık %90'ını içerirken (*Plumbaginaceae*, %28; *Poaceae*, %21 *Amaranthaceae*, %20; *Tamaricaceae*, %15 ve *Frankeniaceae*, %6) diğer yedi familya kalan %10'u içerir. *Plumbaginaceae* familyasının dokuz cinsinde çok hücreli tuz bezleri tanımlanmıştır; yapraklar ve gövdelerin yanı sıra rachis, scapes (çiçek salkımları) ve sivri uçlar gibi diğer topraküstü organlarında da

bulunur (Caperta ve ark., 2020). *Plumbaginaceae* familyasının tuz bezleri karmaşıktır ve 40'a kadar sayıda hücreden oluşur. Çoğu türde bezler 16 hücreden oluşur; yalnızca *Limoniastrum guyonianum*'un (32 hücreli) ve *Aegialitis*'in (24 veya 40 hücreli) bezleri daha fazlasına sahiptir. Çok hücreli tuz bezleri ayrıca *Caryophyllales* aileleri *Frankeniaceae* ve *Tamaricaceae*'de de tanımlanmıştır (Dassanayake & Larkin, 2017). Glandüler kompleksin epidermisteki konumu farklılık gösterebilir. Yapraklarda bezler yüzeyde diğer epidermal hücreler seviyesinde veya yaprakların derinlerine gömülmüş olarak mezofil hücreleriyle yan yana görülebilir (Bernard & Lefebvre, 2001).

Pek çok türün salgıları Ca ve Mg içerse de, bezler çeşitli iyonları ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarını 200 pmol/bez/saatın üzerindeki değerlerde akışlarla salgılama yeteneğine sahiptir. Kirlenmiş bir tuz bataklığında yetişen *Tamarix africana* yapraklarının yüzeyindeki tuzların As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb ve Zn içerdiği (Santos ve ark., 2017), çözelti kültüründe yetişen *T. smyrnensis* bitkilerinin ise Pb ve Cd salgıladığı gösterilmiştir (Kadukova ve ark., 2008). Bununla birlikte, denizdeki tuzlu bataklıklarda yetişen bitkilerin salgılarında Na ve Cl baskındır. Bitkilerin toprak üstü kısımlarında gelişen salgı yapıları, organik bileşikler salgılayanlar ile inorganik iyonları salgılayanlar olarak ayırt edilebilir. Bu bezlerin tümü çift çenekli bitkilerde çok hücreli yapılardır, ancak kökenleri belirsizdir. Organik madde salgılayan bezlerin yapısı tuz bezlerinden farklı olmasına rağmen, birincisinin ikinciyi mi doğurduğu, yoksa bağımsız olarak mı ortaya çıktığı belli değildir. Bununla birlikte, çiçekli bitki familyalarında tuz bezleri müsülaj bezlerinden daha az yaygındır. Tuz salgılayan bezler, tuzlu olmayan ortamlarda gelişen türlerde sürdürülse de, tuzlu habitatların başarılı bir şekilde kolonileşmesine izin veriyor gibi görünmektedir; bu, bu halofitik özelliğin evrimsel bağımsızlığını yansıtmaktadır. Bu tür bezlerin varlığı aynı zamanda ağır metaller açısından zengin toprakların kolonileşmesine de olanak tanıyor gibi görünmektedir (Caperta ve ark., 2020).

## 12. Kuraklık ve su basması koşullarında tuzluluk

Halofitlerin birçok morfolojik ve anatomik adaptasyonunun doğası, tuzlu ortamlarda meydana gelen fizyolojik kuraklık nedeniyle kseromorfiktir. Sukulent, bitki dokularında biriken toksik tuzlar üzerinde seyreltme etkisine sahip olabilir ve kurak dönemlerde su depolama rolü oynar. Halofitik kenopodların kök ve gövdelerindeki ardışık kambia aktivitesiyle bağlantılı



yoğun odunlaşma aynı zamanda tuzluluk ve kuraklıkla da ilişkili olabilir. Tuz salgısı, rekretohalofitlerin (krinohalofitler) önemli bir stratejisidir; tuz bezleri ve tuz keseleri, tuz fazlalığının hava organlarından halofitlerin dışına doğru salgılanmasında rol oynar. Kranz anatomi modeli, C4 halofitlerinde, C4 yolu için tipik olan fizyolojik ve biyokimyasal süreçler için fiziksel bir destek olarak ortaya çıkar. Bulliform veya motor hücreler, uzun kuraklık dönemlerinde yaprağın kıvrılması için "amfibi halofitler" olarak görev yapar. Özel veya yerel çevresel faktörler (tropikal halofitler) açısından halofitlerin, mangrovlarda olduğu gibi (havadaki pervane kökleri, pnömatorforlar, aerenkima) özel adaptasyonları vardır (Grigore ve Toma, 2021).

Sel, tuzlulukla birlikte yaygın bir çevresel değişkendir. Halofitlerde toprağın su basmasına tolerans, glikofitlerde olduğu gibi, genellikle aerenkima içeren tesadüfi köklerin üretimi ve bunun sonucunda ortaya çıkan dahili O<sub>2</sub> kaynağı ile ilişkilidir. Halofitlerin anoksi toleransı hakkında çok az şey bilinmesine rağmen, bazı türler için aerobik üst toprak katmanlarında sığ köklenme, sık sık su basan topraklarda hayatta kalmanın anahtarı gibi görünmektedir. Suyla dolu substratlarda yaşayan halofitik türler, köklendikleri hipoksik (veya anoksik) ortama rağmen sürgün iyon konsantrasyonlarını düzenleyebilmektedir; bu durum, tuzluluk ve su birikintisinin bir arada meydana gelmesinden zarar gören diğer bitkilerin çoğuyla tam bir tezat oluşturmaktadır. Su basmış topraklarda O<sub>2</sub> eksikliğine ek olarak, CO<sub>2</sub>, etilen, Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, S<sup>2-</sup> ve karboksilik asitler gibi bitki büyümesini etkileyen diğer bileşikler ve iyonlar da birikebilir (Greenway ve ark., 2006). Su baskını olaylarının zamanlaması bitki tepkilerini etkileyebilir; önemli faktörler bulunan büyüme dönemi ve mevsimdir (örneğin kış ve yaz selleri). Daha yüksek sıcaklıklar O<sub>2</sub> talebini artırır (van Eck ve ark., 2005). Geçici su basması durumunda, bitkiler üzerinde olumsuz etkiler olay sırasında ve su çekildikten sonra meydana gelebilir, özellikle de kalan köklerin yüzeysel olması ve üst toprağın kuruması durumunda (örneğin, yağışlı kışları ve kuru yazları olan Akdeniz tipi ortamlar). Bu streslerin olumsuz etkileşimli etkileri artık birçok tuzlu toprakta mahsullerin başarısızlığının belirlenmesinde çok önemli olarak kabul edilmektedir ve ayrıca tuzdan etkilenen topraklar için yeniden bitkilendirme programlarının tasarımında da dikkate alınması gerekmektedir (Barrett-Lennard, 2003). Bitkilerde su baskınına tolerans mekanizmaları, büyük bir maceracı kök sistemi geliştirme kapasitesini, aerenkima oluşumunu ve etkili iç havalandırma için ilgili özellikleri (Colmer, 2003) ve dokularda anoksi toleransını içerir (Gibbs ve Greenway, 2003). Birçok sulak alan türünde,

kök biyokütlesine maceracı kökler hakimdir ve bu kökler aynı zamanda sulak alan halofitlerinde de ortaya çıkar (Pedersen ve ark., 2006).

### 13. Sonuç

Ciddi bir abiyotik stres etkeni olan toprağın tuzlanması, bitki büyümesini ve gelişimini bozar, fizyolojik anormalliklere neden olur ve sonuçta verimi tehlikeye atar. Bu problem, çoğunlukla aşırı gübreleme, yanlış arazi kullanımı ve sulama gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanan, toprakta aşırı miktarda tuz birikmesinden kaynaklanmaktadır. Dünyanın pek çok yerinde tuzluluk, bitki gelişimini ve verimin kısıtlayan önemli bir abiyotik stres etkenidir.

Moleküler, karmaşık fizyolojik özellikler ve metabolik süreçlerin tümü, bir bitkinin tuz stresine uyum sağlama veya tolere etme yeteneğinde rol oynar. Topraktaki  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ve diğer ilgili iyonların aşırı yüksek konsantrasyonları, bitki hücrelerinin normal işlevlerine müdahale edebilir ve tohum çimlenmesi ve fotosentez gibi hayati metabolik süreçleri değiştirerek bitki dokularına ciddi şekilde zarar verebilir ve hatta aşırı durumlarda bitkinin ölümüne neden olabilir. Bitkilerde tuz stresinin etkilerine karşı iyon homeostazisinin düzenlenmesi, iyon ihracatı ve bölümlendirme ve ozmoprotektan üretimi gibi bir dizi savunma mekanizması gelişmiştir.

Bitkilerin tuz stresine tepkileri ve tuza tolerans sistemleri hakkındaki bilgilerimizde son on yılda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Genetik, moleküler ve fizyolojik düzeydeki karmaşık etkileşim, bitkilerin tuzu tolere etmesini sağlar. İyon homeostazisinin korunması, iyon taşınmasının kontrol edilmesi, ozmotik düzenleme ve antioksidan metabolizmanın artırılması da dahil olmak üzere çok sayıda araştırmada tuz toleransına ilişkin birçok mekanizma önerilmiştir. Tuzdan etkilenen bölgelerde tuza dayanıklı bitki türlerinin üretimi, bitkilerin farklı seviyelerde tuzluluk stresine nasıl tepki verdiğinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasının yanı sıra moleküler araçları fizyolojik ve biyokimyasal prosedürlerle birleştiren entegre bir strateji gerektirir.

## KAYNAKLAR

- Agarie, S., Shimoda, T., Shimizu, Y., Baumann, K., Sunagawa, H., Kondo, A., ... & Cushman, J. C. (2007). Salt tolerance, salt accumulation, and ionic homeostasis in an epidermal bladder-cell-less mutant of the common ice plant *Mesembryanthemum crystallinum*. *Journal of Experimental Botany*, 58(8), 1957-1967.
- Aghaleh, M., Niknam, V., Ebrahimzadeh, H., & Razavi, K. (2009). Salt stress effects on growth, pigments, proteins and lipid peroxidation in *Salicornia persica* and *S. europaea*. *Biologia Plantarum*, 53, 243-248.
- Algül, B. E., Tekintaş, F. E., & Dalkılıç, G. G. (2016). Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini arttırıcı uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 87-95.
- Apse, M. P., & Blumwald, E. (2007). Na<sup>+</sup> transport in plants. *FEBS letters*, 581(12), 2247-2254.
- Aroca, R., Porcel, R., & Ruiz-Lozano, J. M. (2012). Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. *Journal of Experimental Botany*, 63(1), 43-57.
- Baier, M., Kandlbinder, A., Gollmack, D., & Dietz, K. J. (2005). Oxidative stress and ozone: perception, signalling and response. *Plant, Cell & Environment*, 28(8), 1012-1020.
- Balnokin, Y. V., Kotov, A. A., Myasoedov, N. A., Khailova, G. F., Kurkova, E. B., Lun'kov, R. V., & Kotova, L. M. (2005). Involvement of long-distance Na<sup>+</sup> transport in maintaining water potential gradient in the medium-root-leaf system of a halophyte *Suaeda altissima*. *Russian Journal of Plant Physiology*, 52, 489-496.
- Barrett-Lennard, E. G. (2003). The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications. *Plant and soil*, 253, 35-54.
- Bernard, C., & Lefebvre, C. (2001). The Zn biogeochemistry of *Armeria maritima* (Mill.) Willd.: within and between population studies. *Belgian Journal of Botany*, 21-28.
- Bernstein, N., Shosh, M., Xu, Y., & Huang, B. (2010). Involvement of the plant antioxidative response in the differential growth sensitivity to salinity of leaves vs roots during cell development. *Free Radical Biology and Medicine*, 49(7), 1161-1171.
- Berthomieu, P., Conéjéro, G., Nublat, A., Brackenbury, W. J., Lambert, C.,

- Savio, C., ... & Casse, F. (2003). Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na<sup>+</sup> recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *The EMBO journal*.
- Borsani, O., Valpuesta, V., & Botella, M. A. (2003). Developing salt tolerant plants in a new century: a molecular biology approach. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73, 101-115.
- Bonales-Alatorre, E., Shabala, S., Chen, Z. H., & Pottosin, I. (2013). Reduced tonoplast fast-activating and slow-activating channel activity is essential for conferring salinity tolerance in a facultative halophyte, quinoa. *Plant Physiology*, 162(2), 940-952.
- Britto, D. T., & Kronzucker, H. J. (2006). Futile cycling at the plasma membrane: a hallmark of low-affinity nutrient transport. *Trends in Plant Science*, 11(11), 529-534.
- Calvo-Polanco, M., Zwiazek, J. J., Jones, M. D., & MacKinnon, M. D. (2009). Effects of NaCl on responses of ectomycorrhizal black spruce (*Picea mariana*), white spruce (*Picea glauca*) and jack pine (*Pinus banksiana*) to fluoride. *Physiologia Plantarum*, 135(1), 51-61.
- Caperta, A. D., Rois, A. S., Teixeira, G., Garcia-Caparrós, P., & Flowers, T. J. (2020). Secretory structures in plants: Lessons from the *Plumbaginaceae* on their origin, evolution and roles in stress tolerance. *Plant, Cell & Environment*, 43(12), 2912-2931.
- Carden, D. E., Walker, D. J., Flowers, T. J., & Miller, A. J. (2003). Single-cell measurements of the contributions of cytosolic Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> to salt tolerance. *Plant Physiology*, 131(2), 676-683.
- Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 103(4), 551-560.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30(3), 239-264.
- Chen, M., Yang, Z., Liu, J., Zhu, T., Wei, X., Fan, H., & Wang, B. (2018). Adaptation mechanism of salt excluders under saline conditions and its applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(11), 3668.
- Choi, W. G., Toyota, M., Kim, S. H., Hilleary, R., & Gilroy, S. (2014). Salt stress-induced Ca<sup>2+</sup> waves are associated with rapid, long-distance root-to-shoot signaling in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6497-6502.

- Cutler, S. R., Rodriguez, P. L., Finkelstein, R. R., & Abrams, S. R. (2010). Abscisic acid: emergence of a core signaling network. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 651-679.
- Dalla-Salda, G., Martinez-Meier, A., Cochard, H., & Rozenberg, P. (2009). Variation of wood density and hydraulic properties of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) clones related to a heat and drought wave in France. *Forest Ecology and Management*, 257(1), 182-189.
- Daraban, I. N., Mihali, C. V., Turcus, V., Ardelean, A., & Arsene, G. G. (2013). ESEM and EDAX observations on leaf and stem epidermal structures (stomata and salt glands) in *Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 18(1), 123.
- Dassanayake, M., & Larkin, J. C. (2017). Making plants break a sweat: the structure, function, and evolution of plant salt glands. *Frontiers in Plant Science*, 8, 406.
- Demidchik, V., & Maathuis, F. J. (2007). Physiological roles of nonselective cation channels in plants: from salt stress to signalling and development. *New Phytologist*, 175(3), 387-404.
- Di Ferdinando, M., Brunetti, C., Fini, A., & Tattini, M. (2012). Flavonoids as antioxidants in plants under abiotic stresses. *Abiotic stress responses in plants: metabolism, productivity and sustainability*, 159-179.
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New phytologist*, 945-963.
- Fraire-Velázquez, S., & Balderas-Hernández, V. E. (2013). Abiotic stress in plants and metabolic responses. *Abiotic stress-plant responses and applications in agriculture*, 1.
- Franco-Navarro, J. D., Brumós, J., Rosales, M. A., Cubero-Font, P., Talón, M., & Colmenero-Flores, J. M. (2016). Chloride regulates leaf cell size and water relations in tobacco plants. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 873-891.
- Galloway, A. F., Knox, P., & Krause, K. (2020). Sticky mucilages and exudates of plants: putative microenvironmental design elements with biotechnological value. *New Phytologist*, 225(4), 1461-1469.
- Gambetta, G. A., Knipfer, T., Fricke, W., & McElrone, A. J. (2017). Aquaporins and root water uptake. *Plant aquaporins: from transport to signaling*, 133-153.
- Geilfus, C. M. (2018). Chloride: from nutrient to toxicant. *Plant and Cell Physiology*, 59(5), 877-886.

- Gilroy, S., Suzuki, N., Miller, G., Choi, W. G., Toyota, M., Devireddy, A. R., & Mittler, R. (2014). A tidal wave of signals: calcium and ROS at the forefront of rapid systemic signaling. *Trends in Plant Science*, 19(10), 623-630.
- Golldack, D., Li, C., Mohan, H., & Probst, N. (2014). Tolerance to drought and salt stress in plants: unraveling the signaling networks. *Frontiers in Plant Science*, 5, 151.
- Gong, H., Blackmore, D., Clingeffer, P., Sykes, S., Jha, D., Tester, M., & Walker, R. (2011). Contrast in chloride exclusion between two grapevine genotypes and its variation in their hybrid progeny. *Journal of Experimental Botany*, 62(3), 989-999.
- Greenway, H., Armstrong, W., & Colmer, T. D. (2006). Conditions leading to high CO<sub>2</sub> (> 5 kPa) in waterlogged-flooded soils and possible effects on root growth and metabolism. *Annals of Botany*, 98(1), 9-32.
- Grigore, M. N., Ivanescu, L., & Toma, C. (2014). *Halophytes: an integrative anatomical study*. Springer.
- Grigore, M. N., & Toma, C. (2021). Morphological and anatomical adaptations of halophytes: A review. *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*, 1079-1221.
- Hameed, M., Ashraf, M., & Naz, N. (2009). Anatomical adaptations to salinity in cogon grass [*Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel] from the Salt Range, Pakistan. *Plant and soil*, 322, 229-238.
- Hernández, J. A., & Almansa, M. S. (2002). Short-term effects of salt stress on antioxidant systems and leaf water relations of pea leaves. *Physiologia Plantarum*, 115(2), 251-257.
- Hey, S. J., Byrne, E., & Halford, N. G. (2009). The interface between metabolic and stress signalling. *Annals of Botany*, 105(2), 197-203.
- Horie, T., & Schroeder, J. I. (2004). Sodium transporters in plants. Diverse genes and physiological functions. *Plant Physiology*, 136(1), 2457-2462.
- Jang, J. Y., Kim, D. G., Kim, Y. O., Kim, J. S., & Kang, H. (2004). An expression analysis of a gene family encoding plasma membrane aquaporins in response to abiotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Molecular Biology*, 54, 713-725.
- Javot, H., & Maurel, C. (2002). The role of aquaporins in root water uptake. *Annals of Botany*, 90(3), 301-313.
- Julkowska, M. M., & Testerink, C. (2015). Tuning plant signaling and growth to survive salt. *Trends in plant science*, 20(9), 586-594.

- Kacperska, A. (2004). Sensor types in signal transduction pathways in plant cells responding to abiotic stressors: do they depend on stress intensity? *Physiologia Plantarum*, 122(2), 159-168.
- Kadukova, J., Manousaki, E., & Kalogerakis, N. (2008). Pb and Cd accumulation and phyto-excretion by salt cedar (*Tamarix smyrnensis* Bunge). *International Journal of Phytoremediation*, 10(1), 31-46.
- Kaneko, T., Horie, T., Nakahara, Y., Tsuji, N., Shibasaka, M., & Katsuhara, M. (2015). Dynamic regulation of the root hydraulic conductivity of barley plants in response to salinity/osmotic stress. *Plant and Cell Physiology*, 56(5), 875-882.
- Karimi, S. M., Freund, M., Wager, B. M., Knoblauch, M., Fromm, J., M Mueller, H., ... & Deeken, R. (2021). Under salt stress guard cells rewire ion transport and abscisic acid signaling. *New Phytologist*, 231(3), 1040-1055.
- Kaur, G., & Asthir, B. (2015). Proline: a key player in plant abiotic stress tolerance. *Biologia Plantarum*, 59, 609-619.
- Khan, M. A., Ungar, I. A., & Showalter, A. M. (2005). Salt stimulation and tolerance in an intertidal stem-succulent halophyte. *Journal of Plant Nutrition*, 28(8), 1365-1374.
- Knipfer, T., & Fricke, W. (2011). Water uptake by seminal and adventitious roots in relation to whole-plant water flow in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Experimental Botany*, 62(2), 717-733.
- Ko, D., & Helariutta, Y. (2017). Shoot-root communication in flowering plants. *Current Biology*, 27(17), R973-R978.
- Koyro, H. W., Geißler, N., Hussin, S., & Huchzermeyer, B. (2008). Survival at extreme locations: life strategies of halophytes-the long way from system ecology, whole plant physiology, cell biochemistry and molecular aspects back to sustainable utilization at field sites. In *Biosaline agriculture and high salinity tolerance* (pp. 1-20). Birkhäuser Basel.
- Koyro, H. W., Hussain, T., Huchzermeyer, B., & Khan, M. A. (2013). Photosynthetic and growth responses of a perennial halophytic grass *Panicum turgidum* to increasing NaCl concentrations. *Environmental and Experimental Botany*, 91, 22-29.
- Kosova, K., Vítámváš, P., Urban, M. O., & Prášil, I. T. (2013). Plant proteome responses to salinity stress-comparison of glycophytes and halophytes. *Functional Plant Biology*, 40(9), 775-786.
- Koyro, H. W. (2006). Effect of salinity on growth, photosynthesis, water

- relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). *Environmental and Experimental Botany*, 56(2), 136-146.
- Kumari, A., Das, P., Parida, A. K., & Agarwal, P. K. (2015). Proteomics, metabolomics, and ionomics perspectives of salinity tolerance in halophytes. *Frontiers in Plant Science*, 6, 537.
- Kumlay, A. M., & Eryiğit, T. (2011). Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi düzenleyici maddeler: bitki hormonları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2), 47-56.
- Lee, S. H., & Zwiazek, J. J. (2015). Regulation of aquaporin-mediated water transport in *Arabidopsis* roots exposed to NaCl. *Plant and Cell Physiology*, 56(4), 750-758.
- Liu, T. Y., Chang, C. Y., & Chiou, T. J. (2009). The long-distance signaling of mineral macronutrients. *Current opinion in plant biology*, 12(3), 312-319.
- Lopez-Hoffman, L., Anten, N. P., Martínez-Ramos, M., & Ackerly, D. D. (2007). Salinity and light interactively affect neotropical mangrove seedlings at the leaf and whole plant levels. *Oecologia*, 150, 545-556.
- Mohamed, E., Kasem, A. M., Gobouri, A. A., Elkelish, A., & Azab, E. (2020). Influence of maternal habitat on Salinity tolerance of *Zygophyllum coccineum* with Regard to Seed germination and growth Parameters. *Plants*, 9(11), 1504.
- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2), 239-250.
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-663.
- Munns, R., James, R. A., & Läuchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1025-1043.
- Naz, N., Hameed, M., Nawaz, T., Batool, R., Ashraf, M., Ahmad, F., & Ruby, T. (2013). Structural adaptations in the desert halophyte *Aeluropus lagopoides* (Linn.) Trin. ex Thw. under high salinity. *J. Biol. Res*, 19, 150-164.
- Notaguchi, M., & Okamoto, S. (2015). Dynamics of long-distance signaling via plant vascular tissues. *Frontiers in Plant Science*, 6, 161.
- Olatunji, D., & Kelley, D. R. (2021). Signals: Auxin. *Encyclopedia of Biological Chemistry III (Third Edition)*, Elsevier, Pages: 2-17, ISBN 9780128220405.



- Pan, T., Liu, M., Kreslavski, V. D., Zharmukhamedov, S. K., Nie, C., Yu, M., ... & Shabala, S. (2021). Non-stomatal limitation of photosynthesis by soil salinity. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(8), 791-825.
- Pardo, J. M., Cubero, B., Leidi, E. O., & Quintero, F. J. (2006). Alkali cation exchangers: roles in cellular homeostasis and stress tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1181-1199.
- Pedersen, O., Vos, H., & Colmer, T. D. (2006). Oxygen dynamics during submergence in the halophytic stem succulent *Halosarcia pergranulata*. *Plant, Cell & Environment*, 29(7), 1388-1399.
- Peleg, Z., Apse, M. P., & Blumwald, E. (2011). Engineering salinity and water-stress tolerance in crop plants: getting closer to the field. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 57, pp. 405-443). Academic Press.
- Pereira, A. (2016). Plant abiotic stress challenges from the changing environment. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1123.
- Qiu, Q. S., Guo, Y., Quintero, F. J., Pardo, J. M., Schumaker, K. S., & Zhu, J. K. (2004). Regulation of vacuolar Na<sup>+</sup> / H<sup>+</sup> exchange in *Arabidopsis thaliana* by the salt-overly-sensitive (SOS) pathway. *Journal of Biological Chemistry*, 279(1), 207-215.
- Rais, L., Masood, A., Inam, A., & Khan, N. (2013). Sulfur and nitrogen co-ordinately improve photosynthetic efficiency, growth and proline accumulation in two cultivars of mustard under salt stress. *J Plant Biochem Physiol*, 1(1).
- Ribba, T., Garrido-Vargas, F., & O'Brien, J. A. (2020). Auxin-mediated responses under salt stress: From developmental regulation to biotechnological applications. *Journal of Experimental Botany*, 71(13), 3843-3853.
- Rozentsvet, O. A., Bogdanova, E. S., Ivanova, L. A., Ivanov, L. A., Tabalenkova, G. N., Zakhochiy, I. G., & Nesterov, V. N. (2016). Structural and functional organization of the photosynthetic apparatus in halophytes with different strategies of salt tolerance. *Photosynthetica*, 54(3), 405-413.
- Santos, E. S., Abreu, M. M., Peres, S., Magalhães, M. C. F., Leitão, S., Pereira, A. S., & Cerejeira, M. J. (2017). Potential of *Tamarix africana* and other halophyte species for phytostabilisation of contaminated salt marsh soils. *Journal of Soils and Sediments*, 17, 1459-1473.
- Shabala, S. (2013). Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. *Annals of*

- Botany, 112(7), 1209-1221.
- Shabala, S. (2022). Stomata Regulation and Water Use Efficiency in Plants Under Saline Soil Conditions. Academic Press.
- Shabala, S., Demidchik, V., Shabala, L., Cui, T. A., Smith, S. J., Miller, A. J., ... & Newman, I. A. (2006). Extracellular  $\text{Ca}^{2+}$  ameliorates  $\text{NaCl}$  induced  $\text{K}^{+}$  loss from *Arabidopsis* root and leaf cells by controlling plasma membrane  $\text{K}^{+}$ -permeable channels. *Plant Physiology*, 141(4), 1653-1665.
- Shabala, S., & Mackay, A. (2011). Ion transport in halophytes. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 57, pp. 151-199). Academic Press.
- Shi, H., Quintero, F. J., Pardo, J. M., & Zhu, J. K. (2002). The putative plasma membrane  $\text{Na}^{+} / \text{H}^{+}$  antiporter SOS1 controls long-distance  $\text{Na}^{+}$  transport in plants. *The Plant Cell*, 14(2), 465-477.
- Shuyskaya, E., Rakhmankulova, Z., Prokofieva, M., Saidova, L., Toderich, K., & Voronin, P. (2022). Intensity and duration of salinity required to form adaptive response in C4 halophyte *Kochia prostrata* (L.) Shrad. *Frontiers in Plant Science*, 13, 955880.
- Siddiqui, M. H., Mohammad, F., Khan, M. N., Al-Whaibi, M. H., & Bahkali, A. H. (2010). Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in *Brassica* genotypes grown under salt stress. *Agricultural Sciences in China*, 9(5), 671-680.
- Tavakkoli, E., Rengasamy, P., & McDonald, G. K. (2010). High concentrations of  $\text{Na}^{+}$  and  $\text{Cl}^{-}$  ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, 61(15), 4449-4459.
- Tester, M., & Davenport, R. (2003).  $\text{Na}^{+}$  tolerance and  $\text{Na}^{+}$  transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91(5), 503-527.
- Tuteja, N. (2007). Abscisic acid and abiotic stress signaling. *Plant signaling & behavior*, 2(3), 135-138.
- Verma, S., Negi, N. P., Pareek, S., Mudgal, G., & Kumar, D. (2022). Auxin response factors in plant adaptation to drought and salinity stress. *Physiologia Plantarum*, 174(3), e13714.
- Wan, X. (2010). Osmotic effects of  $\text{NaCl}$  on cell hydraulic conductivity of corn roots. *Acta Biochim Biophys Sin*, 42(5), 351-357.
- Wang, H., Zhang, M., Guo, R., Shi, D., Liu, B., Lin, X., & Yang, C. (2012). Effects of salt stress on ion balance and nitrogen metabolism of old and young leaves in rice (*Oryza sativa* L.). *BMC Plant Biology*, 12, 1-11.
- Zait, Y., & Assmann, S. M. (2022). Salty or sweet? Guard cell signaling and

- osmotic control under saline conditions. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 103, pp. 61-87). Academic Press.
- Zelm, V. E., Zhang, Y., & Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 71, 403-433.
- Zhang, G. H., Su, Q., An, L. J., & Wu, S. (2008). Characterization and expression of a vacuolar Na<sup>+</sup> / H<sup>+</sup> antiporter gene from the monocot halophyte *Aeluropus litoralis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(2), 117-126.
- Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66-71.

## BÖLÜM 6

### HALOFİTLERİN EKONOMİK KULLANIM ALANLARI

Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14582984>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Siirt  
**E-Mail:** [gorkem.ozturk@siirt.edu.tr](mailto:gorkem.ozturk@siirt.edu.tr)  
Orcid ID: 0000-0003-3767-0537



## 1. Giriş

Ekolojik açıdan değerli bir ekosistem türü olan tuzlu habitatlar, ürün tedariklerinden kültüre kadar çeşitli hizmetlerde önemli rol oynar. Bu habitatların temel özellikleri arasında tuza dayanıklı bitkilerin varlığı ve tuzdan etkilenen farklı topraklarda oluşan halofitik bitki örtüsü yer alır. Halofitler, ekolojik dengeyi korumanın yanı sıra çeşitli tarımsal ve tarım dışı amaçlar için de önemli uygulama alanlarına sahiptirler. Halofitlerin gıda, yem ve lif kaynağı, son derece besleyici yağlı tohumlar, biyokütle, yakıt gibi belirli ticari kullanımları ve değerleri vardır (Lukovic ve ark., 2020). Halofitler, tuzlu habitatlara özgü çiçekli bitkilerdir. Bu habitatlar yüksek tuz, ağır metaller ve diğer toksik bileşikler içerir. Halofitler, yaşam döngülerini bu kadar zorlu koşullarda tamamlamak için farklı stratejiler geliştirmişlerdir. Bunun bir sonucu olarak ortaya çıkmış olan, halofitlerin farmasötik ve gıda katkı maddelerinin üretiminde kullanılabilen biyoaktif metabolitler üretme potansiyeli özellikle ilgi çekicidir. Ayrıca, birçok halofit, farklı ağır metallerin ve tuzun hiperakümülatörleridir ki bu nedenle çevrenin temizlenmesinde de kullanılabilirler (Nikalje ve ark., 2019).

Halofitoloji, tuzlu ortamlardaki bitkilerin incelenmesini konu alan nispeten yeni bir bilim dalıdır. Yüksek tuzluluk durumunda tohum ekimi veya halokültürün ticari uygulamaları, bitki ve hayvanların yüksek tuzlu ortamlarda yetiştirilmesi için anahtar durumdadır. Haloteknolojiler veya tuzla ilgili teknolojiler kavramı, sürdürülebilir uygulamalar için tuzlu kaynaklarımız hakkındaki düşüncelerimizi yavaş yavaş değiştirmektedirler. Halofilik bitkilerin avantajı, yüksek tuz seviyelerinde, geçirimsiz topraklarda ve su birikmesinin olduğu durumlarda üretkenliklerini artırabilmeleridir. Halihazırda kullanım aşamasında olan çeşitli halofitik cinsler arasında *Agropyron*, *Allenrolfea*, *Atriplex*, *Avicennia*, *Casuarina*, *Cenchrus*, *Diplachne*, *Distichlis*, *Eucalyptus*, *Juncus*, *Kochia*, *Kosteletzkya*, *Lycium*, *Maireana*, *Nypa*, *Pandanus*, *Panicum*, *Paspalum*, *Plantago*, *Puccinellia*, *Salicornia*, *Salsola*, *Spartina*, *Sporobolus*, *Suaeda*, *Tamarix* ve *Zostera* yer almaktadır (Yensen, 2006).

Halofit bitkiler, tuzlu topraklarda tarımsal üretimi destekleyerek gıda güvenliğine katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Ayrıca kaba yem olarak kullanılabilmeleri, yakıt olarak potansiyel değerleri, biyoaktif bileşenler içermeleri ve fitoürün olarak değerlendirilmeleri gibi özellikleri bulunmaktadır. Bu bitkiler, tuzlu ve kirlenmiş toprakların rehabilitasyonunda etkili olabilirler.

Kültürel ve ekoturizm faaliyetlerine katkıda bulunmalarının yanı sıra, turizm ve peyzaj düzenlemelerinde de kullanılabilirler. Dolayısıyla halofitler ekonomik açıdan önemli potansiyele sahip bitki türleridir.

## 2. Kurak/tuzlu bölgelerde gıda güvenliğine katkı

Küresel nüfusun giderek artmasıyla birlikte, dünyanın birçok ülkesinde gıda, yem, ilaç ve hammadde taleplerindeki baskı artmakta ve temel tarım alanlarının verimliliğinde yaklaşık %50'lik bir artış öngörülmektedir. Aynı zamanda kurak ve yarı kurak bölgelerde tarım toprakları toprak tuzluluğu sonucu her yıl yaklaşık %1-2 oranında küçülmektedir. Bu bölgelerde yağış azalması ve yüksek sıcaklıklar, tuzluluğun artmasına yol açmakta ve geleneksel mahsullerin büyümesini kısıtlayan önemli bir faktör haline gelmektedir. Bu nedenle, araştırmacı ve bilim insanları, yüksek tuzlu topraklarla başa çıkabilen veya bunları tolere edebilen geleneksel olmayan bitkiler üzerinde çalışmaktadırlar (Shrivastava ve Kumar, 2015).

Bazı halofitlerin yağ asidi profilleri, geleneksel tohum yağlarına eşdeğer %70 ile %80 arasında değişen yüksek çoklu doymamışlığa sahip yemeklik yağ üretimi için ilgi çekmektedir (Khan ve Qaiser, 2006; Munir ve ark., 2022). *Salicornia bigelovi*, *Suaeda maritima* ve *Portulaca oleracea* gibi çeşitli halofitlerin sürgünleri sebze, salata ve turşu yapımında kullanılır. *Salicornia europaea*, obezite tedavisinde kullanılan diyet lifleri ve flavonoidlere sahiptir (Duarte ve ark., 2018). *Salicornia europaea* yenilebilir bir yağ üretmi için kullanılabilirken, *Salicornia bigelovii* iyi bir omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri kaynağıdır. *Salvadora oleoides*, *Suaeda fruticosa*, *Halogeton glomeratus*, *Haloxylonstocksii* ve *Salvadora persica* tohumları optimum yenilebilir yağ kalitesine sahiptir (Boestfleisch ve ark., 2014; Karthivashan ve ark., 2018).

*Crithmum maritimum*, *Triglochin maritima* ve *Halimione portulacoides* uzun süredir gıda olarak kullanılmaktadır. *Triglochin maritima*'da on kat daha fazla prolin bulunurken, *Halimione portulacoides* diğer bitkilerin çoğundan daha yüksek konsantrasyonlarda glisin betain içerir (Boestfleisch ve Papenbrock, 2017). Polar bir lipidom profillemeye yaklaşımı, *Salicornia ramosissima*'nın taze dal uçlarında ve *Halimione portulacoides*'in yapraklarında 200'den fazla lipid türünü karakterize etmiştir (Maciel ve ark., 2020). Mzoughi ve ark. (2019), *Salicorniaceae* ve *Amaranthaceae* familyalarına ait halofitlerin besinsel ve antioksidan özelliklerini araştırdığı

çalışmada, test ettikleri tüm türlerin yüksek düzeyde protein, yağ asitleri ve minerallere sahip olduğunu, aynı zamanda düşük toksisite sergileyip insan tüketimine uygun olduğunu belirlemişlerdir. *Chenopodium quinoa*, insan sağlığına faydaları çok iyi belgelenmiş bir tahıl olarak kabul edilir. Bu bitki türü, dokuz temel amino asidin tümünü içeren bitkisel bir süper gıda olması haricinde tahılların yüksek protein içeriğine de sahiptir (Mota ve ark., 2016). *Chenopodium quinoa* ayrıca B grubu vitaminler (özellikle folik asit), C ve E vitaminleri ve lif açısından da zengindir (Pereira ve ark., 2019).

Kinoa, semizotu ve *Salicornia* gibi birçok halofit, alternatif gıda ürünleri olarak halihazırda popülerlik kazanmıştır (Katel ve ark., 2023; Devi ve ark., 2019). Aslında kinoa taneleri artık yaygın olarak satılmakta ve birçok faydası olan bir süper gıda olarak kabul edilmektedir (Salvador-Reyes ve ark., 2023). Barreira ve ark. (2017) halofit bazı türlerin beslenme özelliklerini değerlendirmiş ve *Sarcocornia perennis* subsp. *perennis*, *Sarcocornia perennis* subsp. *alpini*, *Salicornia ramosissima* ve *Arthrocnemum macrostachyum*'u insan tüketimi için uygun olduğunu belirtmiştir.

*Aster tripolium*, *Suaeda glauca* ve yağ üretiminde kullanılan *Salicornia fruticosa* gibi birçok tür yenilebilir ve sebze olarak kullanılmaktadır (El Shaer ve Attia-Ismail, 2015). Son 20-30 yıl içinde tuzdan etkilenen topraklarda bir dizi meyve ağacı ve tarımsal ormancılık türü başarıyla yetiştirilmiştir. Ancak, meyve ağaçlarının tuzluluğa tepkisi üzerine yapılan araştırmalar, meyve ağaçlarının tuzlu ortamlara duyarlı olduğu inancı nedeniyle sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, diğer bitki türleri tarafından yararlanılamayan arazilere değer katma potansiyeli gösteren meyve ağacı ve tarımsal ormancılık sistemlerinin yeni ortaya çıkan örnekleri de bulunmaktadır. Tuzluluğa dayanıklı N<sub>2</sub> sabitleyici ağaçların dikilmesi ve silvo-pastoral sistemlerin kullanılması, tuzdan etkilenen bozulmuş arazilerin rehabilite edilmesine ve toprağın organik madde içeriğinin ve azotun kullanılabilirliğinin artırılmasına yardımcı olabilir (Qadir ve ark., 2008).

Halofit türlerinden *Allenrolfea occidentalis* (iyot çalısı), orta ve kuzey Amerika'da bulunan alçak boylu bir çalı türüdür. Kumlu, sıklıkla tuzlu ve belirgin alkali topraklarda yetişir. Çöl yatakları ve tuzlu kuru göl yatakları gibi alanlarda bulunur. Alkali düz ekosisteminin yaygın bir tuzlu bitkisidir. Dalları yumrulu, etli ve segmentler arasında eklemellenmiş gibi görünür. Yapraklar, gövdenin yüzeyine dağılmış pul benzeri ölçekler olarak görünür. Tohumları, Kuzey Amerika'da tarih öncesi dönemde besin olarak kullanılmıştır (Herzog



ve Lawlor, 2016).

Bazı halofitler yağ ekstraksiyonunda kullanılmaktadır. Tohumlardan yağ ekstraksiyonunda öncelikli olarak kullanılan halofitler şunlardır: *Sarcobatus vermiculatus*, *Suaeda torreyana*, *Allenrolfea occidentalis*, *Atriplex heterosperma*, *Halogeton glomeratus*, *Atriplex rosea*, *Kochia scoparia* (Weber ve ark., 2001), *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salicornia bigelovii*, *Haloxylonstocksii*, *Halopyrum mucronatum*, "*Cressa cretica*" (Weber ve ark., 2007), *Descurainia sophia*, *Kosteletzkya virginica*, *Alhagi maurorum*, *Suaeda glauca*, *Suaeda salta*, *Ricinus communis*, *Crithmum maritimum*, *Helianthus annuus*, *Suaeda aralocaspica*, *Suaeda fruticosa*, *Kosteletzkya pentacarpos* (Sharma ve ark., 2016).

### 3. Kaba yem üretimi

Halofitler, yüksek tuz içeriğine sahip zorlu habitatlarda büyüyüp geliştikleri ve tuzlu koşullarla başa çıkmak için çeşitli morfolojik, anatomik ve fizyolojik mekanizmalar geliştirmiş ilginç bitkilerdir. Halofitler, Antarktika hariç dünya kıtalarına dağılmış durumdadır (Kumari ve ark., 2015). Halofitler geleneksel mahsullere karşı geçerli bir ticari alternatiftir ve hayvan yemi ve protein kaynağı olarak kullanılabilirler (Behera ve Ramachandran, 2021).

Tuza dayanıklı yem bitkileri, özellikle de tuzlu sulama altında iyi büyüeyebilen otlar, potansiyel olarak değerli alternatif yem kaynakları olabilir ve hayvancılık üretiminin sürdürülmesinde önemli bir rol oynayabilir (Masters ve ark., 2007). Tuza dayanıklı yem bitkilerinin genel besleme özellikleri iyi tanımlanmıştır ve besin bileşimi türe, olgunluk aşamasına ve sulama kaynağının tuzluluğuna göre değişiklik gösterir (Robinson ve ark., 2004).

Halofitler doğada ağaç veya çalı formunda bulunabilirler, ancak genellikle otsu bitkilerdir. Hayvan yemi kalitesine ilişkin mevcut çalışmalar, çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılan *Atriplex*, *Kochia*, *Juncus*, *Suaeda*, *Salsola* cinsleri gibi seçilmiş bitki türlerinin kimyasal bileşimini incelemiştir. *Atriplex* cinsine ait türlerin, özellikle erken ilkbahar, sıcak ve kurak yaz ayları ve sonbahar sonu gibi engerek yemlerinin yetersiz olduğu durumlarda alternatif hayvan yemi olarak sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir (Osman ve ark., 2006). Kurak bölgelerde incelenen çeşitli halofitlerin ortalama toplam protein değeri yaklaşık %10, ham lif değeri %22 ve kül içeriği ise %27 civarındadır (Abd El-Hack ve ark., 2018).

*Poaceae* ailesinin yem olarak kullanılabilir halofitik türlerinin çeşitliliği, kurak ve yarı kurak bölgelerde hayatta kalan popülasyonlar için bir fırsat oluşturmaktadır. Bu türlerin evcilleştirilmesi ve yetiştirilmesi, halofitik olmayan türlerin üretkenliğinin önemli ölçüde azaldığı tuzlu alanlarda yüksek tüketilebilir biyokütle üretebildikleri için hayvancılık üretimini artırabilir (Koyro ve Lieth, 2008).

Tuza dayanıklı yem bitkileri ile beslenen hayvanların iştahı ve büyüme hızı, geleneksel yemlerle beslenen hayvanlara göre daha düşük olabilir. Formüle edilmiş rasyonların karışık beslenmesiyle entegre edilmiş olduğu yoğun hayvancılık üretimi, tuza dayanıklı yem bitkileri kullanımı için başka fırsatlar sunmaktadır (Abouheif ve ark., 2000). Halofitler koyun, keçi ve develer için yem maddesi olarak potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, herhangi bir halofitin yem kalitesinin değerlendirilmesinde, kuru maddenin büyük bir kısmının (belki de %50'si) tuz olabileceği, hayvanların daha fazla su içmesini gerektirebileceği, organik kuru maddenin sindirilebilirliğinin düşük olabileceği ve oksalat gibi toksik elementler içerebileceği için dikkatli olunmalıdır (Diaz ve ark., 2013). Halofitlerin kullanılmasının avantajları, ozmotik düzenlemede kullanılan azotlu bileşiklerden ve antioksidan aktivite ile ilişkili mineraller ve metabolitlerden gelebilir. Sonuç olarak değerlendirmenin sadece kuru madde üretimi açısından yapılmaması tavsiye edilir (Garcia-Caparros ve ark., 2023).

#### 4. Yakıt ve yakacak odun üretimi

Halofitlerden bazıları, biyoetanol üretimi için lignoselülozik biyokütle olarak kullanılabilir (Munir ve ark., 2022). Bu türlerden bazıları: *Urochondra setulosa* (Atia ve ark., 2019), *Calotropis procera* (Radhaboy ve ark., 2022), *Suaeda monoica* (Patel ve ark., 2019), *Suaeda fruticosa* (Salem ve ark., 2019), *Phragmites karka* (Joshi ve ark., 2018), *Arthrocnemum indicum* (Nikalje ve ark., 2019), *Desmostachya bipinnata* (Smichi ve ark., 2018)'dir.

Bazı halofitler odun kömürü veya yakacak odun (örn. *Tamarix* spp.) olarak kullanılabilirler (El Shaer ve Attia-Ismail, 2015). Biyodizel üretimi amacıyla kullanılabilir, tohum yağı içeriği açısından zengin halofitlerden bazıları şunlardır: *Castor communis* (Roy ve ark., 2020), *Crithmum maritimum* (Alves-Silva ve ark., 2020), *Kosteletzkya virginica* (Moser ve ark., 2016), *Salicornia bigelovii* (Folayan ve ark., 2019).

Lignoselülozik biyokütle (selüloz, hemiselüloz, lignin) olarak öncelikli olarak kullanılan halofitler şunlardır: *Panicum virgatum*, *Phragmites australis*, *Aeluropus lagopoides*, *Aerva javanica*, *Arthrocnemum indicum*, *Calotropis procera*, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris barbata*, *Desmostachya bipinnata*, *Dichanthium annulatum*, *Eleusine indica*, *Halopyrum mucronatum*, *Ipomea pes-caprae*, *Lasiurus split*, *Panicum turgidum*, *Paspalum paspaloides*, *Phragmites karka*, *Salsola imbricata*, *Salvadora persica*, *Sporobolus ioclados*, *Suaeda monoica*, *Suaeda fruticosa*, *Tamarix indica*, *Typha domingensis*, *Urochondra setulosa*, *Achnatherum splendens* (Abideen ve ark., 2011).



**Şekil 1.** Japonya'da (Shimane eyaleti), Shinji Gölü'nde bir tuzlu bataklıkta adi kamyş (*Phragmites australis*) kolonileri (Hall-Spencer ve Kon, 2020).

Biyoyakıt bitki türleri arasında *Jatropha*, sıkıştırılmalı ateşlemeli motorlar için potansiyel bir alternatif yakıt olarak kullanılabilir. Ancak, biyoyakıt bitkilerinin yetiştirilmesi, su ve tarım arazisi talebini artırabilir ve su kıtlığı olan ülkelerde biyoyakıt üretiminin sonuçlarıyla ilgili yeni tartışmalar doğurabilir. Tuzlu atık arazilerde biyoyakıt bitkilerinin yetiştirilmesi ve/veya tuzlu su ve atık su ile sulama, tatlı su ve verimli arazilerin başka amaçlarla korunması için bir fırsat olarak değerlendirilebilir (Qadir ve ark., 2008).

## 5. Tıbbi ürünler ve biyoaktif metabolitlerin üretimi

Halofitler aşırı strese maruz kaldıkları ortamlarda geleneksel bitkilerden farklı metabolik tepkiler sergilerler. Bu bitkilerden elde edilen önemli biyoaktif metabolitler ticari değer için kullanılabilir (Nikalje ve ark., 2019). Halofitlerin dokularındaki yüksek tuz içeriğine rağmen ilaç hammaddesi olarak yetiştirilebilir ve toplanabilir. Ayrıca, terapötik kullanımlar ve gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak potansiyel yarar sağlayabilecek biyoaktif bileşikler içerirler (Menzel ve Lieth, 2013).

Birçok halofit tıbbi amaçlarla ilaç olarak kullanılmaktadır; bu türler arasında *Annona glabra*, *Gomphrena globosa*, *Juncus acutus* ve *Salsola kali* bulunmaktadır (El Shaer ve Attia-Ismail, 2015). *Poaceae* ailesine ait halofitik türler genel olarak yem amaçlı kullanılmalarına rağmen, son yıllarda şifalı bitkiler ve biyoaktif madde kaynağı olarak da dikkat çekmektedirler. Örneğin, *Cymbopogon jwarancusa* (Qasim ve ark., 2010), *Desmostachya bipinnata* (Ahmad ve ark., 2009), *Heteropogon contortus*, *Cenchrus ciliaris*, *Dactyloctenium scindicum*, *Eleusine indica* (Katewa ve ark., 2001), *Cynodon dactylon* (Weber ve Hanks, 2006), *Vetiveria zizanioides* ve *Setaria italica* (Ahmad ve ark., 2009) biyomolekül kaynağı ve tıbbi bitki olarak kullanılmışlardır.

Bazı yenilebilir halofitlerin yaprakları karoten bakımından zengindir. Halofitlerde polifenoller, a-tokoferol, askorbik asit, karotenoidler ve glutatyon gibi diğer biyoaktif maddeler de tespit edilmiştir. Bu bileşikler yüksek antioksidan, antimikrobiyal ve antikanser aktiviteler göstermektedir (Trabelsi ve ark., 2010). Ayrıca, halofitlerin çoğu antiinflamatuvar, anti-alerjik, antitrombotik, hepatoprotektif, kardiyoprotektif ve vazodilatör özelliklere sahip olabilirler (Qasim ve ark., 2014).

## 6. Arazi rehabilitasyonu ve su filtreleme (fitoremediasyon)

Halofitler tuzlu ve kirlenmiş toprakları yeniden canlandırmaya uygundur ve 21. yüzyıl tarım sisteminin önemli bir bileşeni olabilirler (Behera ve Ramachandran, 2021). Fitoremediasyon, toprak ve yeraltı suyundaki kirleticileri uzaklaştırmak için çeşitli halofit türlerini kullanan bir biyoremediasyon sürecidir. Halofitler üzerine yayınlanan son çalışmalardan bazıları, *Mesembryanthemum crystallinum* (Ghnaya ve ark., 2007), *Atriplex halimus* (Nedjimi ve Daoud, 2009), *Tamarix smyrnensis* (Ghnaya ve ark., 2005)

ve *Sesuvium portulacastrum* (Ghnaya ve ark., 2007) gibi halofitik bitkilerin fitoekstraksiyonu veya fitostabilizasyonunu ele almaktadır.

Sulak alan koşulları, küresel besin ve element döngüsünde hayati bir rol oynamaktadır. Bu alanlar taşkınların azaltılması, kıyı şeridinin stabilizasyonu, erozyon kontrolü ve suyun arıtılması gibi önemli hidrolojik faydalar sağlarlar (El-Amier ve ark., 2021).

Tuz otları ve diğer bazı bitkiler, yüksek oranda dağılmış kapalı topraklarda bile suyun süzülmesi için toprağı açan geniş rizomlara sahiptir. Kök kanalları, özellikle tuzlu otların rizomlarının kapalı topraklara nüfuz etmesi ve açmasıyla oluşur ve bu rizomlar, öldükten sonra toprakta geniş organik kanallar bırakarak, aksi takdirde geçirimsiz olan topraklarda suyun süzülmesine izin verir. Köksap taşıyan halofitler, nüfuz etme yetenekleri nedeniyle keskin uçlu rizomlara sahiptir. Ağır killi topraklara, sert zeminlere, asfalta ve bir bıçağın yüzeyini zorla çizecek kadar sert tuğla benzeri killere nüfuz edebilen parmakları kesmek bile mümkün olan keskin sivri uçlu pene-rizomlar geliştirirler. Geniş rizomlara sahip güçlü bir halofit aynı zamanda suyun aşağıya doğru drenajına ve tuzların üst toprak bölümlerinden aşağıya ve dışına doğru hareket etmesine de izin verir. Böylece tuzlar kök bölgesinin tabanında veya altında tutulur. Halofitik ağaçlar, otlar vb., tuzları aşağıya doğru hareket ettirdikten ve/veya yüzey toprağı matrisini oluşturduktan sonra tuz yatakları üzerinde büyüyebilirler. Bu süreç üst toprak katmanlarının çok altında tuzlu toprak katmanlarının oluşmasına neden olur ve bu katmanlar genellikle organik madde açısından çok yüksek hale gelir (Yensen, 2006).

Mangrov ormanları, sel, fırtınalar ve tsunamiler gibi doğal felaketlerin şiddetli etkilerini en aza indirerek, tuzluluk değişikliklerini tamponlayarak, erozyonu azaltarak ve biyolojik çeşitliliği destekleyerek kıyı ortamını korurlar (Ahmed ve ark., 2022).

*Aristida mendocina*, *Aristida pennata*, *Artemisia anethifolia*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia glomerata*, *Artemisia gracilescens*, *Artemisia kaschgarica*, *Artemisia maritima*, *Artemisia monogyna*, *Artemisia ordosica*, *Arthrocnemum arbusculum* (çalımsı ve Akdeniz bölgesine özgü); *Arthrocnemum capense*, *Arthrocnemum coralloides*, *Arthrocnemum decumbens*, *Arthrocnemum fruticosum*, *Arthrocnemum glaucum*, *Arthrocnemum halocnemoides*, *Arthrocnemum heptiflorum*, *Arthrocnemum indicum*, *Arthrocnemum leiostachyum*, *Arthrocnemum littoreum* (kurak,

kumlu, tuzlu topraklarda yetişebilir), *Arthrocnemum pruinatum* (kurak, kumlu, tuzlu topraklarda yetişebilir), *Arthrocnemum subterminale* (kurak, kumlu, tuzlu topraklarda yetişebilir), *Arthrocnemum macrostachyum* (çalımsı), *Arthrocnemum mossianum* (çalımsı), *Arthrocnemum parviflorum* (çalımsı), *Arthrocnemum pillansii* (çalımsı), *Arthrocnemum xampiense* (çalımsı Akdeniz bölgesine özgü), *Arthrophytum ammodendron*, *Arthrophytum leptocladum* (çalımsı), toprak ıslahına uygun bazı türlerdendir.

Farzi ve ark. (2017), *Salicornia europaea*, *Salsola crassa* ve *Bienertia cycloptera* halofitlerinin, sulak alanların su tuzluluğunu azaltma konusunda çok iyi bir yeteneğe sahip olduğunu bulmuşlardır. Halofitler ayrıca petrol ve gaz gibi endüstrilerden gelen atık suların arıtılmasında da kullanılabilir (Park ve ark., 2023). Buna ek olarak, birçok halofit, ağır metallerin hiperakümülatörleridir ve bu nedenle ağır metallerle kirlenmiş toprakların fitoremediasyonu için kullanılabilir (Aziz ve Mujeeb, 2022). Bu bağlamda, *Arthrocnemum macrostachyum* (Redondo-Gómez ve ark., 2010), *Halogeton glomeratus* (Li ve ark., 2019), *Suaeda fruticosa*, *Atriplex lentiformis* (Devi ve ark., 2016), *Salicornia fruticosa* (Salama ve ark., 2022), *Tamarix africana* (Santos ve ark., 2017), *Sesuvium portulacastrum* (Ayyappan ve ark., 2016), *Spartina alterniflora* (Nalla ve ark., 2012), *Suaeda glauca* ve *Kochia scoparia* (Zhang ve ark., 2023) ağır metallerle kirlenmiş toprakları fitoremediasyon yeteneğine sahip halofitlerin bazı örnekleridir.

Toprakların tuzlanması önemli bir çevre sorunu haline gelmiş ve dünyanın birçok bölgesinde en önemli ekonomik, sosyal ve çevresel sorun olarak kabul edilmiştir. Tuza ve kuraklığa dayanıklı halofitler, terk edilmiş tuzlu alanların bitkisel üretim için sürdürülebilir kullanım amacıyla yeniden canlandırılmasına yardımcı olabilir. Meyan kökü, terkedilmiş tuzdan etkilenen toprakların ıslahı için kullanılabilir, tuza dayanıklı bir bitki olarak değerlendirilmiştir. Tuzlu toprakların nitrojen sabitleyici baklagil meyan kökü ile fitoremediasyonu toprağın nitrojen içeriğini iyileştirebilir, toprağın organik maddesini artırabilir, toprağın biyolojik aktivitesini teşvik edebilir ve toprağın su tutma kapasitesini geliştirebilir (Egamberdieva ve Mamedov, 2015).

## 7. Kültürel ve eko-turizm faaliyetleri

Diğer bazı ekosistem türleri (ormanlar, çayırlar vb.) daha geniş bir hizmet yelpazesine sahip olabilir, ancak tuzlu ekosistemler, özellikle birincil bitki örtüsünü oluşturdukları alanlarda sağlayabilecekleri hizmetler açısından

göz ardı edilebilecek bir kaynak değildir. Nadir ve spesifik ekosistemler olarak tuzlu habitatlar, düzenleyici ve destek işlevleri sağlamanın yanı sıra, halofitik türler ve toplulukları için yuva olma değeri taşırlar. Tuzlu habitatlar kültürel, eğitimsel ve estetik değerlere sahiptir ve eko-turizm faaliyetleriyle önemli ölçüde ilişkilidir (Lukovic ve ark., 2020). Örneğin Mangrov ormanları eşsiz coğrafi konumları (yani kıyı alanları) nedeniyle harika turistik cazibe merkezleridir (Ma ve ark., 2020).



**Şekil 2.** Kaliforniya, Death Valley (Ölüm Vadisi), Travertine Springs'te tuzcul bitki *Typha domingensis*. Ölüm Vadisi Milli Parkı tamamen aşırı sıcaklıklar yeridir. Dünyanın herhangi bir yerinde şimdiye kadar kaydedilen en yüksek sıcaklıkla ünlüdür (Thomas, 2006).

Kıyı ve iç tuzlu habitatlar dünya çapında yayılmış durumdadır. Kıyı habitatları, kara ve deniz arasındaki sınırlarda çeşitli peyzaj oluşumlarında görülür; bu, kayalık kıyılar, sığ kıyılar ve korunan koylar gibi alanları içerir. İç kısımdaki tuzlu habitatlar ağırlıklı olarak iç kısımdaki bozkır ekosistemlerinin bir parçasıdır. Kıyı habitatlarının jeomorfolojisi, ekolojisi, özel flora ve faunasının karmaşıklığı, zaman ve mekan dinamikleri, çeşitli ekosistem hizmetleri ve insan popülasyonları için önemi, yerleşimler, balıkçılık, ticaret ve turizm gibi faaliyetlerle birlikte dünya manzarasının eşsiz bir parçası haline gelmelerini sağlar (Hobohm ve ark., 2021).

Doğaya dayalı turizm gelişimi ile ekolojik koruma arasındaki çatışmalar, insan-doğa arası çatışma kategorisine girmekte ve turizm-ekolojik sistemler üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle yöneticilerin, belirli alanlardaki ziyaretçi sayısının kısıtlanması gibi çatışmaların ortaya çıkmasını önlemek amacıyla turizmin gelişimini kontrol altına alacak stratejiler benimsemeleri gerekmektedir (Gundersen ark., 2019). Ancak aşırı düzeyde kontrol uygulamak, turizmin bölgesel kalkınmaya olan katkısını sınırlayabilir; çünkü turizm, birçok fırsat sunan karlı bir sektördür. Doğaya dayalı turizm faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde bitki örtüsü tahribatı ve toprak sıkışması ciddi boyuttadır. Ayrıca hassas ve kırılğan ortamlarda gerçekleştirilen doğa temelli turizm faaliyetlerinin ekolojik sorunlara yol açma potansiyeli yüksektir. Bu sebeple, turizm faaliyetlerinin uygun düzeyde kontrol edilmesi, çatışmaların ve diğer sorunların yönetilmesinde etkili bir yöntem olarak değerlendirilebilir (Yuxi ve Linsheng, 2020).

## **8. Sürdürülebilir kent için yeşil çatılarda halofitlerin kullanılması**

Yeşil çatılar, daha sürdürülebilir şehirlerin planlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çatıların büyük ölçekte kullanımı, şehir binalarına uygulanabilir olmaları ve kentsel çevreye önemli çevresel, sosyal ve ekonomik avantajlar sağlamaları nedeniyle giderek yaygınlaşmaktadır (Shafique ve ark., 2018). Modern şehirlerde, oğun yapılaşma ve düşük kullanılabilir açık alanlar gibi sorunlar göz önüne alındığında, yeşil çatılar kentsel yeşillendirme için en kullanışlı araçlardan biridir (Joshi ve Teller, 2021). Bu çatılar, suyun tutulması, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi, yağmur suyu akışının yönetilmesi, kentsel ısınmanın azaltılması ve bina sıcaklığının düzenlenmesi gibi birden fazla ekosistem hizmeti sunarlar. Ayrıca, yeşil çatılar doğal çevre ile yapılar arasındaki bağlantıyı güçlendirerek şehir ekosistemlerinin daha sağlıklı ve dengeli olmasına katkı sağlarlar (Berardi ve ark., 2014).

Bunların dışında, kentsel çatıların gıda üretim alanları olarak kullanılmasına yönelik artan bir ilgi vardır. Kentsel bahçecilik, kentsel biyolojik çeşitliliği ve hava kalitesini de iyileştirerek ekolojik faydalara yol açar (Orsini ve ark., 2014). Kentsel bahçecilikte insanlar ve bitkiler arasındaki etkileşimlerin, “doğa terapisi” yoluyla kentleşmenin neden olduğu fiziksel ve zihinsel stresi hafifleterek, insanların sağlığına ve refahına katkıda bulunacağı düşünülmektedir (Lu ve ark., 2020). Ancak kentsel arazilerin yüksek maliyeti, yüksek su ve gübre ihtiyaçları ve hava ve toprak kirliliğinden kaynaklanan gıda kirliliğiyle ilişkili insan sağlığına yönelik riskler, kentsel bahçecilik için



engelleyici faktörlerdir (Orsini ve ark., 2014).

Çatı bahçeciliği için uygun bitki türlerinin seçilmesiyle sistem, yeşil çatıların kentsel çevreye sunduğu tüm ekolojik ve ekonomik faydaları sağlayan bir yeşil çatı işlevi görebilir. Doğu Akdeniz bölgesinde olduğu gibi kurak veya yarı kurak bölgelerde yeşil çatıların uygulanmasından önce dikkate alınması gereken önemli faktörler, su mevcudiyeti, biyolojik çeşitlilik, sınırlı suya sahip yerli bitki türlerinin kullanımınıdır (Tassoula ve ark., 2021). Pek çok Akdeniz bitkisinin kuraklık stresine adaptasyonu ve floristik çeşitliliği, onları Akdeniz iklimine sahip şehirlerde geniş yeşil çatılar için ideal hale getirir. Potansiyel olarak toksik elementlerin atmosferde, toprakta ve suda eser miktarda bile bulunması, tüm organizmalarda ciddi sorunlara neden olabilirken, bunların besin zincirindeki biyobirikimleri özellikle insan sağlığı açısından tehlikeli olabilir. Kentsel doku içinde, daha yüksek genel trafik, mahsul biyokütlesindeki eser metal içeriğini artırırken, yetiştirme alanı ile yollar arasındaki bariyerlerin varlığı, eser metal içeriğini önemli ölçüde azaltabilir. Ürünün kirlilik kaynaklarına yakınlığı bitki dokularında ağır metal birikimini artırırken, topraksız ekim sistemleri bunun azaltılmasını sağlamaktadır (Antisari ve ark., 2015).

Ayrıca, yol kenarındaki kırsal ortam, yol tozu parçacıkları nedeniyle yolun yakınlığından önemli ölçüde etkilenebilir. Ağır metaller, yüzeylerde biriken ve daha sonra çeşitli bitki kısımlarındaki birikimlere veya kirlenmiş toprak tarafından bitkisel dokulara adsorbe edilen kalıcı çevresel kirleticilerdir (Khanna, 2011). Atmosferdeki ağır metaller, bitkilerin yaprak organları üzerinde atmosferik serpintilerin ıslak veya kuru birikmesinden sonra (kütüküler çatlaklar ve stoma gözenekleri yoluyla) emilebilir (Shahid ve ark., 2017). Örnek olarak *C. maritimum*, kurak/yarı kurak alanlarda çatı bahçeciliği ile estetik ve çevresel ilkeleri birleştirmek için ideal bir bitkidir. Dekoratif ve yatay olarak yayılan gölgeliği yanı sıra ısı toleransına ve sınırlı su gereksinimine sahiptir (Nektarios ve ark., 2014). Ayrıca halofit olması nedeniyle çatı bahçeciliğinin karşılaştığı tuzluluk sorunlarının üstesinden gelebilir (Orsini ve ark., 2014). Geniş bir yeşil çatının sığ alt katmanı, sulama suyunun getirebileceği tuz birikmesine karşı hassastır (Schweitzer ve Erell, 2014). *C. maritimum*'un gelişimi, diğer Akdeniz kserofitleriyle birlikte yeşil çatı sistemlerinde, özellikle yapay topraksız substratlarda değerlendirilmiştir (Azenas ve ark., 2019). Atina'da (Yunanistan), topraksız veya toprak içeren bir alt tabaka üzerinde, yalnızca 7.5 cm derinliğinde geniş bir yeşil çatı üzerine

başarıyla kurulabilmiştir (Martini ve ark., 2019).

### 9. Karbondioksitin tutulması

Halofitler, toprağın organik maddesini artırarak, toprak tuzluluğunu azaltarak, toprak yapısını ve gözenekliliğini artırarak, toprağın mikrobiyal aktivitesini ve enzim aktivitesini uyararak toprak kalitesini iyileştirebilir. Ayrıca halofitler, biyokütleyle veya toprağa karbon girdisini artırarak, solunum veya ayrışmadan kaynaklanan karbon çıktılarını azaltarak veya farklı bitki organları veya fraksiyonları arasındaki karbon tahsis kalıplarını değiştirerek karbon tutulmasını artırabilir (Rathore ve ark., 2016).

Mangrovlar, dünya çapında tropik ve subtropik bölgelerde kara ile deniz arasında uzanan kıyı ormanlarıdır. Mangrov ormanları, değişken toprak oksijen konsantrasyonları ve tuzlu su akışı ile dinamik ekolojik ortamlarda gelişebilen bir ağaç ve çalılar topluluğunu temsil eder. Biyolojik çeşitliliğe sahip olan mangrov ormanları “denizlerin yağmur ormanları” olarak bilinmektedir. Mangrovlar dünyadaki en çeşitli ve biyolojik açıdan önemli doğal sistemlerden biri olarak öne çıkmaktadır. Kıyı ekosistemlerinin sağlığını ve üretkenliğini korumada kritik rol oynayan mangrovlar karbon tutumu ve fırtına dalgaları ve kıyı erozyonu gibi doğal afetlerden korunma da dahil olmak üzere bir dizi hizmet ve işlev sağlar. Mangrovların çeşitli tehditlerle karşı karşıyadır ve bu durum dünya çapında mangrov alanlarının kademeli olarak azalmasına yol açmıştır (Akram ve ark., 2023).

### 10. Halofitlerin diğer bazı kullanım alanları

Bazı halofitler inşaat malzemesi olarak (örn. *Avicennia marina*, *Prosopis tamarugo*), ya da mobilya odunu, kereste, odun kömürü, yakacak odun (örn. *Tamarix* spp.) olarak kullanılır (El Shaer ve Attia-Ismail, 2015).

Mangrov ormanları, su ürünleri yetiştiriciliği ve tarım açısından gıda, yakacak odun, inşaat malzemeleri ve geleneksel şifalı bitkiler ve ilaçlar gibi temel ürünleri sunan yerel flora ve faunanın barındığı yerdir (Mitra ve Mitra, 2020).

Halofitlerin gübre olarak kullanıldığı da rapor edilmiştir (örn. *Sesbania speciosa* ve *Zostera marina*). Halofitlerin diğer kullanım alanları arasında çamaşır deterjanı, kağıt üretimi, bitki çayı, deniz tabanı sabitleme, yeşil örtü, süs bitkisi ve çit olarak kullanım yer almaktadır (El Shaer ve Attia-Ismail,

2015).

Halofit bitkilerinin kumul stabilizatörleri, rüzgâr barınağı, toprak örtüsü, çamaşır deterjanları ve kâğıt üretimi dahil olmak üzere birçok kullanım alanı vardır (Abd El-Hack ve ark., 2018).

## **11. Tuzlu habitatlara yönelik tehditler**

Günümüzde kıyı ve iç sulardaki tuzlu habitatlara göre özel adaptasyonlar gösteren karakteristik bitki ve hayvan türlerinin birçoğu küresel olarak tehdit altında ve bu nedenle ciddi baskı altındadır. Ana tehditler arasında konut ve ticari bina inşaatı, yapay kıyı savunması, turizm, aşırı kullanım, kirlilik, istilacı ve diğer sorunlu türlerin artan baskısı, su dinamikleri üzerindeki antropojenik etki ve kıyı dinamiklerinde iklim değişikliğinin neden olduğu değişiklikler bulunmaktadır. Kirlilik ve gübrelerin etkisi tampon bölgeler ve teknolojik çözümlerle yerel olarak azaltılabilir. Ancak, yabancı türlerin geri dönüşü olmayan şekilde ortaya çıkması gibi kolayca çözülemeyen sorunlar da mevcuttur. Çevresel koşulların değişmesi durumunda, yerli biyotanın istilası da sorun yaratabilir. Bu durumda her sorunun bölgesel ölçekte izlenmesi ve mümkünse çözülmesi önemlidir (Hobohm ve ark., 2021).

Sosyal gruplar arasındaki çatışmalar ekonomik çatışmaları, siyasi çatışmaları vb. içerir ve bu tür çatışmaların ortaya çıkması genellikle doğal kaynakların, özellikle de mülkiyet hakları belirsiz olan kaynakların insanlar tarafından aşırı kullanılması veya tahrip edilmesiyle ilişkilidir. Örneğin, bir milli parkta yapılan aşırı demiryolu inşaatı, endüstriyel üretim tesislerinin fazla sayıda bulunması, yaban hayatı yaşam alanlarına zarar veren baraj inşaatı, ormanlarda aşırı kesim gibi durumlar, doğal kaynakların aşırı tüketilmesine ve tahrip edilmesine yol açabilir. Bu tür durumlar, doğal kaynakların azalmasına, kalitesinin bozulmasına ve ekosistemlerdeki türlerin popülasyonlarında keskin düşüslere neden olabilir (Gundersen ve ark., 2019).

## **12. Sonuç**

Tuzdan etkilenen alanların artması, bozulan su kaynakları ve tarım için kaliteli suyun daha az bulunması nedeniyle ekilebilir araziler tehdit altındadır. Bu bağlamda halofitler, bu problemleri durumlarda ekonomik önemi büyük bir çok ürüne kaynak durumundadır. Gıda, hayvan yemi, karbon ayak izinin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynağı, çorak tuzlu toprakların yeşillendirilmesi, yakıt, yakacak odun, tıbbi ürün, biyoaktif metabolit kaynağı,

arazi rehabilitasyonu, su filtreleme, fitoremediasyon, kültürel ve eko-turizm faaliyetleri, sürdürülebilir kentsel yeşil çatılarda kullanım ve karbondioksitin tutulması bunlardan bazılarıdır.

Halofitler hem halihazırda kurak alanlarda insan ve diğer canlılara yaşamsal destek sağlamakta hem de tuzla bulaşık tarım sistemlerinde büyük alanlarda büyük miktarlarda çıktı üretebilecek gen kaynakları durumundadırlar.

Halofitlerin tanımlanması ve belgelenmesi, tohumlara erişim sağlanması, halofitik fidanlıkların kurulması, uygulama paketlerinin optimize edilmesi, işleme tesislerinin geliştirilmesi, halofit bazlı biyotuzlu tarım konseptinin yaygınlaştırılması gibi adımların acil bir şekilde atılması gerekmektedir. Halofit temelli tarımın sürdürülebilirliğini ve ekonomik güvenliği kanıtlamak için uzun vadeli denemelere ihtiyaç vardır. Halofit bazlı üretimin daha hızlı benimsenmesi için verim, tat, biyomolekül miktarı ve kalitesi gibi özelliklerin iyileştirilmesine yönelik ıslah programları başlatılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Abd El-Hack, M. E., Samak, D. H., Noreldin, A. E., Arif, M., Yaqoob, H. S., & Swelum, A. A. (2018). Towards saving freshwater: halophytes as unconventional feedstuffs in livestock feed: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 14397-14406.
- Abideen, Z., Ansari, R., & Khan, M. A. (2011). Halophytes: Potential source of ligno-cellulosic biomass for ethanol production. *Biomass and Bioenergy*, 35(5), 1818-1822.
- Abouheif, M. A., Al-Saiady, M., Kraidees, M., Eldin, A., & Metwally, H. (2000). Influence of inclusion of *Salicornia* biomass in diets for rams on digestion and mineral balance. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(7), 967-973.
- Ahmad, F., Khan, M. A., Ahmad, M., Zafar, M., Nazir, A., & Marwat, S. K. (2009). Taxonomic studies of grasses and their indigenous uses in the salt range area of Pakistan. *African Journal of Biotechnology*, 8(2).
- Ahmed, S., Sarker, S. K., Friess, D. A., Kamruzzaman, M., Jacobs, M., Islam, M. A., ... & Pretzsch, H. (2022). Salinity reduces site quality and mangrove forest functions. From monitoring to understanding. *Science of the Total Environment*, 853, 158662.
- Akram, H., Hussain, S., Mazumdar, P., Chua, K. O., Butt, T. E., & Harikrishna, J. A. (2023). Mangrove health: A review of functions, threats, and challenges associated with mangrove management practices. *Forests*, 14(9), 1698.
- Alves-Silva, J. M., Guerra, I., Gonçalves, M. J., Cavaleiro, C., Cruz, M. T., Figueirinha, A., & Salgueiro, L. (2020). Chemical composition of *Crithmum maritimum* L. essential oil and hydrodistillation residual water by GC-MS and HPLC-DAD-MS/MS, and their biological activities. *Industrial crops and products*, 149, 112329.
- Antisari, L. V., Orsini, F., Marchetti, L., Vianello, G., & Gianquinto, G. (2015). Heavy metal accumulation in vegetables grown in urban gardens. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 1139-1147.
- Atia, A., Debez, A., Rabhi, M., Barhoumi, Z., Haouari, C. C., Gouia, H., ... & Smaoui, A. (2019). Salt tolerance and potential uses for saline agriculture of halophytes from the Poaceae. *Sabkha Ecosystems: Volume VI: Asia/Pacific*, 223-237.
- Ayyappan, D., Sathiyaraj, G., & Ravindran, K. C. (2016). Phytoextraction of heavy metals by *Sesuvium portulacastrum* L. a salt marsh halophyte

- from tannery effluent. *International Journal of Phytoremediation*, 18(5), 453-459.
- Azenas, V., Janner, I., Medrano, H., & Gulías, J. (2019). Evaluating the establishment performance of six native perennial Mediterranean species for use in extensive green roofs under water-limiting conditions. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 158-169.
- Aziz, I., & Mujeeb, A. (2022). Halophytes for phytoremediation of hazardous metal (loid) s: A terse review on metal tolerance, bio-indication and hyperaccumulation. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127309.
- Barreira, L., Resek, E., Rodrigues, M. J., Rocha, M. I., Pereira, H., Bandarra, N., ... & Custódio, L. (2017). Halophytes: Gourmet food with nutritional health benefits? *Journal of Food Composition and Analysis*, 59, 35-42.
- Behera, S. S., & Ramachandran, S. (2021). Potential uses of halophytes for biofuel production: opportunities and challenges. *Sustainable Biofuels*, 425-448.
- Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., & GhaffarianHoseini, A. (2014). State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy*, 115, 411-428.
- Boestfleisch, C., & Papenbrock, J. (2017). Changes in secondary metabolites in the halophytic putative crop species *Crithmum maritimum* L., *Triglochin maritima* L. and *Halimione portulacoides* (L.) Aellen as reaction to mild salinity. *PLoS One*, 12(4), e0176303.
- Boestfleisch, C., Wagenseil, N. B., Buhmann, A. K., Seal, C. E., Wade, E. M., Muscolo, A., & Papenbrock, J. (2014). Manipulating the antioxidant capacity of halophytes to increase their cultural and economic value through saline cultivation. *AoB Plants*, 6, plu046.
- Devi, S., Kumar, A., Arya, S. S., Kumari, A., Kumar, N., Chand, G., ... & Pooja. (2019). Economic utilization and potential of halophytes. *Ecophysiology, abiotic stress responses and utilization of halophytes*, 195-220.
- Devi, S., Nandwal, A. S., Angrish, R., Arya, S. S., Kumar, N., & Sharma, S. K. (2016). Phytoremediation potential of some halophytic species for soil salinity. *International Journal of Phytoremediation*, 18(7), 693-696.
- Diaz, F. J., Benes, S. E., & Grattan, S. R. (2013). Field performance of halophytic species under irrigation with saline drainage water in the San Joaquin Valley of California. *Agricultural Water Management*, 118, 59-69.

- Duarte, B., Carreiras, J., Pérez-Romero, J. A., Mateos-Naranjo, E., Redondo-Gomez, S., Matos, A. R., ... & Cacador, I. (2018). Halophyte fatty acids as biomarkers of anthropogenic-driven contamination in Mediterranean marshes: Sentinel species survey and development of an integrated biomarker response (IBR) index. *Ecological Indicators*, 87, 86-96.
- Egamberdieva, D., & Mamedov, N. A. (2015). Potential use of Licorice in phytoremediation of salt affected soils. *Plants, Pollutants and Remediation*, 309-318.
- El-Amier, Y. A., Soufan, W., Almutairi, K. F., Zaghoul, N. S., & Abd-ElGawad, A. M. (2021). Proximate composition, bioactive compounds, and antioxidant potential of wild halophytes grown in coastal salt marsh habitats. *Molecules*, 27(1), 28.
- El Shaer, H. M., & Attia-Ismail, S. A. (2015). Halophytic and salt tolerant feedstuffs in the Mediterranean basin and Arab region: an overview. Halophytic and salt-tolerant feedstuffs impact on nutrition, physiology and reproduction of livestock. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 21-36.
- Farzi, A., Borghei, S. M., & Vossoughi, M. (2017). The use of halophytic plants for salt phytoremediation in constructed wetlands. *International Journal of Phytoremediation*, 19(7), 643-650.
- Folayan, A. J., Anawe, P. A. L., & Ayeni, A. O. (2019). Synthesis and characterization of *Salicornia bigelovii* and *Salicornia brachiata* halophytic plants oil extracted by supercritical CO<sub>2</sub> modified with ethanol for biodiesel production via enzymatic transesterification reaction using immobilized *Candida antarctica* lipase catalyst in tert-butyl alcohol (TBA) solvent. *Cogent Engineering*, 6(1), 1625847.
- Garcia-Caparros, P., Al-Azzawi, M. J., & Flowers, T. J. (2023). Economic uses of salt-tolerant plants. *Plants*, 12(14), 2669.
- Ghnaya, T., Nouairi, I., Slama, I., Messedi, D., Grignon, C., Abdelly, C., & Ghorbel, M. H. (2005). Cadmium effects on growth and mineral nutrition of two halophytes: *Sesuvium portulacastrum* and *Mesembryanthemum crystallinum*. *Journal of Plant Physiology*, 162(10), 1133-1140.
- Ghnaya, T., Slama, I., Messedi, D., Grignon, C., Ghorbel, M. H., & Abdelly, C. (2007). Effects of Cd<sup>2+</sup> on K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and N uptake in two halophytes *Sesuvium portulacastrum* and *Mesembryanthemum crystallinum*: consequences on growth. *Chemosphere*, 67(1), 72-79.

- Gundersen, V., Vistad, O. I., Panzacchi, M., Strand, O., & van Moorter, B. (2019). Large-scale segregation of tourists and wild reindeer in three Norwegian national parks: Management implications. *Tourism Management*, 75, 22-33.
- Hall-Spencer, J. M., & Kon, K. (2020). Human impact. *Japanese Marine Life: A Practical Training Guide in Marine Biology*, 297-305.
- Herzog, N. M., & Lawlor, A. T. (2016). Reevaluating diet and technology in the archaic Great Basin using starch grain assemblages from Hogup Cave Utah. *American Antiquity*, 81(4), 664-681.
- Hobohm, C., Schaminée, J., & van Rooijen, N. (2021). Coastal habitats, shallow seas and inland saline steppes: ecology, distribution, threats and challenges. *Perspectives for Biodiversity and Ecosystems*, 279-310.
- Joshi, J., Bhattarai, T., & Sreerama, L. (2018). Efficient methods of pretreatment for the release of reducing sugars from lignocellulosic biomass native to Nepal and characterization of pretreated lignocellulosic biomass. *Int. J. Adv. Biotechnol. Res*, 9, 9-23.
- Joshi, M. Y., & Teller, J. (2021). Urban integration of green roofs: Current challenges and perspectives. *Sustainability*, 13(22), 12378.
- Karthivashan, G., Park, S. Y., Kweon, M. H., Kim, J., Haque, M. E., Cho, D. Y., ... & Choi, D. K. (2018). Ameliorative potential of desalted *Salicornia europaea* L. extract in multifaceted Alzheimer's-like scopolamine-induced amnesic mice model. *Scientific Reports*, 8(1), 7174.
- Katel, S., Yadav, S. P. S. Y., Turyasingura, B., & Mehta, A. (2023). *Salicornia* as a salt-tolerant crop: potential for addressing climate change challenges and sustainable agriculture development. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 5(2), 55-67.
- Katewa, S. S., Guria, B. D., & Jain, A. (2001). Ethnomedicinal and obnoxious grasses of Rajasthan, India. *Journal of Ethnopharmacology*, 76(3), 293-297.
- Khan, M. A., & Qaiser, M. (2006). Halophytes of Pakistan: characteristics, distribution and potential economic usages. In *Sabkha Ecosystems: Volume II: West and Central Asia* (pp. 129-153). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Khanna, P. (2011). Assessment of heavy metal contamination in different vegetables grown in and around urban areas. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 5(3), 162.



- Koyro, H. W., & Lieth, H. (2008). Global water crisis: the potential of cash crop halophytes to reduce the dilemma. *Mangroves and Halophytes: Restoration and Utilisation*, 7-19.
- Kumari, A., Das, P., Parida, A. K., & Agarwal, P. K. (2015). Proteomics, metabolomics, and ionomics perspectives of salinity tolerance in halophytes. *Frontiers in Plant Science*, 6, 537.
- Li, B., Wang, J., Yao, L., Meng, Y., Ma, X., Si, E., ... & Wang, H. (2019). Halophyte *Halogeton glomeratus*, a promising candidate for phytoremediation of heavy metal-contaminated saline soils. *Plant and Soil*, 442, 323-331.
- Lopes, M., Sanches-Silva, A., Castilho, M., Cavaleiro, C., & Ramos, F. (2023). Halophytes as source of bioactive phenolic compounds and their potential applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(8), 1078-1101.
- Lu, N., Song, C., Kuronuma, T., Ikei, H., Miyazaki, Y., & Takagaki, M. (2020). The possibility of sustainable urban horticulture based on nature therapy. *Sustainability*, 12(12), 5058.
- Lukovic, M., Ačić, S., Šoštarić, I., Pećinar, I., & Dajić Stevanović, Z. (2020). Management and ecosystem services of halophytic vegetation. *Handbook of halophytes: from molecules to ecosystems towards biosaline agriculture*, 1-31.
- Ma, W., Wang, W., Tang, C., Chen, G., & Wang, M. (2020). Zonation of mangrove flora and fauna in a subtropical estuarine wetland based on surface elevation. *Ecology and Evolution*, 10(14), 7404-7418.
- Maciel, E., Domingues, P., Domingues, M. R. M., Calado, R., & Lillebø, A. (2020). Halophyte plants from sustainable marine aquaponics are a valuable source of omega-3 polar lipids. *Food Chemistry*, 320, 126560.
- Martini, A. N., Papafotiou, M., Massas, I., Chorianopoulou, N., & Ivanovic, I. (2019). Effect of substrate type and cultivation position on growth and safety to consume of the edible medicinal species *Crithmum maritimum* L., in an extensive urban green roof in Athens (Greece). In *I International Symposium on Botanical Gardens and Landscapes 1298* (pp. 413-418).
- Masters, D. G., Benes, S. E., & Norman, H. C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3-4), 234-248.
- Menzel, U., & Lieth, H. (2013). Halophyte Database Versi 2.0 in alphabetical order including some updates. *Cash crop halophytes: Recent Studies*,

221-250.

- Mitra, A., & Mitra, A. (2020). Ecosystem services of mangroves: An overview. *Mangrove Forests in India: Exploring Ecosystem Services*, 1-32.
- Moser, B. R., Seliskar, D. M., & Gallagher, J. L. (2016). Fatty acid composition of fourteen seashore mallow (*Kosteletzkya pentacarpos*) seed oil accessions collected from the Atlantic and Gulf coasts of the United States. *Industrial Crops and Products*, 87, 20-26.
- Mota, C., Nascimento, A. C., Santos, M., Delgado, I., Coelho, I., Rego, A., ... & Castanheira, I. (2016). The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus* sp.) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 57-64.
- Munir, N., Hasnain, M., Roessner, U., & Abideen, Z. (2022). Strategies in improving plant salinity resistance and use of salinity resistant plants for economic sustainability. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 52(12), 2150-2196.
- Mzoughi, Z., Chahdoura, H., Chakroun, Y., Cámara, M., Fernández-Ruiz, V., Morales, P., ... & Majdoub, H. (2019). Wild edible Swiss chard leaves (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*): Nutritional, phytochemical composition and biological activities. *Food Research International*, 119, 612-621.
- Nalla, S., Hardaway, C. J., & Sneddon, J. (2012). Phytoextraction of selected metals by the first and second growth seasons of *Spartina alterniflora*. *Instrumentation Science & Technology*, 40(1), 17-28.
- Nedjimi, B., & Daoud, Y. (2009). Cadmium accumulation in *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* and its influence on growth, proline, root hydraulic conductivity and nutrient uptake. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(4), 316-324.
- Nektarios, P. A., Nydrioti, E., Kapsali, T., & Ntoulas, N. (2014). *Crithmum maritimum* growth in extensive green roof systems with different substrate type, depth and irrigation regime. In XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): V 1108 (pp. 303-308).
- Nikalje, G. C., Bhaskar, S. D., Yadav, K., & Penna, S. (2019). Halophytes: Prospective plants for future. *Ecophysiology, Abiotic Stress Responses and Utilization of Halophytes*, 221-234.
- Orsini, F., Gasperi, D., Marchetti, L., Piovone, C., Draghetti, S., Ramazzotti, S., ... & Gianquinto, G. (2014). Exploring the production capacity of rooftop gardens (RTGs) in urban agriculture: the potential impact on

- food and nutrition security, biodiversity and other ecosystem services in the city of Bologna. *Food Security*, 6, 781-792.
- Park, K., Mudgal, A., Mudgal, V., Sagi, M., Standing, D., & Davies, P. A. (2023). Desalination, Water Re-use, and Halophyte Cultivation in Salinized Regions: A Highly Productive Groundwater Treatment System. *Environmental Science & Technology*, 57(32), 11863-11875.
- Patel, M. K., Pandey, S., Brahmbhatt, H. R., Mishra, A., & Jha, B. (2019). Lipid content and fatty acid profile of selected halophytic plants reveal a promising source of renewable energy. *Biomass and Bioenergy*, 124, 25-32.
- Pereira, E., Encina-Zelada, C., Barros, L., Gonzales-Barron, U., Cadavez, V., & Ferreira, I. C. (2019). Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* Willd (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280, 110-114.
- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. S., & Khan, M. A. (2008). Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land Degradation & Development*, 19(4), 429-453.
- Qasim, M., Abideen, Z., Adnan, M. Y., Ansari, R., Gul, B., & Khan, M. A. (2014). Traditional ethnobotanical uses of medicinal plants from coastal areas. *J Coast Life Med*, 2(1), 22-30.
- Qasim, M., Gulzar, S., Shinwari, Z. K., Aziz, I., & Khan, M. A. (2010). Traditional ethnobotanical uses of halophytes from Hub, Balochistan. *Pak. J. Bot*, 42(3), 1543-1551.
- Radhaboy, G., Pugazhivadivu, M., Ganeshan, P., & Ramshankar, P. (2022). Analysis of Thermo chemical behaviour of *Calotropis procera* parts for their Potentiality. *International Journal of Ambient Energy*, 43(1), 252-258.
- Rathore, A. P., Chaudhary, D. R., & Jha, B. (2016). Biomass production, nutrient cycling, and carbon fixation by *Salicornia brachiata* Roxb.: A promising halophyte for coastal saline soil rehabilitation. *International Journal of Phytoremediation*, 18(8), 801-811.
- Redondo-Gómez, S., Mateos-Naranjo, E., & Andrades-Moreno, L. (2010). Accumulation and tolerance characteristics of cadmium in a halophytic Cd-hyperaccumulator, *Arthrocnemum macrostachyum*. *Journal of Hazardous Materials*, 184(1-3), 299-307.
- Robinson, P. H., Grattan, S. R., Getachew, G., Grieve, C. M., Poss, J. A., Suarez, D. L., & Benes, S. E. (2004). Biomass accumulation and

- potential nutritive value of some forages irrigated with saline-sodic drainage water. *Animal Feed Science and Technology*, 111(1-4), 175-189.
- Roy, T., Sahani, S., & Sharma, Y. C. (2020). Green synthesis of biodiesel from *Ricinus communis* oil (castor seed oil) using potassium promoted lanthanum oxide catalyst: kinetic, thermodynamic and environmental studies. *Fuel*, 274, 117644.
- Salama, F. M., Al-Huqail, A. A., Ali, M., & Abeed, A. H. (2022). Cd Phytoextraction potential in halophyte *Salicornia fruticosa*: Salinity impact. *Plants*, 11(19), 2556.
- Salem, S., Nasri, S., Abidi, S., Smaoui, A., Nasri, N., Mutjé, P., & Ben Hamed, K. (2019). Lignocellulosic biomass from Sabkha native vegetation: a new potential source for fiber-based bioenergy and bio-materials. *Sabkha Ecosystems: Volume VI: Asia/Pacific*, 407-412.
- Salvador-Reyes, R., Furlan, L., Martínez-Villaluenga, C., Dala-Paula, B. M., & Clerici, M. T. P. S. (2023). From ancient crop to modern superfood: Exploring the history, diversity, characteristics, technological applications, and culinary uses of Peruvian fava beans. *Food Research International*, 113394.
- Santos, E. S., Abreu, M. M., Peres, S., Magalhães, M. C. F., Leitão, S., Pereira, A. S., & Cerejeira, M. J. (2017). Potential of *Tamarix africana* and other halophyte species for phytostabilisation of contaminated salt marsh soils. *Journal of Soils and Sediments*, 17, 1459-1473.
- Schweitzer, O., & Erell, E. (2014). Evaluation of the energy performance and irrigation requirements of extensive green roofs in a water-scarce Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 68, 25-32.
- Shafique, M., Kim, R., & Rafiq, M. (2018). Green roof benefits, opportunities and challenges-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 757-773.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36-58.
- Sharma, R., Wungrampha, S., Singh, V., Pareek, A., & Sharma, M. K. (2016). Halophytes as bioenergy crops. *Frontiers in Plant Science*, 7, 198908.
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 123-131.

- Smichi, N., Messaoudi, Y., & Gargouri, M. (2018). Lignocellulosic biomass fractionation: Production of ethanol, lignin and carbon source for fungal culture. *Waste and Biomass Valorization*, 9, 947-956.
- Tassoula, L., Papafotiou, M., Liakopoulos, G., & Kargas, G. (2021). Water use efficiency, growth and anatomic-physiological parameters of Mediterranean xerophytes as affected by substrate and irrigation on a green roof. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(2), 12283-12283.
- Thomas, K. (2006). Death Valley National Park Travertine Springs Complex Vegetation. Unpublished US Geological Survey Report to the US National Park Service, Death Valley National Park, Death Valley, CA.
- Trabelsi, N., Megdiche, W., Ksouri, R., Falleh, H., Oueslati, S., Soumaya, B., ... & Abdelly, C. (2010). Solvent effects on phenolic contents and biological activities of the halophyte *Limoniastrum monopetalum* leaves. *LWT-Food Science and Technology*, 43(4), 632-639.
- Weber, D. J., Ansari, R., Gul, B., & Khan, M. A. (2007). Potential of halophytes as source of edible oil. *Journal of Arid Environments*, 68(2), 315-321.
- Weber, D. J., Gul, B., Khan, A., Williams, T., Williams, N., Wayman, P., & Warner, S. (2001). Composition of vegetable oil from seeds of native halophytes. Ogden (USA): Proceedings of Shrubland Ecosystem Genetics and Biodiversity. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 287-290.
- Weber, D. J., & Hanks, J. (2006). Salt tolerant plants from the Great Basin region of the United States. In *Ecophysiology of high salinity tolerant plants* (pp. 69-106). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Yensen, N. P. (2006). Halophyte uses for the twenty-first century. *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants*, 367-396.
- Yuxi, Z., & Linsheng, Z. (2020). Identifying conflicts tendency between nature-based tourism development and ecological protection in China. *Ecological Indicators*, 109, 105791.
- Zhang, S., Yin, X., Arif, M., Chen, S., Ma, M., Zhu, K., ... & Li, C. (2023). Strategy matters: Phytoremediation potential of native halophytes is jointly associated with their distinct salt tolerances. *Journal of Cleaner Production*, 425, 139060.

## **BÖLÜM 7**

### **HALOFİTLERİN VE TUZA TOLERANT TÜRLERİN YEM POTANSİYELİ VE KALİTESİ**

Öğr. Gör. Dr. Feyza DÖNDÜ BİLGİN<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583001>

---

<sup>1</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Aydın

**E-Mail:** feyzabilgin@adu.edu.tr

Orcid ID: 0000-0002-7435-4130



## 1. Giriş

Hayvancılık, gelişmekte olan ülkelerdeki yoksul toplulukların gıda güvenliğinin, beslenmesinin ve genel yaşam refahının artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Hayvancılık sektörü ile ilişkili işler, özellikle Afrika ve Asya'da düşük ve orta gelirli ülkelerde toplam işlerin %60-70'ini oluşturmaktadır. Dünya nüfusunun, hanehalkı gelirlerinin ve şehirleşmenin artışı hayvancılık ürünlerine olan küresel talebin 2050 yılına kadar iki katına çıkacağına işaret etmektedir. Bu topluluğu beslemek, değişen iklim koşulları nedeniyle oldukça zorlayıcı olacaktır (Hoque ve ark., 2022). Bu durum, menülerde hayvansal gıdaya yer verme eğiliminin artması ile birleşince, hayvancılık sektöründeki yapısal değişiklikleri körüklemektedir. Yeni ortaya çıkan bilimsel araç ve tekniklerle hayvancılık üretiminde devrim yapmak, hem fırsatları hem de birçok zorluğu beraberinde getirmektedir (Pandey ve Upadhyay, 2022).

Hayvancılık üretim sistemleri su, toprak ve topraktaki besin maddeleri gibi doğal kaynakları kullanır. Tüm insan faaliyetleri arasında, toplam arazi alanının neredeyse %26'sını kaplayan çayırlardan ve meralardan yararlanarak en fazla araziyi kullanan faaliyet hayvancılıktır. Öte yandan hayvan beslemek için gerekli yemi üretmek için ihtiyaç duyulan yoğun arazi kullanımı, ormansızlaşmaya neden olmaktadır. Aşırı otlatmanın etkisi arazi bozulmasının yanı sıra orman çeşitliliğinde, bitki örtüsünde ve bitkisel verimliliklerde azalmaya neden olabilmektedir. Bu bozulma ayrıca kademeli çölleşmeye ve bitki örtüsünde bir değişikliğe neden olarak, çok yıllık bitki örtüsüne sahip meraların bulunduğu alanları çalılara ve çıplak toprağa dönüştürebilir. Ayrıca aşırı otlatma, yem verimini ve kalitesini düşürerek hayvancılık açısından dezavantaj oluşturmaktadır. Bu durum birçok ülkede gözlemlenmektedir. Hayvancılık tarafından yaygın olarak kullanılan bir diğer doğal kaynak ise tatlı sudur. Hayvancılık şu anda dünyadaki toplam tarımsal su miktarının yaklaşık %30'unu kullanmaktadır. Et kökenli gıdalara olan talebin artmasıyla birlikte, yeterli su kaynaklarına ulaşma baskısı da zorlaşmaktadır (Agregan ve ark., 2021).

Otlatmaya dayalı hayvancılık üretim sistemleri çeşitli ekonomik ve çevresel faydalar sunar: 1) otlatma ucuz bir yem kaynağıdır ve mahsul ekimi için uygun olmayan alanlara uygulanabilir, 2) otlaklar emisyonları ve sızıntı yoluyla besin kayıplarını sınırlar ve karbon dengelemeleri yoluyla çiftliklerin



emisyonlarını telafi edebilir, 3) otlatma ve yerel olarak üretilen hayvan yemi, besin geri dönüşümünü iyileştirir (Vertes ve ark., 2019).

Modern hayvancılık üretim sistemleri, geniş yelpazedeki çevresel ve bunların sosyal etkilerini de dikkate almalıdır. Arazi kullanımına bağlılığı yüksek olan sistemleri, çevresinden izole edilmiş ve bölgesel birimler olarak düşünmek artık mümkün değildir. Yerli otlaklara dayalı hayvancılık sistemleri, doğal ekosistemleri değiştirmeden geliştirilebilecek ve böylece büyük biyolojik çeşitliliği ve önemli ekosistem hizmetlerini koruyabilecek az sayıdaki gıda üretim sistemlerinden biridir. Bu sistemlerin içinde yaşayan insanların üretkenliğini ve ekonomik getirisini artırmanın mümkün olduğunu gösteren güçlü bilimsel bilgiler bulunmaktadır (Blumetto ve ark., 2023).

Mera bitkilerinin tespiti, hayvanlara sağlıklı ve besleyici yem sağlayan sağlıklı ve kaliteli meraların korunması açısından kritik öneme sahiptir. Meralara uygulanan aşırı sıcaklık, kuraklık ve aşırı otlatma gibi stresler tür kompozisyonunda değişikliklere yol açabilmektedir. Uzun ömürlü bitkiler tükenirken, tek yıllık bitkiler meraları istila edebilir ve meraların kalitesini ve dayanıklılığını azaltabilir. Çeşitli türleri içerebilen meralardaki çok yıllık bitkiler arasında da değişiklikler meydana gelebilir. Bileşimdeki değişiklikler, hayvanlar için toksik olabilecek otçulluk önleyici bileşikler içerebilen düşük kaliteli bitkiler lehine ise bu çok ciddi olabilir. Çünkü bu toksinlerin genellikle bazı mera bitkilerinin özellikle stres altında dayanıklılığının artmasıyla bağlantılıdır. Çiftlik sahipleri, en temel mera bitkilerinin temel özelliklerinin, hangi bitkilerin en çok veya en az arzu edildiği ve bunların bir mera ortamında nasıl tanımlanacağı konusunda bilgi sahibi olmalıdır (Casler ve Undersander, 2018).

## **2. Yemlik halofitler ve tuza dayanıklı bitkiler**

Zorlu ortamlara uyum sağlayan bitkiler, uyumun ileri modellerini sunar. Dayanıklı, aynı zamanda düşük girdili mahsuller üretmeye yönelik ihtiyacımızı karşılayacak bilgiler barındırırlar. Sıcaklık, yağış, toprak tuzluluğu ve bozulması gibi çevresel dalgalanmaların artmasıyla bu durum her zamankinden daha acil hale gelmiştir. Doğal olarak adapte olmuş popülasyonların adaptif mekanizmaları anlaşıldıktan sonra bunlardan faydalanılabilir (Busoms ve ark., 2023).

Bazı halofitler uzun süredir tuzlu alanlar için alternatif yem bitkileri olarak bilinmektedir (Masters ve ark., 2007). Mevsimsel yem kıtlıkları

dünyanın pek çok yerinde başarılı hayvan üretiminin önündeki en büyük kısıtlamadır ve halofitik yem bu bölgelerde çok önemli olabilir (El Shaer, 2010). Tuza toleranslı bitkiler, özellikle yedek yem kaynağı olarak uzun bir kullanım geçmişine sahiptir (Rao ve ark., 2017). Tıbbi aromatik kullanımdan sonra yemlik kullanım, tuza dayanıklı bitkiler arasında bulunan en yüksek ekonomik kullanıma sahiptir, ancak tıbbi kullanımın aksine, halofitler yem olarak yalnızca üç familyada yoğunudur ve 93 familyadan yalnızca 31'inin yemlik olarak kayıtlı kullanımı vardır. Temmuz 2022 tarihli eHALOPH veri tabanında yem olarak toplam 275 türün (*Amaranthaceae*'den 104, *Poaceae*'den 84, *Fabaceae*'den 43 ve *Cyperaceae*'den 4 tür) olduğu tespit edilmiştir (Garcia-Caparros ve ark., 2023).

Adaptasyon mekanizmaları taksonlara, habitat tipine ve yaşam süresine göre değişir. Bitki dünyasında hâkim bir kural olarak, en kırılğan ve savunmasız gelişim aşaması çimlenmedir. Bu aynı zamanda halofitler için de geçerlidir. Çimlenme öncesi adaptasyonlar ve tohum özellikleri gelecek nesiller için önemlidir. Tekyıllık halofitler, uygun olmayan dönemlerde çimlenmeyi önlemek için uyku hali mekanizmalarına sahiptir. Tohum polimorfizmi aynı zamanda halofitlerin tuzluluk ve çevresel dalgalanmalara karşı adaptasyonlarından biridir. Çok yıllık halofitler için vejetatif üreme ve uzun ömür, tohum dinlenmesine (dormansi) olan bağımlılığı azaltır. Hem tekyıllık hem de çok yıllık halofitler, toprakta uzun vadeli veya kısa vadeli tohum bankaları üreterek gelecek nesillerini garanti etmeye çalışır (Tuğ ve Yaprak, 2019).

Yem için kullanılan en verimli halofitler, tuzlu su ile sulandığında 10-20 ton DM/ha biyokütle verim potansiyeli göstermiştir; bu, tuzlu olmayan koşullar altında geleneksel yem türlerinin üretkenliğine eşdeğerdir (Masters ve ark., 2007). Tuzlu çayırların yönetimi, halofitik türlerin çoğunun tatmin edici bir yem değerine sahip olduğu ve kurak alanlarda evcil hayvanların beslenmesi için temel kaynak olduğu otlatma ve biçmeyi içerir (Arzani ve ark., 2010). Avrupa'da kıtasal tuz otlakları sınırlı bir coğrafi dağılıma sahiptir. Kıtasal halofitik otlaklar, karasal iklimin güçlü etkisi altında Orta Avrupa'da (Pannonian Ovası) ve alt-Akdeniz ikliminin etkisi altında Güneydoğu Avrupa'da (Balkan bölgesi, esas olarak Sırbistan'ın güney kısımları, Kuzey Makedonya ve Bulgaristan) bulunur ve sınırlıdır. İklimsel etkilerin yanı sıra, Pannoniyen ve orta Balkan halofitik otlaklarını farklılaştıran ve öncelikle floristik kompozisyon ve bitki örtüsü türlerine yansıyan bir dizi ekolojik ve coğrafi faktör vardır (Lukovic ve ark., 2022). Avrupa'nın en iyi korunmuş otlak

habitatları arasında yer alan Pannonian halofitik otlaklar, zayıf toprak kalitesi ve dalgalanan su dengesi nedeniyle yoğun tarım ve ormancılık için uygun değildir ve bu nedenle bu otlaklarda geleneksel şekilde orta düzeyde sığır ve koyun otlatma yapılır (Valkó ve ark., 2014).

Akdeniz Havzasındaki farklı halofitlerin oranları şu şekildedir: *Chenopodiaceae* (%27.5), *Poaceae* (%15), *Compositae* (%6), *Caryophyllaceae* (%5), *Leguminosae* (%5), *Zygophyllaceae* (%5), *Aizoaceae* (%3), *Frankeniaceae* (%3), *Tamaricaceae* (%3), *Cyperaceae* (%3), diğerleri (%14). Halofitik bitki türleri genel olarak Pakistan, Suriye, İran, Körfez Ülkeleri, Ürdün, Irak, Suudi Arabistan, Yemen, Sudan, Cezayir, Tunus, Fas, Libya ve Mısır'da geniş mera alanlarını kaplamaktadır. Bu meralar yıl boyunca çoğunlukla koyun, keçi ve develer tarafından kullanılır. Buralarda *Atriplex halimus* (*Amaranthaceae*), *Acanthus mollis* (*Acanthaceae*), *Atriplex portulacoides*, *Atriplex nummularia* (*Amaranthaceae*), *Suaeda fruticosa* (*Amaranthaceae*), *Sabatia brevifolia* (*Gentianaceae*), *Symphoricarpos mollis* (*Caprifoliaceae*), *Salicornia arabica* (*Amaranthaceae*), *Limoniastrum monopetalum*, (*Plumbaginaceae*), *Traganum nudatum* (*Amaranthaceae*), *Salsola vermiculata* var. *villosa* (*Amaranthaceae*), *Salsola sieberi* (*Amaranthaceae*), *Stephania tetrandra* (*Menispermaceae*), *Arthrocnemum indicum* (*Amaranthaceae*), *Salicornia fruticosa* (*Amaranthaceae*), *Inula crithmoides* (*Asteraceae*), *Halocnemum strobilaceum* (*Amaranthaceae*), *Tamarix spp.* (*Tamaricaceae*) ve *Nitraria retusa* (*Nitrariaceae*) yaygındır (El Shaer ve Attia-Ismail, 2015).

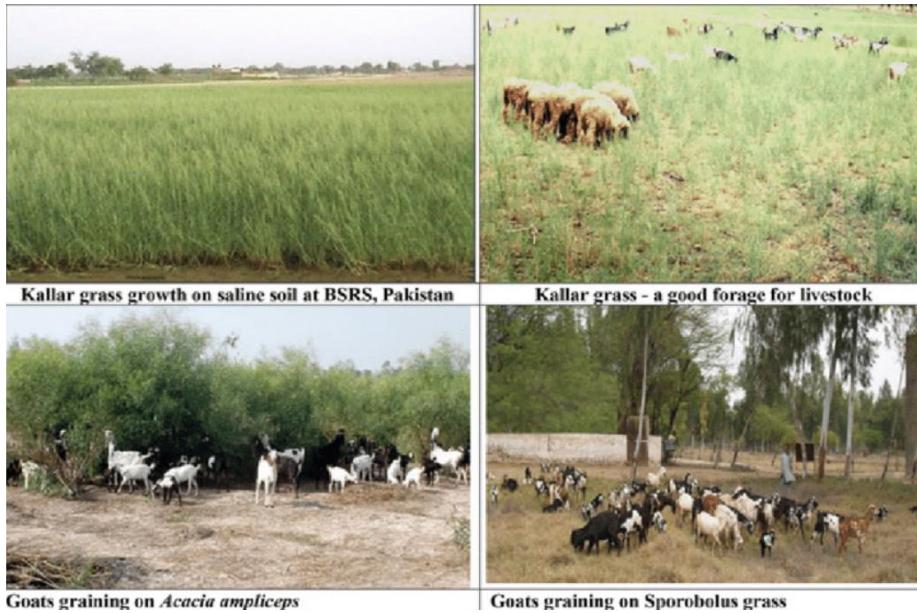
*Atriplex* sp., *Kochia* sp., *Juncus* sp., *Paspalum distichum*, *Suaeda fruticosa*, *Leptochloa fusca*, *Acacia* sp., *Nitraria retusa*, *Salsola* spp. ve *Scirpus litoralis* gibi bazı halofitler ve tuza dayanıklı çalılar, otlar ve baklagiller sıklıkla hayvan yemlerine eklenir (Abd El-Hack ve ark., 2018). *Arthrocnemum indicum*, *Salicornia* sp., *Salsola* sp., *Halocnemum strobilaceum*, *Suaeda* sp. ve *Atriplex* sp. gibi birçok alanda tek başına veya diğer bitki türleri ile karışık olarak yaygın olarak bulunan *Chenopodiaceae* türleri iyi yem bitkisi örnekleridir (Barakat ve ark., 2014).

Çalı fomundaki *Atriplex* spp. ve *Maireana* spp. cinslerinin üyeleri dünyanın çeşitli yerlerinde tuzlu bölgelerde yem olarak kullanılmaktadır (Qadir ve ark., 2008). *Atriplex* türleri (*Amaranthaceae*), orta tuz seviyelerinde yetiştirilebilen türlerdir ve bir yeminden gereksinimleri iyi karşılar. *Salicornia bigelovii* (*Amaranthaceae*), develer için etkili bir diyet olarak kullanılan %14.5

ham protein içeren bir çalıdır. Mandaların süt kalitesini arttırmak için yem olarak *Cressa cretica* (*Convolvulaceae*) kullanılır (Joshi ve ark., 2018).

*Sporobolus* (*Poaceae*) türleri de yem olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. *Salvadora* (*Salvadoraceae*), *Zizyphus* (*Rhamnaceae*) *Acacia* (*Fabaceae*) ve *Prosopis* (*Fabaceae*) kurak bölgelerin etkili erişilebilirlik nedeniyle yem olarak kullanılan ağaç türleridir. Yemlerdeki mineral içerikleri toprağın ve suyun tuzluluk derecesine göre değişmektedir (Naeem ve ark., 2019; Öztürk ve ark., 2018).

ICBA (Uluslararası Biyosalın Tarım Merkezi) *Sporobolus virginicus* (*Poaceae*), *Distichlis spicata* (*Poaceae*) ve *Atriplex* türlerini (*Atriplex halimus*, *A. nummularia* ve *A. lentiformis*) (*Amaranthaceae*) kullanarak biyotuzlu yem üretiminin geliştirilmesi için Suudi Arabistan, Pakistan ve Bangladeş'teki araştırma kuruluşlarıyla çeşitli ortak projeler yürütmektedir (ICBA, 2007).



**Şekil 1.** Halofitik yem bitkileri ile hayvancılık: Sağ üst fotoğraf: Kallar otu (*Leptochloa fusca*) (*Poaceae*) ile beslenen çiftlik hayvanları; sol üstteki fotoğraf: Pakistan'daki tuzlu toprakta Kallar otunun büyümesi; sağ alt fotoğraf: *Sporobolus* otu üzerindeki keçiler; sol alt fotoğraf: *Acacia ampliceps* (*Fabaceae*) ile beslenen keçiler (Yasin Ashraf ve ark., 2020).

Düşük ila orta tuzluluk oranına sahip tuzlu arazide, büyüyen koyunları otlatmak için kullanılacak, yüksek verimli tek yıllık baklagil alt katmanına sahip tuzlu çalılar yetişebilir (O'Connell ve ark., 2006). Koyun, deve ve sığır

gibi besi hayvanları halofit bazlı yemlerle iyi bir şekilde gelişir (Khan ve Ansari, 2008). İçme suyundaki sodyum klorüre tuzuna en toleranslı çiftlik hayvanları devedir, bunu koyun ve keçiler takip eder, en az toleranslı olanlar ise kümes hayvanlarıdır (Masters ve ark., 2007).

Hindistan'ın kıyı bölgelerinde mangrov ve tropikal ağaç *Terminalia catappa* (Combretaceae), *Aeluropus lagopoides* (Poaceae), *C. dactylon* (Poaceae) ve *Brachiaria mutica* (Poaceae) gibi diğer halofitik türler sığır, deve ve keçiler için yem olarak kullanılmaktadır (Dagar, 2005).

Çoğu tarla ürünüyle karşılaştırıldığında, otlatmalık türler genel olarak tuza daha toleranslıdır, bu da tuzdan etkilenen geniş alanların ekonomik olarak rehabilite edilmesini mümkün kılar. Bu alanda umut vaat eden türlerin bazıları şunlardır: Kallar otu (*Leptochloa fusca*) (Poaceae), para otu (*Brachiaria mutica*) (Poaceae), sesbania (*Sesbania bispinosa*) (Fabaceae), yonca (*Medicago sativa*) (Fabaceae), Bermuda çimi (*Cynodon dactylon*) (Poaceae), Kochia (*Kochia scoparia* veya *Bassia prostrata*) (Amaranthaceae), darıcan (*Echinochloa crusgalli*) (Poaceae), semizotu (*Portulaca oleracea*) (Portulacaceae), Çöl otu (*Panicum turgidum*) (Poaceae), Tuz otu (*Distichlis spicata*) (Poaceae) ve *Atriplex* spp. (Amaranthaceae) ve *Maireana* spp. (Amaranthaceae) cinslerine ait çalı türleri (Qadir ve ark., 2008).

Yıllık 400 mm'den fazla yağış alan, ECe değerleri 16 dS/m'den düşük olan ve kışın bazı su birikintilerine sahip topraklarda baklagiller ve buğdaygiller yılda hektar başına 5-10 ton kuru madde üretebilir (Masters ve ark., 2007). Bu değer, 2000'den yüksek "hektar başına yılda koyun otlatma gün sayısı" sağlamak için yeterli bir miktardır (Masters, 2006). Yüksek tuzluluk oranına sahip bu alanlarda, taze içme suyunun mevcut olması ve koyunların bir yem (enerji) takviyesi alması durumunda makul bir ağırlık artışı elde etmesi için otlatma için kullanılabilir nispeten yoğun (1000 sap/ha) *Atriplex* (Amaranthaceae) türü meşcereleri de büyüyecektir (Masters, 2006). Yıllık yağış miktarının düşük olduğu, ECe değerlerinin 25 dS/m'den (şiddetli tuzluluk) yüksek olduğu ve kışın su basması riski olan topraklarda, halofitik çalı bazlı otlatma sistemleri hala yılda hektar başına 500 otlatma günü sağlayabilir. Aşırı tuzluluğa sahip topraklar çıplak olacaktır veya yalnızca tuza ve su basmasına en dayanıklı çok yıllık *Tecticornia* (Amaranthaceae) türleri yetişebilecektir. Samfirlere ise, şu anda hiçbir ticari değeri olmayan, *Salicornioideae* alt familyasından gelen sulu halofitlerdir. Bu gibi alanlar

otlatmadan korunmalı ve doğal bitki örtüsü oluşumuna izin verilmelidir (Bennett ve ark., 2009).

### 3. Poaceae familyasından yemlik halofitler ve tuza dayanıklı bitkiler

*Poaceae* familyasından halofitlerinin en umut verici kullanımlarından biri yemdir. En çok bilinen kaba yem *Poaceae*'leri *Polypogon monspeliensis* (Atia ve ark., 2011), *Diplachne fusca* (Khan ve ark., 2009), *Aeluropus littoralis*, *Brachypodium distachyum*, *Catapodium Rigidum* (Barhoumi ve ark., 2010), *Sporobolus virginicus* (Eid ve Eisa, 2010), *Panicum turgidum* (Khan ve ark., 2009), *Sporobolus madraspatanus* (Joshi ve ark., 2005), *Hordeum maritimum* (Hafsi ve ark., 2010), *Odyssea paucinervis* (Naidoo ve ark., 2008), *Panicum panzehiri* (Al-Khateeb, 2006), *Sporobolus airoides* (Weber ve Hanks, 2008), *Sporobolus helvolus*, *Urochondra setulosa*, *Phragmites karka* (Qasim ve ark. 2010), *Leptochloa uninervia* (Weber ve Hanks, 2008), *Agropyron sibiricum* (Shamsutdinov ve Shamsutdinov, 2008), *Leymus chinensis* (Sun ve ark., 2008), *Puccinellia tenuiflora* (Wang ve ark., 2009), *Lygeum spartum* (Nedjimi, 2009), *Agropyron Desertorum*, *Distichlis spicata* (Al-Shorepy ve ark., 2010a), *Aeluropus lagopoides* (Ashraf ve ark., 2006), *Cynodon dactylon* (Weber ve Hanks, 2008), *Dichanthium annulatum* (Khan ve Qaiser, 2006), *Dactylis glomerata* (Atia ve ark., 2019); Kallar otu (*Leptochloa fusca*), para otu (*Brachiaria mutica*), Bermuda çimi (*Cynodon dactylon*), darıcan (*Echinochloa crusgalli*), Çöl otu (*Panicum turgidum*), Tuz otu (*Distichlis spicata*) (Qadir ve ark., 2008); *Sporobolus virginicus*, *Distichlis spicata* (Al-Shorepy ve ark., 2010a); *Elytrigia elongata* (Colmer ve ark., 2006); kanal darı (*Echinochloa turneriana*), Rodos otu (*Chloris gayana*) (Barrett-Lennard, 2002); *Echinochloa stagnina* (Ado ve ark., 2016); Kikuyu otu (*Pennisetum clandestinum*) (Muscolo ve ark., 2013) sayılabilir.

Khan ve ark. (2009), halofit otu *Panicum turgidum*'un tuzlu arazilerde yılda 60.000 kg/ha'a kadar taze biyokütle üretebildiğini ve yem özellikleri açısından mısırla karşılaştırılabilir olduğunu bildirmiştir. *Panicum turgidum*, büyükbaş hayvan yemi olarak kullanılan, tuza dayanıklı, oldukça kullanışlı bir bitkidir. Yem olarak mısır düzeyinde iyi bir hayvan yemi olduğu kanıtlanmıştır (Atia ve ark., 2019).

Ado ve ark. (2016), *Echinochloa stagnina*'nın tuzdan arındırma potansiyelini farklı saha deneylerinde test etmiştir. Tek başına *Echinochloa stagnina*'nın, pirinç mahsulleri ve çıplak toprakla karşılaştırıldığında toprak tuz yükünü vertisollerde %71-82 ve üst toprakta %29-40 oranında etkili bir şekilde

azalttığını bildirmiştir. *Echinochloa stagnina*, çiftçiler için ekonomik açıdan faydalı görünen, kuru ağırlıkta 24-27 ton/ha biyokütle üreten bir yem bitkisidir.

Kikuyu otu (*Pennisetum clandestinum*) (*Poaceae*) gibi bazı halofitik bitkiler, otlayan koyun ve sığırlarda metan gazı üretimini azaltan antitimetanojenik özellikler içerir ve bu nedenle geviş getiren hayvancılık endüstrilerinde sera gazı (GHG) üretimini azaltma umudu sunar (Muscolo ve ark., 2013).

Tuza dayanıklı *Poaceae* yemlik türleri, özellikle enerji içeriği açısından zengin olan diğer yemlerle karıştırılarak kullanılmalıdır. *Poaceae* halofitlerinin yem potansiyelinin saha değerlendirilmesi iyi sonuçlar göstermektedir. Örneğin, tuzlu su ile sulanan *Sporobolus virginicus* ve *Distichlis spicata*'nin koyun ve keçi diyetlerindeki silaja dahil edilmesinin normal yetiştirme ve büyüme ile sonuçlandığını göstermiştir. *Atriplex* (*Amaranthaceae*) çalıları ve *Sporobolus virginicus* (*Poaceae*)'tan oluşan karma bir diyet ise, %100 *Sporobolus* otu veya *Atriplex* çalısı içeren diğer diyetlerle karşılaştırıldığında koyun ve keçilerde daha iyi performansla sonuçlanmıştır (Al-Shorepy ve ark., 2010b). Bu nedenle, uygun şekilde değerlendirildiğinde yemlik halofit *Poaceae*, entegre hayvan diyetlerinde kullanılma veya hayvan besleme sistemindeki geleneksel içeriklerin yerini alma potansiyeline sahiptir.

*Poaceae*'nin yem olarak kullanılabilir halofitik türlerinin çeşitliliği, kurak ve yarı kurak bölgelerde hayatta kalan popülasyonlar için bir fırsat oluşturmaktadır. Aslında, bu türlerin evcilleştirilmesi ve yetiştirilmesi, halofitik olmayan türlerin üretkenliğinin önemli ölçüde azaldığı tuzlu alanlarda yüksek tüketilebilir biyokütle üretebildikleri için hayvancılık üretimini artırabilir (Koyro ve Lieth, 2008). Örneğin, bazı *Sporobolus* türlerinin üretkenliği tuzlu koşullar altında 29 t/ha'ya ulaşabilmektedir (El Shaer, 2010). Ayrıca tuzlu su ile sulandığında *Distichlis spicata*'nın yıllık biyokütle üretimi 40 ton DM/ha olabilmektedir (Norman ve ark., 2013).

Buğdayın halofitik akrabası uzun buğday otu (*Elytrigia elongata*) bataklıklarda, deniz kıyılarında ve deniz suyuna maruz kalan bölgelerde iyi yetişir. Tuz-alkali, su birikintisi ve kuraklığa karşı dayanıklı, çok yıllık serin mevsim yemlik buğdaygil otu olan bu tür, drenajı zayıf olan tuzlu topraklara iyi uyum sağlayan çok yıllık bir türdür (Colmer ve ark., 2006).

#### 4. *Fabaceae* familyasından yemlik halofitler ve tuza dayanıklı bitkiler

Gazal boynuzu (Birdsfoot trefoil) ve yonca, tuzlu koşullar altında en yüksek verimli iki ılıman yemlik baklagilidir. Beyaz yoncanın (white clover) tuza tepkisi (200 mmol/l'ye kadar) yoncaninkine benzer (Boyd & Rogers, 2004). Kırmızı yonca (red clover) yüksek toprak tuzu içeriğine karşı son derece duyarlı olsa da, tuza karşı tolerans oldukça kalıtsaldır ve bu nedenle potansiyel olarak daha toleranslı çeşitler yetiştirilebilir. Yoncada tuz toleransında rol oynayan faktörler arasında bitki içindeki iyonları, özellikle de sodyumu bölümlere ayırma yeteneği ve yüksek lifli kök özellikleri yer alır (Vaughan ve ark., 2002). Yoncanın yakın akrabası olan pıtraklı yoncada (*Medicago polymorpha*) tuz toleransı ile ilişkili moleküler belirteçler tanımlanmıştır ve bu, toprak tuzluluğuna karşı geliştirilmiş direnç için ıslahat yararlı olabilir (Merchan ve ark., 2003). Beyaz tatlı yoncanın (White sweet clover) güney Avustralya'daki tuzlu toprakların yeniden bitkilendirilmesi için uygun bir baklagil olduğu kanıtlanmıştır (Evans ve Kearney, 2003). Her ne kadar her üç tür de 60 mM sodyum klorüre kadar tuzlu suya dayanabilme yeteneğine sahip olsa da yeraltı, mor üçgül (*Trifolium purpureum*) ve Fas üçgülü (*Trifolium isthmocarpum*) nispeten tuzluluğa karşı toleranssızdır (Frame ve Laidlaw, 2007). Dear ve ark. (2003) çilek yoncasının (strawberry clover) en azından hafif tuzluluğa dayanma yeteneğini doğrulamaktadır. Türlerin daha kapsamlı bir taramasında, pamuklu üçgül (*Trifolium tomentosum*), *Trifolium squamosum* ve *Trifolium alexandrinum* gibi bir dizi tek yıllık yoncaların yeraltı, tarla üçgülü (*Trifolium arvense*) ve *Trifolium angustifolium*'a göre tuza toleranslı olduğu bulunmuştur (Frame ve Laidlaw, 2007).

*Fabaceae* familyasının *Trifolium* cinsi dünyanın en verimli mera türlerinin çoğunu içerir. Ancak bu cinsin içerdiği 237 türden yalnızca ~21 türün ticari ölçekte tarımı yapılmıştır (Nichols ve ark., 2007). *Trifolium* spp. toprakta havanın azotunu sabitleme yeteneği, üstün besin değerleri ve otlayan hayvanların performansının artmasına katkıda bulunan gönüllü yem alım özellikleri nedeniyle otlak sistemlerinde son derece önemli bir role sahiptirler (Frame ve Laidlaw, 2007). *Trifolium* spp. özellikle eşlik eden çim türlerinin veya *Medicago* ve *Melilotus* gibi baklagil cinsinin diğer bazı türlerinin tuz toleransı ile karşılaştırıldığında genellikle tuzluluğa duyarlı olarak sınıflandırılır (Rogers ve ark., 2008). *Melilotus siculus*, tuzluluğa ve su basmasına karşı tolerans özelliklerini iyi bir canlılık ve üretkenlikle birleştirir, ancak tuzlu arazilerde yaygın kullanımı, uygun eşleşen *Rhizobia* eksikliği



nedeniyle sınırlıdır (Charman ve ark., 2006). Diğer bazı yemlik baklagil türleri, tuzluluğa veya su basmasına karşı iyi bir tolerans sergilemiş ancak her iki strese de karşı dayanıklılık göstermemiştir. Örneğin, *Trifolium michelianum* mükemmel su birikintisi toleransına sahiptir, ancak tuzlu koşullara toleransı yalnızca düşük ila orta düzeydedir ve *Medicago sativa* orta derecede tuza toleranslı olmasına rağmen su birikintisine karşı çok hassastır, bu nedenle su birikintisinden etkilenen birçok tuzlu toprakta kullanımını sınırlamaktadır. *Trifolium fragiferum* genellikle tuzlu suyla dolu alanlar için uygun bir tür olarak tanıtılır. Bununla birlikte, oldukça verimli değildir ve hem tuzlu hem de tuzsuz ortamlarda üstün bitki büyümesine sahip bitkileri seçme çabalarının zor olduğu kanıtlanmıştır. *T. tomentosum*, *T. squamosum* ve *T. alexandrinum* dahil olmak üzere diğer bazı türlerin tuzlu sera koşullarına (100 mM NaCl veya ~10 dS/m'ye kadar) tuzlu koşulları tolere edebildiği bulunmuştur (Rogers ve ark., 2010).

Tuzluluk ve hipoksinin büyüme, besin değeri ve iyon ilişkileri üzerindeki etkileri (Rogers ve ark., 2010) tarafından 38 *Trifolium* türü ve 3 kontrol baklagil türünde (*Trifolium fragiferum*, *Trifolium michelianum* ve *Medicago sativa*) sera koşullarında değerlendirilmiştir. *Trifolium argutum*, *Trifolium diffusum*, *Trifolium hybridum* ve *Trifolium ornithopodioides* tuzlu koşullar altında iyi performans göstermiştir (kuru madde üretimi %20'den daha az azalmıştır).

*Lotus tenuis*, Arjantin'in sele eğilimli ve tuzdan etkilenen Pampa bölgesinde mera için yaygın olarak yetiştirilen çok yıllık bir baklagildir. Bu türün tuzlu su deşarj alanlarında kullanım potansiyeli bulunmaktadır (Dear ve ark., 2003). *Lotus tenuis*, en yaygın şekilde yetiştirilen *Lotus* türü olan *Lotus corniculatus* ile karşılaştırılmış, *Lotus corniculatus*'un, *Lotus tenuis*'e göre tuza ve su baskınlarına daha az toleranslı olduğu kabul görmüştür (Teakle ve ark., 2006).

*Acacia* (*Fabaceae*) ve *Prosopis* (*Fabaceae*) kurak bölgelerin etkili yem olarak kullanılan ağaç türleridir (Naem ve ark., 2019). *Desmanthus pubescens*, tabandan güçlü bir şekilde dallanan, 1.5 m boyunda odunsu bir çalıdır. Alkali, sodik, tuzlu ve ağır killi topraklara dayanıklıdır. Ağır otlamaya toleranslıdır. Bu türün ekimi konusunda çok az deneyim bulunmaktadır. Ancak bitkinin gücü, yapraklılığı ve formu, iyi adapte olduğu alanlarda otlatma veya kes-taşı durumlarında potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ruminantların düzenli olarak kesilmesine ve otlatılmasına toleranslıdır. *Desmanthus* spp. Kuzey Avustralya'nın yarı nemli bölgesindeki killi topraklarda ekili meralarda yem baklagilleri arasında otlamaya en toleranslı olanlar arasındadır. Tropik

bölgelerde yüksek tohum üretimi potansiyeli nedeniyle bozulan alanlarda yabancı ot olma potansiyeline sahiptir. Geviş getiren hayvanlara yönelik herhangi bir toksisitesi bildirilmemiştir (Burt, 2016).

*Prosopis* türleri, tuza ve diğer çevresel streslere karşı tolerans açısından türler arası ve tür içi yüksek değişkenlik gösterir. Üstelik tuz toleransı, birey oluşumu sırasında değişiklik gösterir ve farklı fizyolojik süreçlerle ilişkilidir. Tolerans, yaşam döngüsünün ilk aşamalarında daha düşüktür ve bu durum, tuzlu ortamlardaki hayatta kalıcılıkları açısından kritik görünmektedir (Villagra ve ark., 2009). Ağaçlar arasında, *Prosopis flexuosa* tohumlarının çimlenme kapasitesi *Prosopis chilensis*'den daha yüksektir ve *Prosopis flexuosa* fidelerinin hayatta kalma oranı, 0.5 M NaCl çözeltilerinde *Prosopis chilensis*'inkinden daha yüksektir. Çalılarda, killi ve tuzlu topraklarda baskın bir tür olan *Prosopis alpataco*, çok düşük tuz içeriğine sahip kumlu topraklardan gelen *Prosopis argentina*'ya göre tuzlu koşullarda daha yüksek çimlenme kapasitesi ve büyümesinde daha düşük bir azalma gösterir (Villagra ve Cavagnaro, 2005). Buna karşılık, *Prosopis alpataco*, düşük su potansiyeline karşı oldukça toleranslı olduğu ancak tuzluluğun toksik etkisine karşı dayanıklı olmadığı gösterilen *Prosopis argentina*'ya göre su stresinden daha fazla etkilenir. Benzer şekilde *Prosopis chilensis*, tuzlu su toksisitesinden ziyade su stresine daha toleranslıdır (Pensiero ve ark., 2021).

*Prosopis glandulosa* yemlik xerohalophyte çok yıllık çalıdır (Ehsen ve ark., 2016). *Prosopis alpataco*, tuzlu koşullarda büyüdüğüde yapraklarındaki düşük  $\text{Na}^+$  içeriğini ve yüksek  $\text{K}^+$  ve  $\text{Ca}^{++}$  içeriğini koruduğu için iyonların emilimini ve taşınmasını düzenleme yeteneğine sahiptir (Vega Riveros ve ark., 2011). Yüksek oranda tuzluluğa sahip bölgelerde bulunan bir tür olan *Prosopis strombulifera*'da, düşük NaCl konsantrasyonlarının büyümeyi teşvik ettiği bulunmuştur; bu da bu türün NaCl'ye göre bir öhalofit olduğunu gösterir; ancak  $\text{SO}_4\text{Na}_2$  konsantrasyonları büyümenin engellenmesini ve şiddetli toksisiteyi belirler (Sosa ve ark., 2005).

*Melilotus officinalis* hayvanlar tarafından yüksek oranda seçilerek tüketilen bir serin mevsim yemlik baklagildir ve tuzlu bataklıklarda havanın azotunu toprakta sabitleme yeteneği mevcuttur (Bruning ve ark., 2015). Ayrıca bu türün yüksek protein içeriği otlakların yem kalitesini artırır (Phelan ve ark., 2015).

## 5. *Amaranthaceae* familyasından yemlik halofitler ve tuza dayanıklı bitkiler

*Amaranthaceae* familyasından en çok bilinen kaba yemlerden biri *Atriplex lentiformis*'dir (Jordan ve ark., 2009; Soliz ve ark., 2011). *Atriplex lentiformis*, Arizona, ABD'de alkali kumlu tınlı toprak tipinde 3.5 dS/m sulama suyu tuzluluğuyla 16 t DM/ha (Jordan ve ark., 2009) ve 3.5 dS/m sulama suyu tuzluluğuyla 15-22 t DM/ha (Soliz ve ark., 2011); 13.9 dS/m sulama suyu tuzluluğuyla 9 t DM/ha (Díaz ve ark., 2013).

Dünyanın çeşitli yerlerinde (Avustralya, Pakistan, Hindistan, Kuzey Amerika, Kuzey Afrika, Arjantin ve diğerleri) *Atriplex amnicola*, *Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex canescens*, *Atriplex lentiformis*, *Atriplex leuoclada*, *Atriplex undulata* ve *Atriplex glauca* türleri tuzdan etkilenen topraklarda yem üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Qadir ve ark., 2008).

*Atriplex nummularia* yem olarak en önemlilerinden biridir (de Melo ve ark. 2018). Bu tür, kuraklığın ve tuzluluğun yüksek olduğu ortamlarda bile bol miktarda biyokütle üretip muhafaza edebilmesiyle öne çıkar ve yılda 100-250 mm civarında yağış alan bölgelere çok iyi uyum sağlar. *Atriplex* bitkileri ayrıca tuzlu alanlarda veya tuzlu su ile sulama altında gelişebilir ve bu koşullar altında yüksek protein içeriğiyle birlikte yüksek yem verimi gösterebilir. Bu tür aynı zamanda Na<sup>+</sup>'nın hiperakümülatörü olarak da davranır ve bu elementin topraktan bitkisel olarak ekstraksiyonunda potansiyel kullanıma sahiptir (Leal ve ark., 2020). *Atriplex* bitkilerinin boyu bir yılda 2.0 m'nin üzerine çıkabilir ve beş yıl sonra boyları 2-3 m arasında değişebilir (Glenn ve ark. 2009). Pakistan'daki çok çeşitli iklim bölgelerinde yürütülen projeler, tuzlu çalı (*Atriplex* spp.), mavi çalı (*Maireana* spp.) ve diğer halofitik bitkilerin son derece yararlı ek yem kaynakları olduğunu göstermiştir (Hollington ve ark., 2001). Birleşik Arap Emirliği'nde 20 (dS/m) sulama suyu tuzluluğu ile *Atriplex lentiformis* 25 ton DM/ha, *Atriplex halimus* ise 14 ton DM/ha üretmiştir (ICBA, 2007).

*Atriplex nummularia*, *Amphibolis griffithii* ve *Anemone hortensis* gibi bazı halofit yemlerin yüksek tuz konsantrasyonunu tolere edebildiği bulunmuştur. Ramos ve ark. (2004), bu türlerin optimal gelişiminin 5-10 g/l NaCl düzeyinde olacağını bildirmiştir. Yüksek tuzluluk deneme alanlarında *Acacia leuoclada*'nın tahmini verim değeri 3735 kg taze ağırlık ve 2058 kg kuru ağırlık olarak ölçülmüştür (Amouei, 2013).

Diğer birçok tür tuzlu koşullar altında umut vaat eder. Bunlar arasında Rus Devedikeni (*Salsola tragus*) bulunmaktadır. Tuzlu çalı (*Atriplex* spp.) ve mavi çalı (*Maireana* spp.) gibi çalı türlerinin tuzlu ortamlarda yaygın olarak bulunduğu bilinmektedir (Barrett-Lennard, 2002).

Kauchi (*Suaeda foliosa*) tuzluluğa oldukça dayanıklı bir yem bitkisidir (Adolf ve ark., 2012). *Chenopodium album*, xerohalophyte yıllık bir bitki, *Salsola imbricata* ise xerohalophyte çok yıllık çalıdır (Ehsen ve ark., 2016).



Şekil 2. *Cochia prostrata* (Amaranthaceae) bitkileri (Özbekistan'da devlet çiftliğinde) (Ortiqova, 2019).

*Salicornia* cinsine ait türler, tuzlu bataklıklar, tuz gölü kıyıları, çamur düzlükleri ve tuz tavaları gibi periyodik olarak ıslak tuzlu kıyı ve iç habitatlarda yetişmektedir. Cins şu anda 25-30 türü barındırır. *Salicornia*, kuzey yarımkürenin kuzey, ılıman ve subtropikal bölgelerinde ve Güney Afrika'da yaygın olarak dağıtılmaktadır. Güney Amerika ve Avustralya'da bulunmadığı kabul edilmektedir. *Salicornia* habitatları, su altında kalma süresinin, gelgit akıntısının, su birikintisinin ve özellikle tuzluluğun yerel olarak ve ayrıca mevsimler içinde veya arasında değiştiği günlük ve/veya mevsimsel dinamiklerle karakterize edilir (Ushakova ve ark., 2005). *Salicornia europaea*, ekonomik değeri yüksek, yüksek kalitede yemeklik yağ üreten bir bitkidir; gıda, yem, yağ ve değerli yan ürünler sağlar ve dünyanın yarı kurak ve kurak bölgelerindeki tuzlanmış alanların ıslahında başarıyla kullanılmaktadır. Yüksek ekonomik değer, tohumlarındaki yaklaşık %30 oranında yenilebilir yağa (soya fasulyesi tohumlarına göre daha fazla) atfedilmektedir. *Salicornia* yağı çoklu doymamış olup hoş bir tada sahiptir. *Salicornia*, tamamen tuzlu suya batırılmayı veya deniz suyuyla sulamayı bile tolere edebilir. Tuzlu su ile

beslenen bu tür, suda çözünen tuzu hiçbir zarar vermeden emer (Muscolo ve ark., 2014).

*Spartina gracilis*, killi-killi-tınlı toprak tipinde 13.9 (dS/m) sulama suyu tuzluluğu altında 8.5 t DM/ha üretmiştir (Díaz ve ark., 2013). *Allenrolfea occidentalis*, Kaliforniya, ABD, kil-killi-tınlı toprak tipinde 13.9 dS/m sulama suyu tuzluluğuyla 17 t DM/ha üretmiştir (Díaz ve ark., 2013).

Dünyanın çeşitli yerlerinde tuzlu ortamlarda çalı adaptasyonunda kullanılan *Amaranthaceae* türleri arasında *Maireana brevifolia*, *Maireana aphylla* ve *Maireana amoena* bulunmaktadır (Qadir ve ark., 2008).

*Salicornia bigelovii*, Arap Yarımadası'nın doğu kıyı bölgesinde deniz suyuyla sulanan tarım için zaten test edilmiş ve hayvan beslenmesindeki (örneğin koyun) %25 yoncanın yerini alabileceği gösterilmiştir (Abdal, 2009).

Sütten kesme ile kesim arasındaki 84 gün boyunca, *Amaranthaceae* familyasından halofit bazlı bir diyetle (*Atriplex barclayana*, *Suaeda esteroa* ve *Salicornia bigelovii*) beslenen kuzular, geleneksel yemlerle (örneğin *Cynodon dactylon*) (*Poaceae*) beslenen hayvanlarla aynı oranda kilo almıştır. *Sporobolus virginicus* ve *Distichlis spicata* kullanılarak yapılan, Rodos otu (*Chloris gayana*) (*Poaceae*) ile karşılaştırıldığında keçi ve koyunlarla yapılan bir beslenme denemesi, %70 *Sporobolus* veya *Distichlis* artı %30 Rodos otu ile beslenen hayvanların et-yağ-kemik oranı ve vücut kompozisyonu açısından %100 Rodos otu (örneğin geleneksel yem) ile beslenen hayvanlara göre çok daha iyi performans gösterdiğini göstermiştir (ICBA, 2007).

## 6. Diğer familyalardan yemlik halofitler ve tuza dayanıklı bitkiler

Diğer çeşitli familyalardan da yemlik halofitik türler mevcuttur. Bunlar arasında: *Avicennia marina* (*Acanthaceae*) (hidrohalofit çok yıllık ağaç), *Zaleya pentandra* (*Aizoaceae*) (xerohalophyte çok yıllık bitki), *Heliotropium bacciferum* (*Boraginaceae*) (xerohalophyte çok yıllık çalı), *Conocarpus erectus* (*Combretaceae*) (hidrohalofit çok yıllık çalı), *Cressa cretica* (*Convolvulaceae*) (hidrohalofit yıllık bitki), *Thespesia populnea* (*Malvaceae*) (hidrohalofit çok yıllık kıyı ağacı) sayılabilir (Ehsen ve ark., 2016).

## 7. Yemlik halofitler ve tuza dayanıklı bitkilerin yem kalitesi

Yem kalitesini etkileyen faktörler arasında lezzet, besin içeriği (kimyasal bileşimler), bitkinin ikincil metabolitleri, yem değeri (isteğe bağlı hayvan alımı,

besin sindirilebilirliği) ve son olarak hayvan performansı yer alır (El Shaer ve Squires, 2015). Halofitlerden elde edilen yem ve tohum ürünleri, bazı türlerde mevcut olan yüksek tuz içeriği ve antibesleyici bileşikler nedeniyle kullanımlarında kısıtlamalar bulunmasına rağmen, evcil hayvan diyetlerindeki geleneksel içeriklerin yerini alabilir (Rogers ve ark., 2006). Halofitlerin hayvancılık üretiminde yem olarak başarılı kullanımı biyokütle üretimlerine, besin değerine ve gönüllü yem alımına bağlıdır (Norman ve ark., 2013).

### 7.1. Lezzet

Halofitik yemlerin lezzet hususları bu yemlerin hayvanlar tarafından kabul edilebilirliğinin ve ne ölçüde tüketilebileceğinin belirlenmesinde önemli faktörlerdir. Bu yemlerin kalitesini değerlendiren diğer faktörlere (besleme ve besin değerlerinin değerlendirilmesi gibi), lezzet konuları ele alındıktan sonra bakılabilir (Masters, 2015). Bu konuyla ilgili bilimsel tartışmalardan bağımsız olarak, en çok üzerinde uzlaşılan nokta, bir yemin lezzetliliğinin, belirli bir zamanda herhangi bir otçul hayvan sınıfı tarafından tüketilen ve sunulan yem miktarları arasındaki oran olduğudur. Bireysel halofitlerin veya diğer mera türlerinin lezzeti ve beslenme değerleri neredeyse sıfırdan çok yükseğe kadar değişmektedir. Bitkinin iç faktörlerinden bağımsız olarak, hayvan faktörleri de halofit yemlerinin lezzetini belirler. Bu faktörler, hayvan türleri ve ırkı, yaşı, fizyolojik durumu ve sağlık durumu, beslenme alışkanlıkları, beslenmenin kontrol ettiği hayvan koşullarını içerebilir (Attia-Ismail, 2018).

Halofit yemlerin kimyasal bileşimleri aynı zamanda lezzetlerini de etkiler. Örneğin yem bitkilerinde ham lif yüzdesinin yüksek olması, hayvancılık tarafından seçiminde önemli rol oynayacaktır. Yüksek lif içeriğine sahip yemler genellikle sığırlar tarafından koyun ve keçilere göre daha iyi kabul edilir. Yağmurun az olduğu bölgelerdeki mineral içeriği, yüksek yağış alan bölgelere göre, halofit yemlerdeki kül yüzdesi (silis içermeyen mineraller söz konusu olduğunda), lezzet açısından kritik bir faktör olabilir. Halofitik yemlerin kimyasal bileşimlerindeki ve dolayısıyla besin içeriklerindeki farklılıklar, bitki büyümesini kontrol eden faktörlerdeki değişikliklerle (örneğin toprak verimliliği, toprak tuzluluğu, yağmur ve sıcaklık gibi çevresel faktörler vb.) ilişkilidir (Attia-Ismail, 2016).

Bazı çalı olmayan çok yıllık halofitler orta ila iyi arasında bir lezzet sergiler; örneğin, *Nitraria retusa* (*Nitrariaceae*), *Suaeda fruticosa* (*Amaranthaceae*), Nasırlıyaprak (*Plantago crassifolia*) (*Plantaginaceae*), *Spergularia media* (*Caryophyllaceae*), *Spergularia marginata*

(*Caryophyllaceae*), *Hedysarum carnosum* (*Fabaceae*), *Puccinellia* spp. (*Poaceae*) ve *Spartina patens* (*Poaceae*) iken diğerleri neredeyse tatsızdır, örneğin Bataklık papatyası (*Aster tripolium*) (*Asteraceae*), *Heliotropium curassavicum* (*Boraginaceae*), *Suaeda maritime* (*Amaranthaceae*), *Juncus* spp. (*Juncaceae*), *Schoenus nigricans* (*Cyperaceae*), *Cyperus* spp. (*Cyperaceae*), *Scirpus* spp. (*Cyperaceae*), *Phragmites* spp (*Poaceae*), Hasırotu (*Typha* spp.) (*Typhaceae*), *Arundo plinii* (*Poaceae*), Kargı (*Arundo donax*) (*Poaceae*), *Saccharum ravennae* (*Poaceae*) ve *Ruppia* spp (*Ruppiaceae*).; bunların çoğu higrohalofitlerdir. Tekyıllık halofitlerin çoğu, çok düşük bir lezzete sahiptir ve az miktarda fitoma üretir; örneğin *Hordeum maritimum* (*Poaceae*), *Sfenopus*, *Lepturus*, *Pholurus*, *Frankenia*, *Aizoon*, *Mesembryanthemum*, *Cressa*, *Zygophyllum*, *Halogeton*, *Schanginia*, *Suaeda*, *Salsola* ve *Salicornia* (El Shaer ve Attia-Ismail, 2015).

## 7.2. Kül içeriği ve mineral bileşim

Yüksek kül içeriği halofitik yemlerin tipik bir özelliğidir. Halofitik yemlerin mineral profilleri farklıdır. Bu farklılıklar kısmen yem türlerine, büyüme aşamasına, mevsimselliğe, toprağın ve suyun tuzluluk derecesine vb. bağlı olabilir. Bu yemlerin, geviş getiren hayvanların ihtiyaçlarını karşılamak için bazı minerallerin kaynağı olabileceği görülmektedir. Bazı iyonlar, özellikle belirli taksonlarda sık görülen oranlarda bulunur. Sodyum tuzlarının (özellikle klorürlerin), sülfat tuzlarına kıyasla dikotiledonlarda daha büyük konsantrasyonlarda biriktiği bulunmuştur. *Chenopodianceae* ve *Caryophyllaceae* normal konsantrasyonlarda serbest oksalatlara sahiptir. Halofit yemlerindeki yüksek mineral içeriği, hayvancılığın, özellikle de geviş getiren hayvanların normal ihtiyaçlarını aşmaz. Ancak oluşabilecek herhangi bir eksikliğin giderilmesi amacıyla diyetlerde iz ve minör mineral takviyelerine yer verilmesi tercih edilmektedir (Attia-Ismail, 2018).

Halofitik buğdaygiller, özellikle yenilebilir biyokütlenin mineral içeriğini etkileyen ozmotik ayarlama yöntemleri açısından kenopodlardan (*Amaranthaceae*) farklıdır. Buğdaygillerde tuzluluğa tolerans temel olarak yapraklarda düşük tuz konsantrasyonlarının korunmasına dayanır; bu, kök yüzeyinden  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin hariç tutulması, bazı durumlarda bu iyonların yapraklardan salgılanması ve ozmotik ayarlama için uyumlu organik çözünenler vasıtasıyladır. Buna karşılık, kenopodların tuzlu baklagillere toleransı ile toplam külün %40'ından azı  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  veya  $\text{Cl}$  formundayken, forhalofitik kenopodlarda külün %63-81'i bu iyonlardan oluşur. Halofitik

buğdaygiller ve kenopodlar ayrıca  $\text{Na}^+$  ve  $\text{K}^+$ 'nın göreceli alımı açısından da farklılık gösterir; buğdaygiller  $\text{K}^+$  alımını tercih eder. Halofitler, farklı iç iyon düzenlemelerine sahip olmanın yanı sıra,  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  salgılayan ve biyokütledeki tuzu azaltan yaprak bezlerinin gelişiminde de farklılık gösterebilir (Flowers ve Colmer, 2008). Dolayısıyla bu yetenek, geniş getiren hayvanların tükettiği biyokütledeki tuz konsantrasyonunu da güçlü bir şekilde etkiler. Toprak çözeltilisindeki artan tuzluluk, biyokütle bileşiminde değişikliklere yol açar. Tuz biriktiren çalıların tüketimi, geniş getiren hayvanların mineral dengesi açısından avantajların yanı sıra başka dezavantajlara da sahip olabilir. Otlayan geniş getiren hayvanlardaki potansiyel toksisiteler, *Atriplex* türlerindeki aşırı S, B ve Se'den kaynaklanabilir (Salem ve ark., 2010; Suyama ve ark., 2007).

Öte yandan halofitler, geniş getiren hayvanlara diyetle eksik olan temel mineralleri de sağlayabilir. Hem buğdaygil hem de kenopodlar olan halofitler, koyun ve sığırların Na, K ve Cl gereksinimlerini kolayca aşar ve karışık rasyonun bir parçası olarak otlayan hayvanlar için bu iyonların değerli bir kaynağını sağlayabilir. Na, K ve Cl, geniş getiren hayvanlarda elektrokimyasal bir fonksiyona sahiptir ve asit-baz dengesinin korunması, membran geçirgenliği ve vücuttaki suyun ozmotik kontrolü ile ilişkilidir (McDonald, 2002).

Fe, Mg, Zn ve Mn de halofitlerde önerilen gereksinimleri aşan konsantrasyonlarda meydana gelir. Bunlar aynı zamanda geniş getiren hayvanlar için de gereklidir. Fe hemoglobin ve enzimlerle ilişkilidir ve eksikliği anemiye yol açar, Mg kemikte bulunur ve metabolizmayla ilgili enzimlerde rol oynar, Zn enzimlerde bulunur ve eksikliği zayıf büyümeye yol açar, Mn ayrıca enzim fonksiyonu ve eksikliğiyle de ilişkilidir. Ca ve P konsantrasyonları büyüme gereksinimlerini karşılıyor olabilir, ancak laktasyon için yeterli olmayabilir (Masters ve ark., 2010).

Koyun ve sığır diyetindeki kükürtün (S) sırasıyla %0.2 KM ve %0.15 DM olması tavsiye edilir ve bitkilerde genellikle %0.05 DM ile %0.5 DM arasında S konsantrasyonları bulunur. S, rumen mikrobiyal proteininin üretimi için öncelikle N ile birlikte kullanılır ve 12.5:1 N:S oranının koyunlar için optimal olduğu kabul edilir (SCA, 2007). S, yapısal proteinlerin sentezi için gereklidir ve üç amino asidin (sistin, sistein ve metiyonin), çeşitli vitaminlerin, insülin hormonunun ve koenzim A'nın bir bileşenidir. S eksikliği canlı ağırlık artışını sınırlar ve yün yaklaşık %4 S içerdiğinden, eksiklik özellikle yün üretim sistemlerinde problemlidir (McDonald, 2002).



### 7.3. Protein ve protein olmayan azot içerikleri

Nitrat iyonlarının düşük alımı nedeniyle tuzluluk altında protein seviyeleri azalır. Farklı besin maddelerinin biyosentezi için halofitik yemlerde meydana gelen biyokimyasal süreçlerin, yüksek tuz konsantrasyonlarından etkilendiği görülmektedir (Wang ve ark., 2015). Yüksek tuz konsantrasyonları bitkilerde iyonik dengesizliğe, hiperozmotik strese ve besin eksikliğine yol açar. Mahsullerin tuz toleransının iyileştirilmesi ve toprak tuzluluğunun yönetilmesi, dünya çapında artan gıda arzı taleplerini karşılamak için gereklidir (Barkla ve ark., 2013). Tuz stresinin etkileri bitkinin büyüme ve gelişmesini sınırlandırabilir ve hatta bitkinin ölümüne yol açabilir. Tuz stresiyile baş etmek gelişimsel, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal stratejileri içeren karmaşık mekanizmaları içerir. Ayrıca, tuz stresini düzenleyen genler eksprese edilir ve bu da bitkilerin tuz birikimine uyum sağlamasına yardımcı olan protein profilinde değişikliklere yol açar. Membran taşınmasında, sinyal iletiminde, redoks reaksiyonlarında ve diğer işlemlerde yer alan birçok tuza duyarlı gen, tuz stresi koşullarında önemli roller oynar (Zhang ve ark., 2008). Tuz konsantrasyonundaki artışlar protein sentezinde ve hidrolizinde de azalmalara neden olur. Bu işlem bazı halofitik yemlerde amino asitlerin üretilmesiyle sonuçlanır. Artan tuzluluğun protein sentezi üzerindeki antagonist etkisi açıktır. Bununla birlikte, aspartat ve glutamat gibi bazı amino asitler, halofitik yemlerin tuz stresine adaptasyonunda kritik bir rol oynamaktadır. Tuzluluk seviyesi arttıkça aspartat, glutamat, glisin, histidin, lizin ve arginin amino asitlerinin konsantrasyonlarının da arttığı bulunmuştur. Tuza dayanıklı sorgum türlerinde tuzluluk arttıkça protein içeriği azalır ve bu da protein olmayan azotun artmasına neden olur. Bu nedenle toprak tuzluluğunun azalmasıyla birlikte kullanılabilir azotun önemli ölçüde arttığı görülmektedir (Al-Khalasi ve ark., 2010). Halofitik yemlerin nitrojen içeriğinin çoğu amino asitler formundadır. Mevcut bir enerji kaynağının, halofitik yemlerle beslenen hayvanların rasyonlarına dahil edilmesi gerektiğinden, bunun hayvan beslenmesinde belirli etkileri vardır. Bu katılımin azot sindirimi, kullanımı ve verimliliği üzerinde etkisi olabilir (Masters, 2006).

Avustralya'da 7 farklı tuzlu bölgede büyüyen bir dizi halofitik tür için (141 örnek, altı chenopod (dört *Atriplex* spp., *Maireana brevifolia* ve *Tecticornia pergranulata* dahil) %10-15 arasında ham proteine (HP) sahip bulunmuştur (OM bazında %13-21 arasında). Chenopodlar, aynı ortamda büyüyen halofitik otlardan daha yüksek HP'ye sahip bulunmuş ve dört buğdaygil türünün HP'si ortalama %5-8 olmuştur (Norman, 2003; Norman ve

ark., 2008). Al-Shorepy ve ark. (2010b) *Sporobolus virginicus* ve *Distichlis spicata*'da sırasıyla %8.7 ve %9.8 HP KM rapor etmişlerdir. Buğdaygillerdeki düşük HP, örneğin halofitik otların hasattan önce azotlu gübrelere gübrenmesi veya düzenli olarak biçme gibi tarımsal yöntemler halofitik buğdaygillerde CP'yi arttırabilir (Bustan ve ark., 2005).

Halofitlerde HP rakamları, nitrat ve osmoregülasyon için sentezlenen, glisinbetain ve prolin dahil olmak üzere çözünür protein olmayan bileşikler tarafından şişirilebilir (Flowers ve Colmer, 2008). *Portulaca oleracea* tuzlu su sistemlerinde yaygın bir yabancı otur ve halofit olarak kabul edilir. *Portulaca oleracea* yapraklarındaki prolin konsantrasyonları, düşük tuzlu kontrollerle karşılaştırıldığında, 18 gün boyunca 70 ve 140 mM NaCl ile sırasıyla %73 ve %100 artmıştır (Eklund ve ark., 2005).

#### 7.4. Enerji içeriği

Yem brüt enerjisinin (gross energy, GE) tanımı, herhangi bir yem maddesinin birim kuru madde başına kalori veya joule cinsinden ifade edilen toplam yanma ısıdır. Sindirilebilir enerji (digestible energy, DE), brüt enerji miktarından dışkıda kaybedilen enerjinin çıkarılmasıyla elde edilirken, metabolize edilebilir enerji (ME), sindirilebilir enerji eksi idrar ve gazlarda kaybedilen enerji miktarıdır. Yetiştiricilik için net enerji (NE), ısı olarak kaybedilen enerji eksi metabolize edilebilir enerjidir. Halofitik yemlerin enerji içeriğini ifade etmek için kullanılan en yaygın enerji formu ME'dir. ME değerinin halofit türlerde büyük ölçüde bitki olgunluğuna bağlı olduğu görülmektedir. Hem geleneksel yemlerin hem de halofitik yemlerin enerji içeriklerinin benzer olduğu ve önemli bir farklılığın olmadığı bulunmuştur. Örneğin *Atriplex nummularia* (*Amaranthaceae*) kuru otu ile yonca kuru otu karşılaştırıldığında ME alımının farklı olmadığı görülmüştür (Meneses ve ark., 2012). *Aeluropus lagopoides* (*Poaceae*) ve *Sporobolus tremulus* (*Poaceae*) gibi kıyı otları, besi sığırlarının bakım gereksinimlerini karşılamak için yeterli enerji içeriğine sahip durumdadır (Moinuddin ve ark., 2012). *Atriplex nummularia* (*Amaranthaceae*) üzerinde otlayan hayvanlar ise daha fazla enerji takviyesine ihtiyaç duyar (Thomas ve ark., 2007).

Metabolize edilebilir enerji (ME) gibi yem bitkisi türlerinin besin değeri parametreleri, büyük ölçüde bitki olgunluğuna bağlı gibi görünmektedir ve bazı tuza toleranslı yem otlarının daha iyi ME değerleri ve sindirilebilirliği, genç bitkiler arasında daha yavaş büyüme potansiyeli ile bağlantılı görünmektedir. Yüksek ADL ve ADF, kalite ve sindirilebilirlik açısından yem bitkilerinin

seçiminde en önemli hayvancılık bileşenleri olarak kabul edilmektedir. Tuzlu topraklarda potansiyel yem türlerinin başarılı büyümesi ve biyokütle üretimi, tuz dengesinin düzenlenmesine, ozmotik ayarlama yeteneğine ve uygun su potansiyelinin korunmasına bağlı olacaktır (Nedjimi, 2009).

### 7.5. Ham lif içerikleri

Bitki hücre duvarı lignin, selüloz ve hemiselülozdan oluşur. Ham lif, besleme malzemesinin asit/alkali hidrolizinden sonra kalan kalıntıdır. Bu çözünmeyen kalıntı, selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi polisakkaritlerden oluşur. Asit deterjan lifi (ADF), asidik deterjan hidrolizinin özütüdür. Selüloz, lignin, asit deterjanda çözünmeyen nitrojen (ADIN) ve asitte çözünmeyen kül (AIA) içerir. Bu nedenle bitki ne kadar olgunlaşırsa o kadar fazla ADF içeriği birikir. ADF ne kadar düşük olursa hayvana o kadar fazla enerji sağlanır. Nötr deterjan lifi (NDF), ADF ve hemiselülozdaki lifleri içerir. NDF, yemin ne kadar hacimli olduğu anlamına gelir. NDF'si düşük rasyonlar her zaman tercih edilir. Birinci sınıf yem, kuru madde bazında %31'den az ADF ve %40'tan az NDF içerir (Attia-Ismail, 2015).

Bazı halofitlerin ham lif ve farklı fraksiyon içerikleri şunlardır: *Atriplex lentiformis* (48.9 NDF, 33.1 ADF, 10.3 ADL, 22.8 Selüloz, 27.4 Hemiselüloz); *Tamarix mannifera* (49.0 NDF, 33.3 ADF, 12.2 ADL, 21.0 Selüloz, 15.7 Hemiselüloz); *Kochia indica* (59.5 NDF, 39.5 ADF, 10.9 ADL, 28.4 Selüloz, 20.2 Hemiselüloz); *Panicum turgidum* (61.7 NDF, 42.0 ADF, 11.0 ADL) (Attia-Ismail, 2015); *Acacia saligna* (58.7 NDF, 35.3 ADF, 18.4 ADL, 16.9 Selüloz, 23.4 Hemiselüloz) (Allam ve ark., 2006).

Halofitik bitkilerin odunlaşmasının tuzluluk seviyesinden olumsuz etkilendiği görülmektedir. Halofit *Suaeda maritima* (*Amaranthaceae*)'nın gövdelerinin odunlaşmasının tuzlulukla negatif ilişkili olduğu gösterilmiştir. Tuzluluk oranının optimumun üzerine çıkmasıyla birlikte *Suaeda altissima* (*Amaranthaceae*)'nin sürgün dokularındaki lignin içeriği önemli ölçüde azalmaktadır (Meychik ve ark., 2013). İtalyan çimi (*Lolium multiflorum*) için sulama suyunun tuzluluğu arttıkça NDF'de bir azalma Ben-Ghedalia ve ark. (2001) tarafından tespit edilmiştir. *Panicum turgidum*'un lif fraksiyonu (NDF, ADF ve ADL), kurak mevsimde yağışlı mevsime göre daha yüksek içerik kaydetmiştir. Yüksek düzeyde lif ve kül içeriği, halofitik yemlerin alımını ve sindirilebilirliğini sınırlayabilir (Attia-Ismail, 2015).

Hessini ve ark. (2020), Akdeniz'in tuzlu ortamlarında kullanılmak üzere seçilen Tunus'daki bitkisel türlerinin besin değerini belirlemiştir. On sekiz yabancı türü, besin içerikleri ve antibeslenme faktörleri açısından analiz etmiştir. *Chenopodiaceae*, *Poaceae*'den daha fazla NaCl biriktirmiştir. *Arthrocnemum indicum* (*Amaranthaceae*) en yüksek ham protein (CP) içeriğine sahipken, *Stipa rotorta* (*Poaceae*) en düşük ham protein (CP) içeriğine sahip olmuştur. *Poaceae* en yüksek lif içeriğine (nötr ve asit) ve en düşük oksalat içeriğine sahip olmuştur. *Chenopodiaceae* ve *Poaceae*'de günlük net gaz üretimi (GP), 0.2 mg kuru madde (DM) başına sırasıyla 9.5 ila 14.5 ve 13.8 ila 37.9 ml arasında değişmiştir. Toplam fenol içeriği ve organik madde sindirilebilirliği türlere bağlı bulunmuştur. Test edilen türlerdeki metabolize edilebilir enerji (ME) 4.6 ile 9.4 MJ/kg DM arasında değişmiş olup *Catapodium rigidum* (*Poaceae*) ve *Arthrocnemum indicum* (*Amaranthaceae*) sırasıyla en düşük ve en yüksek ME değerlerine sahip olmuştur. *Chenopodiaceae* en yüksek NaCl, CP, ME ve oksalat içeriğine sahipken, en düşük lif ve net GP içeriğine sahip olmuştur. Sodyum klorür içeriği CP ve oksalat ile pozitif, net GP ile ise negatif korelasyon göstermiştir. Yüksek tuzluluğun hâkim olduğu ve yem kaynaklarının kıt olduğu kurak ve tuzlu ortamlarda, *Suaeda fruticosa* (*Amaranthaceae*), *Arthrocnemum indicum* (*Amaranthaceae*) ve Çuvan (*Halocnemum strobilaceum*) (*Amaranthaceae*) gibi tuza toleranslı bitkiler geniş getiren hayvanların beslenme takvimlerine dahil edilebilir bulunmuştur.

## 8. Sonuç

Halofitlerin ve tuza dayanıklı yem bitkilerinin çoğu, yönetildikleri takdirde ticari mahsul bitkileri olarak büyük bir potansiyel gösterir. Neredeyse hiçbir bitkinin yetişemeyeceği tuzlu koşullar altında halofitlerin ve tuza dayanıklı yem bitkilerinin yetiştirilmesi, tuzlu tarım sistemini iyileştirebilir ve sistemi sürdürülebilir ve ekonomik açıdan daha verimli hale getirebilir.

Halofit bitki türleri tuzlu su ile sulanarak ticari tarıma uygun olmayan tuzlu topraklarda yetiştirilebilmektedir. Halofitler antioksidanlar, yağ asitleri ve amino asitler gibi besinler açısından zengindir ve birçok tür geleneksel olarak yem olarak kullanılmaktadır. Çoğu halofit, hayvanlar için lezzetli olsa bile tüketildiğinde hayvan performansını etkileyen ikincil metabolitler üretmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda yem talebinin artması, hayvan üretim işletmeleri üzerinde belirli baskılar oluşturmaktadır. Hayvanların beslenme durumunun iyileştirilmesi için tuzlu topraklar ve yeraltı suyu gibi marjinal kaynakların hayvanlara yönelik yem (yem bitkileri) üretiminde

kullanılması gerekli hale gelmektedir. Bu yem bitkilerinin bazıları zehirlidir. Toksikite, bir dizi ikincil metabolitin varlığından kaynaklanabilir.

Halofitler geleneksel yemlerle kıyaslanabilir miktarda enerji içerebilir. Ancak halofitlerin enerji içeriğinden yararlanma verimliliği oldukça düşüktür. Bu nedenle hayvanların halofit içeren diyetleri enerji takviyesi gerektirir. Halofitlerdeki yüksek tuz, enerji elementlerinin verimli kullanılamamasına neden olur. Halofitlerin enerji içeriklerinin belirlenmesi, yüksek oranda tuz bulunması nedeniyle karmaşıktır.

Azot genellikle ılıman otlaklarda mevcut en sınırlayıcı besindir. Enerjinin yüksek maliyeti nedeniyle azotlu gübrelerin dünya fiyatının gelecekte yüksek kalması muhtemel olduğundan, özellikle azotlu gübreye tepkinin genellikle en düşük olduğu marjinal bölgelerde baklagillere güvenmenin ekonomikliği yüksektir.

## KAYNAKLAR

- Abd El-Hack, M. E., Samak, D. H., Noreldin, A. E., Arif, M., Yaqoob, H. S., & Swelum, A. A. (2018). Towards saving freshwater: halophytes as unconventional feedstuffs in livestock feed: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 14397-14406.
- Abdal, M. S. (2009). Salicornia production in Kuwait. *World Appl. Sci. J*, 6(8), 1033-1038.
- Ado, M. N., Guero, Y., Michot, D., Soubeiga, B., Kiese, T. S., & Walter, C. (2016). Phytodesalinization of irrigated saline Vertisols in the Niger Valley by *Echinochloa stagnina*. *Agricultural Water Management*, 177, 229-240.
- Adolf, V. I., Shabala, S., Andersen, M. N., Razzaghi, F., & Jacobsen, S. E. (2012). Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant and Soil*, 357, 117-129.
- Agregan, R., Munekata, P. E. S., Feng, X., Gullón, B., Dominguez, R., & Lorenzo, J. M. (2021). Technological Advances for Sustainable Livestock Production. *Sustainable Production Technology in Food*, 37-47.
- Al-Khalasi, S. S., Mahgoub, O., Kadim, I. T., Al-Marzooqi, W., & Al-Rawahi, S. A. (2010). Salt tolerant fodder for Omani sheep (effects of salt-tolerant sorghum on performance, carcass, meat quality and health of Omani sheep). Monograph on management of salt-affected soils and water for sustainable agriculture. Sultan Qaboos University, Oman, 67-81.
- Al-Khateeb, S. A. (2006). Effect of salinity and temperature on germination, growth and ion relations of *Panicum turgidum* Forssk. *Bioresource Technology*, 97(2), 292-298.
- Al-Shorepy, S. A., Alhadrami, G. A., & Al-Dakheel, A. J. (2010a). Growth performances and carcass characteristics of indigenous lambs fed halophyte *Sporobolus virginicus* grass hay. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(5), 556-562.
- Al-Shorepy, S. A., Alhadrami, G. A., & El Awad, A. I. (2010b). Development of sheep and goat production system based on the

- use of salt-tolerant plants and marginal resources in the United Arab Emirates. *Small Ruminant Research*, 91(1), 39-46.
- Allam, S. M., Youssef, K. M., Ali, M. A., & Abo Bakr, S. Y. (2006). Using some fodder shrubs and industrial by-products in different forms for feeding goats in Sinai. *Journal of Animal and Poultry Production*, 31(3), 1371-1386.
- Amouei, A. (2013). Effect of saline soil levels stresses on agronomic parameters and fodder value of the halophyte *Atriplex leuococlada* L. (*Chenopodiaceae*). *African Journal of Agricultural Research*, 8(23), 3007-3012.
- Arzani, H., Ahmadi, Z., Azarnivand, H., & Bihamta, M. R. (2010). Forage quality of three life forms of rangeland species in semi arid and semi humid regions in different phenological stages.
- Ashraf, M., Hameed, M., Arshad, M., Ashraf, Y., & Akhtar, K. (2006). Salt tolerance of some potential forage grasses from Cholistan desert of Pakistan. In *Ecophysiology of high salinity tolerant plants* (pp. 31-54). Springer Netherlands.
- Atia, A., Debez, A., Rabhi, M., Barhoumi, Z., Haouari, C. C., Gouia, H., ... & Smaoui, A. (2019). Salt tolerance and potential uses for saline agriculture of halophytes from the Poaceae. *Sabkha Ecosystems: Volume VI: Asia/Pacific*, 223-237.
- Attia-Ismail, S. A. (2015). Nutritional and feed value of halophytes and salt tolerant plants. *Halophytic and Salt Tolerant Feedstuffs: Impacts on Nutrition, Physiology and Reproduction of Livestock*. Taylor and Francis, 21.
- Attia-Ismail, S. A. (2016). Mineral balance in animals as affected by halophyte and salt tolerant plant feeding. *Halophytic and salt-tolerant feedstuffs impacts on nutrition, physiology and reproduction of livestock*, 348-357.
- Attia-Ismail, S. A. (2018). Halophytes as forages. *New Perspectives in Forage Crops*. Intechopen, 69-87.
- Atia, A., Smaoui, A., Barhoumi, Z., Abdelly, C., & Debez, A. (2011). Differential response to salinity and water deficit stress in *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. provenances during germination. *Plant Biology*, 13(3), 541-545.

- Barakat, N. A. M., El-Gawad, A. M. A., Laudadio, V., Kabieli, H. F., Tufarelli, V., & Cazzato, E. (2014). A contribution to the ecology and floristic markers of plant associations in different habitats of Sinai Peninsula, Egypt. *Rendiconti Lincei*, 25, 479-490.
- Barhoumi, Z., Atia, A., Rabhi, M., Djebali, W., Abdelly, C., & Smaoui, A. (2010). Nitrogen and NaCl salinity effects on the growth and nutrient acquisition of the grasses *Aeluropus littoralis*, *Catapodium rigidum* and *Brachypodium distachyum*. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(1), 149-157.
- Barkla, B. J., Castellanos-Cervantes, T., Diaz de Leon, J. L., Matros, A., Mock, H. P., Perez-Alfocea, F., ... & Zörb, C. (2013). Elucidation of salt stress defense and tolerance mechanisms of crop plants using proteomics-current achievements and perspectives. *Proteomics*, 13(12-13), 1885-1900.
- Barrett-Lennard, E. G. (2002). Restoration of saline land through revegetation. *Agricultural Water Management*, 53(1-3), 213-226.
- Ben-Ghedalia, D., Solomon, R., Miron, J., Yosef, E., Zomberg, Z., Zukerman, E., ... & Kipnis, T. (2001). Effect of water salinity on the composition and in vitro digestibility of winter-annual ryegrass grown in the Arava desert. *Animal Feed Science and Technology*, 91(3-4), 139-147.
- Bennett, S. J., Barrett-Lennard, E. G., & Colmer, T. D. (2009). Salinity and waterlogging as constraints to saltland pasture production: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(4), 349-360.
- Blumetto, O., Ruggia, A., & Tiscornia, G. (2023). Reconciling the design of livestock production systems and the preservation of ecosystems. In *Sustainable Development and Pathways for Food Ecosystems* (pp. 69-114). Academic Press.
- Boyd, D. C., & Rogers, M. E. (2004). Effect of salinity on the growth of chicory (*Cichorium intybus* cv. Puna)-a potential dairy forage species for irrigation areas. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(2), 189-192.
- Bruning, B., van Logtestijn, R., Broekman, R., de Vos, A., González, A. P., & Rozema, J. (2015). Growth and nitrogen fixation of



- legumes at increased salinity under field conditions: implications for the use of green manures in saline environments. *AoB Plants*, 7, p1v010.
- Burt, R. L. (2016). Searching for pasture legumes for heavy clay soils in the Australian dry tropics and subtropics: IV. Evaluation in western Queensland. *Tropical forage legumes: harnessing the potential of Desmanthus and other genera for heavy clay soils*, 204-253.
- Busoms, S., Fischer, S., & Yant, L. (2023). Chasing the mechanisms of ecologically adaptive salinity tolerance. *Plant Communications*.
- Bustan, A., Pasternak, D., Pirogova, I., Durikov, M., Devries, T. T., El-Meccawi, S., & Degen, A. A. (2005). Evaluation of saltgrass as a fodder crop for livestock. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), 2077-2084.
- Casler, M. D., & Undersander, D. J. (2018). Identification of temperate pasture grasses and legumes. *Horse Pasture Management*, 11-36.
- Charman, N., Ballard, R., Craig, A. (2006). *Melilotus siculus* (syn. *messanensis*) is constrained by a lack of suitable rhizobia. In 'Proceedings of the 13th Australian Agronomy Conference'. 11–14 September 2006, Perth, Western Australia. (Eds N Turner, T Arcuna, R Johnson) (Australian Society of Agronomy)
- Colmer, T. D., Flowers, T. J., & Munns, R. (2006). Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1059-1078.
- Dagar, J. C. (2005). Ecology, management and utilization of halophytes. *Bulletin of the National Institute of Ecology*, 15(1), 81-89.
- de Melo, H. F., de Souza, E. R., de Almeida, B. G., & Mulas, M. (2018). Water potential in soil and *Atriplex nummularia* (phytoremediator halophyte) under drought and salt stresses. *International Journal of Phytoremediation*, 20(3), 249-255.
- Dear, B. S., Moore, G. A., & Hughes, S. J. (2003). Adaptation and potential contribution of temperate perennial legumes to the southern Australian wheatbelt: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(1), 1-18.

- Díaz, F. J., Benes, S. E., & Grattan, S. R. (2013). Field performance of halophytic species under irrigation with saline drainage water in the San Joaquin Valley of California. *Agricultural Water Management*, 118, 59-69.
- Ehsen, S., Qasim, M., Abideen, Z., Rizvi, R. F., Gul, B., Ansari, R., & Khan, M. A. (2016). Secondary metabolites as anti-nutritional factors in locally used halophytic forage/fodder. *Pak. J. Bot*, 48(2), 629-636.
- Eid, M. A., & Eisa, S. S. (2010). The use of some halophytic plants to reduce Zn, Cu and Ni in soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(7), 1590-1596.
- Eklund, M., Bauer, E., Wamatu, J., & Mosenthin, R. (2005). Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. *Nutrition research reviews*, 18(1), 31-48.
- El Shaer, H. M. (2010). Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. *Small Ruminant Research*, 91(1), 3-12.
- El Shaer, H. M., & Attia-Ismail, S. A. (2015). Halophytic and salt tolerant feedstuffs in the Mediterranean basin and Arab region: an overview. Halophytic and salt-tolerant feedstuffs impact on nutrition, physiology and reproduction of livestock. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 21-36.
- El Shaer, H. M., & Squires, V. R. (2015). Halophytic and salt-tolerant feedstuffs: impacts on nutrition, physiology and reproduction of livestock. CRC Press.
- Evans, P. M., & Kearney, G. A. (2003). *Melilotus albus* (Medik.) is productive and regenerates well on saline soils of neutral to alkaline reaction in the high rainfall zone of south-western Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(4), 349-355.
- Flowers, T. J., & Colmer, T. D. (2008). Salinity tolerance in halophytes. *New phytologist*, 945-963.
- Frame, J., & Laidlaw, A. S. (2007). Temperate forage legumes for adverse conditions. *CABI Reviews*, (2007), 10-pp.

- Garcia-Caparros, P., Al-Azzawi, M. J., & Flowers, T. J. (2023). Economic uses of salt-tolerant plants. *Plants*, 12(14), 2669.
- Glenn, E. P., Mckeon, C., Gerhart, V., Nagler, P. L., Jordan, F., & Artiola, J. (2009). Deficit irrigation of a landscape halophyte for reuse of saline waste water in a desert city. *Landscape and Urban Planning*, 89(3-4), 57-64.
- Hafsi, C., Romero-Puertas, M. C., Gupta, D. K., del Río, L. A., Sandalio, L. M., & Abdelly, C. (2010). Moderate salinity enhances the antioxidative response in the halophyte *Hordeum maritimum* L. under potassium deficiency. *Environmental and Experimental Botany*, 69(2), 129-136.
- Hessini, K., Jeddi, K., Shaer, H. E., Smaoui, A., Salem, H. B., & Siddique, K. H. (2020). Potential of herbaceous vegetation as animal feed in semi-arid Mediterranean saline environments: The case for Tunisia. *Agronomy Journal*, 112(4), 2445-2455.
- Hollington, P. A., Hussain, Z., Kahlow, M. A., & Abdullah, M. (2001). Success stories in saline agriculture in Pakistan: from research to production and development. In *BAC saline agriculture conference* (pp. 19-21).
- Hoque, M., Mondal, S., & Adusumilli, S. (2022). Sustainable livestock production and food security. In *Emerging Issues in Climate Smart Livestock Production* (pp. 71-90). Academic Press.
- ICBA, 2007. Annual Report 2006 (1426-27H). International Center for Biosaline Agriculture, Dubai, UAE.
- Jordan, F. L., Yoklic, M., Morino, K., Brown, P., Seaman, R., & Glenn, E. P. (2009). Consumptive water use and stomatal conductance of *Atriplex lentiformis* irrigated with industrial brine in a desert irrigation district. *agricultural and forest meteorology*, 149(5), 899-912.
- Joshi, A. J., Mali, B. S., & Hinglajia, H. (2005). Salt tolerance at germination and early growth of two forage grasses growing in marshy habitats. *Environmental and Experimental Botany*, 54(3), 267-274.
- Joshi, J., Bhattacharai, T., & Sreerama, L. (2018). Efficient methods of pretreatment for the release of reducing sugars from

- lignocellulosic biomass native to Nepal and characterization of pretreated lignocellulosic biomass. *Int. J. Adv. Biotechnol. Res.*, 9, 9-23.
- Khan, M. A., & Ansari, R. (2008). Potential use of halophytes with emphasis on fodder production in coastal areas of Pakistan. In *Biosaline agriculture and high salinity tolerance* (pp. 157-162). Basel: Birkhäuser Basel.
- Khan, M. A., Ansari, R., Ali, H., Gul, B., & Nielsen, B. L. (2009). *Panicum turgidum*, a potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(4), 542-546.
- Khan, M. A., & Qaiser, M. (2006). Halophytes of Pakistan: characteristics, distribution and potential economic usages. In *Sabkha Ecosystems: Volume II: West and Central Asia* (pp. 129-153). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Koyro, H. W., & Lieth, H. (2008). Global water crisis: the potential of cash crop halophytes to reduce the dilemma. *mangroves and halophytes: restoration and utilisation*, 7-19.
- Leal, L. D. S. G., Pessoa, L. G. M., de Oliveira, J. P., Santos, N. A., Silva, L. F. D. S., Júnior, G. B., ... & de Souza, E. S. (2020). Do applications of soil conditioner mixtures improve the salt extraction ability of *Atriplex nummularia* at early growth stage? *International Journal of Phytoremediation*, 22(5), 482-489.
- Lukovic, M., Šilc, U., Vasin, J., Radović, J., Topisirović, G., Kostić, M., & Dajić Stevanović, Z. (2022). Assessment of quality and chemical composition of continental halophytic grasslands in south-east Europe. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(1), 12694.
- Masters, D., Tiong, M., Vercoe, P., & Norman, H. (2010). The nutritive value of river saltbush (*Atriplex amnicola*) when grown in different concentrations of sodium chloride irrigation solution. *Small Ruminant Research*, 91(1), 56-62.
- Masters, D. G. (2006). Establishing the metabolisable energy value of halophytic shrubs in vitro-problems and possibilities. confidential report.

- Masters, D. G. (2015). Assessing the feeding value of halophytes. *Halophytic and Salt Tolerant Feedstuffs: Impacts on Nutrition, Physiology and Reproduction of Livestock*. CRC Press New York, 89-105.
- Masters, D. G., Benes, S. E., & Norman, H. C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3-4), 234-248.
- McDonald, P. (2002). *Animal nutrition*. Pearson Education India.
- Meneses, R., Varela, G., & Flores, H. (2012). Evaluating the use of *Atriplex nummularia* hay on feed intake, growth, and carcass characteristics of creole kids. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1), 74.
- Merchan, F., Breda, C., Perez Hormaeche, J., Sousa, C., Kondorosi, A., Aguilar, O. M., ... & Crespi, M. (2003). A Krüppel-like transcription factor gene is involved in salt stress responses in *Medicago* spp. *Plant and Soil*, 257, 1-9.
- Meychik, N. R., Nikolaeva, Y. I., & Yermakov, I. P. (2013). Physiological response of halophyte (*Suaeda altissima* (L.) Pall.) and glycophyte (*Spinacia oleracea* L.) to salinity.
- Moinuddin, M., Gulzar, S., Aziz, I., Alatar, A. R. A., Hegazy, A. K., & Khan, M. A. (2012). Evaluation of forage quality among coastal and inland grasses from Karachi. *Pak. J. Bot*, 44(2), 573-577.
- Muscolo, A., Panuccio, M. R., & Eshel, A. (2013). Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 55-63.
- Muscolo, A., Panuccio, M. R., & Piernik, A. (2014). Ecology, distribution and ecophysiology of *Salicornia europaea* L. *Sabkha Ecosystems: Volume IV: Cash Crop Halophyte and Biodiversity Conservation*, 233-240.
- Naeem, H., Perveen, R., Zaidi, S. S. M., Zia, Z., Fatima, K., Akram, Z., ... & Ishaque, F. (2019). *Cleome brachycarpa*: A review on ethnobotany, phytochemistry, and pharmacology. *RADS Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7(2), 107-111.
- Naidoo, G., Somaru, R., & Achar, P. (2008). Morphological and physiological responses of the halophyte, *Odyssea paucinervis*

- (Staph)(Poaceae), to salinity. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 203(5), 437-447.
- Nedjimi, B. (2009). Salt tolerance strategies of *Lygeum spartum* L.: A new fodder crop for Algerian saline steppes. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(10), 747-754.
- Nichols, P. G. H., Loi, A., Nutt, B. J., Evans, P. M., Craig, A. D., Pengelly, B. C., ... & You, M. P. (2007). New annual and short-lived perennial pasture legumes for Australian agriculture-15 years of revolution. *Field Crops Research*, 104(1-3), 10-23.
- Norman, H. C. (2003). Botanical diversity within two saline ecosystems in southwestern Australia. *Vulpia*, 34, 30-8.
- Norman, H. C., Masters, D. G., & Barrett-Lennard, E. G. (2013). Halophytes as forages in saline landscapes: interactions between plant genotype and environment change their feeding value to ruminants. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 96-109.
- Norman, H. C., Masters, D. G., Wilmot, M. G., & Rintoul, A. J. (2008). Effect of supplementation with grain, hay or straw on the performance of weaner Merino sheep grazing old man (*Atriplex nummularia*) or river (*Atriplex amnicola*) saltbush. *Grass and Forage Science*, 63(2), 179-192.
- O'Connell, M., Young, J., & Kingwell, R. (2006). The economic value of saltland pastures in a mixed farming system in Western Australia. *Agricultural Systems*, 89(2-3), 371-389.
- Ortiqova, L. S. (2019). Fodder Halophytes for Saline Lands of Kyzylkum Desert. *American Journal of Plant Sciences*, 10(9), 1517-1526.
- Ozturk, O. F., Shukla, M. K., Stringam, B., Picchioni, G. A., & Gard, C. (2018). Irrigation with brackish water changes evapotranspiration, growth and ion uptake of halophytes. *Agricultural Water Management*, 195, 142-153.
- Pandey, H. O., & Upadhyay, D. (2022). Global livestock production systems: classification, status, and future trends. *Emerging Issues in Climate Smart Livestock Production*, 47-70.
- Pensiero, J. F., Zabala, J. M., Marinoni, L. D. R., & Richard, G. A. (2021). Native and naturalized forage plant genetic resources for saline environments of the southernmost portion of the American

- Chaco. Saline and Alkaline Soils in Latin America: Natural Resources, Management and Productive Alternatives, 339-380.
- Phelan, P., Moloney, A. P., McGeough, E. J., Humphreys, J., Bertilsson, J., O’Riordan, E. G., & O’Kiely, P. (2015). Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(1-3), 281-326.
- Qadir, M., Tubeileh, A., Akhtar, J., Larbi, A., Minhas, P. S., & Khan, M. A. (2008). Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land Degradation & Development*, 19(4), 429-453.
- Qasim, M., Gulzar, S., Shinwari, Z. K., Aziz, I., & Khan, M. A. (2010). Traditional ethnobotanical uses of halophytes from Hub, Balochistan. *Pak. J. Bot*, 42(3), 1543-1551.
- Ramos, J., López, M. J., & Benlloch, M. (2004). Effect of NaCl and KCl salts on the growth and solute accumulation of the halophyte *Atriplex nummularia*. *Plant and Soil*, 259, 163-168.
- Rao, N. K., McCann, I., Shahid, S. A., Butt, K. U. R., Al Araj, B., & Ismail, S. (2017). Sustainable use of salt-degraded and abandoned farms for forage production using halophytic grasses. *Crop and Pasture Science*, 68(5), 483-492.
- Rogers, M. E., Colmer, T. D., Frost, K., Henry, D., Cornwall, D., Hulm, E., ... & Craig, A. D. (2008). Diversity in the genus *Melilotus* for tolerance to salinity and waterlogging. *Plant and Soil*, 304, 89-101.
- Rogers, M. E., Colmer, T. D., Frost, K., Henry, D., Cornwall, D., Hulm, E., ... & Craig, A. D. (2010). Erratum to: The influence of NaCl salinity and hypoxia on aspects of growth in *Trifolium* species. *Crop and Pasture Science*, 61(12), 1049-1050.
- Rogers, M. E., Craig, A. D., Munns, R. E., Colmer, T. D., Nichols, P. G. H., Malcolm, C. V., ... & Ewing, M. A. (2006). Corrigendum to: The potential for developing fodder plants for the salt-affected areas of southern and eastern Australia: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1665-1665.
- Salem, H. B., Norman, H. C., Nefzaoui, A., Mayberry, D. E., Pearce, K. L., & Revell, D. K. (2010). Potential use of oldman saltbush

- (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. Small Ruminant Research, 91(1), 13-28.
- SCA. (2007). Standing Committee on Agriculture's Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO Publications, Melbourne, Australia
- Shamsutdinov, N., & Shamsutdinov, Z. (2008). Halophyte utilization for biodiversity and productivity of degraded pasture restoration in arid regions of Central Asia and Russia. In Biosaline agriculture and high salinity tolerance (pp. 233-240). Basel: Birkhäuser Basel.
- Sosa, L., Llanes, A., Reinoso, H., Reginato, M., & Luna, V. (2005). Osmotic and specific ion effects on the germination of *Prosopis strombulifera*. Annals of Botany, 96(2), 261-267.
- Sun, Z., Zhou, D., Ferreira, L. M., Zhong, Q., & Lou, Y. (2008). Diet composition, herbage intake and digestibility in Inner Mongolian Cashmere goats grazing on native *Leymus chinensis* plant communities. Livestock Science, 116(1-3), 146-155.
- Suyama, H., Benes, S. E., Robinson, P. H., Getachew, G., Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (2007). Biomass yield and nutritional quality of forage species under long-term irrigation with saline-sodic drainage water: Field evaluation. Animal Feed Science and Technology, 135(3-4), 329-345.
- Teakle, N. L., Real, D., & Colmer, T. D. (2006). Growth and ion relations in response to combined salinity and waterlogging in the perennial forage legumes *Lotus corniculatus* and *Lotus tenuis*. Plant and Soil, 289, 369-383.
- Thomas, D. T., Rintoul, A. J., & Masters, D. G. (2007). Sheep select combinations of high and low sodium chloride, energy and crude protein feed that improve their diet. Applied Animal Behaviour Science, 105(1-3), 140-153.
- Tuğ, G. N., & Yaprak, A. E. (2019). An overview of the germination behavior of halophytes and their role in food security. Ecophysiology, abiotic stress responses and utilization of halophytes, 39-61.



- Ushakova, S. A., Kovaleva, N. P., Gribovskaya, I. V., Dolgushev, V. A., & Tikhomirova, N. A. (2005). Effect of NaCl concentration on productivity and mineral composition of *Salicornia europaea* as a potential crop for utilization NaCl in LSS. *Advances in Space Research*, 36(7), 1349-1353.
- Valkó, O., Tóthmérész, B., Kelemen, A., Simon, E., Migléc, T., Lukács, B. A., & Török, P. (2014). Environmental factors driving seed bank diversity in alkali grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 182, 80-87.
- Vaughan, L. V., MacAdam, J. W., Smith, S. E., & Dudley, L. M. (2002). Root growth and yield of differing alfalfa rooting populations under increasing salinity and zero leaching. *Crop Science*, 42(6), 2064-2071.
- Vega Riveros, C., Meglioli, P. A., & Villagra, P. E. (2011). *Prosopis alpataco* Phil. (*Fabaceae, Mimosoideae*). *Kurtziana*, 36(2), 53-64.
- Vertes, F., Delaby, L., Klumpp, K., & Bloor, J. (2019). C-N-P uncoupling in grazed grasslands and environmental implications of management intensification. In *Agroecosystem diversity* (pp. 15-34). Academic Press.
- Villagra, P. E., & Cavagnaro, J. B. (2005). Effects of salinity on the establishment and early growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seedlings in two contrasting soils: Implications for their ecological success. *Austral Ecology*, 30(3), 325-335.
- Villagra, P. E., Vilela, A., Giordano, C., & Alvarez, J. A. (2009). Ecophysiology of *Prosopis* species from the arid lands of Argentina: What do we know about adaptation to stressful environments? In *Desert plants: biology and biotechnology* (pp. 321-340). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Wang, J., Meng, Y., Li, B., Ma, X., Lai, Y., Si, E., ... & Wang, D. I. (2015). Physiological and proteomic analyses of salt stress response in the halophyte *Halogeton glomeratus*. *Plant, Cell & Environment*, 38(4), 655-669.

- Wang, W. C., Zhang, Z. J., Liu, L. X., Li, L. Z., Wu, W. G., Cai, C. J., ... & Wang, W. S. (2009). *Puccinellia tenuiflora* maintains a low Na<sup>+</sup> level under salinity by limiting unidirectional Na<sup>+</sup> influx resulting in a high selectivity for K<sup>+</sup> over Na<sup>+</sup>.
- Weber, D. J., & Hanks, J. (2006). Salt tolerant plants from the Great Basin region of the United States. In *Ecophysiology of high salinity tolerant plants* (pp. 69-106). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Yasin Ashraf, M., Awan, A. R., Anwar, S., Khaliq, B., Malik, A., & Ozturk, M. (2020). Economic utilization of salt-affected wasteland for plant production: a case study from Pakistan. *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*, 1-24.
- Zhang, G. H., Su, Q., An, L. J., & Wu, S. (2008). Characterization and expression of a vacuolar Na<sup>+</sup> / H<sup>+</sup> antiporter gene from the monocot halophyte *Aeluropus litoralis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(2), 117-126.



## BÖLÜM 8

### *Atriplex* spp.

(Alt familya: *Chenopodiaceae*; Familya: *Amaranthaceae*)

Doç. Dr. Serkan ATEŞ<sup>1</sup>

Doç. Dr. Serap KIZIL AYDEMİR<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583022>

---

<sup>1</sup> Oregon State Üniversitesi, Hayvan Bilimi ve Mera Bölümü, Corvallis, Amerika Birleşik Devletleri

**E-Mail:** serkan.ates@oregonstate.edu

Orcid ID: 0000-0001-6825-3248

<sup>2</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik

**E-Mail:** serap.kizil@bilecik.edu.tr

Orcid ID: 0000-0003-0291-8598



## 1. Giriş

*Atriplex* türleri *Chenopodiaceae* familyasının üyeleridir. Dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde doğal olarak yetişen 400'den fazla *Atriplex* türü bulunmaktadır ve bunların çoğu kuraklığa ve tuza karşı oldukça dayanıklıdır. *Atriplex* türleri yüksek düzeyde protein ve ekonomik açıdan değerli bileşikler içerir. Bu özellikler *Atriplex*'i tuzlu veya kurak/yarı kurak bölgelerdeki hayvancılık için uygun bir yem haline getirmektedir. Ayrıca *Atriplex*, tuzlu topraktan tuz iyonlarını alıp yaprak yüzeyindeki tuz bezlerine hapsedebilir. Bu özellik, tuzlu veya kurak/yarı kurak toprakların yeniden bitkilendirilmesinde kullanılmalarına olanak sağladığından büyük önem taşımaktadır (Benzarti ve ark., 2013).

*Atriplex* cinsi yüksek tuzluluk, düşük nem ve yüksek sıcaklığa sahip ekosistemlerde yetişen birçok bitki türünü kapsar (Ramos ve ark., 2004). Bu çalılar, tuzdan etkilenen ve bozulmuş alanlarda erozyon kontrolü ve mera rehabilitasyonu için kullanılmaktadır (Sushma Rani ve ark., 2013). Bu çalılar aynı zamanda kuru ekosistemlerdeki çiftçiler tarafından kuraklıkta oluşan yem açığı sırasında hayvancılıkta yem olarak (Norman ve ark., 2004; Pearce ve ark., 2010) veya peyzaj amacıyla (Panta ve ark., 2014) kullanılmaktadır.

Kurak bölgelerden geldiği için *Atriplex* özellikle önemlidir, çünkü yüksek kuraklık ve tuzluluk ortamlarında bile bol miktarda biyokütle üretip muhafaza edebilmektedir. Tuzlardan etkilenen toprakların fitoremediasyonda, bu prosesin gereksinimlerine uygun olduğundan önemlidir; yüksek tuz içeriğine sahip topraklarda bol miktarda biyokütle üretir ve kurak ve yarı kurak bölgelerde ortak bir faktör olan kuraklığı tolere eder (Souza ve ark., 2012).

Kurak ortamlardaki bitkiler arasındaki rekabet, zorlu ortamlarda hayatta kalabilen, ekosistemde üreyebilen ve yayılabilen türlerin lehinedir. Tuzluluğa, kuraklığa ve yüksek ortam sıcaklığına karşı toleransı daha yüksek olan bitki türleri, düşük kaynak mevcudiyeti koşullarında üreme konusunda daha başarılıdır (Souza ve ark., 2012). *Atriplex* çalılar, tuzların olumsuz etkilerini dahili olarak tolere etmelerini veya tuzu hücrelerden ve dokulardan çıkarmalarını sağlayan adaptasyonlara sahiptir. Bu nedenle topraktaki tuzla baş edemeyen yem türlerine göre avantajlıdır ve bu nedenle tuzlu topraklara sahip kurak bölgelerde iyi birer rakiptirler ve kurak ve yarı kurak koşullar altında hayvancılık ve yaban hayatı için tamamlayıcı bir yem kaynağı sağlayabilirler (Norman ve ark., 2010).

*Atriplex* spp. yüksek sodyum konsantrasyonuna sahip olduğu yaz dönemine kıyasla kış döneminde yüksek konsantrasyonda azot (N) içerir. Çözünür protein-N, amino asit-N, nükleik asit-N ve nitrat-N'un toplamı, toplam azotun yaklaşık yarısı kadardır. Geriye kalan kısım, çözünmeyen protein-N'u ve hücre zarları ve duvarlarıyla bağlantılı diğer azotu içerir. Fosforun inorganik-P, fitat-P, nükleik asit-P ve diğer (artık) fraksiyonlardan oluşan rezervler arasında eşit şekilde dağıldığı bilinmektedir. Yapraklarda bulunan yüksek azot seviyelerine rağmen, tek başına *Atriplex* türleriyle beslenen koyunlar canlı ağırlığı en iyi şekilde korur. Samanla desteklendiğinde, *Atriplex* (Tuz çalısı) ile beslenen koyunların canlı ağırlığında artış görülür. Tuz çalısı ve samanın tamamlayıcı etkileşimleri kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve sonuçlar, *Atriplex*'in yalnızca tuzlu toprakları yenilemek için değil, aynı zamanda verimli bir yem kaynağı olarak da etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (Aganga ve ark., 2003).

*Atriplex* türlerinin kuzey Meksika'daki bölgelerden evrimleştiği düşünülmektedir. Bu türlerin çoğu, kuru ve tuzlu alanlarda büyüme yetenekleri nedeniyle ksero-halofit olarak kabul edilir ve bu da onların düşük kaynaklı ortamlarda başarılı olmalarına olanak tanır. Bu özellik, *Atriplex* türlerini yüksek oranda bozulmuş alanların ıslahı için uygun hale getirir (Lutts ve Lefevre, 2015). Ayrıca birçok *Atriplex* türü, besin değerlerinin oldukça yüksek olması ve yapraklarının her zaman yeşil kalması nedeniyle hayvancılık ve yaban hayatı için yem olarak değerlendirilmektedir (Glenn ve ark., 2013; Norman ve ark., 2013).

*Atriplex* spp. grubu yem çalıları, yaz aylarında yeşil, yenilebilir yapraklar üretme ve muhafaza etme yetenekleri nedeniyle, ilkbahar ve kış aylarında yetiştirilen yem kaynaklarının çoğunun öldüğü ve besin değerinin zayıf olduğu yaz döneminde Akdeniz tipi iklimlerdeki tekyıllık bitki yetiştirme sistemlerini tamamlar (Papanastasis ve ark., 2008). Bu nedenle, *Atriplex* türleri yaz-sonbahardaki 'yem boşlukları' sırasında çiftlik yem üretiminin önemli bir bileşeni olabilir (Moore ve ark., 2009). Farklı *Atriplex* türleri için in vivo organik madde sindirilebilirliği (OMD) %34.2 ile %66.3 arasında değişmektedir (Masters ve ark., 2010).

## 2. *Atriplex nummularia*

*Atriplex nummularia*, yem rezervi olarak kullanılabilir bir bitki örtüsü sağlamak için tuzdan etkilenen arazilere yaygın olarak ekilen bir türdür. Bu tür

plantasyonların aynı zamanda tuzlu yeraltı suyunu kullanma kapasitesine sahip olduğu ve dolayısıyla sığ su tablasının boyutunu etkilediği düşünülmektedir. *Atriplex nummularia*, ortalama 2 m yüksekliğe kadar büyüyen halofit bir çalıdır. *Atriplex nummularia* gövdeden kalem alınarak verimli bir şekilde çoğaltılabilir. Bu uygulama, hastalık patojenlerinden etkilenmemek için yaz yerine özellikle ilkbahar aylarında yapılmalıdır (Aganga ve ark., 2003).

Halofitlerin yetiştirilmesiyle ilgili pek çok çalışmanın konusu olarak *Atriplex nummularia*, Brezilya'da oldukça başarılı olmuştur (Souza ve ark., 2012). Souza ve ark. (2014), *Atriplex nummularia*'nın büyümesi, periyodik üretilen çelikleri, tuz ekstraksiyonu ve 16 ay boyunca izlenen toprak kimyasal özellikleri dahil olmak üzere tarla koşulları altındaki davranışını araştırdıkları bir çalışma yürütmüşlerdir. *Atriplex* için budamanın etkili olduğu sonucuna varmışlardır, çünkü bu sayede daha az odunlaşmış materyalin (yapraklar ve gövdeler  $\leq 3$  mm) yeniden büyümesi teşvik edilmiştir. Geleneksel tarımda kullanılan çoğu tür için uygun olmayan alanların yeniden bitkilendirilmesi amacıyla bu türün kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.



Şekil 1. Yem bitkisi *Atriplex nummularia* (Cornejo-Ponce ve ark., 2022).

Şili'nin kıyı bölgesinde yaklaşık 65.000 hektarlık *Atriplex nummularia*, *Atriplex repanda* ve *Acacia saligna* plantasyonları bulunmaktadır. Bunlar, bozulmuş ve aşırı otlatılan alanları yeniden bitkilendirmek ve yıllık kurak dönemde keçi ve koyunlara yem sağlamak amacıyla 1976 yılında dikilmiştir. Bu plantasyonların çoğunu *Atriplex nummularia* oluşturur. Kuraklığa



dayanıklılık, başka yem kaynaklarının bulunmadığı yıllık kurak dönemde otlatılmasına olanak sağlayan bir özelliktir (Ben Salem ve ark., 2010). *Atriplex nummularia* yüksek konsantrasyonlarda S, Mg, Ca, P, Na ve KCl içerir (Aganga ve ark., 2003). Bazı durumlarda bu bileşenler yem tüketimini azaltabilir ve mineral dengesizliklerine neden olabilir ve S konsantrasyonuna bağlı olarak ürün kalitesini iyileştirebilir (yün üretimi gibi) (Norman ve ark., 2008). *Atriplex nummularia* yenilebilir kuru maddesinin (EDM) kimyasal bileşimi, farklı ülkelerde %10.3 ila 25.9 ham protein (CP) ve %17.9 ila 35.4 külden oluşur (Ben Salem ve ark., 2010). *Atriplex nummularia*'nın koyunlar tarafından tüketimi 37 ila 115 g DM/kg arasındadır; bu aralık, yüksek tuz içeriği, yüksek içme suyu gereksinimi (Masters ve ark., 2005) ve protein olmayan azot nedeniyle düşüktür (Ben Salem ve ark., 2000). Koyunların enerji gereksinimlerinin üçte birini karşılayacak besin takviyesi, canlı ağırlık artışını, vücut kondisyonunu ve yün üretimini iyileştirir (Norman ve ark., 2008). Birçok hayvan yetiştiricisi, yaz ve sonbahardaki yağmur mevsimi öncesinde *Atriplex nummularia* tarlalarını koyun ve keçilerle otlatmaktadır (Aganga ve ark., 2003). Yıllık büyümeyi teşvik etmek için bu türün yılda en az bir kez toplanması veya otlatılması gerekir; aksi takdirde yaprak kaybı ve üretiminde azalma meydana gelecektir. Fazla malzemenin uzaklaştırılmasının bir diğer avantajı, gölgelik altında kalan bitki örtüsünün ve otsu kuru madde (DM) üretiminin arttırılmasıdır (Meneses ve ark., 2012).

### 3. *Atriplex halimus*

*Atriplex halimus* (Akdeniz tuz çalısı), Akdeniz havzası çevresindeki kurak ve yarı kurak bölgelerde ve Suudi Arabistan'ın doğusunda, 900 m'nin altındaki yüksekliklerde yaygın olarak yayılış gösteren halofitik bir çalıdır. Farklı derecelerde tuzluluğa sahip, ince tekstürlüden kabaya kadar çeşitli topraklarda yetişir. *Atriplex halimus*'un iki alt türü vardır: ssp. *halimus* diploiddir ( $2n = 2x = 18$ ) ve yarı kurak, az tuzlu bölgelerde bulunur; ssp. *schweinfurthii* ise tetraploiddir ( $2n = 4x = 36$ ) ve kurak, tuzlu bölgelerde bulunur. *Atriplex halimus* yayılışı boyunca yüksek ışık yoğunluğuna ve sıcaklığa, değişen derecelerde kuraklık ve tuzluluğa maruz kalır; aynı zamanda sıfırın altındaki kış sıcaklıklarına veya eser elementlerden kaynaklanan toprak kirliliğine de dayanabilir. *Atriplex halimus*'un ekosistemlerin işleyişindeki önemi toprak biyotasının desteklenmesinde kendini gösterirken, aynı zamanda memeliler ve eklembacaklılar için bir besin bitkisi görevi de görmesi önemlidir. Derin kök sistemi ile toprağın stabilizasyonundan dolayı kurak bölgelerde

toprak erozyonunu azaltır. *Atriplex halimus*'un protein açısından zengin sürgün materyali, onu başta koyun ve keçi olmak üzere besi hayvanları için önemli bir yem türü haline getirmektedir. Ancak enerji değerinin düşük olması, tahıl samanı gibi karbonhidrat açısından zengin materyallerle desteklenmesi gerektiği anlamına gelir. Bu çok yönlü bitki türünün potansiyel yeni kullanım alanları arasında eser elementlerle kirlenmiş toprakların fitoremediasyonu ve biyokütlesinin yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılması yer alır. Düşük yoğunluklu tarım sistemlerinde sürekli kullanımıyla birlikte bu tür uygulamalar, *Atriplex halimus*'un düşük yağışlı bölgelerde hayati bir bitki türü olarak kalmasını sağlamaktadır (Walker ve ark., 2014).



**Şekil 2.** Murcia (İspanya) bölgesinde yetişen *Atriplex halimus* bitkileri: subsp. *halimus* (sağda) ve *schweinfurthii* (solda) (Walker ve ark., 2014).

*Atriplex halimus*, Akdeniz havzası ve Batı Asya'da (Güney Portekiz, Fransa, güney ve doğu İspanya, İtalya, Yunanistan, Malta, Türkiye, Kıbrıs, İsrail, Suriye, Lübnan, Ürdün, Tunus, Fas, Cezayir, Libya, Mısır ve Suudi Arabistan) doğal olarak yetişir. Özellikle hayvan yemi olarak çeşitli kullanımları nedeniyle başka yerlere de giriş yapmıştır. Örneğin Umman, İran, Irak, Pakistan, Güney Afrika, Şili, Arjantin, Yeni Zelanda ve ABD. 1960'lı yıllardan bu yana *Atriplex halimus*, küçükbaş hayvanlar (koyun ve keçiler) ve ayrıca sığır ve develer için ayakta yem veya silaj sağlamak amacıyla Akdeniz'in kurak bölgelerine ekilmektedir. Cezayir, Arap Yarımadası, Mısır, Irak, İsrail, Ürdün, Libya, Fas, İspanya ve Tunus'ta ekili alanın yaklaşık 100.000 hektar olduğu tahmin edilmektedir. Bu, yıl boyunca yem sağlama yeteneğini ve diğer birçok mera türüne göre çok daha fazla tuz toleransını yansıtmaktadır (Azam ve ark., 2012). En etkili yetiştirme yöntemi, doğrudan ekim yerine fidelerin

dikilmesidir, ancak bu yavaş ve pahalıdır. Hektar başına yaklaşık 2.000 fidan, 15 m aralıklarla dikilmektedir. Doğrudan ekimde, önceden çimlendirilmiş tohumların şişmeden hemen sonra ancak kökçüğün ortaya çıkmasından önce kullanılması sonbaharda özellikle başarılıdır. Plantasyonlar, doğal bitki örtüsü kaldırılmadan veya yüksek yoğunluklu meşcereler halinde kurulabilir, ancak fide büyümesini iyileştirmek için azot gübrelemesi gerekebilir. Uzun vadeli verimliliklerini sağlamak için yabancı otlar kontrol edilmeli, çalılar her 2-3 yılda bir kesilmeli ve odunsu bitkilere yol açan çok seyrek ekimden kaçınılmalıdır. Bouzid ve Kheloufi (2015), yeniden sürmeyi engelleyebilecek aşırı otlatmaya karşı koruma sağlamak için plantasyonların kapalı tutulmasının önemini vurgulamışlardır. Yem verimi, yerel koşullara ve yönetime bağlı olarak genellikle 2 ila 5 Mg kuru madde/ha/yıldır ve yerel meralarla karşılaştırıldığında yağmurdan yararlanma verimliliği yüksektir (Le Houérou, 2000). Abu-Zanat ve ark. (2004), *Atriplex halimus*'un kuru madde üretimi ve yağmurdan yararlanma verimliliğinin *Atriplex nummularia*'ya göre daha düşük olduğunu, ikincisinin soğuğa daha az toleranslı olduğunu bulmuşlardır. *Atriplex halimus* çalılar azot açısından zengin bir yem üretir (kuru maddede %3-4), ancak azotun yaklaşık %40-45'i proteinik olmadığından işkembe mikroflorasının bu azot kaynağına (örneğin prolin ve glisinbetain) uyum sağlaması zaman alır (yaklaşık 3 ay) (Walker ve ark., 2008). *Atriplex halimus* dokuları protein açısından zengindir (%14-21 ham protein) (Andueza ve ark., 2005). Aslında eski çağlardan beri diğer besin kaynaklarının kıt olduğu zamanlarda insanlar tarafından da tüketilmektedir. Lif içeriği keçi kaynaklı süt ürünlerinin kalitesi açısından faydalıdır (Alvarez ve ark., 2008). Otal ve ark. (2010), *Atriplex halimus* yem kalitesinin, hayvanlar tarafından gönüllü olarak yenen yaprak ve ince dalların oranıyla ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Salem ve ark. (2012), güneşte kurutma ve ekzojen diyet enzimlerinin eklenmesinin, hem *Atriplex halimus*'un koyunlar tarafından yem olarak alınması hem de sindirilebilirliği açısından faydalı olabileceği sonucuna varmışlardır.

*Atriplex halimus*'un (yapraklar ve genç dallar) bir dezavantajı, düşük enerji içeriği (Alvarez ve ark., 2008) ve yüksek tuz içeriğidir (kuru maddede %10'a kadar Na) (Walker ve ark., 2008). Yüksek tuz içeriği hayvancılıkta yüksek su alımı gerektirir (günde 11 litre/ koyun kadar) (Mirreh ve ark., 2000). Ancak Ruiz-Mirazo ve Robles (2011), ilkbaharda yapılan otlatmanın yaz aylarında sürgün nem içeriğini arttırdığını ortaya koymuştur. Ayrıca tek başına verildiğinde koyunlarda fosfor yetersizliği oluşabilir (El-Shatnawi ve Mohawesh, 2000), kuzularda kalsiyum içeriği yetersiz kalabilir (Khattab,

2007), oksalat seviyeleri kuru maddenin %10'una kadar çıkabilir ve bazı tanenler lezzeti azaltabilir (Abu-Zanat ve ark., 2003). Bu faktörlerden dolayı, *Atriplex halimus*'un yüksek karbonhidratlı yem veya takviye kaynağıyla kombinasyonu, özellikle besi hayvanının enerji talebinin daha fazla olduğu durumlarda (örneğin hamilelik ve emzirme döneminde) uygundur. Bu nedenle, *Atriplex halimus*, ICARDA ve diğer araştırma kurumları tarafından, tahıl samanı ve anızlarına protein ve mineral takviyesi sağlayacak, tahıllarla birlikte potansiyel bir bitki olarak değerlendirilmiştir (Walker ve ark., 2014). Örneğin, *Atriplex halimus*'un arpa bitkileriyle birlikte ekimi, alternatif kaynakların çok az olduğu yaz aylarında ve sonbaharın başlarında güneydoğu İspanya'da koyun ve keçiler için uygun yem sağlar (Sotomayor ve Correal, 2000).

#### 4. *Atriplex canescens*

*Atriplex* türlerinin birçok potansiyel faydası ve yüksek biyokütle üretkenlikleri nedeniyle, bazı *Atriplex* türlerinin deniz suyu sulama kullanılarak yetiştirilmesi olanakları araştırılmıştır (Ventura ve ark., 2015). *Atriplex canescens*, Kuzey Amerika'da en yaygın olarak dağılmış odunsu bir çalıdır ve eko-fizyolojik özellikleri, yem potansiyeli ve genetik çeşitliliği kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Nispeten düşük verimine rağmen *Atriplex canescens*, soğuğa toleransı nedeniyle birçok çölde yem olarak değerlendirilmektedir. *Atriplex canescens* tuzdan etkilenen alanlarda karışık çalı-ot topluluklarının bir parçası olarak büyüyebilir. *Atriplex canescens* tipik olarak düşük yoğunluklu, seyrek popülasyonlar bünyesinde bulunur (Verhulst ve ark., 2008). *Atriplex canescens*, üzerinde iyi çalışılmış bir türdür.

Birçok *Atriplex* türü, yeterli ham protein içeriği ve yüksek kuru madde sindirilebilirliği nedeniyle hayvancılık için iyi bir yem kaynağıdır (Mellado ve ark., 2012); ancak hayvanlar, *Atriplex canescens*'in alımını daha besleyici türlerle birleştirmelidir, çünkü hayvanlar büyük miktarlarda tuzlu çalıları yediklerinde toplam besin alımı (*Atriplex canescens*'in yüksek tuz içeriği nedeniyle) sınırlıdır (Masters ve ark., 2005). *Atriplex canescens*, Chihuahuan çölünün birçok farklı kurak ekosisteminde mevcuttur ve küçükbaş hayvanlar, sığırlar ve yaban hayatı için önemli bir yem kaynağıdır (Mellado ve ark., 2012). Bu ekosistemlerde toprağın tuz içeriği, su stresinin olumsuz etkilerini hafifletebilir. Örneğin, kuru topraklardaki bitkiler tuzlu toprakta, tuzsuz topraklara göre daha iyi gelişme eğilimindedirler, çünkü tuz stresi altındaki bitkiler, tuzsuz topraklarda yetişen bitkiler kadar fazla büyümeyebilirler, dolayısıyla toprak nemini tuz stresi olmayan bitkilere göre daha yavaş tüketirler (Mellado

ve ark., 2018).

Mellado ve ark. (2018) çalışmalarında, *Atriplex canescens*'in kanopi kaplama, biyokütle üretimi ve besin içeriğini, hafif tuzlu kurak bir merada değerlendirmişlerdir. Meksika'nın güneyindeki Chihuahuan Çölü'nde ağır hayvan otlatma uzun bir geçmişe sahiptir. Üç düzeyde elektrik iletkenliğine (EC) sahip arazilerde yirmi adet 3 × 3 m padok kurmuşlardır: <1.4 dS/m, 1.4-1.6 dS/m ve >1.6 dS/m. *Atriplex canescens* kanopi örtüsü, toprak EC'si >1.6 dS/m olan padoklarda yüksek düzeyde olmuştur. Toprak EC'si 1.6 dS/m'den büyük olduğunda biyokütle 2.7 kat artmıştır. Toprak EC'sinin ham protein (%13.6-14.3 arasında), nötr deterjan lifi (%56.5-57.7 arasında) ve kül (%14.5-16.4 arasında) seviyelerine hiçbir etkisi olmamıştır. *Atriplex canescens*'in yapraklarının in vitro kuru madde sindirilebilirliği (IVDMD) değerleri (%60.4-62.2 arasında), toprağın EC seviyesinden etkilenmemiştir. Hafif tuzlu toprağa sahip kurak bir merada tuzluluktaki artışın, *Atriplex canescens*'in besin içeriğini ve IVDMD'sini değiştirmeden bu yem çalışmasının kanopi örtüsünü ve biyokütle üretimini desteklediği sonucuna varmışlardır.

### 5. *Atriplex acanthocarpa*

*Atriplex acanthocarpa*, orta ve kuzey Meksika'da yaygın olarak bulunan, tuzlu meralarda yeniden bitki örtüsü potansiyeli olan ve aynı zamanda sığır ve geyikler için iyi bir yem olarak kabul edilen, yaygın bir çalıdır. *Atriplex acanthocarpa*, Meksika'nın Durango kentindeki Chihuahuan Çölü'ndeki tuzdan etkilenen alanlarda karışık çalı-ot topluluklarının bir parçası olarak büyüyebilir. *Atriplex acanthocarpa* tipik olarak düşük yoğunluklu, seyrek popülasyonlar içerisinde bulunur (Verhulst ve ark., 2008). *Atriplex acanthocarpa* henüz yeterince araştırılmamış bir türdür (Mata-Gonzalez ve ark., 2017).

Mata-Gonzalez ve ark. (2017), bir sera çalışmasında, iyi bilinen bir halofit olan *Atriplex canescens* ile üzerinde yeterince çalışma yapılmamış bir tür olan *Atriplex acanthocarpa*'nın tuzluluktan etkisi altında büyüme ve yaprak kimyasını karşılaştırmıştır. Tohumlar ve toprak, bu türlerin doğal yayılış alanı olan kuzey Meksika'da toplanmıştır. Bitkiler, doğal toprak içeren saksılarda büyütülmüş ve 0, 50 ve 100 mM'lik NaCl çözeltileri ile sulanmıştır. *Atriplex canescens*'in sürgün büyümesi, NaCl uygulamalarının 0'dan 100 mM'ye artmasıyla %37 azalırken, *Atriplex acanthocarpa*'nın sürgün büyümesi tuzluluktan önemli ölçüde etkilenmemiştir. *Atriplex acanthocarpa*'nın yüksek tuz toleransı, yapraktaki yüksek sodyum (Na) birikimiyle ilişkilendirilmiştir

(*Atriplex canescens*'ten 7 ila 13 kat daha yüksek). *Atriplex acanthocarpa* ayrıca *Atriplex canescens*'ten daha yüksek bir büyüme oranına sahip olmuştur, bu da bu türü özellikle tuzlu koşullar altında yetiştirme için iyi bir aday haline getirmiştir. Her iki türdeki potasyumun (K) doku konsantrasyonu tuzluluk uygulamalarından minimum düzeyde etkilenmiştir. Bitkiler, özellikle *Atriplex canescens*'te, daha yüksek tuzluluk uygulamalarıyla karşılaştıkça yaprak azot (N) konsantrasyonu artmıştır. *Atriplex acanthocarpa*'nın yüksek tuz toleransı ve daha yüksek Na birikimi, bu bitki türünü tuzlu alanların ıslahı için cazip bir seçim haline getirmektedir. *Atriplex canescens*'in tüm dünyada olduğu gibi, *Atriplex acanthocarpa*'nın da yetiştirme ve bozulmuş alanların ıslahı için uygun bir yem kaynağı olarak araştırılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

### 6. *Atriplex leuoclada*

Halofitik bir bitki olan *Atriplex leuoclada* (Arapça adı: Rağal), topraktaki tuz içeriğinin aşırı yüksek olduğu tuzlu ortamlara uyum sağlamak için çeşitli stratejiler geliştirmiş, kısa ömürlü bir çalıdır. Akdeniz havzasında ortaya çıkan *Atriplex leuoclada* birçok farklı habitatta yetişse de genellikle Sabkha'da, tuz birikiminin yüksek olduğu kıyı ve iç kesimlerdeki tuzlu bataklıklarda ve bazen de siltli topraklarda görülür. *Atriplex leuoclada* kurak bölgelerde tarımsal kullanım için önemli bir türdür. Çöl ve geniş peyzaj düzenlemeleri için yer örtücü olarak yararlı bir bitkidir ve zaman zaman görünümünü iyileştirmek için sulama ve bakım gerektirir (Arriyadh, 2014).

Alam ve ark. (2022), yerli halofitik çalı *Atriplex leuoclada*'nın kurak koşullar altında tuz ve kuraklık stresine verdiği tepkileri incelemişlerdir. *Atriplex leuoclada* bitkileri, hayatta kalma veya büyüme üzerinde çok az etkisi olan tuz ve su stresine karşı morfolojik ve fizyolojik adaptasyon sergilemiştir. Düşük tuzluluk stresi altında su stresi, *Atriplex leuoclada*'nın kök uzunluğunu azaltmış; aksine yüksek tuzlu koşullar altında kök uzunluğu artmıştır. Düşük tuzluluk koşullarında artan su stresi ile bitki dokusunun toplam azot, fosfor ve potasyum içeriği azalmıştır. Tuz stresi arttıkça su eksikliğinin zararlı etkileri azalmıştır. Araştırmacılar, *Atriplex leuoclada*'nın tuzluluğa direnç mekanizması olarak hücrel vakuollerinde yüksek tuz konsantrasyonları biriktirdiğinespit etmişlerdir; bu tuz birikimi, daha sonra su stresinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

## 7. *Atriplex amnicola*

Nehir tuz çalısı (*Atriplex amnicola*), Avustralya'ya özgü bir chenopod çalısıdır ve Avustralya meralarındaki en verimli doğal yem bitkileri arasında sayılan bir türdür. Tuzdan etkilenen arazilerin yeniden bitkilendirilmesi ve rehabilitasyonunda önemli bir araç haline gelen nehir tuzu çalıları tarım alanlarına da ekilmektedir. Bu amaçlar için kullanılan bitkiler öncelikle yabani türdedir ve üstün besin değeri olanların belirlenmesine yönelik çok az girişimde bulunulmuştur (Masters ve ark., 2010).

*Atriplex nummularia* (yaşlı adam tuz çalısı) ve *Atriplex amnicola* (Nehir tuz çalısı), güneybatı Avustralya'daki tuzlu arazilerdeki ticari otlatma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İki tür sıklıkla birbirinin yerine kullanılır ancak *Atriplex amnicola*'nın, *Atriplex nummularia*'ya göre daha fazla su basması toleransına sahip olduğu düşünülmektedir (Norman ve ark., 2008). Norman ve ark. (2004) yaşlı adam tuz çalısı ve nehir tuz çalısını karşılaştırmışlar ve nehir tuz çalısının daha yüksek konsantrasyonlarda asit-deterjan lifi (ADF; kuru madde 258'e karşı 175 g/kg), nötr deterjan lifi (NDF; kuru madde 409'a karşı 309 g/kg) ve daha düşük ham protein konsantrasyonları (CP; kuru madde 90'a karşı 140 g/kg) içerdiğini bulmuşlardır. Bu farklılıklar, *Atriplex nummularia*'nın besin değerinin *Atriplex amnicola*'dan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, yaşlı adam tuz çalısının yapraklarında nehir tuz çalısına kıyasla önemli ölçüde daha yüksek çözünebilir tuz (220'ye karşı 200 g/kg DM), kükürt ve nitrat konsantrasyonları ölçmüşlerdir. Bu tuz ve S konsantrasyonları geviş getiren hayvanlar için önerilenlerden daha yüksektir ve gönüllü yem alımının azalmasına yol açabilir (Masters ve ark., 2007). Seçme şansı verildiğinde koyunlar, yaşlı adam tuz çalıları yerine nehir tuz çalılarını yemeyi tercih etmişlerdir (Norman ve ark., 2004).

Eissa (2014), kirlenmiş topraklarda yetişen *Atriplex amnicola* ile bir tarla denemesi yapmıştır. Bitki büyümesi ve besin alımındaki rolünü test etmek için 0, 15 ve 30 ton ha oranlarındaki kompost kullanmıştır. Kompost uygulaması nehir tuzlu çalılarının sürgünlerindeki N ve P konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırmıştır; diğer taraftan Zn ve Pb konsantrasyonlarını azaltmıştır. Nehir tuz çalısının biyokütle verimi, ham protein ve kül içeriği kompost uygulamasıyla önemli ölçüde artmıştır. İncelenen topraktaki son derece yüksek toplam mikro besin ve ağır metal konsantrasyonlarına rağmen, nehir tuz çalısı bitkileri sürgün elementlerini toksik seviyenin altında tutmayı başarmıştır.

### 8. *Atriplex lentiformis*

*Atriplex lentiformis*, biyokütle verimi yıllık 15 ila 22 t/ha arasında değişen, ABD ve Meksika'ya özgü değerli bir çalıdır (Soliz ve ark., 2011). *Atriplex lentiformis*, yüksek biyokütle verimi ve biyotik ve abiyotik stresler altında yüksek büyüme kabiliyeti nedeniyle Cd-fitoekstraksiyonu için umut verici bir aday olarak önerilmiştir (Nedjimia ve Daoud, 2009). *Atriplex lentiformis* dünya çapında yem bitkileri yetiştirme, yeniden bitkilendirme ve mera geliştirme programları gibi çeşitli amaçlarla (Browning ve ark., 2006) ve sulu tarım yem bitkisi olarak kullanılmaktadır (Glenn ve ark., 2009). Ancak *Atriplex lentiformis*'in üretkenliği, sulama rejimlerine ve toprak türlerine bağlı olarak önemli ölçüde (1 ile 20 t/ha arasında) değişebilmektedir (Panta ve ark., 2016).

*Atriplex lentiformis*, halofitik ve freatofitik C4 bir çalıdır. ABD ve Meksika'nın Sonoran, Mojave ve Chihuahuan Çöllerinde doğal yayılış alanı boyunca değerli bir çalıdır (Jordan ve ark., 2009). *Atriplex lentiformis* bitkileri, Jordan ve ark. (2009)'nın çalışmasında ABD'nin Sonoran Çölü'nde Marana, Arizona'daki bir tarım bölgesinde bulunan ters ozmoz su arıtma tesisinden gelen tuzlu su ile sulanmıştır. Su tüketimi, Ağustos 2008'de 28 günlük bir süre boyunca ölçülmüştür. Her ne kadar halofitler doğal koşullar altında veya optimal olmayan tarımsal ortamlarda sıklıkla düşük ila orta düzeyde büyüme potansiyeli gösterse de, mevcut sonuçlar, su ve besinlerin sınırlayıcı olmadığı durumlarda bu türün yüksek büyüme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. *Atriplex lentiformis*'in yüksek verimi ve su tüketimi, onu kurak bölge sulama bölgelerinde endüstriyel veya tarımsal tuzlu suların yeniden kullanımı için iyi bir aday haline getirmektedir.

### 9. *Atriplex argentina*

*Atriplex argentina*, orta ve batı Arjantin'de 200 ila 2.900 m rakımlar arasında rastlanan, geniş bir dağılıma sahip bir türdür (Brignone ve ark., 2019). *Atriplex argentina*, orta ve batı Arjantin'de, Chaquena, Del Monte, Prepunena ve Punena biyocoğrafik bölgelerinde çok iyi bilinen bir türdür. Genellikle *Halophytum ameghinoi* ve *Polygala hieronymi* ile birlikte yetişerek kireçli topraklara işaret eden bir birliktelik oluşturur (Brignone ve ark., 2016).

*Atriplex argentina* şu anda Arjantin'in kurak ve yarı kurak bölgelerindeki küçük topluluklarda hayvancılık için doğal yem olarak kullanılmaktadır.



Burada tuzluluk sorunu olan topraklar, otlamaya uygun arazi mevcudiyetini sınırlamaktadır (Barcena ve ark., 2016). *Atriplex argentina*, Arjantin'in kurak ve yarı kurak bölgelerinde yerel bir tüdrü ve birçok otçul için toprak stabilizatörü ve lezzetli ve besleyici yem olarak değerlendirilmektedir (Ansevica ve ark., 2008).

Keçi üretim sistemleri kurak ortamların ekonomisinde önemli bir rol oynar. Bu sistemler çoğunlukla geçimlik olup, hayvan beslemenin temel olarak doğal bitki örtüsüne, özellikle de yeşilliklerin daha uzun süre muhafaza edildiği ve yemlerin azaldığı zamanlarda (kış ve ilkbahar başı) besin maddelerinin kullanılabilir olmasını sağlayan çalılara dayandığı sistemlerdir. Yem tüketiminin azaldığı mevsimde keçilerde diyetin %80'i odunsu yemden oluşmaktadır. Bu bitkiler yağış dalgalanmalarından daha az etkilenir ve kuru mevsimlerde besinlerin sürgünler ve apikal tomurcuklarda hayvanlarca erişilebilir kalmasını sağlar. *Atriplex argentina*, hakim olduğu bu sistemlerde yem üretiminde anahtar rol oynar çünkü yüksek oranda protein ve yağ içerir (Martinelli & Martínez Carretero, 2014).

### 10. *Atriplex crenatifolia*

*Atriplex crenatifolia* Arjantin'in kurak ve yarı kurak bölgelerindeki küçük topluluklarda hayvancılık için doğal yem durumundadır (Barcena ve ark., 2016). Orta ve batı Arjantin'in çöl bölgesindeki jeomorfolojik birimleri ve bunların bitki topluluklarıyla ilişkilerini belirlemek amacıyla Ortega ve ark. (2010) tarafından bir analiz yapılmıştır. Rüzgar süreçleriyle karakterize edilen kumul ortamındaki baskın bitki topluluğunun *Panicum urvellanum* olduğu tespit edilmiştir. Rüzgâr ve antik akarsu süreçleriyle karakterize edilen kumlu lös ovasında, *Atriplex lampa* ve *Schismus barbatus* ile birlikte Suaeda *divaricata* hakimdir. Tuz süreçlerinin meydana geldiği antik akarsu ovasında ise *Atriplex crenatifolia* ana topluluk olarak tespit edilmiştir.

*Atriplex crenatifolia* tohumlarında gözle görülür bir uyku hali mevcut olup bu durum kültürü için bir dezavantaj oluşturmaktadır. *Atriplex crenatifolia* tohumları, en iyi çimlenmeyi elde etmek için ön işlemeye (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile muamele) ihtiyaç duyar (Funes-San Luis, 2007).

### 11. *Atriplex cordobensis*

Arjantin topraklarının yaklaşık %75'i, toprağın tuzlanma sürecinin giderek artan ciddi bir sorun olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerden oluşur. Bu

tuzlu habitatlardaki en karakteristik bitki topluluğu, *Atriplex cordobensis*'in en bol bulunanlardan biri olduğu, birkaç *Chenopodiaceae* türünden oluşan halofitik bitki örtüsü veya diğer adıyla "jumeal"dir (Cofre ve ark., 2012). *Atriplex cordobensis*, kuzey ve orta Arjantin'in tuz işleme tesislerinde ve tuzlu topraklarında bulunur ve yem kaynağı olarak kullanılır (Salem ve ark., 2010).

*Atriplex cordobensis* çalışısı, Córdoba'da, Arjantin'in Kuzey ve Batısındaki tuz havzalarında yetişir, yıl boyunca yeşil yaprakların mevcudiyeti ve yeterli miktarda mineral element ve protein içeriği ile bilinir (Abril ve ark., 2000). Türün, NaCl'ye toleransı belirlenmiştir (Aiazzi ve ark., 2004). *Atriplex cordobensis* tuz tipine bağlı olarak tuzlu koşullara toleranslıdır. Birincil tuz kaynağının NaCl olduğu ve ozmotik potansiyellerin -0.8 MPa'nın altında olduğu durumlarda çimlenmesinin azalması durumu, su alımının azalması nedeniyledir. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve KCl tuzlarının -0.8 MPa'nın altındaki ozmotik potansiyelleri indükleyen konsantrasyonlarda bulunması ise toksik etkilerinden dolayı çimlenme performansını bozar (Aiazzi ve ark., 2009).

*Atriplex cordobensis*'in Arjantin Kuru Chaco bölgesindeki yem kaynağı olarak besin değeri, Abril ve ark. (2000) tarafından değerlendirilmiştir. Ham protein içeriği, bitkinin aktif büyüme döneminde (ilkbahar) daha yüksek değerlerle %14 ila 21 arasında değişmiş, çözünmeyen lifler sonbaharda daha yüksek değerler göstererek %49 ila 58 arasında olmuştur. Kül içeriği düşük (%8 ila 15), ancak Na konsantrasyonu yüksek (%1.6 ila 8 arasında) ölçülmüştür. Ölçülen diğer katyonlar, diğer *Atriplex* türleri için daha önce bildirilen değerlere benzer değerler ortaya çıkarmıştır. Veriler, *Atriplex cordobensis*'in bazı geleneksel yem bitkileriyle karşılaştırılabilecek düzeyde iyi bir besin değerine sahip olduğunu göstermiştir.

*Atriplex cordobensis* tohumları, ana bitkide tohum oluşumu sürecinde önemli miktarda tuz alabilmektedir. Ana bitkinin bulunduğu bölgedeki tuz konsantrasyonu ne kadar yüksekse, tohumun, oluşumu süreci sırasında tuz alımı da o kadar fazla olmaktadır. Tohumda tuz birikmesi daha fazla ve daha hızlı çimlenmeyle sonuçlanır. *Atriplex cordobensis*'te tuz stresi altında çimlenme, tohumların ana bitkide biriktirdiği tuz konsantrasyonu ile ilişkilidir (Aiazzi ve ark., 2004).

## 12. *Atriplex griffithii*

*Atriplex griffithii* ksero-halofitik bir bitkidir (Jha, 2023). Pakistan'ın

Karaçi kentinde hem iç hem de kıyı bataklıklarında ve çöllerinde bulunur. Kıyıdağı türler mevsimsel su baskınlarına maruz kalırken, iç kesimlerdeki popülasyonlar ya yer altı su kaynaklarından yararlanır ya da temmuz ve ağustos aylarında düşen muson yağmurlarına güvenir. *Atriplex griffithii* tohumları muson yağmurlarından sonra filizlenir ve hayatta kalma oranı yüksektir. Uyuyan genç fideler ve yaşlı bitkiler aktif hale gelir ve yeni sürgünler üretir. Tekrar uyku haline geçmeden önce yaklaşık 90 gün sonra tohum üretirler. Pakistan'ın bozulmuş tuzlu ekosistemlerinde yem bitkisi olarak kullanılma potansiyeli bulunmaktadır (Khan ve ark., 2000). Keneshlo ve Amiri (2012), otlatma yönetimini optimize etmek amacıyla İran'ın Semnan eyaletinin Aftar meralarındaki *Atriplex griffithii*'nin fenolojisini araştırdıkları bir çalışma yürütmüşlerdir. Meteorolojik verilerin analizi ve kaydedilen fenoloji tarihleri, *Atriplex griffithii*'nin büyümesinin farklı mevsimlerdeki kuraklık ve sıcaklık değişimlerine göre değiştiğini ve bu türle ilgili bir yıl boyunca oldukça farklı iki bitkisel büyüme ve tohum üretimi mevsiminin gözlemlendiğini göstermiştir.

Khan ve ark. (2000), tuzluluğun çok yıllık halofit *Atriplex griffithii*'de büyüme, su ilişkileri, glisinbetain içeriği ve iyon birikimi üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Tuzluluğun artmasıyla hem sürgünlerde hem de köklerde Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> içeriği artmıştır. NaCl'nin artan uygulama düzeyleri, bitkilerde Ca<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ve Mg<sup>2+</sup> düzeylerinde azalmalara neden olmuştur. *Atriplex griffithii* büyük miktarda iyon biriktirmiş ve kül içeriği yapraklardaki kuru ağırlığın %39'una kadar ulaşmıştır. Glisinebetain konsantrasyonu köklerde düşük olmuş, gövdelerde tuzluluğun artmasıyla birlikte yükselmiştir.

### 13. *Atriplex lampa*

Barbosa ve ark. (2023), Arjantin'in doğusunda San Luis'de bulunan ve "Bajo Las Saladas" adı verilen tuzlu bir sulak alanın yem kapasitesini belirlemişlerdir. Üç peyzaj birimi ve beş fizyonomik tip sınırlandırılarak bunların yayılımı, bitki örtüsü özellikleri ve hava biyokütlesi belirlenmiştir. Bu bölgelerde yem değeri olan türler şunlar olmuştur: *Atriplex lampa* ve *Atriplex undulata* (Amaranthaceae), *Sporobolus phleoides*, *Pappophorum caespitosum* ve *Distichlis spicata* (Poaceae). *Atriplex lampa*'da %65 in vitro sindirilebilirlik (DM) ve %14-20 ham protein tespit etmişlerdir.



**Şekil 3.** *Atriplex lampa* (Passera ve ark., 2010).

Fernandez ve ark. (2007), *Atriplex lampa* tuzlu özsuyundan protein konsantresi elde etmek için ultrafiltrasyon ve süreksiz diafiltrasyon kullanımının uygunluğunu değerlendirmişlerdir. Uygulama tuz içeriğini (esas olarak sodyum ve potasyum klorür) azaltarak lezzeti arttırmıştır. Oksalik asit, nitratlar, saponinler, fenolik bileşikler ve kondensat tanenlerinin varlığı önemli miktarda bulunmamıştır. Sonuçlar, elde edilen konsantrenin yüksek bir lizin içeriğine sahip olduğunu ve bu ürünlerin bu amino asitten yoksun olan tahıl unu için tamamlayıcı olarak özellikle yararlı olduğunu göstermiştir. Belirlenen değerler, ürünün dengeli hayvan yemi formülasyonunda kullanılabileceğini göstermiştir.

#### **14. *Atriplex patula***

*Atriplex patula* kurak bölgelerde yetiştiriciliğe uygun olup, kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde farklı toprak tiplerinde (tuzlu ve kumlu toprak) yem ihtiyacını karşılayabilecek bir türdür. *Atriplex patula* tek yıllık, 15-150 cm yüksekliğinde, dik veya ara sıra secdeli, basit veya dallı köşeli gövdeli, tabana doğru odunsu hale gelen yeşil ve soluk sarımsı çizgili bir bitkidir. *Atriplex patula*, tarlalar dahil olmak üzere bozulmuş habitatlarda bulunur. Bu cinsin

üyeleri herhangi bir toksin içermez ve hepsinin az çok insanlar tarafından yenilebilen yaprakları vardır. *Atriplex patula*'nın yenilebilir tohumları çorba, tahıl veya ekmek ve keklerde kullanılabilir. *Atriplex patula*, kum, çakıl, tınlı ve kil dahil olmak üzere çeşitli topraklarda (asidik, nötr ve alkali) yetişir ve topraklardaki tuzluluğu tolere edebilir (Kara ve ark., 2016).

### 15. *Atriplex semibaccata*

*Atriplex semibaccata*, tuzlu çöllerde çok yaygındır, 60 cm'ye kadar yayılan veya yükselen bir bitkidir, yaprakları 4 cm'ye kadar olabilir. Avustralya'da koyun yetiştirmede çok önemli bir yemdir. Toksin içermez ve hepsinde az çok yenilebilir yapraklar bulunur (Shaker ve Mostafa, 2004). *Atriplex semibaccata*, aslen Avustralya'dan gelen çok yıllık bir tür, kuraklığa ve tuza dayanıklı bir yem bitkisi olarak dünyanın çeşitli bölgelerine tanıtılmıştır. Fas'ta doğallaştırılmış bir bitki haline gelmiştir ve Haouz bölgesi de dahil olmak üzere Sahra ve Orta Atlantik bölgelerine yayılmıştır. *Atriplex semibaccata*, orta ve yüksek tuzluluğu (15 dS/m'ye kadar) tolere edebilen, killi ve siltli tınlı topraklarda öncü bitki olarak kabul edilen bir ksero-halofit türüdür (Zine ve ark., 2021).

### 16. Sonuç

İklimsel değişkenlik ile insan ve hayvan demografik baskılarının birleşik etkisi altındaki yarı kurak ve kurak bölgeler kritik ekosistemlerdir. Uygunsuz kamu politikasıyla ilişkilendirilen ve az yağış alan bu bölgelerde sübvansiyonlu ithal yem kullanımı, mera toprağına, suyuna ve yem kaynaklarına ciddi zararlar vermektedir. Küçükbaş hayvan sürülerinin çoğunun beslenmesi artık marjinal araziler ve meralar tarafından sağlanamamaktadır. Bu eğilimin yavaşlatılmasına yardımcı olmak amacıyla, mera yem kaynaklarının yeniden canlandırılmasına yönelik uygun önlemlerin ayrıntılı bir şekilde geliştirilmesine acil ihtiyaç vardır. Teknik seçenekler mevcuttur; Bunlardan biri, tuz çalıları (*Atriplex* spp.) gibi yerli ve egzotik yemlik çalı ve ağaçların yeniden tesis edilmesi ve kullanılması olabilir. Bu türler Akdeniz'in yarı kurak ve kurak bölgelerinde yem kaynağı olarak teşvik edilmiştir. Artık diğer yerli veya egzotik çalılarının, kurak ve yarı kurak Akdeniz bölgesinin marjinal arazileri ve meralarının rehabilitasyon programlarında, yalnızca yem rezervi olarak değil, aynı zamanda çevresel açıdan bozulmuş alanlarda toprak ve suyun korunmasında da rol oynayabileceğine inanılmaktadır. Pek çok ülke, doğrudan olatmaya yönelik yem çalılarının geniş ölçekli ekim programlarına girişirken,

bazı ülkeler riskli ve pahalı görmektedir. Çoğu, yerel göçebe ve yerleşik çiftçi popülasyonlarının otlatma yönetimi ve bu türleri içeren tarlaların doğru kullanımı hakkında yeterince bilgi sahibi olmadığı da iddia etmektedirler. Pahalı yem çalı projelerinin başarısızlıkla sonuçlandığı, kısa sürede iklimsel kazalar veya çoğunlukla da yanlış yönetim nedeniyle yok olduğu geçmişte görülmüştür. Aslında, yem çalısı plantasyonlarının uygun otlatma yönetimi, Akdeniz havzasında yem çalısı plantasyonlarının altındaki geniş alanlara rağmen, büyük ölçüde belirsizliğini korumaktadır. Bu konuda daha fazla ve kapsamlı çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

- Abril, A., Aiazzi, M., Torres, P., & Arguello, J. (2000). Nutritional value of *Atriplex cordobensis* grown in Dry Chaco of Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*, 20(3/4), 179-185.
- Abu-Zanat, M. M., Al-Hassanat, F. M., Alawi, M., & Ruyle, G. B. (2003). Oxalate and tannins assessment in *Atriplex halimus* L. and *A. nummularia* L. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 56(4), 370-374.
- Abu-Zanat, M. W., Ruyle, G. B., & Abdel-Hamid, N. F. (2004). Increasing range production from fodder shrubs in low rainfall areas. *Journal of Arid Environments*, 59(2), 205-216.
- Aganga, A. A., Mthetho, J. K., & Tshwenyane, S. (2003). *Atriplex nummularia* (Old Man Saltbush): a potential forage crop for arid regions of Botswana. *Pakistan Journal of Nutrition* 2:72-75
- Aiazzi, M. T., Carpane, P. D., Argüello, J. A., & Piotto, B. (2004). Salt tolerance at the germination stage of *Atriplex cordobensis* Gandoger et Stuckert (Chenopodiaceae) from different provenances. *Seed Science and Technology*, 32(1), 43-52.
- Aiazzi, M. T., Di Rienzo, J. A., & Sosa, L. (2009). Effects of different salts on the germination and early seedlings growth of *Atriplex cordobensis* Gandoger et Stuckert (Chenopodiaceae). *Seed Science and Technology*, 37(1), 17.
- Alam, H., Zamin, M., Adnan, M., Ahmad, N., Nawaz, T., Saud, S., ... & Fahad, S. (2022). Evaluating the resistance mechanism of *Atriplex leucoclada* (Orache) to salt and water stress; A potential crop for biosaline agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 13, 948736.
- Alvarez, S., Mendez, P., Díaz, C., Briggs, H., & Fresno, M. (2008). Forage from the Canary Isles (Spain) adapted to arid lands. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(3), 359-363.
- Andueza, D., Muñoz, F., Delgado, I., & Correal, E. (2005). Intraspecific variation in *Atriplex halimus*: Chemical composition of edible biomass. *Options Mediterr*, 377-381.
- Ansevica, A., Steinberga, V., Alsina, I., & Dubova, L. (2008). Evaluation of *Rhizobium leguminosarum* strains effectiveness, virulence and ability of competitiveness in field beans (*Vicia faba* L.). *Evaluation*, 2, P1.
- Arriyadh, H. (2014). *Landscape Plants for Arriyadh Region: A Reference Manual*. King Fahd Natnional Library Cataloging-in-Publication Data.

- Azam, G., Grant, C. D., Nuberg, I. K., Murray, R. S., & Misra, R. K. (2012). Establishing woody perennials on hostile soils in arid and semi-arid regions-A review. *Plant and Soil*, 360, 55-76.
- Barbosa, O. A., Álvarez-Rogel, J., & Lavado, R. S. (2023). Forage offer from a saline wetland of Central Argentina (San Luis Province). *Wetlands Ecology and Management*, 1-10.
- Barcena, N., Ruiz, M. B., & Parera, C. A. (2016). Ion accumulation, water relations and osmotic adjustment in *Atriplex argentina*, *A. crenatifolia*, *A. lampa* and *A. nummularia* under saline conditions. David Publishig.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., & Ben Salem, L. (2000). *Opuntia ficus-indica* F. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.: two complementary fodder shrubs for sheep and goats. In IV International Congress on Cactus Pear and Cochineal 581 (pp. 333-341).
- Ben Salem, H., Norman, H. C., Nefzaoui, A., Mayberry, D. E., Pearce, K. L., & Revell, D. K. (2010). Potential use of oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. *Small Ruminant Research*, 91(1), 13-28.
- Benzarti, M., Ben Rejeb, K., Debez, A., & Abdelly, C. (2013). Environmental and economical opportunities for the valorisation of the genus *Atriplex*: new insights. *Crop improvement: new approaches and modern techniques*, 441-457.
- Bouزيد, A., & Kheloufi, B. (2015). Contribution to the assessment of green biomass of *Atriplex halimus* plantation in arid western Algeria (region of Naama). In *Biomass Production and Uses*. IntechOpen.
- Brignone, N. F., Denham, S. S., & Pozner, R. (2016). Synopsis of the genus *Atriplex* (*Amaranthaceae*, *Chenopodioideae*) for South America. *Australian Systematic Botany*, 29(5), 324-357.
- Brignone, N. F., Pozner, R. E., & Denham, S. S. (2019). Origin and evolution of *Atriplex* (*Amaranthaceae* s.l.) in the Americas: unexpected insights from South American species. *Taxon*, 68(5), 1021-1036.
- Browning, L. S., Bauder, J. W., & Phelps, S. D. (2006). Effect of irrigation water salinity and sodicity and water table position on water table chemistry beneath *Atriplex lentiformis* and *Hordeum marinum*. *Arid Land Research and Management*, 20(2), 101-115.
- Cofre, M. N., Becerra, A. G., Nouhra, E. R., & Soteras, M. F. (2012). Arbuscular mycorrhizae and dark-septate endophytes on *Atriplex cordobensis* in saline sites from Argentina.
- Cornejo-Ponce, L., Vilca-Salinas, P., Arenas, M. J., Lienqueo-Aburto, H., &



- Moraga-Contreras, C. (2022). Use of saline waste from a desalination plant under the principles of the circular economy for the sustainable development of rural communities. In *The Circular Economy-Recent Advances in Sustainable Waste Management*. IntechOpen.
- Eissa, M. A. (2014). Performance of river saltbush (*Atriplex amnicola*) grown on contaminated soils as affected by organic fertilization. *World Applied Sciences Journal*, 30(12), 1877-1881.
- El-Shatnawi, M. D. K. J., & Mohawesh, Y. M. (2000). Seasonal chemical composition of saltbush in semiarid grasslands in Jordan. *J. Range Manag.* 53, 211e214.
- Fernandez, S. S., Menéndez, C., Mucciarelli, S., & Padilla, A. P. (2007). Saltbush (*Atriplex lampa*) leaf protein concentrate by ultrafiltration for use in balanced animal feed formulations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(10), 1850-1857.
- Funes-San Luis, P. (2007). In memorian Prof. Dr. Francisco Bertini. *Biocell*, 31(1), 149-193.
- Glenn, E. P., Anday, T., Chaturvedi, R., Martinez-Garcia, R., Pearlstein, S., Soliz, D., ... & Felger, R. S. (2013). Three halophytes for saline-water agriculture: An oilseed, a forage and a grain crop. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 110-121.
- Glenn, E. P., Mckee, C., Gerhart, V., Nagler, P. L., Jordan, F., & Artiola, J. (2009). Deficit irrigation of a landscape halophyte for reuse of saline waste water in a desert city. *Landscape and Urban Planning*, 89(3-4), 57-64.
- Jha, S. (2023). Whole proteome analysis of xero-halophyte atriplex under salinity. *Vegetos*, 36(3), 805-815.
- Jordan, F. L., Yoklic, M., Morino, K., Brown, P., Seaman, R., & Glenn, E. P. (2009). Consumptive water use and stomatal conductance of *Atriplex lentiformis* irrigated with industrial brine in a desert irrigation district. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(5), 899-912.
- Kara, K., Aktuğ, E., & Özkaya, S. (2016). Ruminant digestibility, microbial count, volatile fatty acids and gas kinetics of alternative forage sources for arid and semi-arid areas as in vitro. *Italian Journal of Animal Science*, 15(4), 673-680.
- Keneshlo, H., & Ameri, H. (2012). A Study on phenology of *Atriplex griffithii* for optimal management in the Aftar rangelands of Semnan. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 19(2), 344-354.
- Khan, M. A., Ungar, I. A., & Showalter, A. M. (2000). Effects of salinity on

- growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*. *Annals of Botany*, 85(2), 225-232.
- Khattab, I. M. A. (2007). Studies on halophytic forages as sheep fodder under arid and semi arid conditions in Egypt (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis. Alexandria University).
- Le Houérou, H. N. (2000). Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of West Asia and North Africa. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14(2), 101-135.
- Lutts, S., & Lefèvre, I. (2015). How can we take advantage of halophyte properties to cope with heavy metal toxicity in salt-affected areas? *Annals of Botany*, 115(3), 509-528.
- Martinelli, M., & Martínez Carretero, E. (2014). Matorrales forrajeros en zonas áridas: indicadores de estado. *Multequina*, 23(1), 29-40.
- Masters, D., Tiong, M., Vercoe, P., & Norman, H. (2010). The nutritive value of river saltbush (*Atriplex amnicola*) when grown in different concentrations of sodium chloride irrigation solution. *Small Ruminant Research*, 91(1), 56-62.
- Masters, D. G., Benes, S. E., & Norman, H. C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3-4), 234-248.
- Masters, D. G., Norman, H. C., & Barrett-Lennard, E. G. (2005). Agricultural systems for saline soil: the potential role of livestock. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(2), 296-300.
- Mellado, M., García, J. E., Macías-Cruz, U., Avedaño-Reyes, L., & Arévalo, J. R. (2018). Growth and nutrients content of *Atriplex canescens* across a soil electric conductivity gradient. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(2), e0302-e0302.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Lozano, E. A., Dueñez, J., Aguilar, C. N., & Arévalo, J. R. (2012). The food habits of goats on rangelands with different amounts of fourwing saltbush (*Atriplex canescens*) cover. *Journal of Arid Environments*, 84, 91-96.
- Meneses, R., Varela, G., & Flores, H. (2012). Evaluating the use of *Atriplex nummularia* hay on feed intake, growth, and carcass characteristics of creole kids. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1), 74.
- Mirreh, M. M., Osman, A. A., Ismail, M. D., Al Daraan, M. S., & Al Rowaili, M. M. (2000). Evaluation of six halophytic shrubs under center-pivot sprinkler irrigation. In *Fodder shrub development in arid and semi-arid*

- zones. Volume 2. Proceedings of the Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-arid Zones, 27 October-2 November 1996, Hammamet, Tunisia (pp. 293-308). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- Moore, A. D., Bell, L. W., & Revell, D. K. (2009). Feed gaps in mixed-farming systems: insights from the Grain & Graze program. *Animal Production Science*, 49(10), 736-748.
- Nedjimia, B., & Daoud, Y. (2009). Cadmium accumulation in *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* and its influence on growth, proline, root hydraulic conductivity and nutrient uptake. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(4), 316-324.
- Norman, H. C., Freind, C., Masters, D. G., Rintoul, A. J., Dynes, R. A., & Williams, I. H. (2004). Variation within and between two saltbush species in plant composition and subsequent selection by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(9), 999-1007.
- Norman, H. C., Masters, D. G., & Barrett-Lennard, E. G. (2013). Halophytes as forages in saline landscapes: interactions between plant genotype and environment change their feeding value to ruminants. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 96-109.
- Norman, H. C., Masters, D. G., Wilmot, M. G., & Rintoul, A. J. (2008). Effect of supplementation with grain, hay or straw on the performance of weaner Merino sheep grazing old man (*Atriplex nummularia*) or river (*Atriplex amnicola*) saltbush. *Grass and Forage Science*, 63(2), 179-192.
- Norman, H. C., Wilmot, M. G., Thomas, D. T., Barrett-Lennard, E. G., & Masters, D. G. (2010). Sheep production, plant growth and nutritive value of a saltbush-based pasture system subject to rotational grazing or set stocking. *Small Ruminant Research*, 91(1), 103-109.
- Ortega, A., Flores, D., & Suvires, G. (2010). Relationship between plant communities and geomorphological environments in the arid region of eastern Tulum. *Ciencia del Suelo*, 28(2), 233-241.
- Otal, J., Orengo, J., Quiles, A., Hevia, M. L., & Fuentes, F. (2010). Characterization of edible biomass of *Atriplex halimus* L. and its effect on feed and water intakes, and on blood mineral profile in non-pregnant Manchega-breed sheep. *Small Ruminant Research*, 91(2-3), 208-214.
- Panta, S., Flowers, T., Lane, P., Doyle, R., Haros, G., & Shabala, S. (2014). Halophyte agriculture: Success stories. *Environmental and experimental botany*, 107, 71-83.

- Panta, S., Flowers, T., Doyle, R., Lane, P., Haros, G., & Shabala, S. (2016). Growth responses of *Atriplex lentiformis* and *Medicago arborea* in three soil types treated with saline water irrigation. *Environmental and Experimental Botany*, 128, 39-50.
- Papanastasis, V. P., Yiakoulaki, M. D., Decandia, M., & Dini-Papanastasi, O. (2008). Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology*, 140(1-2), 1-17.
- Passera, C. B., Cavagnaro, J. B., & Sartor, C. E. (2010). Plantas C3; C4 y CAM nativas del Monte árido argentino, adaptaciones y potencial biológico.
- Ramos, J., López, M. J., & Benlloch, M. (2004). Effect of NaCl and KCl salts on the growth and solute accumulation of the halophyte *Atriplex nummularia*. *Plant and Soil*, 259, 163-168.
- Ruiz-Mirazo, J., & Robles, A. B. (2011). Short-and medium-term response of *Atriplex halimus* L. to repeated seasonal grazing in south-eastern Spain. *Journal of Arid Environments*, 75(6), 586-595.
- Salem, A. Z. M., Hassan, A. A., Khalil, M. S., Gado, H. M., Alseny, H., & Simbaya, J. (2012). Effects of sun-drying and exogenous enzymes on nutrients intake, digestibility and nitrogen utilization in sheep fed *Atriplex halimus* foliage. *Animal Feed Science and Technology*, 171(2-4), 128-135.
- Salem, H. B., Norman, H. C., Nefzaoui, A., Mayberry, D. E., Pearce, K. L., & Revell, D. K. (2010). Potential use of oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. *Small Ruminant Research*, 91(1), 13-28.
- Shaker, K. H., & Mostafa, M. M. (2004). Potent estrogenic flavone glycosides from *Atriplex semibaccata*. *Bulletin of Pharmaceutical Sciences Assiut University*, 27(1), 127-132.
- Soliz, D., Glenn, E. P., Seaman, R., Yoklic, M., Nelson, S. G., & Brown, P. (2011). Water consumption, irrigation efficiency and nutritional value of *Atriplex lentiformis* grown on reverse osmosis brine in a desert irrigation district. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(3-4), 473-483.
- Sotomayor, J. A., & Correal, E. (2000). Effect of straw supplementation on the *Atriplex halimus* (saltbush) diet consumed by Segureña ewes. In: Gintburger, G., Bounejmate, M., Nefzaoui, A. (Eds.), *Fodder Shrub Development in Arid and Semi-arid Zones*. ICARDA, Aleppo, pp. 558e563.

- Souza, E. R., dos Santos Freire, M. B. G., da Cunha, K. P. V., do Nascimento, C. W. A., Ruiz, H. A., & Lins, C. M. T. (2012). Biomass, anatomical changes and osmotic potential in *Atriplex nummularia* Lindl. cultivated in sodic saline soil under water stress. *Environmental and Experimental Botany*, 82, 20-27.
- Souza, E. R., dos Santos Freire, M. B. G., de Melo, D. V. M., & de Assunção Montenegro, A. A. (2014). Management of *Atriplex nummularia* Lindl. in a salt affected soil in a semi arid region of Brazil. *International Journal of Phytoremediation*, 16(1), 73-85.
- Sushma Rani, S. R., Subodh Bishnoi, S. B., Angrish, R., & Goyal, S. C. (2013). *Atriplex* species (*Chenopodiaceae*): a halophytic species for restoration and rehabilitation of saline degraded lands.
- Ventura, Y., Eshel, A., Pasternak, D., & Sagi, M. (2015). The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Annals of Botany*, 115(3), 529-540.
- Verhulst, J., Montana, C., Mandujano, M. C., & Franco, M. (2008). Demographic mechanisms in the coexistence of two closely related perennials in a fluctuating environment. *Oecologia*, 156, 95-105.
- Walker, D. J., Lutts, S., Sánchez-García, M., & Correal, E. (2014). *Atriplex halimus* L.: Its biology and uses. *Journal of Arid Environments*, 100, 111-121.
- Walker, D. J., Romero, P., de Hoyos, A., & Correal, E. (2008). Seasonal changes in cold tolerance, water relations and accumulation of cations and compatible solutes in *Atriplex halimus* L. *Environmental and Experimental Botany*, 64(3), 217-224.
- Zine, H., Ibrahim, M., Loqman, S., Papazoglou, E. G., Ouhaddou, S., Elgadi, S., ... & Ouhammou, A. (2021). Chemical composition, antioxidant, and antibacterial activities of essential oil of *Atriplex semibaccata* R. Br. aerial parts: First assessment against multidrug-resistant bacteria. *Agronomy*, 11(2), 362.

## BÖLÜM 9

### *Suaeda* spp.

(Alt familya: *Suaedoideae*; Familya: *Amaranthaceae*)

Doç. Dr. Serap KIZIL AYDEMİR<sup>1</sup>

Doç. Dr. Serkan ATEŞ<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583028>

---

<sup>1</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik

**E-Mail:** serap.kizil@bilecik.edu.tr

Orcid ID: 0000-0003-0291-8598

<sup>2</sup> Oregon State Üniversitesi, Hayvan Bilimi ve Mera Bölümü, Corvallis, Amerika Birleşik Devletleri,

**E-Mail:** serkan.ates@oregonstate.edu

Orcid ID: 0000-0001-6825-3248



## 1. Giriş

*Suaedoideae* alt familyası, *Amaranthaceae* familyasına ait en önemli alt familyalarından biridir ve çoğu yüksek kuraklığa toleranslı, tuzluluğa dayanıklı ve besin eksikliğine toleranslı olduğundan arazide bitki örtüsünün iyileştirilmesi için sıklıkla kullanılır (Zhang ve ark., 2012). *Suaeda* bitkileri önemli halofit kaynaklarıdır ve çeşitli organlarının fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile tuz stresine tepkileri yoğun bir şekilde incelenmiştir. Yaprak sululuğu, hücre içi iyon lokalizasyonu, artan ozmotik düzenleme ve gelişmiş antioksidan kapasiteler, *Suaeda* bitkilerinin tuz stresine uyum sağlamasında önemli tepkilerdir (Li ve ark., 2020).

*Suaeda* cinsi, tuz biriktiren halofitler (euhalophytes) olarak bilinen, yüksek düzeyde tuza toleranslı otsu bitkilerin 100'den fazla türü içerir (Wang ve ark., 2022). *Suaeda* bitkilerinin moleküler-genetik ve fonksiyonel seviyelerde kullanımıyla bitkilerin tuz stresine verdiği tepkilerin çeşitli yönleri araştırılmaktadır. Bu cinsin *Suaeda salsa*, *Suaeda maritima*, *Suaeda fruticosa*, *Suaeda altissima* gibi bazı üyeleri, tuz toleransının altında yatan mekanizmaların, özellikle hücre ve tüm bitki seviyelerinde iyonik düzenleme ve bölümlendirmenin araştırılması için model türler haline gelmiştir (Nedelyaeva ve ark., 2023).

*Suaeda* bitkileri dünyanın belirli bölgelerinde yenilebilir sebzeler olarak kullanılmaktadır ve tohumları, ilgili bitki türlerinin habitatlarında yerli halk tarafından kullanılan yenilebilir yağların kaynağıdır. Örnekler arasında *Suaeda fruticosa*, *Suaeda aegyptiaca*, *Suaeda moquinii*, *Suaeda aralocaspica*, *Suaeda torreyana*, *Suaeda depressa*, *Suaeda californica*, *Suaeda suffrutescens*, *Suaeda bigelovii* ve *Suaeda salsa* öne çıkmaktadır (Mohammed, 2020; Panta ve ark., 2014). *Suaeda salsa*, *Suaeda acuminata*, *Suaeda fruticosa*, *Suaeda aralocaspica* ve *Suaeda torreyana* türlerindeki yağ içeriğinin kurutulmuş tohum ağırlığının sırasıyla %26, %15, %30, %26 ve %25 olduğu tahmin edilmektedir. Bu türlerin yağlı tohum bitki olarak geliştirilmesi mümkündür (Abideen ve ark., 2015). Avrupa'da *Suaeda fruticosa* gıda olarak kullanılmaktadır ve tohumları yenilebilir yağ kaynağıdır. *Suaeda maritima*, Geç Neolitik dönemde Kuzey Hollanda'da tıbbi amaçlarla ve gıda olarak kullanılmıştır (Kubiak-Martens ve ark., 2015).





**Şekil 1.** Genç *Suaeda aegyptiaca* bitkileri, İran'ın Bushehr Eyaleti, Borazjan Pazarı'nda sebze olarak (yerel adı Kakol) satılıyor (Akhani, 2006).

*Suaeda fruticosa.*, *Suaeda pruinosa*, *Suaeda maritima* ve *Suaeda mollis*, Tunus'da yenilebilir bitki olarak halk tarafından tüketilmektedir (Oueslati ve ark., 2012). Meksika'nın çöl kıyısındaki ise *Suaeda bigelovii* üretim miktarı, ayçiçeği ve soya gibi tatlı suda yetiştirilen yağlı tohum bitkilerinden daha fazladır. *Suaeda bigelovii*, toplam çözünmüş tuzların 70 g/L'den daha yüksek kök bölgesi tuzluluk düzeyinde bile yüksek verim (biyokütle ve tohum) üretebilir. Deniz suyuyla sulama (tuzluluk 40 g NaCl/L) altında tohum verimi 2 t/ha seviyesindedir ki bu, tuzsuz koşullar altındaki geleneksel mahsullerinkine eşdeğerdir. *Suaeda bigelovii* tohumunun yağ içeriği %30 ve protein içeriği %35'dir (Ho ve Cummins, 2009) ve bu tohum yağı, özellikler bakımından aspir yağına benzer (Zerai ve ark., 2010).

Birçok *Suaeda* türü aynı zamanda polifenollerin, karotenoidlerin ve diğer biyoaktif bileşiklerin yüksek içeriğinden dolayı gelecek vaat eden farmasötik kaynaklardır (Zhao ve ark., 2018).

## **2. *Suaeda vermiculata***

*Suaeda vermiculata*, değişken büyüme formlarına, yaprakların şekline ve boyutuna, boğum aralarının uzunluğuna, çiçeklenmedeki çiçek yönüne ve sayısına sahip, polimorfik yapraklı, etli, çok yıllık bir çalıdır. *Suaeda vermiculata*, başta develer olmak üzere hayvanlar için değerli, lezzetli bir yemdir ve aynı zamanda yakıt olarak da kullanılır (El Ghazali, 2020). *Suaeda vermiculata*, Arap Körfezi ülkelerinde hem insanlar hem de hayvanlar için gıda

olarak kullanılmaktadır (Cybulska ve ark., 2014). *Suaeda vermiculata*, Sudan ve Suudi Arabistan'da develerde iştah açıcı yem olarak kullanılmaktadır (Mohammed ve ark., 2019).

Al-Qunfudhah tuzlu bataklıklarında (Suudi Arabistan) Şubat 2018 ile Ocak 2020 arasında kaydedilen, *Suaeda vermiculata* bitkilerinin kimyasal bileşimlerinin ortalaması şöyledir: Ham protein (%8.0), kül (%24.9), ham lif (%21.3), Azot içermeyen ekstrakt (%39.1), TDN (%61.8), kuru maddede (KM)'de sindirilebilir ham protein (%3.9) (Al-Malki ve ark., 2021). Yağ asitleri *Suaeda vermiculata*'da kapsamlı bir şekilde ölçülmüş ve insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılmasının güvenli olduğu bulunmuştur (Vizetto-Duarte ve ark., 2019).

Halofit bitki türlerinin besin değeri önemli ölçüde farklılık gösterir. Her fenolojik aşamada halofitlerin yem kalitesine ilişkin bilgi, mera yöneticilerinin yetiştirme için uygun bitki türlerini seçmesine ve ayrıca tuzlu meralarda daha yüksek hayvan performansı elde etmek için uygun otlatma zamanını belirlemesine yardımcı olabilir. Fenolojik aşamaların yem kalitesi üzerindeki etkisi *Suaeda vermiculata* ve *Atriplex leucoclada*'da Esfahan ve ark. (2010) tarafından araştırılmıştır. Bu halofit türleri İran'ın dört farklı tuzlu merasından (Fars, Hormozgan, Khoozestan ve Semnan eyaletlerinden) hasat edilmiştir. Sonuçlar, büyümenin fenolojik aşamasının, konumun ve türün yem kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Yem kalitesi, bitkiler vejetatif aşamadayken en yüksek düzeyde olmuştur ve olgunluk ilerledikçe keskin bir şekilde düşme eğilimine girmiştir. Yem kalitesi değerleri en yüksek Semnan, en düşük Fars'tan elde edilmiştir. *Suaeda vermiculata*'dan tüm lokasyonlarda daha yüksek kalite değerleri elde edilmiştir.

### 3. *Suaeda fruticosa*

*Suaeda fruticosa*, Pakistan'ın kıyı ve iç tuzlu bölgelerinde ve çoğu Sahra-Sindistan ve güney İran-Turan bölgelerinde (<http://www.efloras.org>) yayılmış, yaprakları etli, çok yıllık bir halofittir. Bu bitkinin tohumlarından kaliteli yemeklik yağ elde edilerek, yanmış yapraklarından ev sabunu yapılarak ve bitkisel aksamından deve yemi olarak yararlanılabilmektedir. Ayrıca *Suaeda fruticosa*'nın yetiştirilmesi, toksik metaller ve tuzlulukla kirlenmiş toprakların biyoremediasyonuna ve ıslahına yardımcı olabilir (Hameed ve ark., 2016). *Suaeda fruticosa* Sudan ve Suudi Arabistan'da develerde iştah artırıcı olarak verilmektedir (Mohammed ve ark., 2019).

Sina'da ve Mısır'ın Kuzey Batı kıyısında yetişen *Suaeda fruticosa* bitkilerindeki (KM bazında) bazı mineral bileşimlerinin genel ortalama

değerleri şunlardır: Na (%4.1), Ca (%2.1), K (%1.3), P (%0.4), Mg (%0.3), S (%0.2) (Attia-Ismail, 2015). *Suaeda fruticosa* bitkisinin tamamında %12.1 oranında ham protein bulunmaktadır (Attia-Ismail, 2015). Bu tür, çok az sulama gerektiren ve çok yüksek tuzluluğu tolere eden kurak ortamlara iyi adapte olmuştur. Ancak yapraklarındaki yüksek tuz içeriği yem olarak değerini azaltır. Birçok rapor, yüksek tuz konsantrasyonları içeren bitkilerin çiftlik hayvanları için toksik olduğunu ve farklı türdeki hastalıklardan ve fizyolojik bozukluklardan sorumlu olduğunu göstermiştir (Ashraf, 2007). Tuz konsantrasyonu yüksek olan bitkilerle beslenen hayvanlar, hayvanların midesinde lezyon ve döküntülere neden olur. *Suaeda fruticosa*'nın hayvan rasyonuna karışım olarak girmesi, bünyesindeki Na<sup>+</sup> ve diğer tuz konsantrasyonları seyreltip, yemi hayvan rasyonunda daha lezzetli ve sindirilebilir hale getirilebilir (Ashraf ve ark., 2012).

Devi ve ark. (2016) tarafından, *Suaeda nudiflora*, *Suaeda fruticosa*, *Portulaca oleracea*, *Atriplex lentiformis*, *Parkinsonia aculeata* ve *Xanthium strumarium* olmak üzere altı halofitik tür, farklı tuz konsantrasyonu koşulları altında değerlendirilmiştir. Bitkiler 8.0, 12.0, 16.0 ve 20.0 dS/m klorür tuzlulukta büyütülmüştür. Örnekleme bitkisel aşamada yapılmıştır (ekimden 60-75 gün sonra). Tohumların yaklaşık %95'i çimlenmesini 12 dS/m'e kadar gerçekleşmiş ve sonrasında hafif bir düşüş göstermiştir. Tuzlamanın ardından ortalama bitki boyu 48.7 cm'den 32.4 cm'ye ve bitki kuru ağırlığı 1.7 gr/bitki'den 0.6 gr'a düşerek önemli ölçüde azalmıştır. Tuzluluk duyarlılık indeksi *Suaeda fruticosa*'da minimum (0.72), *Parkinsonia aculeata*'da ise maksimum (1.17) bulunmuştur. Fitoremediasyon potansiyeli temelinde *Suaeda fruticosa* (1170.0 mg/bitki), *Atriplex lentiformis* (777.9 mg/bitki) en iyi tuz hiperakümülatör bitkileri olurken, *Xanthium strumarium* (349.6 mg/bitki) ve *Parkinsonia aculeata* (310.6 mg/bitki) en zayıf hiperakümülatör bitkiler olmuştur.

#### 4. *Suaeda glauca*

*Chenopodiaceae* bitkileri çoğunlukla çölde ve tuzlu topraklarda yaşayan tek yıllık otlar, yarı çalılar veya çalılar şeklindedir. Bu nedenle sıklıkla kserofitik adaptasyon gösterirler. Tek yıllık bir bitki türü olan *Suaeda glauca*, tuzlu-alkali topraklarda ve plajlarda yetişir. Güçlü bir tuz toleransı ve kuraklık toleransı kapasitesi gösterir ve ilaç ve gıda maddesi olarak yüksek değere sahiptir. *Suaeda glauca*, tuzlu ve kumlu plajlarda yaygın olarak bulunan, güçlü tuzlu alkali toleransına sahip bir halofittir. Aynı zamanda yüksek gelişme potansiyeli ve bilimsel araştırma değeri olan bir peyzaj bitkisi olarak da beğenilmektedir (Cheng ve ark., 2021).

Çin'de Songnen ovasının batı bölgesinde yer alan Songnen otlakları, Çin'in otlatma ve koruma altındaki meralar açısından en önemli alanlarından biridir ve *Leymus chinensis*'in hakimiyetindedir. Batı Songnen ovasında 1954'ten 2005'e kadar tuzlu-alkali toprak miktarında önemli bir genişleme ve tuzlanmada artış olmuş ve sonuç olarak bu alan dünyadaki en büyük üç sodyumlu-tuzlu toprak alanından biri haline gelmiştir (Wang ve ark., 2009). *Suaeda glauca*, halofitlerin tipik bir temsilcisidir ve  $\text{pH} > 10$  ve tuz içeriği  $> 0.48$  olan toprakta hayatta kalabilir ve iyi büyüyebilir. *Suaeda glauca* tuz konsantrasyonu %2'ye eşit olan topraklarda yaşayabilmekte, genellikle tek baskın bir topluluk oluşturmakta ve Songnen ovasının otlaklarındaki yüksek tuzlu ve yüksek alkalili topraklarda yaygın olarak dağılım göstermektedir (Li ve Yang, 2004).



**Şekil 2.** Çin'deki Sarı Nehir Deltası'nın gelgit arası düzlüklerindeki a) *Suaeda glauca* bitkisi ve b) *Suaeda glauca* popülasyonu (Fu ve ark., 2021).

*Suaeda glauca* tohumları, özellikle linoleik ve linolenik asitler olmak üzere yüksek yağ içeriği nedeniyle son yıllarda araştırmacıların dikkatini çekmiştir (Sun ve Zhou, 2010). Besleme değeri ve *Suaeda glauca* tohumunun kuzuların diyetine dahil edilmesi için uygun seviye Sun ve Zhou (2010) tarafından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, *Suaeda glauca* tohumunun kuzu diyetlerinde besi performansından ödün vermeden 450 g/gün'e kadar kullanılabileceğini, ancak diyet sindirilebilirliği ve yem dönüşüm oranı eğilimine bakarak kuzular için nispeten uygun takviye seviyesinin 300 g/gün olduğu tespit edilmiştir.

Farklı seviyelerde *Suaeda glauca* otu ile beslenen kuzuların beslenme tepkisi de kapalı alanda besleme ve otlama yönetimi için önemli bir parametredir. *Suaeda glauca*, Songnen otlaklarında yetişen düşük dereceli yem bitkisi olarak sınıflandırılmıştır (Li ve Yang, 2004). Sun ve ark. (2012) tarafından *Suaeda glauca* merasının haziran ayından ekim ayına kadar özellikleri ve karışık kuru ot/konsantre (50 / 50) diyetinin yem bileşeninde, artan oranlarda *Suaeda glauca* bulunan kuzularda alım, sindirim ve kan metabolitleri değerlendirilmiştir. Hasat tarihinin kuru madde verimi üzerinde önemli bir etkisi olmuştur. KM içeriğinde, toplam enerjide, nötr deterjan lifinde ve asit deterjan lifinde (ADF) önemli artışlar olmuş, ancak olgunlukla birlikte yaprak oranı, ham protein, toplam kül ve sodyum içeriklerinde düşüşler olmuştur. Diyete %25 *Suaeda glauca* samanının dahil edilmesi, %T0 ve %T50 gruplarına kıyasla günlük KM, organik madde (OM) ve enerji alımını önemli ölçüde artırmıştır. %25 veya %50 oranındaki takviye, %T0 grubuyla karşılaştırıldığında enerji, DM, OM ve ADF'nin sindirilebilirliğini önemli ölçüde artırmıştır. Su alımı, idrarla atılım, taze dışkının su içeriği ve idrardan sodyum atılımı, *Suaeda glauca* içeriğinin artmasıyla doğrusal olarak artmış, ancak idrardan potasyum atılımı azalmıştı. *Suaeda glauca*, diyetin %50'sini oluşturduğunda serum K ve Mg içerikleri %T0 grubuyla karşılaştırıldığında önemli ölçüde artmıştır. Bu çalışma, *S. glauca*'nın kuzu diyetinin %25'i oranında eklendiğinde uygun bir kuru ot olduğunu göstermiştir.

### 5. *Suaeda foliosa*

Güney Amerika'da Yüksek Cochabamba Vadisi'nde (Bolivya), *Suaeda foliosa*, *Salicornia pulvinata*, *Frankenia trianda* ve *Distichlis humilis* gibi halofitler doğal olarak yetişir. Yaygın olarak q'awchi olarak bilinen *Suaeda foliosa*, hayvan yemi olarak yaygın şekilde kullanılır. Acımasız iklim değişikliklerine ve tuzluluğa karşı toleransı ve yonca gibi diğer hayvan yemleriyle karşılaştırılabilir besin değeri, onu tuzdan etkilenen toprakların ıslahı için özellikle iyi bir tür haline getirmektedir (Ayala Flores ve ark., 2009; Froidmont, 2018). Bolivya'da yaygın olan *Suaeda foliosa*, hayvan yemi üretiminde kullanılmaktadır (Capriles Flores, 2011). Bolivya Altiplano'da *Suaeda foliosa*, *Atriplex* spp., kinoa (*Chenopodium quinoa*) ve *Chenopodium pallidicaule* gibi yerli yem bitkileri, olumsuz toprak (tuzluluk ve sodyum) ve hava (don, kuraklık) koşullarında tarla koşullarında da yetiştirilmektedir. Bu türler bu bölgede insanlar ve hayvanlar için yüksek proteinli gıda ve yem üretirler (Sanchez ve ark., 2015).

Bolivya'da tuzdan etkilenen topraklar, kurak-yarı kurak iklime sahip bölgelerin çoğunda bulunur. Buralarda ortalama 300-400 mm yağışın %70'i dört aya yoğunlaşır. Nispeten düz yaylalarda (3600-4000 m), daha önce tuzlu

sıg sularla dolu bazı kapalı havzalardaki tuz düzlükleri de dahil olmak üzere, tuzdan etkilenen topraklar vardır. Bu bölgelerdeki yüksek tuzluluk seviyeleri meraların büyümesini engellemekte veya azaltmaktadır. Tuzların çoğunlukla yüzey kabuklarında yoğunlaştığı bu topraklardan bazıları, yoksul çiftçiler tarafından çok düşük verimliliğe sahip, hayatta kalmak amacıyla yürütülen tarımsal faaliyetlerde kullanılır. Toplama alanından 5-10 kat daha büyük bir alana düşen çok düşük yağışları, mahsullerin ekildiği çukurlarda ve hendeklerde toplayıp yoğunlaştırırlar (“yağmur hasadı”). Ana ürünler yem olarak kauchi (*Suaeda foliosa*) ve insan gıdası olarak kullanılan kinoadır (*Chenopodium quinoa*) ve her ikisi de tuzluluğa karşı oldukça dayanıklıdır (Pla Sentís, 2021).



**Şekil 3.** Bolivya'nın dağlık bölgelerinin tuzlu kurak topraklarında ekilmiş kauchi (*Suaeda foliosa*) (solda) ve kinoa (*Chenopodium quinoa*) (sağda) türleri (Pla Sentís, 2021).

*Suaeda foliosa*'nın yapraklarında %16.7 ham protein bulunurken, sapta buna karşılık gelen değer %16.8'dir (Attia-Ismail, 2015). *Suaeda foliosa*'nın sapı yapraklardan %117 daha fazla kül içerir (Attia-Ismail, 2020).

## 6. *Suaeda altissima*

*Suaeda altissima*, 1 M'a kadar NaCl konsantrasyonuna sahip besin ortamında büyüyen bir halofittir. Glisin betain, *Suaeda altissima* sitoplazmasında sentezlenen ana osmolittir. Hücre suyu potansiyeli, temel olarak vakuollerde  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının ve sitoplazmada glisin betain birikimine bağlı olarak besin çözeltisine göre daha düşük seviyede tutulur ve bitkideki iyonların gradyan dağılımı nedeniyle su potansiyelinin gradyanı toprak-kök-gövde-atmosfer sisteminde korunur. Bu, suyun aşırı tuzlanmış ortamdan alınmasına ve terleme yokluğunda bile topraküstü organlara taşınmasına olanak tanır (Tsydendambaev ve ark., 2013).

Meychik ve ark. (2013), NaCl konsantrasyonundaki bir azalma veya artışın (250'den 0.5'e veya 250'den 750 mm'ye), *Suaeda altissima*'nın kök ve

yaprak dokularındaki protein miktarının büyük ölçüde arttığını bulmuşlardır. Tuzluluk oranının optimumun üzerine çıkmasıyla birlikte *Suaeda altissima*'nın sürgün dokularındaki lignin içeriği önemli ölçüde azalmaktadır.

Hazar Kurak Tarım Araştırma Enstitüsü (Caspian Research Institute on Arid Farming), Kasım 2000'de, Rusya ve Orta Asya'nın çeşitli ekolojik-coğrafi bölgelerinden toplanmış materyallerden oluşan bir *Suaeda altissima* fidanlığı kurmuştur. Burada bu türün on dokuz tipini yetiştirmişlerdir. Uzun boylu *Suaeda altissima*'nın ilk sürgünleri Mart ayı sonlarında veya Nisan aylarında ortaya çıkmıştır. Nisan ayı sonlarında yoğun bir şekilde dallanmaya (filizlenmeye) başlamıştır. Tomurcuklanma Mayıs sonu veya Haziran başında başlar ve otuz gün sürmüştür. Temmuz başı veya ortasında çiçeklenme aşaması başlamış ve Eylül sonuna kadar sürmüştür. *Suaeda altissima*'nın meyveleri eylül ortasından ekim ortasına kadar oluşmuştur. İlk olgun meyveler ekim ortasında ortaya çıkmış ve meyvelerin toplu olgunlaşması ekim ayı sonlarında görülmüştür. Sulama altında yetiştirilen *Suaeda altissima* oldukça hızlı büyümüş ve ilk yılın sonunda 100 ila 110 cm yüksekliğe ulaşmıştır. 2001 yılında *Suaeda altissima* örnekleri bir fidanlıkta yetiştirilmiştir. Bunlar 2000 yılında bir toplama fidanlığında ekilen olası türlerin en iyi popülasyonları arasından seçilmiştir. 1996-1998'de yaygın olan kuru koşullar göz önüne alındığında, bu örnekler oldukça tatmin edici yem kütlesi ve tohum verimi vermiştir. En yüksek verimler 10.3-14.4 ton/ha kuru yem kütlesi olmuştur. Bu örnekler daha yüksek boy, uzun bir bitki örtüsü dönemi (205 ila 210 gün) ve yüksek tohum üretimi (0.45-0.77 ton/ha) ile farklılaşmıştır. Beş yıllık test döngüsünden sonra, Astrakhan Bölgesi'nin Privolzhsky Bölgesi'nden 'Zemfira' etiketli bir örnek en yüksek yem verimi vermiştir. Standart kontrol örneğini 3.5 ila 3.9 ton/ha geride bırakarak, 12.5 ton/ha'ya kadar kuru yem kütlesi üretmiştir. Bu *Suaeda altissima* çeşidi, konrole kıyasla çok sayıda yan sürgün, iyi yaprak oluşumu (%51.5) ve daha yüksek tohum verimliliğine sahip olmuştur. Kuraklığa ve tuza karşı yüksek direnci nedeniyle 'Zemfira' çeşidi, 1998 ve 1999 kurak yıllarında bile yüksek tohum verimi üretmiştir (Melioration, 2004).

## 7. *Suaeda salsa*

*Suaeda salsa*, anoksik ve gelgit nedeniyle batık topraklarda hayatta kalabilen bir halofittir ve Avrupa ve Asya'nın gelgit arası bölgelerinde yaygın olarak bulunur (Friess ve ark., 2012). Karbon tutulmasında ve kıyı şeridinin korunmasında önemli bir rol oynar. *Suaeda salsa*'nın kök sistemi, su akış hızını azaltarak ve rüzgar dalgalarını engelleyerek toprak ve yer üstü biyokütleyi stabilize edebilir, böylece tortunun yeniden süspansiyonunu ve erozyonu etkili bir şekilde önleyebilir (Belluco ve ark., 2006). Kıyı sulak alanlarının karadan denize son biyolojik bariyeri olan *Suaeda salsa*, kıyı sulak alanlarında kıyı

şeridi stabilizasyonu ve toprağın iyileştirilmesi için en iyi doğa bazı restorasyon çözümlerinden biridir. Tuz ve ağır metaller *Suaeda salsa*'nın dağılımını etkileyen baskın faktörlerdir (Cao ve ark., 2022). *Suaeda salsa*, rizosferden tuzu emebilir ve tuz ayrıca yer üstü bitki dokularında da birikir. Böylece, yer üstü biyokütle hasat edildiğinde tuzun bu kısmı topraktan uzaklaştırılır ve kül miktarı, tuz giderme kapasitesini temsil eder. Tuz biyobirikim faktörü, yer üstü biyokütlenin Na içeriğinin rizosferdeki Na konsantrasyonuna oranı olarak hesaplanır (Antisari ve ark., 2020). *Suaeda salsa*, K (potasyum) tepkileri açısından *Suaeda* cinsi içinde benzersizdir. Bu tür, kökler tarafından Na'ya göre K için yüksek seçicilik geliştirmiştir ve bu nedenle bitkinin besin gereksinimlerini karşılamak için bitki dokularına büyük miktarlarda K emebilir ve bünyesinde biriktirebilir (Mori ve ark., 2011). *Suaeda salsa*, büyüme mevsiminin sonunda hasat edilirse toprağın tuzluluğunu önemli ölçüde azaltabilir. Wu ve ark. (2012) *Suaeda salsa*'nın orta tuzluluktaki toprakta hızla büyüdüğünü ve aşırı tuzlulukta hayatta kalabildiğini bildirmişlerdir. Liang ve Shi (2021), *Suaeda salsa*'nın 3.0-3.8 t/ha Na emebildiğini ve tuz çekme potansiyelinin 3.75-3.91 t/ha/yıl arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sukulent yapraklara sahip *Suaeda salsa* yüksek kalitede yem sağlayabilir. Zhang ve ark. (2018) *Suaeda salsa*'nın Altay koyunlarının günlük et kazancını artırabildiğini, net et verimini artırabildiğini, karkas yağ yüzdesini azaltabildiğini ve yemden yararlanma oranını azaltabildiğini bildirmişlerdir.

Yüksek tuz konsantrasyonu (Na ve Cl), yem ve kuru madde alımının azalmasına katkıda bulunarak ve hayvan sağlığını tehlikeye atarak *Suaeda salsa*'nın yem besin değerini azaltabilir (Hessini ve ark., 2020).

Wang ve ark. (2023), farklı tuzluluktaki sularla (yani tatlı su veya 10, 20, 30 veya 40 g/L NaCl içeren su) sulama altında kurak kuzeybatı Çin'de toprak üstü biyokütlerde tuz birikimini ve tarlada yetiştirilen *Suaeda salsa*'nın biyokimyasal ve besleyici değerini ölçmüşlerdir. *Suaeda salsa*'nın taze ve kuru ağırlıkları, tuzluluğun artmasıyla önce artmış, sonra azalmıştır. Bitkinin yer üstü biyokütlesinin tuz içeriği sabit bir aralığa yükselmiştir ve dolayısıyla *Suaeda salsa*'nın tuz ekstraksiyonu, sulama suyunun farklı tuzluluk seviyelerinde nispeten stabil kalmıştır. Ham protein içeriği, tuzluluktaki artışla birlikte önemli ölçüde yükselmiş (kuru ağırlıkta %9.45'akadar) ve ardından kuru ağırlıkta %6.85'e düşmüştür. Nötr deterjan lifi (%42.9-50.0 kuru ağırlık) ve asit deterjan lifi (%34.8-39.7 kuru ağırlık) içerikleri yem için uygun düzeydedir.



*Suaeda salsa*, küçük siyah tohumlar ve büyük kahverengi tohumlar gibi dimorfik tohumlar üreten bir öhalofitik bitkidir. Kahverengi tohumlar, tohum çimlenmesi ve fide aşamalarında siyah tohumlara göre daha yüksek tuz toleransına sahiptir. *Suaeda salsa*'nın kuru tohumlarının yağ içeriği yaklaşık %20'dir (Zhao ve ark., 2018).

Tuzlu su ile sulanabilen ve tuzlu topraklarda yetiştirilebilen halofit *Suaeda salsa*'nın yetiştirilmesinin, tatlı su kıtlığı, toprağın tuzlanması ve yem kıtlığı sorunlarına potansiyel bir çözüm olduğu düşünülmektedir. Tekyıllık bir öhalofitik bitki olan *Suaeda salsa*, Çin'deki gelgit bölgesi ve iç sularda yaygın olarak mevcuttur (Zhao ve ark., 2018). Ayrıca *Suaeda salsa* yüksek ekolojik değere sahiptir ve tuzlu-alkali bitki örtüsü restorasyonu için öncü tür olarak oldukça uygundur. *Suaeda salsa*'nın toprak üstü biyokütlesinin toplanması, tuzlu toprakların tuz içeriğini önemli ölçüde azaltabilir. *Suaeda salsa*'nın ayrıca ağır metallerle kirlenmiş topraklardan, özellikle kirlenmiş tuzlu topraklardan ağır metallerin uzaklaştırılmasında yararlı bir biyomateryal olduğu öne sürülmüştür (Shang ve ark., 2020).

### 8. *Suaeda fruticosa*

*Suaeda fruticosa*, Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup>'yi biriktirme ve tutma konusunda güçlü bir yeteneğe sahip, bezlerden veya trikomlardan yoksun, çok yıllık bir "tuz hapsedici" halofittir. *Suaeda fruticosa*, Tunus'taki tuzlu bataklıklarda ve tuzlu çöllerde hayvancılık için değerli yem üreterek ve tıbbi ve besleyici özellikler sergileyerek fayda sunmaktadır (Labidi ve ark., 2010). *Suaeda fruticosa*, Cezayir tuzlu meralarında da doğal olarak bulunan ve küçükbaş hayvanlara yem sağlamak için yaygın olarak kullanılan bir çalıdır (Nedjimi, 2018). *Suaeda fruticosa* diğer birçok halofitik bitkiye kıyasla çok düşük kül ve silika, yüksek eter ekstraktı, Ca, Na, K ve Mg içerir ve koyunlar için lezzetlidir (Riasi ve ark., 2008). Hindistan'da *Suaeda fruticosa*'dan insanlar yenilebilir yeşillik olarak ve memeli yemi olarak faydalanmaktadır (Ishnava ve ark., 2011).

Abarghani ve ark. (2018) tek hörgüçlü develer için *Suaeda fruticosa* (SF), *Atriplex leucoclada* (AL) ve *Seidlitzia rosmarinus* (SR) bitkilerinin kimyasal bileşimini ve besin maddelerinin sindirilebilirliğini ayrı ayrı veya karışım halinde değerlendirmişlerdir. Uygulamalar şunlar olmuştur: T1= %33.5 AL + %66.5 SR; T2= %100 AL; T3= %66.5 AL + %33.5 SF; T4= %66.5 AL + %33.5 SR; T5= %100 SR; T6= %33.5 AL + %66.5 SF; T7= %66.5 SR + %33.5 SF; T8= %66.5 SF + %33.5 SR ve T9= %100 SF. Sonuç olarak, KM, OM ve NDF parçalanabilirliğine göre, otlayan develerin daha iyi beslenmesi için en iyi bitki karışımı T5, T7 ve T8 (AL'siz) uygulamalar olmuştur. Ancak protein parçalanabilirliği ve kimyasal bileşim verilerine dayanarak AL içerenler

(T1, T3, T4 ve T6) en iyi karışımlar olmuştur. Bu nedenle develerdeki halofit bitkilerinin sindirilebilirliğini arttırmaya yönelik stratejilerden birinin bu bitkileri birbirleriyle karıştırmak olduğu görülmüştür.

Abdullah ve ark. (2017), yıl boyunca hayvancılık için mevcut olan otların lezzeti ve besleyici potansiyeli hakkında bilgi toplamak amacıyla Cholistan (Pakistan) meralarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Serbest otlayan koyun, keçi, sığır ve deveden oluşan karma hayvan sürüleri incelenmiştir. Sonuçlar, yedi çalı ve üç ağaçtan oluşan on türün otlayan hayvanlar için tercih, erişilebilirlik ve bolluğa sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Lezzet açısından *Prosopis cineraria* ve *Acacia nilotica*'nın oldukça lezzetli olduğu tespit edilmiştir. *Suaeda fruticosa*, *Salsola baryosma*, *Calligonum polygonoides*, *Haloxylon recurvum*, *Capparis decidua*, *Calotropis procera* ve *Tamarix aphylla* türlerinin orta derecede lezzetli olduğu tespit edilmiştir. *Haloxylon salicornicum* düşük lezzete sahip bulunmuştur. Ham protein (HP) konsantrasyonu %8.25 ile 17.46 arasında değişmiştir ve en yüksek HP içeriği *Suaeda fruticosa*'da, en düşük ise *Prosopis cineraria*'da gözlenmiştir. Eter ekstraktı (EE), *Suaeda fruticosa*'da maksimum ve *Haloxylon salicornicum*'da minimum olmak üzere %1.03 ile 3.44 arasında önemli ölçüde değişmiştir. Maksimum kül içeriği *Suaeda fruticosa*'da, en düşük ise *Prosopis cineraria*'da ölçülmüş ve kül konsantrasyonu %8.2 ile 18.6 arasında değişmiştir. Azotsuz ekstraktın (NFE) ortalama konsantrasyonu %48.8 bulunmuş ve en yüksek *Haloxylon recurvum*'da, en düşük ise *Suaeda fruticosa*'da tespit edilmiştir.

### 9. *Suaeda maritima*

*Suaeda maritima*, gelgit arası bölgedeki kıyı sulak alanlarında yaygın olarak bulunan bir halofittir. Yaşam alanı nedeniyle *Suaeda maritima*, periyodik su baskınlarının neden olduğu topraktaki yüksek tuz konsantrasyonlarına ve hipoksik koşullara karşı tolerans geliştirmiştir. Bu tuzlu ortamla başa çıkmak ve su bulunabilirliğini korumak için *Suaeda maritima*, ozmotik potansiyelini, ozmotik olarak baskın iyonların kontrollü alımı ve bunların vakuollerde bölümlenmesiyle birlikte sitozolde prolin ve glisin betain gibi uyumlu çözünen maddelerin birikmesiyle ayarlar (Behr ve ark., 2017).

*Suaeda maritima*, 60 cm yüksekliğe kadar sert bir gövdeye sahip, tek yıllık, dik bir bitkidir. Üst kısmı dallı ve tüysüz olup, yaprakları yoğun olarak dağılmıştır. Yapraklar alternatif, etli, gri-yeşil veya kırmızımsı, 1-2 cm uzunluğundadır. Solonchak tipi toprak gibi yüksek oranda tuzlu habitatlarda yetişen tipik bir halofittir. Avrupa'nın Panoniyen bölgesinde, Avusturya, Macaristan, Sırbistan ve Romanya'da bulunur (Todorovic ve ark., 2023).



Şekil 4. *Suaeda maritima* (Todorovic ve ark., 2023).

*Suaeda maritima* insanlar tarafından yenilebilir yeşillik olarak ve Hindistan'da memeli yemi olarak tüketilmektedir (Patra ve ark., 2011). *Suaeda maritima*, Arap Körfezi ülkelerinde hem insanlar hem de hayvanlar için besin olarak kullanılmaktadır (Cybulska ve ark., 2014). Mangrov ormanı alanlarında *Suaeda maritima* insan tüketimine yönelik sirke ve yeşil gıdaların hazırlanmasında kullanılır. Ayrıca bitki besin değerleri nedeniyle evcil hayvanlara yem olarak da verilmektedir. Yağlar (%0.15 a/a), proteinler (%3.46 a/a), karbonhidratlar (%2.18 a/a), kalsiyum (2471.37 mg/100 g kurutulmuş bitki tozu), lifler (%6.21 w/w) ve beta-karoten (3545.16 mg/100 g kurutulmuş bitki tozu) içerdiği rapor edilmiştir (Sudjaroen, 2015).

*Suaeda maritima*, esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitleri, toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri ve toplam fenolik içerikleri ve antioksidan aktiviteleri açısından araştırılmış ve bu bitkilerin insan gıdası olarak kullanılma konusunda büyük bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Joseph ve ark., 2013). *Suaeda maritima*'nın gövdelerinin odunlaşmasının tuzlulukla negatif ilişkili olduğu gösterilmiştir (Attia-Ismail, 2015).

### 10. *Suaeda monoica*

Bir kıyı tuzlu bataklık bitkisi olan *Suaeda monoica*, Hindistan'ın kıyı bölgelerinde yetişen çok yıllık bir çalı bitkisidir (Rajathi ve ark., 2014). *Suaeda monoica*, develer için lezzetli ve kumul stabilizatörü olan tuzlu bir çalıdır. Kenya'da, *Suaeda monoica* develer için önemli bir kuru mevsim otlatma rezervidir ve bu nedenle deve sütü üretimi açısından önemlidir. Kuzey Horr'un (Kenya) Gabra'sında baskın üretim sistemi, *Suaeda monoica* ve *Indigofera*

*spinosa* gibi çalılara bağımlı olan deve göçebeliğidir. *Suaeda monoica*, tohum üretimi, yayılması ve çimlenme döngüsünün güçlü dinamizmi nedeniyle doğal ve pastoral streslere karşı çok dayanıklı durumdadır. Tohumları devenin sindirim sistemi tarafından aşındırılır, hayvanın gübresiyle birlikte atılır, böylece daha geniş bir dağılım ve daha hızlı yenilenme sağlanır (Olukoye ve Kinyamario, 2009).

*Suaeda monoica*, Hindistan'da insanlar tarafından yenilebilir yeşillik olarak tüketilmekte ve memeli yemi olarak kullanılmaktadır (Ravikumar ve ark., 2010). Al-Qunfudhah tuzlu bataklıklarında (Saudi Arabia) Şubat 2018 ile Ocak 2020 arasında kaydedilen *Suaeda monoica* bitkilerinin kimyasal bileşiminin ortalaması şöyledir: Ham protein (%8.0), kül (%22.5), ham lif (%20.7), Azot içermeyen ekstrakt (%42.7), TDN (%61.2), DM'de sindirilebilir ham protein (%4.0) (Al-Malki ve ark., 2021). *Suaeda monoica* keçiler ve develer için oldukça lezzetli ancak koyunlar için pek lezzetli değildir (Attia-Ismail, 2015). *Suaeda monoica*, esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitleri, toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri ve toplam fenolik içerikleri ve antioksidan aktiviteleri açısından araştırılmış ve bu bitkilerin aynı zamanda insan gıdası olarak kullanım için büyük bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Joseph ve ark., 2013).

### 11. *Suaeda nudiflora*

*Suaeda nudiflora*, Hindistan'ın Gujarat Eyaleti'nde Kutch'un alçak bölgesinde (kuzeybatı tuzlu çölü) bol miktarda yetişen bir çalı türüdür. *Suaeda nudiflora*, deniz kıyısı boyunca yüksek oranda tuzlu, kuru ve aşırı yüksek gelgit kuşağında yabancı olarak yetişen halofitik bir türdür. Dik dalları, olgunlaşmamış yeşil dalları olan, ancak olgunlaştıktan sonra turp haline gelen secde halde bir bitkidir. Kazık kökleri iyi gelişmiştir ve toprak erozyonu sırasında, derinlere gömülmüş kökler açığa çıkar. Internodlar sert değil, sağlam, odunsu, pürüzlü ve yeşildir. Yapraklar basit, dönüşümlü sapsız, 3 cm uzunluğunda, dikdörtgen mızrak şeklinde ve yeşildir ancak olgunlaştıktan sonra kırmızımsıya döner. Tohumlar %30-35 oranında yağ içerdiğinden, bitki gelecekte kültürü yapılacak bir yağlı tohum bitkisi olma potansiyeline sahiptir ve C4 fotosentezi nedeniyle tuzlu topraklarda yüksek proteinli biyokütle üretimine oldukça uygundur. Bu bitkinin yapraklı sürgünleri develer için oldukça lezzetlidir ve odunu yakıt olarak kullanılır (Kumar ve ark., 2016). *Suaeda nudiflora*, Hindistan'da insanlar tarafından yenilebilir yeşillik olarak ve memeli yemi olarak değerlendirilmektedir (Ishnava ve ark., 2011).



**Şekil 5.** Hindistan'ın kıyı sulak alanlarındaki durgun sularda *Suaeda nudiflora* ve *Avicennia officinalis* türlerinin bölgesel yayılımı (Farooqui ve ark., 2009).

Arya ve Lohara'nın (2019) çalışmasında, Hindistan'ın Rajasthan eyaletinin Jodhpur kentinde tuzdan etkilenen kurak topraklarda farklı toprak tepeciklerine *Suaeda nudiflora* ekilmiştir. Sonuçlar *Suaeda nudiflora*'nın kuru toprak tuz stresi koşullarına, 84 aylık bir sürede iyi uyum sağladığını göstermiştir. Toplam kuru biyokütle kullanılabilirliği 36 aylıkken maksimum 2.25 t/ha olarak kaydedilmiştir. Ancak kuru yaprak kütlesi maksimum 0.81 t/ha'dır. Seksen dördüncü ayda kuru biyokütle verimi maksimum 3.90 t/ha olarak kaydedilmiştir. Büyümesi toprak koşullarını iyileştirmiş ve tuza dayanıklı çimenlerin, *Sporobolus diander* ve *Chloris virga*'nın büyümesini teşvik etmiştir. Bu da *Suaeda nudiflora*'nın silvipastoral bir sistem olarak kurak kumlu topraklara yemlik tür olarak dahil edilme potansiyelini göstermiştir. Çift sırta ekim yönteminin, kayda değer hayatta kalma oranı, büyüme ve biyokütle verimi ile en iyi ekim uygulaması olduğu kanıtlanmıştır.

## **12. *Suaeda physophora***

*Suaedoideae* alt familyasına ait *Suaeda physophora*, tuzlu toprakların kolonizasyonu ve yerleşiminde öncü bir bitkidir ve bu nedenle tuzlu-alkali topraklarda bitki örtüsünün rehabilitasyonu ve kullanılmasında anahtar rol oynar. *Suaeda physophora*, büyük miktarlarda biyokütle ve yemlere

eklenebilecek tohumlar üreten bir yağlı tohum halofitidir. *Suaeda physophora* tohumu, yeni bir tahıl veya bitkisel yağ kaynağı olarak kabul edilmektedir (Wang ve ark., 2013). Ayrıca *Suaeda physophora* yem veya yem bitkisi olarak yüksek besin değerine sahiptir; bu nedenle önemli bir ekonomik değere ve ekolojik değere sahiptir ve tuzlu tarım için iyi bir seçimdir. Bununla birlikte, *Suaeda physophora*'nın tarla koşullarında büyümesi sıklıkla optimal değildir ve genellikle tuz, kuraklık, besin eksikliği vb. nedeniyle baskılanır (Zhang ve ark., 2015).

*Suaeda physophora*, yüksek oranda tuzlanmış topraklarda yetişen, yapraklı, etli bir öhalofitik çalıdır. *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* ve *Heracleum persicum*, geleneksel Çin tıbbı için değerli bir bitki olan parazit bitki *Cistanche* spp.'nin konakçılarıdır. Bu nedenle bu üç bitki, Sincan'daki çiftçiler tarafından *Cistanche* spp. üretmek amacıyla yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu arada, bu bitkilerin doğal meşcereleri ya yakıt için hasat yapılması ya da *Cistanche* spp.'nin kazılması nedeniyle tehdit altındadır (Song ve ark., 2006).

Li ve Xi-Ming (2007) tarafından sıcaklık ve tuzluluğun kuzeybatı Çin'deki iki halofit olan *Suaeda physophora* ve *Kalidium capsicum*'un çimlenmesi üzerindeki etkileri test edilmiş ve bunların tohum boyutu ve tohum üretimi karşılaştırılmıştır. *Suaeda physophora* tohumlarının 10°C'nin altında, hatta yaklaşık 0°C'de (10-30°C'lik geniş bir sıcaklık aralığında) çimlendiği bulunmuştur. *Suaeda physophora* 0.7 mol/L NaCl konsantrasyonuna kadar yuzlulukta yaklaşık %50 çimlenme göstermiştir. *Kalidium capsicum*'un optimum çimlenme sıcaklığı 20°C ile 30°C arasında ölçülmüştür ve 0.3 mol/L'den daha düşük NaCl konsantrasyonu çimlenmesini tamamen engellemiştir. *Kalidium capsicum* tohumları oda sıcaklığında canlılık kaybı göstermezken, *Suaeda physophora* tohumları oda sıcaklığında yıllık %75 canlılık kaybı göstermiştir. *Suaeda physophora* tohumlarının ortalama ağırlığı *Kalidium capsicum*'un yaklaşık 8.5 katı iken, *Kalidium capsicum*'un tohum sayısı *Suaeda physophora*'nın 20 katından fazla olmuştur. *Suaeda physophora*'nın çimlenme ve fide büyümesinin periyodik yağışa bağlı olduğu gözlenmiştir. *Kalidium capsicum*'un çimlenmesi öngörülemeyen yağmur ve su baskınından etkilenmiştir. Her iki türün de halofit olduğu ancak yaşam tarihinin erken evrelerinde farklı adaptasyon stratejileriyle başarılı bir şekilde yerleştikleri sonucuna varılmıştır.

### 13. Sonuç

Çalı Chenopod'ların dünya ölçeğinde kurak alanların topraklarında örtü bitkisi ve yem üretimi açısından önemli bir geçmişi vardır. Arazi rehabilitasyon programlarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Chenopod çalıları sıklıkla seyrek bir alt katmanla büyür, ancak çok sayıda başka bitkiyle birlikte tohumlandığında kalıcı olur ve iyi büyürler. Bu çalılar normal olarak hem hayvancılık hem de yaban hayatı için önemli olan bazı ana alanlarda veya bitkisel koşullarda bulunurlar. Bitkilerin yoğunluğu artırılabilir veya yem veya habitatı iyileştirmek için otsu bitkilerin bir kombinasyonu ile tohumlanabilir. Halofitlerin otlatma ve besin değerlerini etkileyen faktörler; bitki türleri, ekotipler, büyüme aşaması, kullanım mevsimi (ıslak mevsime karşı kurak mevsim), çevresel faktörler ve konumdur.

*Suaeda* spp., *Atriplex* spp., ve *Salsola* spp. gibi halofitik bitkiler genellikle çeşitli tuzlu bataklıklardaki en lezzetli kenopod çalılardır ve aşırı otlatma nedeniyle her zaman hızla yok olurlar. Bu tür bitkiler özellikle kuraklık mevsiminde yem rezervi olarak son derece değerlidir. *Suaeda* spp. halofitleri, proteinli tohum küspesi, yağlı daneler ve yeşil aksam yem dahil olmak üzere bir dizi ürünü üretebilme yeteneğindedirler.

*Suaeda* türleri yüksek kuraklığa toleranslı, tuzluluğa dayanıklı ve besin eksikliğine toleranslıdır. Seyrek görülen ekstrem sıcaklıklar, halofitlerin bir yerde yaygınlaştırılması projelerinde dikkate alınmalıdır. Farklı iklim ve toprak ortamlarındaki (tuzluluk, alkalilik, sodalılık) fenolojik gelişimleri konusunda çalışma eksikliği çoktur. *Suaeda* bitkileri dünyanın belirli bölgelerinde yenilebilir sebzeler olarak kullanılmaktadır. Cinsine ait yemlik türlerin fenolojik aşamaların yem kalitesi üzerindeki etkisi konusunda yoğun araştırmalara ihtiyaç vardır. Ağır metal veya aşırı tuz hiperakümülatörü olan türlerin hayvanların rasyonuna karışım olarak girmesi toksik yan etkileri ortadan kaldırılabılır.

## KAYNAKLAR

- Abarghani, A., Chaji, M., Mansori, H., Mamouei, M., Mirzadeh, K., & Roshanfekr, H. (2018). In situ rumen degradability of halophyte plants *Atriplex leuococlada*, *Suaeda fruticosa* and *Seidlitzia rosmarinus* individually or mixed in dromedary camels.
- Abdullah, M., Rafay, M., Hussain, T., Ahmad, H., Tahir, U., Rasheed, F., ... & Khalil, S. (2017). Nutritive potential and palatability preference of browse foliage by livestock in arid rangelands of Cholistan desert (Pakistan). *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(5).
- Abideen, Z., Qasim, M., Rizvi, R. F., Gul, B., Ansari, R., & Khan, M. A. (2015). Oilseed halophytes: a potential source of biodiesel using saline degraded lands. *Biofuels*, 6(5-6), 241-248.
- Akhani, H. (2006). Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran. In *Sabkha Ecosystems: Volume II: West and Central Asia* (pp. 71-88). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Al-Malki, M. A., Osman, H. E., & El-Morsy, M. H. (2021). Ecological and nutritional values of halophytes in the Al-Qunfudhah, Saudi Arabia. *Umm Al-Qura University Journal of Applied Sciences*, 7(1).
- Antisari, L. V., Bini, C., Ferronato, C., Gherardi, M., & Vianello, G. (2020). Translocation of potential toxic elements from soil to black cabbage (*Brassica oleracea* L.) growing in an abandoned mining district area of the Apuan Alps (Tuscany, Italy). *Environmental Geochemistry and Health*, 42, 2413-2423.
- Arya, R., & Lohara, R. R. (2019). Fodder production and soil ameliorative potentials of *Suaeda nudiflora* (Willd.) Moq. in arid salt land of Rajasthan. *Indian Journal of Agroforestry*, 21(1), 35-41.
- Ashraf, M. Y. (2007). Variation in nutritional composition and growth performance of some halophytic species grown under saline conditions. *African Journal of Range and Forage Science*, 24(1), 19-23.
- Ashraf, M. Y., Awan, A. R., & Mahmood, K. (2012). Rehabilitation of saline ecosystems through cultivation of salt tolerant plants. *Pak. J. Bot*, 44, 69-75.
- Attia-Ismail, S. A. (2015). Nutritional and feed value of halophytes and salt tolerant plants. *Halophytic and Salt Tolerant Feedstuffs: Impacts on Nutrition, Physiology and Reproduction of Livestock*. Taylor and Francis, 21.
- Attia-Ismail, S. A. (2020). Nutrient Feasibility of Halophytic Feed Plants. *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*, 1-17.



- Ayala Flores, G., Taquichiri Fernandez, L., & Nuñez Yupanqui, D. (2009). 'Recuperación de suelos salinos mediante el cultivo del Q'AWCHI'. pp. 1–36.
- Behr, J. H., Bouchereau, A., Berardocco, S., Seal, C. E., Flowers, T. J., & Zörb, C. (2017). Metabolic and physiological adjustment of *Suaeda maritima* to combined salinity and hypoxia. *Annals of Botany*, 119(6), 965-976.
- Belluco, E., Camuffo, M., Ferrari, S., Modenese, L., Silvestri, S., Marani, A., & Marani, M. (2006). Mapping salt-marsh vegetation by multispectral and hyperspectral remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 105(1), 54-67.
- Cao, C., Su, F., Song, F., Yan, H., & Pang, Q. (2022). Distribution and disturbance dynamics of habitats suitable for *Suaeda salsa*. *Ecological Indicators*, 140, 108984.
- Capriles Flores, J. (2011). The economic organization of early camelid pastoralism in the Andean highlands of Bolivia. Doctor of Philosophy. All Theses and Dissertations (ETDs). 557.
- Cheng, Y., He, X., Priyadarshani, S. V. G. N., Wang, Y., Ye, L., Shi, C., ... & Qin, Y. (2021). Assembly and comparative analysis of the complete mitochondrial genome of *Suaeda glauca*. *BMC Genomics*, 22, 1-15.
- Cybulska, I., Brudecki, G., Allassali, A., Allassali, M., & Brown, J. J. (2014). Phytochemical composition of some common coastal halophytes of the United Arab Emirates. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 1046-1056.
- Devi, S., Nandwal, A. S., Angrish, R., Arya, S. S., Kumar, N., & Sharma, S. K. (2016). Phytoremediation potential of some halophytic species for soil salinity. *International Journal of Phytoremediation*, 18(7), 693-696.
- El Ghazali, G. E. (2020). *Suaeda vermiculata* Forssk. ex JF Gmel.: structural characteristics and adaptations to salinity and drought: a review. *Int J Sci*, 9(02), 28-33.
- Esfahan, E. Z., Assareh, M. H., Jafari, M., Jafari, A. A., Javadi, S. A., & Karimi, G. (2010). Phenological effects on forage quality of two halophyte species *Atriplex leuoclada* and *Suaeda vermiculata* in four saline rangelands of Iran. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3/4 part 2), 999-1003.
- Farooqui, A., Srivastava, J., & Hussain, S. M. (2009). Comparative leaf epidermal morphology and foliar Na: K accumulation in *Suaeda* species: A case study from coastal ecosystem, India. *Phytomorphology*, 59(3), 102-111.
- Friess, D. A., Krauss, K. W., Horstman, E. M., Balke, T., Bouma, T. J., Galli, D., & Webb, E. L. (2012). Are all intertidal wetlands naturally created

- equal? Bottlenecks, thresholds and knowledge gaps to mangrove and saltmarsh ecosystems. *Biological Reviews*, 87(2), 346-366.
- Froidmont, C. (2018). Contribution to the identification of solution for the remediation of salt-affected soils of the high valley of Cochabamba in Bolivia: use of Gypsum, Sulphur and *Suaeda foliosa*.
- Fu, G., Qi, Y., Li, J., Zhao, C., He, J., Ma, Y., & Zhu, J. (2021). Spatial distributions of nitrogen and phosphorus in surface sediments in intertidal flats of the Yellow River Delta, China. *Water*, 13(20), 2899.
- Hameed, A., Gul, B., & Khan, M. A. (2016). Exogenous chemical treatments have differential effects in improving salinity tolerance of halophytes. In *Halophytes for Food Security in Dry Lands* (pp. 213-229). Academic Press.
- Hessini, K., Jeddi, K., Shaer, H. E., Smaoui, A., Salem, H. B., & Siddique, K. H. (2020). Potential of herbaceous vegetation as animal feed in semi-arid Mediterranean saline environments: The case for Tunisia. *Agronomy Journal*, 112(4), 2445-2455.
- Ho, M. W., & Cummins, J. (2009). Saline agriculture to feed and fuel the world. *Navigation*, 1(2), 3.
- Ishnava, K., Ramarao, V., Mohan, J. S. S., & Kothari, I. L. (2011). Ecologically important and life supporting plants of little Rann of Kachchh, Gujarat. *J Ecol Nat Environ*, 3(2), 33-38.
- Joseph, D., Chakraborty, K., Subin, C. S., & Vijayan, K. K. (2013). Halophytes of *Chenopodiaceae* and *Aizoaceae* from south-east coast of India as potential sources of essential nutrients and antioxidants. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(5), 97-107.
- Kubiak-Martens, L., Brinkkemper, O., & Oudemans, T. F. (2015). What's for dinner? Processed food in the coastal area of the northern Netherlands in the Late Neolithic. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24, 47-62.
- Kumar, A., Kumar, A., Lata, C., & Kumar, S. (2016). Eco-physiological responses of *Aeluropus lagopoides* (grass halophyte) and *Suaeda nudiflora* (non-grass halophyte) under individual and interactive sodic and salt stress. *South African Journal of Botany*, 105, 36-44.
- Labidi, N., Ammari, M., Mssedi, D., Benzerti, M., Snoussi, S., & Abdelly, C. (2010). Salt excretion in *Suaeda fruticosa*. *Acta Biologica Hungarica*, 61(3), 299-312.
- Li, H., Wang, H., Wen, W., & Yang, G. (2020). The antioxidant system in *Suaeda salsa* under salt stress. *Plant Signaling & Behavior*, 15(7), 1771939.

- Li, J. D., & Yang, Y. F. (2004). Combinatorial structures of plant species in saline communities in the Songnen Plains of China. *Acta Prataculturae Sinica*, Vol 13:1, 32-38.
- Li, L., & XiMing, Z. (2007). Germination strategies of two halophytes in Salt Desert of northwestern China. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 50(Suppl 1), 115-121.
- Liang, J., & Shi, W. (2021). Cotton/halophytes intercropping decreases salt accumulation and improves soil physicochemical properties and crop productivity in saline-alkali soils under mulched drip irrigation: A three-year field experiment. *Field Crops Research*, 262, 108027.
- Melioration, R. (2004). Halophytes of natural flora and their use for breeding and phytomelioration of degraded pasture ecosystems. *Combating Desertification Traditional Knowledge and Modern Technology for The Sustainable Management of Dryland Ecosystems. Proceedings of The International Workshop Elista, Republic of Kalmykia, Russian Federation. 23-27 June*, pp:149-154.
- Meychik, N. R., Nikolaeva, Y. I., & Yermakov, I. P. (2013). Physiological response of halophyte (*Suaeda altissima* (L.) Pall.) and glycophyte (*Spinacia oleracea* L.) to salinity.
- Mohammed, H. A. (2020). The valuable impacts of halophytic genus *Suaeda*; nutritional, chemical, and biological values. *Medicinal Chemistry*, 16(8), 1044-1057.
- Mohammed, H. A., Al-Omar, M. S., El-Readi, M. Z., Alhowail, A. H., Aldubayan, M. A., & Abdellatif, A. A. (2019). Formulation of ethyl cellulose microparticles incorporated pheophytin a isolated from *suaeda vermiculata* for antioxidant and cytotoxic activities. *Molecules*, 24(8), 1501.
- Mori, S., Suzuki, K., Oda, R., Higuchi, K., Maeda, Y., Yoshiba, M., & Tadano, T. (2011). Characteristics of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> absorption in *Suaeda salsa* (L.) Pall. *Soil Science and Plant Nutrition*, 57(3), 377-386.
- Nedelyaeva, O. I., Popova, L. G., Khramov, D. E., Volkov, V. S., & Balnokin, Y. V. (2023). Chloride channel family in the euhalophyte *Suaeda altissima* (L.) Pall: Cloning of novel members SaCLCa<sub>2</sub> and SaCLCc<sub>2</sub>, general characterization of the family. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 941.
- Nedjimi, B. (2018). Measurement of selenium in two Algerian chenopods (*Atriplex canescens* (Pursh.) Nutt. and *Suaeda fruticosa* (Linn.) Forssk). *Measurement*, 129, 256-259.

- Olukoye, G. A., & Kinyamario, J. I. (2009). Community participation in the rehabilitation of a sand dune environment in Kenya. *Land degradation & development*, 20(4), 397-409.
- Oueslati, S., Ksour, R., Falleh, H., Pichette, A., Abdelly, C., & Legault, J. (2012). Phenolic content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of the edible halophyte *Suaeda fruticosa* Forssk. *Food Chemistry*, 132(2), 943-947.
- Patra, J. K., Dhal, N. K., & Thatoi, H. N. (2011). In vitro bioactivity and phytochemical screening of *Suaeda maritima* (Dumort): A mangrove associate from Bhitarkanika, India. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(9), 727-734.
- Panta, S., Flowers, T., Lane, P., Doyle, R., Haros, G., & Shabala, S. (2014). Halophyte agriculture: Success stories. *Environmental and Experimental Botany*, 107, 71-83.
- Pla Sentís, I. (2021). Overview of salt-affected areas in Latin America: physical, social and economic perspectives. *Saline and alkaline soils in Latin America: Natural resources, management and productive alternatives*, 3-36.
- Rajathi, F. A. A., Arumugam, R., Saravanan, S., & Anantharaman, P. (2014). Phytofabrication of gold nanoparticles assisted by leaves of *Suaeda monoica* and its free radical scavenging property. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 135, 75-80.
- Ravikumar, S., Gnanadesigan, M., Seshserebiah, J., & Jacob Inbaneson, S. (2010). Hepatoprotective effect of an Indian salt marsh herb *Suaeda monoica* Forsk. Ex. Gmel against concanavalin-A induced toxicity in rats. *Life Sci Med Res*, 2, 1-9.
- Riasi, A., Mesgaran, M. D., Stern, M. D., & Moreno, M. R. (2008). Chemical composition, in situ ruminal degradability and post-ruminal disappearance of dry matter and crude protein from the halophytic plants *Kochia scoparia*, *Atriplex dimorphostegia*, *Suaeda arcuata* and *Gamanthus gamacarpus*. *Animal Feed Science and Technology*, 141(3-4), 209-219.
- Salem, H. B., Nefzaoui, A., & Salem, L. B. (2004). Spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) as alternative supplements for growing Barbarine lambs given straw-based diets. *Small Ruminant Research*, 51(1), 65-73.
- Sanchez, A. S., Nogueira, I. B. R., & Kalid, R. A. (2015). Uses of the reject brine from inland desalination for fish farming, Spirulina cultivation, and irrigation of forage shrub and crops. *Desalination*, 364, 96-107.

- Shang, C., Wang, L., Tian, C., & Song, J. (2020). Heavy metal tolerance and potential for remediation of heavy metal-contaminated saline soils for the euhalophyte *Suaeda salsa*. *Plant Signaling & Behavior*, 15(11), 1805902.
- Song, J., Feng, G., Tian, C. Y., & Zhang, F. S. (2006). Osmotic adjustment traits of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* in field or controlled conditions. *Plant Science*, 170(1), 113-119.
- Sudjaroen, Y. (2015). Evaluation for nutritive values and antioxidant activities of dried seablite (*Suaeda maritima*). *Scientific Research and Essays*, 10(9), 306-312.
- Sun, H. X., & Zhou, D. W. (2010). Effect of dietary supplement of seed of a halophyte (*Suaeda glauca*) on feed and water intake, diet digestibility, animal performance and serum biochemistry in lambs. *Livestock Science*, 128(1-3), 133-139.
- Sun, H. X., Zhou, D. W., Zhao, C. S., Wang, M. L., Zhong, R. Z., & Liu, H. W. (2012). Evaluation of yield and chemical composition of a halophyte (*Suaeda glauca*) and its feeding value for lambs. *Grass and Forage Science*, 67(2), 153-161.
- Todorovic, M., Zlatić, N., Bojović, B., & Kanjevac, M. (2023). Biological properties of selected *Amaranthaceae* halophytic species: A review. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 58, e21229.
- Tsydendambaev, V. D., Ivanova, T. V., Khalilova, L. A., Kurkova, E. B., Myasoedov, N. A., & Balnokin, Y. V. (2013). Fatty acid composition of lipids in vegetative organs of the halophyte *Suaeda altissima* under different levels of salinity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 60, 661-671.
- Vizetto-Duarte, C., Figueiredo, F., Rodrigues, M. J., Polo, C., Rešek, E., & Custódio, L. (2019). Sustainable valorization of halophytes from the Mediterranean area: A comprehensive evaluation of their fatty acid profile and implications for human and animal nutrition. *Sustainability*, 11(8), 2197.
- Wang, L., Seki, K., Miyazaki, T., & Ishihama, Y. (2009). The causes of soil alkalization in the Songnen Plain of Northeast China. *Paddy and Water Environment*, 7, 259-270.
- Wang, L., Zhao, Z. Y., Zhang, K., & Tian, C. Y. (2013). Reclamation and utilization of saline soils in arid northwestern China: A promising halophyte drip-irrigation system. *Environmental Science & Technology*, 47, 5518-5519.

- Wang, N., Zhao, Z., Zhang, X., Liu, S., Zhang, K., & Hu, M. (2023). Plant growth, salt removal capacity, and forage nutritive value of the annual euhalophyte *Suaeda salsa* irrigated with saline water. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1040520.
- Wang, X., Shao, X., Zhang, W., Sun, T., Ding, Y., Lin, Z., & Li, Y. (2022). Genus *Suaeda*: Advances in phytology, chemistry, pharmacology and clinical application (1895-2021). *Pharmacological Research*, 179, 106203.
- Wu, H., Liu, X., You, L., Zhang, L., Zhou, D., Feng, J., ... & Yu, J. (2012). Effects of salinity on metabolic profiles, gene expressions, and antioxidant enzymes in halophyte *Suaeda salsa*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 332-341.
- Zerai, D. B., Glenn, E. P., Chatervedi, R., Lu, Z., Mamood, A. N., Nelson, S. G., & Ray, D. T. (2010). Potential for the improvement of *Salicornia bigelovii* through selective breeding. *Ecological Engineering*, 36(5), 730-739.
- Zhang, F. H., Li, F. M., Cui, S. S., Niu, C. L., Chen, H., & Bao, X. W. (2018). Effect of feeding *Suaeda salsa* on slaughter performance of altay sheep. *China Feed*, 19, 70-73.
- Zhang, T., Shi, N., Bai, D., Chen, Y., & Feng, G. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungi promote the growth of *Ceratocarpus arenarius* (*Chenopodiaceae*) with no enhancement of phosphorus nutrition. *Plos One* 7(9):e41151.
- Zhang, T., Song, J., Fan, J., & Feng, G. (2015). Effects of saline-waterlogging and dryness/moist alternations on seed germination of halophyte and xerophyte. *Plant Species Biology*, 30(3), 231-236.
- Zhao, Y., Yang, Y., Song, Y., Li, Q., & Song, J. (2018). Analysis of storage compounds and inorganic ions in dimorphic seeds of euhalophyte *Suaeda salsa*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130, 511-516.



## BÖLÜM 10

### *Salsola spp.*

(Alt familya: *Salsoloideae*; Familya: *Amaranthaceae*)

Öğr. Gör. Dr. Feyza DÖNDÜ BİLGİN<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583046>

---

<sup>1</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Aydın

**E-Mail:** feyzabilgin@adu.edu.tr

Orcid ID: 0000-0002-7435-4130





## 1. Giriş

Asya'nın Akdeniz'e komşu kesiminde 20'den fazla taksonomik bitki cinsi hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bunların başlıca *Salsola*, *Aellenia*, *Aeluropus*, *Halocnemum*, *Haloxylon*, *Sarcocornia* ve *Suaeda* gibi taksonlardır (Öztürk ve ark., 2019). Tuzlu habitatlarda ve aşırı iklim koşullarında yetişebilen halofitler arasında, gelecek vaat eden bir hayvan yemi kaynağı olarak *Salsola* cinsinin türleri de yer almaktadır. Bu cinsin türleri büyük önem taşımakta olup, dünyanın farklı bölgelerindeki yarı kurak ve kurak bölgelerde hayvan yemi olarak kullanılabilir (Altay ve Öztürk, 2020).

*Salsola* cinsi, 130 türük popülasyonu ile *Salsoloideae* alt familyasının en kalabalık cinsidir. Bu cinsin diğer cinslere üstünlüğü tohum üretiminin ve yem veriminin yüksek olmasıdır. Yüksek sıcaklıklar ve uzun süreli kuraklıklar gibi şiddetli iklim koşullarına toleransı da, bu türün yarı kurak ve kurak ortamlardaki önemini artırmaktadır. *Salsola stricta*, *Salsola laricina*, *Salsola imbricata*, *Salsola richteri* gibi bir çok tür kurak ve yarı kurak bölgelerde hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bu cinsin türlerinin besin değerinin iyi olması (%10'dan fazla protein içeriği) ve nispeten yüksek yem üretim seviyeleri (150 ila 700 kg/ha) bu türleri bozkır ve çöl meraları için önemli kılmaktadır (Zarekia ve Abolghasemi, 2020).

*Salsoloideae* alt familyasındaki (*Amaranthaceae* familyası) çoğu tür, Kranz hücreleri ve mezofil hücrelerinden oluşan sürekli bir ikili klorenkima tabakası, çevreleyen su deposu ve damar dokusu ile karakterize edilen, *Salsoloid* Kranz anatomisine sahip yaprakları olan C4 bitkileridir (Voznesenskaya ve ark., 2013). *Salsola* cinsinin taksonomisi ve tür sayısı konusundaki literatür tutarsızdır ve taksonomisine ilişkin tartışmalar devam etmektedir. *Salsola* türleri, kaynak bakımından fakir ekolojik sistemlerde ve bozulmuş topraklara sahip alanlarda hızlı bir şekilde yerleşme yeteneği gelişmiş olduğundan, kendi doğal yayılış alanlarının dışındaki habitatlarda da yayılabilmektedir. Örneğin, bireysel *Salsola* bitkileri, 3 yıla kadar yaşayabilen 100.000 ila 200.000 tohum üretebilir. Çimlenmek için çok az toprak nemine (%9 kadar düşük) ihtiyaç duyarlar ve toprak yüzeyinin 7.5 cm altına kadar olan derinliklerden çimlenip yüzeye çıkabilirler (Rao ve ark., 2022).

*Salsola* türleri, onları deniz kıyıları boyunca yarı kurak ve kuru ortamlarda potansiyel bir yem türü haline getiren çeşitli özelliklere sahiptir. Bu özellikler arasında bol tohum üretimi ve yüksek sıcaklık ve uzun süreli kuraklık

koşulları da dahil olmak üzere aşırı iklim koşullarına dayanıklılık yer alır. Bu bitkiler tipik olarak düz, genellikle kuru ve/veya hafif tuzlu topraklarda yetişir fakat bazı türleri tuzlu bataklıklarda gelişir (El-Naggar ve ark., 2022). Cins, yıllık yarı bodur ila bodur çalılar ve odunsu ağaçları içerir. Cins adı Latince "tuzlu" anlamına gelen "salsus" kelimesinden türemiştir. Orta Asya, Orta Doğu, Afrika ve Avrupa'nın kurak ve yarı kurak bölgelerinde yaygın olarak bulunan 64'ün üzerinde türü rapor edilmiştir (Toderich ve ark., 2012). *Salsola* türlerinin kuru topraklarda yetişmesi kolay olup, pH dalgalanmalarına ve sert hava koşullarına dayanıklıdır (Murshid ve ark., 2022). Bu cinsin tipik özelliği, meyvede periant segmentlerinin eksen dışı kanatlı olmasıdır. Bu cinsin birçok bitkisi toprak muhafaza ve su tasarrufu üzerinde iyi etkilere sahiptir, rüzgar ve kumun hareketini azaltırlar (Chen ve ark., 2022).



Şekil 1. *Salsola Richteri* doğal habitatında (Glushchenko ve ark., 2018).

*Salsola*, tuzlu ve hipersalin su ile yem üretme potansiyeline sahiptir. Güneybatı Asya, Kuzey Afrika ve Avrupa'da yerli; Amerika ve Avustralya'da ise sonradan tanıtılmış olarak dünyanın tüm tuzlu ve kurak topraklarında yaygın olan bir cinstir (Akhani ve ark., 2007). *Salsola* türleri, tuzlu meraların ıslahında önemli bir role sahiptir (Masters ve ark., 2007). Birçok *Salsola* türünün önemli miktarda olatmaya uygun kaba yem ürettiği bilinmektedir (Temel ve ark.,

2015). *Salsola* türlerinin yem kalitesi ise büyük farklılıklar göstermektedir (Zare ve ark., 2019). Yüksek yem üretimine sahip odunsu türlere sahiptir (Bakhshi ve Maroof, 2006). Hayvancılık performansı, yemin sindirilebilir ve metabolize edilebilir besin maddelerinin emilimine bağlıdır. Yemin sindirilebilirliğindeki en büyük düşüş, bitki büyümesinin generatif aşamasındadır. Yaprak/gövde oranı yem kalitesini önemli ölçüde etkileyen faktörlerden biridir. Bitkinin kademeli büyümesiyle birlikte yaprak/gövde oranı değişir (Abtahi ve ark., 2017). Temel ve Keskin (2019), *Salsola* türlerinde kaliteli kaba yemin geç büyüme aşamalarında bitkinin odunsulaşması nedeniyle, erken büyüme döneminde yumuşak-etli sürgün ve yaprakların oluştuğu aşamadan elde edildiğini bildirmişlerdir.

## 2. *Salsola arbuscula*

*Salsola arbuscula* kurak çöl bölgelerinde yetişen odunsu bir bitkidir. Küçük ve etli yaprakları vardır (Su, 2010). Çoğunlukla kurak-yarı kurak ve/veya tuzlu habitatların karakteristiği olan *Amaranthaceae* familyasının *Salsola arbuscula* türü, hayvan otlatmada ve ayrıca tuzlu ve kuru otlakların ıslahında büyük öneme sahiptir. Çöl ortamlarının flora ve bitki örtüsünün önemli bir bileşenini oluşturur (Amini ve ark., 2017).

Abtahi ve Zandi Esfahan (2017), *Salsola arbuscula*'nın yem kalitesini üç büyüme döneminde (vejetatif, çiçeklenme ve tohum bağlama) incelemişlerdir. 10 örneğin dallarından rastgele üç tekrarlamalı örnek almış, kurutmuş ve öğütmüşlerdir. Vejetatif büyüme dönemi Mart ortasından Mayıs ortasına kadar, çiçeklenme dönemi Mayıs ortasından Haziran sonuna kadar sürmüş ve tohum bağlama dönemi Temmuz başından itibaren başlamıştır. Sonuçlar *Salsola arbuscula*'nın yem kalitesinin fenolojik aşamalardan etkilendiğini göstermiştir. En yüksek HP (ham protein) ve WSC (suda çözünür karbohidrat) yüzdesi vejetatif aşamada, HF (ham fiber) ve NDF çiçeklenme aşamasında ve DMD, kül ve ME tohum bağlama aşamasında ölçülmüştür. HP ve WSC yüzdesinin yüksek olması nedeniyle *Salsola arbuscula*'nın yem kullanımı için en iyi zamanın vejetatif dönem olduğu belirlenmiştir.

*Salsola arbuscula* Pakistan'da yetişen bir türdür. Pakistan'da beş ana mera grubu bulunmaktadır. Alt Alp ılıman bölgesi, Alt tropik nemli bölge, Alt tropikal alt nemli bölge, Kurak ve yarı kurak çöl ovaları ve Akdeniz bölgesi. Belucistan, diğer eyaletlere göre en az nüfusa sahip olan en büyük eyalettir (toplam coğrafi alanın %44'ü) ve burada hayvancılık insanların ana faaliyetidir.

Göçebe, yaylacılık ve yerleşik olmak üzere üç ana hayvancılık üretimi veya otlatma sistemi mevcuttur. Koyun ve develer ilin başlıca hayvan türleri olup, bu hayvanlar yem ihtiyaçlarını meralardan karşılamaktadır. Belucistan'daki meraların bozulması, göçebe hayvancılık üretimini, doğal eko sistemi ve çevreyi etkileyen önemli bir sorundur. Mera bitki türleri otlayan hayvan türlerine yem kaynağı görevi gören ağaç, çalı, ot ve otlardan oluşmaktadır (Ahmad ve ark., 2012). Sasoli ve ark. (2022), Pakistan'ın Belucistan, Kharan bölgesinde iki alt bölgesinde küçük ve büyükbaş hayvanlar tarafından otlatılan on üç farklı mera bitki türünün (*Salsola Arbuscula*, *Koelpinia Linearis*, *Euphorbia Falcata*, *Tribulus Pentandrus*, *Launaea Glomerata*, *Cardaria draba*, *Rostraria cristate*, *Cenchrus Ciliaris*, *Isatis Stocksii*, *Melva Neglecta*, *Atriplex Dimorposregium*, *Polypogon monspeliensis* ve *Tamarix Articulata*) kuru madde yüzdesi olarak HP içeriklerini *Salsola arbuscula*'da maksimum ( $30.6\pm 5.2$ ), *Melva neglecta*'da minimum ( $10.2\pm 3.2$ ) ölçmüşlerdir. Maksimum EE içeriği (%) *Koelpinia linearis*'te ( $3.9\pm 1.1$ ) bulunurken, *Melva neglecta* en az ( $1.5\pm 0.3$ ) EE içeriğini göstermiştir. NDF ve ADF içerikleri *Salsola arbuscula*'da en yüksek (sırasıyla  $59.3\pm 3.3$  ve  $42.2\pm 6.1$ ) bulunmuştur. Maksimum OM içeriği *Cardaria draba* ( $98.2\pm 3.0$ ) ve *Atriplex dimorposregium*'da ( $97.38\pm 1.61$ ) kaydedilmiştir.

Tuzlu ve alkali topraklar İran topraklarının 200 bin km<sup>2</sup>'sini kaplamaktadır. *Salsola arbuscula*, çöllerin kışlık meralarında yayılış gösteren, kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklı, çok yıllık bir bitki türüdür. *Astragalus squarrosus* ile birlikte İran'ın orta bölgesinde yer alan Kaşan çöl bölgesinde *Salsola arbuscula* bir bitki örtüsü tipi oluşturmaktadır (Abtahi ve Zandi Esfahan, 2017). Towhidi ve Zhandi (2007), Semnan ilinin İran çölünde develer tarafından en çok yenen bitkileri seçerek bitkilerin kimyasal bileşimini ve bunların develer tarafından sindirilebilirliğini ve lezzetini incelediği bir çalışma yürütmüşlerdir. Sonuçlar, yararlılık sırasının en yararlıdan başlayarak şu şekilde olduğunu göstermiştir: *Salsola arbuscula*, *Seidlitzia rosmarinus*, *Suaeda fruticosa*, *Alhagi camelorum*, *Haloxylon ammodendron*, *Halostachys* spp., *Tamarix tetragyna*, *Tamarix stricta* ve *Hammada salicornica*. Kuru maddedeki organik madde sindirilebilirliği ile kimyasal bileşim arasında herhangi bir korelasyon tespit etmemişlerdir.

*Salsola* spp. türlerinin, Toygiller (*Otidæ*) familyasına ait bir kuş türü olan Houbara Toyu'nun (*Chlamydotis macqueeni*) önemli bir yemi olduğu pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Houbara Toyu, ihtiyaç duyduğu suyu

*Salsola arbuscula*'nın etli yapraklarını tüketerek elde edebilmektedir. Houbara Toyu'nun Mori'deki (Sincan, Çin) *Salsola arbuscula* yapraklarından yemlendiği tespit edilmiştir (Yang ve ark., 2003).

### 3. *Salsola tomentosa*

*Salsola tomentosa*, 279 dS/m toprak tuzluluğunda hayatta kalabilen bir halofittir (Kafi ve Salehi, 2019). Kurak koşullara iyi adapte olmuş kalıcı bir bitkidir. Sürgünlerde çok sayıda kıl bulunması nedeniyle bu tür ilkbahar, yaz ve sonbaharda otlatılmaz. Bu nedenle kurak bölgelerin merhalelerinde bol miktarda görülür. Bunun önemi, kurak bölgelerde bitkisel büyümenin zayıf olduğu kış aylarında, tohum ve ince dalların hayvanlar tarafından otlatılabilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle çiftçiler için büyük değer taşımaktadır (Rahimi ve Ahmadnejad, 2008).

Zare ve ark. (2019), İran'ın Yezd ilindeki Ardakan'daki tuzlu meraların en önemli türü olan *Salsola tomentosa* ve *Salsola yazdiana*'nın yem kalitesini karşılaştırmışlardır. Bu iki tür keçi ve develer tarafından otlatılmaktadır. Her iki türün yenilebilir biyokütlesi 2015-2016 yılları arasında üç fenolojik aşamada araştırmacılarca örneklenmiştir. Hem *Salsola yazdiana* hem de *Salsola tomentosa* için DMD (72.83 ve 63.91, sırasıyla), HP (11.18 ve 10.12, sırasıyla) ve ME (7.7 ve 7.44, sırasıyla) gibi göstergelere dayanan yem kalitesi vejetatif dönemde en yüksek değerlere sahip olmuştur. Her iki türde de büyüme evrelerinin ilerlemesiyle bu indekslerin düştüğü görülmüştür. Karşılaştırıldığında, *Salsola tomentosa*'nın yem kalitesi *Salsola yazdiana*'dan daha yüksek bulunmuştur. Bu meralarda keçi ve deve otlatma mevsimi sonbahar ve kış ayları olmasına rağmen, bu hayvanların otlatılması için uygun zaman vejetatif dönemde kış sonu ve ilkbahar başıdır. Bu nedenle bu türlerden keçi ve develerin otlatma süreleri dikkate alınarak ilave besleme yapılması gerekmektedir.

*Salsola tomentosa*, İran ceylanının (Kursaklı Ceylan, Guatrlı ceylan) (*Gazella subgutturosa*) da başlıca besin tercihleri arasındadır (Dehghani ve Parvaneh, 2010).

Abdollahi ve ark. (2014), Yezd ilinin (İran) Garize bölgesinde step bölgesinde baskın bitki türlerinin veriminin meteorolojik değişkenlere verdiği reaksiyonları dokuz yıl boyunca incelemişlerdir. Bu amaçla 7 dominant tür seçip her yıl 60 parselde (2 m<sup>2</sup>) dört kalıcı hat boyunca çift örnekleme

yöntemiyle gelişimlerini izlemişlerdir. Meteorolojik veriler hemen yakındaki klimatoloji istasyonundan toplanmıştır. *Artemisia sieberi*, *Aellenia subaphylla* ve *Salsola arbuscula*'nın toplam yıllık verimi ve yıllık verimleri Aralık-Mart döneminde yağışlardan etkilenmiştir. *Salsola tomentosa*, *Salsola regida* ve *Noaea mucronata*'nın verimleri yalnızca Aralık-Ocak aylarındaki yağışlardan değil, aynı zamanda Mayıs ayındaki yüksek sıcaklığın değişkenliğinden de etkilenmiştir. *Lactuca orientalis* türünün verimi Nisan ayındaki yağış ve yüksek sıcaklıktan etkilenmiştir.

#### 4. *Salsola turcomanica*

*Salsola turcomanica* ile birlikte, *Plantago coronopus*, *Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum* ve *Frankenia hirsuta* birlikte İran'ın kuzey kesimindeki Türkmen Sahra'da nispeten lezzetli halofit türlerdir. *Salsola turcomanica* nispeten yüksek protein içeriğine ve kuru madde sindirilebilirliğine sahiptir. Yerel hayvancıların beyanına göre bu tür, sonbahar sonlarında keçi ve develere yem ve tuz temininde önemli bir role sahiptir (Arrekhi ve ark., 2021).

Arrekhi ve ark. (2022) tarla koşullarında ("saf arpa", "arpa+*Salsola turcomanica*", "arpa+*Salsola turcomanica*+*Chrysopogon zizanioides*"in üç uygulamasını test etmişlerdir. Her yıl arpa ve *Salsola turcomanica* ekimi yapılmıştır (200 kg/ha arpa ve 15 kg/ha *Salsola turcomanica*). Arpa ve *Salsola turcomanica* olgunluk aşamasında hasat edilmiş, yem üretimi açısından yüksek bir potansiyel göstermiş ve yüksek kül içeriği sergilemiştir. *Salsola turcomanica*'nın tohum olgunlaşma dönemindeki kül içeriği %35.6 olmuştur. Ardışık iki arazi denemesinde test yapılan iki çalışmada birinci yıl yaz dönemi yem üretiminin 0.89-2.62 ton/ha, ikinci yıl dönemi yem üretiminin ise 0.38-0.95 ton/ha olduğu tespit edilmiştir. Bu verim dikkate alındığında, yaklaşık 0.32-0.93 ton/ha ve 0.14-0.34 ton/ha tuzun uzaklaştırıldığı hesaplanmıştır. Ayrıca *Salsola turcomanica* ekimi sayesinde yaz aylarında rüzgar erozyonunun azaldığı tespit edilmiştir. Karışık ekimde arpa veriminin düştüğü kurak yıllarda *Salsola turcomanica* yem üretiminde öne çıkabilir. *Salsola turcomanica*'nın çimlenmesi, arpanın çimlenmesinden en az bir ay sonra gerçekleşmiş ve çok yavaş büyümüştür. Mayıs ayının sonundaki arpa hasadında *Salsola turcomanica*'nın boyu ve kök derinliği birkaç santimetreyi geçmemiştir. Arpa için etkili kök bölgesinin ~50 cm olduğu tahmin edilmektedir, bu nedenle *Salsola turcomanica*'nın genç fideleri, arpanın büyüme döneminde su ve besin maddeleri açısından arpa ile rekabet etmez. Arpa ve *Salsola turcomanica*'nın

karışık ekimi, hayvanları beslemek için yem kısıtı yaşayan İran'ın Golestan eyaletindeki yarı kurak ekilebilir arazilerde daha fazla yem üretmek amacıyla uygulanabilir ve ucuz bir yaklaşım olarak tespit edilmiştir. Bu yeni mahsul sistemi, bölge koşullarında ana mahsul olan arpanın nihai verimini etkilememe yeteneğindedir.

### 5. *Salsola soda*

*Salsola soda*, Adriyatik denizi kıyısı boyunca çakıllı ve kumlu habitatlarda yaygın olan tekyıllık yabancı bir halofittir. Bu bitkinin tam ışığa maruz kalması gerekir. Aşırı sıcaklığın bir göstergesidir ve yüksek tuzluluk habitatında gelişir. Yaygın olduğu habitatta nesli tükenme tehlikesi altındadır. Bir insan gıdası da olan *Salsola soda*, düşük kalorili içeriğe sahiptir ve gerekli vitaminlerin kaynağıdır. Yaprığın yeşil rengi, önemli miktarda A ve K vitamini içerdiğini, ekşi tadı ise C vitamini açısından zengin olduğunu göstermektedir. Besleyici bir bitki olarak Avrupa'da, çoğunlukla İtalya, İngiltere, Yunanistan'da ve hatta Hırvatistan'ın Adriyatik kıyısındaki Akdeniz kısmında tarımı yapılmaktadır (Kovac ve Vitasovic Koscic, 2019).

Halofitlerin yem olarak kullanılmasının aksine, Akdeniz havzasının kıyı bölgelerindeki tuzlu topraklara özgü halofitik bitki *Salsola soda* (yerel adıyla 'agretti'), İtalya'nın birçok yerinde yaygın olarak tüketilmektedir (Minuto ve ark., 2011). Yabancı *Salsola soda*, Güney Avrupa'da, özellikle kıyıya yakın marjinal bölgelerde yaygın olan, dik, tüysüz bir çalıdır (Pignatti, 2017). Bitki tomurcukları yenilebilir ve İtalya'da bahar aylarında genellikle kültürü yapılarak üretilir. Geçmişte bitki aynı zamanda sodyum karbonat kaynağı olarak da kullanılmış ve bu bitkiye "soda" adı verilmiştir. Bitki sebze olarak yetiştirilmektedir ve halk hekimliğinde hipertansiyon, kabızlık ve inflamasyon tedavisi amacıyla kullanılmıştır (Tundis ve ark., 2009; Iannuzzi ve ark., 2020). *Salsola soda* filizleri hayvan yemi olarak da kıymetlidir ve tarımı yetiştiricilerin gelirlerini artırıcıdır (Colla ve ark., 2006). *Salsola soda*'ya İran'da Hamedan'daki Rud Shour, Gomishan ve Agh Gol'de doğada rastlanır (Akhani ve ark., 2007). Deniz suyuyla sulanabilmektedir (Centofanti ve Banuelos, 2015).

### 6. *Salsola arbusculiformis*

*Salsola arbusculiformis*, yaprak anatomisi, fizyolojisi ve biyokimyasının özelliklerine göre C3-C4 ara tür olarak sınıflandırılmaktadır (Voznesenskaya



ve ark., 2001). *Salsola arbusculiformis*, toprak erozyonunu önlemek için kullanılan en önemli bitkilerden biri olup İran meralarında koyun ve keçiler için iyi bir yem kaynağıdır. Ancak türün tohum çimlenmesinin düşük olduğu görülmektedir. Gibberellik asit, potasyum nitrat ve tiyoüre tohum çimlenmesini artırmaz. *Salsola arbusculiformis*'in tohum dinlenmesini kırmak için kullanılan yöntemler arasında en etkili uygulamaların 150 gün süreyle ön soğutma ve zımpara kağıdı ile elle mekanik kazıma olduğu sonucuna varılmıştır (Asaadi ve ark., 2015).

Rakhimova ve Rakhimova (2022) tarafından, Karakalpakia'daki (Özbekistan) Üstyurt platosu arazisinde tipik iki tür olan *Salsola arbusculiformis* ve *Anabasis salsa* çalılılarıyla kaplı otlaklar bildirilmiştir. *Salsola arbusculiformis* içeren bitki topluluklarının yayılım alanı, tür kompozisyonu ve yem verimlerine ilişkin doğa araştırma sonuçlarına göre bu otlaklar, Karakalpakya'daki Üstyurt platosu boyunca geniş bir alana yayılmış olup, kuzey ve doğu bölgelerinin yarısını (1.3 milyon ha) kaplar ve tipik olarak çakıllı-tınlı, acı-çatlaklı, çakıllı kil, tınlı ve alçılı topraklar üzerinde bulunur. Bu otlaklar dört farklı bitki örtüsü komününden oluşur. Farklı komünlerin içerdiği türler şunlardır: *Salsola arbusculiformis*, *Artemisia terrae-albae*, *Atraphaxis spinosa*, *Convolvulus fruticosus*, *Rheum tataricum*, *Stipa richteriana*, *Zaisan saxual*, *Haloxylon ammodendron*, *Anabasis brachiata* ve *Anabasis salsa*. 2021 yılında bir yıl süren gözlemlerde, baskın türlerde (*Salsola arbusculiformis* ve *Artemisia terrae-albae*) su kıtlığı nedeniyle stres altında oldukları için yıllık 1 cm'nin altında zayıf bir büyüme oranı kaydedilmiştir. Araştırmacılar, inceledikleri çayır topluluklarının sonbahar-kış döneminde otlatmasını önermişlerdir.

## 7. *Salsola orientalis*

*Salsola orientalis*, yüksekliği 85 cm'e kadar, genellikle 40-55 cm arası boyda, çokyıllık, polimorfik bir halokserofittir. Yaprakları etlidir. Orta Asya'da, Kafkasya'nın Hazar kıyılarında, İran'da, Afganistan'da ve Çin'de dağılmıştır. En yoğun bulunan alanlar Aral Karakum, Kızılkum ve Üstyurt'tur. Yeniden büyüme aşamasında (Kyzylkum'da) % 16.9 protein, %24.8 lif, % 18.2 kül içerir. Mineraller açısından zengindir: % 1.35-2.23 kalsiyum, %0.12-0.31 fosfor, %0.64-1.42 kükürt, %2.2-2.8 potasyum ve %3.2-5.2 sodyum içerir. Koyun, keçi ve develer tarafından, genellikle sonbahar ve kış aylarında yenir. Hayvanlarca yenilen kısımları, yeşil ve kuru haldeki toprak üstü bitki kısımlarıdır. Özbekistan'da “the firstborn Karnab” (“ilk doğan Karnab”) adında

(Kazakistan'da “Aydarlı 1”) çeşidi piyasaya sürülmüştür (Ortiqova, 2019).



Şekil 2. *Salsola orientalis*'in çiçek açan çalısı (Ortiqova, 2019).

Panahi ve ark. (2012) tarafından üç fonolojik aşamada (vejetatif, çiçeklenme ve tohum olgunlaşması) üç *Salsola orientalis*, *Salsola arbuscula* ve *Salsola tomentosa* türünde yem kalitesi özellikleri yakın kızılötesi spektroskopi kullanılarak incelenmiştir. Bu türler İran'ın orta kesimindeki üç meradan hasat edilmiştir: İsfahan, Markazi ve Semnan eyaletleri. Sonuçlar, *Salsola arbuscula*'da büyümenin fonolojik aşamasının, HP dışındaki tüm yem kalitesi özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, ancak özellikler üzerinde konumun önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir. *Salsola tomentosa*'da fonolojik büyüme aşamasının ham lif dışındaki tüm özellikler üzerinde önemli bir etkisi bulunmazken, konumun tüm özellikler üzerinde anlamlı etkisi belirlenmiştir. *Salsola orientalis*'te fonolojik aşamanın HP, ADF ve NDF üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve konumun tüm özellikler üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Sonuçlar ayrıca yem özelliklerinin birbiri arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bitkinin besin değerini belirten ME, DMD ve HP'nin fazla olduğu tür ve evrelerde ADF, CF ve NDF'nin daha az olduğu görülmüştür. Türler arasında, *Salsola arbuscula* diğer iki türle

karşılaştırıldığında daha düşük yem kalitesine sahipken, büyümenin ilk aşaması olan vejetatif aşamada daha yüksek kaliteye sahip bulunmuştur.

### 8. *Salsola incanescens*

Pirasteh-Anosheh ve ark. (2021), Büyük Tuz Çölü'nün güney meralarında (Yezd Eyaleti, İran), aralarında *Salsola abarghuensis*, *Salsola dendroides*, *Salsola crassa*, *Salsola imbricata*, *Salsola incanescens*, *Salsola nitraria*, *Salsola kernerii*, *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis*, *Salsola richteri*, *Salsola tomentosa* ve *Salsola yazdiana*'nın da bulunduğu 12 *Salsola* türünün yem potansiyelini araştırmışlardır. Sonuçlar, *Salsola* türlerinin yem kalitesi ve miktarı arasında büyük ve önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. En büyük taze ve kuru kaba yemler *Salsola yazdiana*'da (sırasıyla 4.54 ve 1.53 kg/m) elde edilmiş, bunu *Salsola dendroides* (sırasıyla 3.02 ve 1.13 kg/m) takip etmiştir. *Salsola tomentosa* %20.2 ile en yüksek kül içeriğine sahip bulunmuş; bu da diğerlerinden önemli ölçüde daha yüksek olmuştur. En fazla ham protein ise *Salsola incanescens* ve *Salsola crassa*'da gözlenmiştir. Uygun yem kalitesi indeksleri olarak ADF ve NDF, *Salsola dendroides*, *Salsola imbricata* ve *Salsola arbuscula*'da elde edilmiştir. Ayrıca *Salsola dendroides* ve *Salsola incanescens* en yüksek kuru madde sindirilebilirliğine (%59) ve metabolize edilebilir enerjiye (%8) sahip olmuştur. Halofitlerdeki doku suyu içeriği, tuzluluk toleransı ve yem kalitesi açısından literatürde gözden kaçırılan değerli bir indekstir. Daha yüksek doku suyu içeriği (*Salsola crassa*'da %72.0 ve *Salsola kernerii*'de %71.4) muhtemelen küçükbaş hayvanlarda daha düşük su tüketimini gerektirebilir. Bulgulara göre, *Salsola* türleri düşük enerjiye (ortalama %7.1) ve yüksek protein içeriğine (ortalama %8.5) sahip olmuştur. *Salsola incanescens* ve *Salsola dendroides* ve ardından *Salsola imbricata* gibi türlerinin yem kalitesi daha iyi bulunmuştur. Bu nedenle kurak bölgelerde alternatif yem bitkileri olarak değerlendirilebilir olarak kategorize edilmişlerdir. Ancak bu türlerin yemleri, enerji seviyesi düşük olduğundan yaygın yemlerle karıştırılarak kullanılmalıdır.

### 9. *Salsola richteri*

*Salsola richteri*, İran'da, İran-Turan bölgesinin kuzey ve doğusundaki çöl alanlarında dağılmıştır (Ghassemzadeh ve ark., 2015). *Salsola richteri*, 1-3 m boyunda, tüsüz veya yoğun papillozlu bir çalı veya küçük ağaçtır. Yıllık sürgünler çok uzun, gevşek sivri uçlu, dik, yoğun yapraklı ve çiçekli yan sürgünlerdir. Meyve çiçek örtüsü 14-18 mm çapında, kanatlar gül rengi, grimsi

veya renksizdir. Orta Asya'nın kumlu çöllerinde yaygın olarak görülen çalılardan biridir. Orta Asya dışında İran ve Afganistan'da görülür. Özbekistan'da *Salsola richteri* Buhara, Kaşkadarya, Surhandarya bölgelerinde ve Karakalpakstan'da dağılmıştır. Sırtlarda ve engebeli kumlarda yetişir. Çiçeklenme ve meyve vermesi Nisan-Eylül aylarındadır. *Salsola richteri*'nin toprak üstü kısmında %1.5'e kadar çeşitli alkaloidler bulunur. Bunlar salsolin (yaklaşık %50), salsolidin ve salsamin'dir. Bu bitkiden elde edilen ilaçlar analjezik, antelmintik, kardiyak, hipotansif özelliklere sahiptir. Salsolin ve salsolidin üretimi için *Salsola richteri*'nin meyveleri meyve verme döneminin başında hasat edilir (Akopian ve ark., 2020).



**Şekil 3.** Özbekistan'ın Kızıl Kum kentinde, gevşek kum sırtlarında *Salsola richteri* (Akopian ve ark., 2020).

Aral Gölü bölgesindeki çölleşme, sosyal ve ekonomik sistemler ile doğal faktörler arasındaki karmaşık etkileşimlerin bir ürünüdür. Yalnızca kuru deniz tabanının geniş ölçekli fito-iyileştirmesi güney Aral bölgesindeki ekolojik gerilimi azaltabilir ve yerel halk için daha uygun yaşam koşulları ve sağlıklı bir çevre oluşturabilir. Aral Gölü'nün kuru deniz tabanında, özellikle doğal çevrenin ve toprağın belirgin değişkenliği nedeniyle, ortak bir şemaya dayalı koruyucu ağaç veya çalı dikimleri mümkün değildir. Bu nedenle, Aral Denizi'nin kurumuş deniz tabanındaki plantasyonları alt katmanın farklı toprak

tanecik boyutuna, toprak tuzluluk seviyelerine, tuz türlerine ve yeraltı suyu derinliğine uyarlamak için edafik bir tipoloji koşulları ağı geliştirilmiştir. Bitki iyileştirmede artık ekim alanları için bu edafik tipoloji koşulları ağını kullanılmaktadır. Böylece her çökelti türüne göre bitki çeşidi seçilebilmesi mümkün olmaktadır. Güneydeki Aral Denizi'nin kurumuş deniz tabanında şu ağaçsı bitkiler kullanılır: *Salsola richteri*, *Haloxylon aphyllum* ve *Calligonum caput-medusae*. Meralar için ve yem bitkileri olarak şu bitkiler kullanılır: *Ceratoides papposa*, *Salsola orientalis*, *Aellenia subaphylla*, *Kochia prostrata*, *Salsola arbuscula* ve *Aristida karelinii*. Kurumuş deniz tabanının diğer kısımlarında ise tarlalara ihtiyaç vardır. Bu da kapasitelerin artırılmasıyla mümkündür. O zaman ekolojik durum düzelebilir, ilave meralar oluşturulabilir, büyükbaş hayvancılık ve arıcılık için yeni fırsatlar doğabilir. Böylece plantasyonlar aynı zamanda yoksulluğun azaltılmasına da katkıda bulunabilir (Novitskiy, 2011).

Dianati Tilaki ve ark. (2012) tarafından, "Poshteh Abbas Sabzevar Araştırma İstasyonun'da *Salsola arbuscula* ve *Salsola richteri* halofit türlerinden örnekler, bitkisel büyüme, tam çiçeklenme ve tohum yayılımından oluşan üç fenolojik aşamada üç replikasyonla toplanmıştır. Ölçümlerde, vejetatif büyüme döneminde her iki türün yem kalitesi diğer dönemlere göre daha yüksek çıkmıştır. *Salsola richteri* tüm fenolojik aşamalarda *Salsola arbuscula*'dan daha iyi bir yem kalitesine sahip bulunmuştur. Bu araştırma sonucuna göre ikinci aşama (çiçeklenme) hayvan otlatma için en uygun dönem olarak belirlenmiştir. Çünkü bu zamanda otlatma için yem kalitesi ve bitkinin çözünebilir karbonhidratı arzu edilir düzeyde olup, otlatma uygulaması bitkilere daha az zarar verecektir.

## 10. *Salsola nitraria*

*Salsola nitraria*'nın gövdesi grimsi, dallı olup 40-80 cm yüksekliğe ulaşır. Dalları odunsu, yıllık sürgünleri kırık, ince tüylü ve düzgündür. Yapraklar sapsız, alternatif, doğrusal, küt ve beyazımsı gri tüylerle kaplıdır. Çiçek yaprakları kısa, geniş-oval olup, bu yaprakların uçları uzun ve tüylüdür. Dışın ağzı keskin, sütunu eşit veya siyahımsı kırmızı, geniş ve bazen dardır. Meyvelerin kanatları perde şeklinde sarımsı ve koyu kırmızı renktedir. Mayıs ayında çiçek açar ve Ekim ayında meyve verir. *Salsola nitraria* türü, Kafkasya ve Azerbaycan florasına ilişkin tanımlayıcı literatürde de belirtildiği gibi Kuzey İran, İran-Turan ve Kafkasya'da yaygındır. *Salsola nitraria*, Azerbaycan'da Nahçıvan ovalarında (Ordubad ve Culfa ilçeleri) ve Kür-Araz ovasındaki kuru

killi yamaçlarda ve ayrıca tuzlu topraklarda yayılmıştır (Gurbanov ve Huseynova, 2022).

Osmonali ve ark. (2022), Syrdarya nehri vadisinin (Kızılorda bölgesi, Kazakistan) çöl kısmında bir çalışma yürütmüşlerdir. *Salsola* cinsine ait türlerin yayılımı ve baskınlığı incelenmiş ve 24 bitki topluluğu tanımlanmıştır. *Salsola* cinsine ait tekyıllık türlerin (*Salsola nitraria*, *Salsola paulsenii* ve *Salsola tragus*) çalışma alanındaki habitat koşullarına iyi adapte olduğu tespit edilmiştir.

Temel ve ark. (2015) tarafından, Türkiye'de Iğdır Ovası tuzlu mera alanlarındaki 8 farklı yemlik halofitin bitki başına kuru ot verimi ve kalite parametreleri belirlenmiştir. En yüksek kuru ot verimi (0.58 kg/bitki) tohum olgunlaşma aşamasında hasat edilen *Salsola dendroides*'ten elde edilmiştir. Erken vejetatif dönemde ise bitki başına optimum kuru ot verimi sırasıyla *Salsola nitraria* ve *Salsola oppositifolia*'da belirlenmiştir. HP değeri hariç en iyi yem kalitesi, erken vejetatif dönemde *Salsola nitraria*'dan elde edilmiştir.

*Salsola nitraria*, Sincan'ın (Çin) kurak çöl bölgesinde baskın türdür. Su açığının *Salsola nitraria*'daki biyokütle dağılımı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Kök-gövde oranı, su eksikliğinin şiddeti arttıkça artmakta ve topraküstü biyokütle, toprakaltı biyokütlesinden daha hızlı azalmaktadır (Peng ve ark., 2021).

Wang ve Wei (2019), Sincan çölünde *Salsola nitraria*'nın güçlü bir kuraklığa ve tuza tolerans kapasitesine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Orada *Salsola nitraria*, morfolojik özellikler ve çimlenme açısından belirgin şekilde farklılık gösteren üç tür meyve üretmektedir. A tipi meyveler yeşil, küresel ve kanatlı çiçek örtüsüne sahiptir; B tipi meyveler kırmızı ve küreseldir, çiçek örtüsü kanatsızdır; C tipi meyveler sarı ve küreseldir, çiçek örtüsü kanatsızdır. Tohumlar 5°C/15°C, 10°C/20°C, 15°C/25°C, 20°C/30°C ve 25°C/35°C (12 saat karanlık) sıcaklıktaki inkübatörlerde çimlendirildiğinde, A tipi tohumların tüm beş sıcaklık rejiminde çimlenme yüzdesi >%92 olmuş; B tipi tohumların beş sıcaklık rejiminin tamamında çimlenme yüzdeleri <%60 olmuş; beş sıcaklık rejiminin tamamında C tipi tohumların çimlenme yüzdeleri <%5 olmuştur. B tipi tohumlarda derin bir fizyolojik dinlenme görülmemiş ve tohumların çimlenmesi için 2 haftalık soğuklama gerekmiştir. C tipi tohumlar derin fizyolojik dinlenmeye sahiptir ve kazıma, tohum dinlenmesini kırmanın etkili bir yolu olmuştur. A tipi tohumların çimlenmesi, 0.2 mol/L'in altındaki

konsantrasyonlarda NaCl'den etkilenmezken, daha yüksek konsantrasyonlarda NaCl tarafından çimlenme oranları düşmüş, 0.8 mol/L'in üzerindeki konsantrasyonlarda ise neredeyse sıfıra düşmüştür. A tipi tohumların brakteleri, su alımına karşı mekanik bir bariyer oluşturmuş ve nihai tohum çimlenme yüzdeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuş, braktelerin çıkarılması tohum çimlenmesini teşvik etmiştir.

### 11. *Salsola tragus*

*Salsola tragus* (Rus devedikeni), Güneybatı Asya'nın dağlık bölgelerine özgü, ancak şu anda Avrasya'da 25° ile 60° Kuzey enlemleri arasına dağılmış, tekyıllık bir otsu bitkidir. Bitki Arjantin, Şili, Kanada, Meksika, Güney Afrika, Endonezya, Japonya, Avustralya, Yeni Zelanda ve Amerika Birleşik Devletleri'nde de yabancı ot olarak mevcuttur. Kuzey Amerika'ya ilk kez 1870'lerin başında Güney Dakota'dan tesadüfen girmiştir. O zamandan beri, Amerika Birleşik Devletleri'nin orta ve batı bölgelerinin çoğuna ve Kanada'nın güneyine yayılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nin batısında yaklaşık 41 milyon hektarı istila etmiştir. Esas olarak nadasa bırakılmış veya bozulmuş toprakta, yol kenarları ve sulama kanalları boyunca ve kurak ve yarı kurak bölgelerdeki atık alanlarda yetişir. *Salsola tragus* beş eyalette ve Kanada'nın altı eyaletinde zararlı bir ot olarak listelenir. Bitki çeşitli şekillerde sorunlara neden olur: otomobil trafiğini aksatmak, sulama kanallarını tıkamak ve çitlere ve evlere birikmek (Smith, 2005).

Elshad ve Kamala (2020) tarafından Kur-Aras ovasının (Azerbaycan) Mil ovasındaki çöl fitokoenozunda yayılış gösteren *Salsola* türlerinin biyoekolojik özellikleri üzerine yapılan analiz sonuçları, *Salsola* cinsine ait 10 türün yayılış gösterdiğini ortaya koymuştur: *Salsola tragus*, *Salsola australis*, *Salsola paulsenii*, *Salsola soda*, *Salsola nitraria*, *Salsola incanescens*, *Salsola dendroides*, *Salsola ericoides*, *Salsola nodulosa* ve *Salsola foliosa*. *Salsola tragus* sığır, at ve koyunlara yem sağlar. Bu yemin besin değeri gençken orta düzeyde kabul edilir ve bitki kuruduktan sonra daha yüksektir. Yüksek bir A vitamini ve fosfor kaynağıdır. İlkbaharda gençken veya ölü dikenlerin nemle yumuşadığı kış mevsiminde en lezzetli durumdadır.



Şekil 4. *Salsola tragus* (Elshad ve Kamala, 2020)

## 12. *Salsola laricifolia*

*Salsola laricifolia*, esas olarak doğu Kazakistan ve Kırgızistan'dan kuzey Çin'e (kuzey Sincan, iç Moğolistan, Ningxia ve Gansu eyaletleri) ve Moğolistan'a kadar dağılmış bir Orta Asya floristik türüdür (Wen ve ark., 2014). *Salsola laricifolia* tipik bir C3-C4 çöl bitkisidir (Guo ve ark., 2024).

Aral Denizi'ndeki "Barsa Kelmes Tabiatı Koruma Alanı", çift toynaklı boynuzlu bir memeli türü olan "saiga" (*Saiga tatarica*) ve beraberinde "guatrlı ceylan"ın (*Gazella subgutturosa*) yabani popülasyonlarını korumak amacıyla 1939 yılında kurulmuştur. 1953 yılında adaya bir eşek türü olan "Türkmen kulanı" (*Equus hemionus*) getirilmiştir. Bu türlerin tamamı IUCN Kırmızı Listesinde yer almaktadır (Kaczensky ve ark., 2020). Aral Gölü'nün kuruması, 1990'ların sonunda ada topraklarının ana karaya bağlanmasına yol açmıştır. Su kaynakları arayışı içinde toynaklılar buraya göç etmiştir. "Barsa Kelmes Tabiatı Koruma Alanı", devam eden ekolojik felaketi incelemek amacıyla flora ve fauna araştırmaları için benzersiz bir bilim merkezi haline gelmiştir. Yabani toynaklılar (saigalar, ceylanlar ve kulanlar) doğa koruma alanının zorlu çöl koşullarına iyi adapte olmuşlardır ve bu çöllerin bitki kaynakları, yabani toynaklı hayvanlar için doğal yem kaynağıdır. Denizin kuruması nedeniyle tatlı yeraltı suyu seviyesi düşmüş, ilkbahar aylarında rölyef çöküntülerinde ortaya çıkan geçici su depoları yaz başında kurumaktadır. Aral Gölü'nün yıkıcı bir şekilde azalmasından önce, toynaklılar acı deniz suyunu da içebiliyordu.



Saigaların yediği bitkilerin listesi en az 85 türü içerir. Bir sezondaki yem bitkisi sayısı 25-35'i geçmez. Bunlardan sadece 10-15 bitki türü yaygındır ve saiga diyetinin temeli olarak adlandırılabilir. Yaz aylarındaki yiyeceklerin temeli *Salsola laricifolia*, *Agropyron fragile*, *Eremopyrum spp.*, *Bromus tectorum*, *Festuca amethystina*, *Poa ampulosa*, *Bassia prostrata*, *Tanacetum achilleifolium*, *Achillea micrantha*, *Inula britannica* ve *Artemisia spp.*'dir. Kışın karsız koşullarda *Salsola arbuscula*, *Bassia prostrata*, *Bassia scoparia*, *Atriplex tatarica*, *Anabasis salsa*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia terrae-albae*, *Artemisia pauciflora* ve *Artemisia nitrosa* en kolay şekilde yenir. Astrahan bozkırlarında saigaların beslenmesinin ana bileşeni *Ephedra distachya* ve meyveleridir, buna karşılık tuzcullar (*Salsola spp.*, *Anabasis spp.*) ve tahıllar (*Agropyron spp.*, *Stipa spp.*) ikincil öneme sahip bileşenleri temsil eder (Dimeyeva ve ark., 2022).

### 13. *Salsola vermiculata*

El-Kady ve ark. (2011), Mısır'ın Batı Akdeniz çölündeki bazı mera bitki türlerinin, evcil hayvanlar için (özellikle koyun ve keçiler) yem olarak kullanımlarını değerlendirmek amacıyla besinsel incelemeler yapmışlardır. Toplam 26 adet çok yıllık ve 11 adet tek yıllık türü değerlendirmişlerdir. *Salsola vermiculata*'nın dalları ve yaprakları çok yüksek otlatma değeri ile lezzetli olarak kategorize edilmiştir. *Salsola tetrandra* ve *Echinops spinosissimus* en yüksek kül içeriğine sahip olmuştur (%36, %34.9). *Salsola vermiculata*'da %11.8 kül, %31.9 ham lif, %1.2 toplam azot, %5.1 protein ölçülmüştür.



Şekil 5. *Salsola vermiculata* (Snoussi ve Najett, 2020)

#### 14. *Salsola baryosma*

*Salsola baryosma* çalısı develer için önemli bir yem kaynağıdır. Sapı ve dalları incedir, yeni sürgünler parlak ve kırmızımsıdır. *Salsola baryosma*'nın meyve verme aşamasında çekici çiçek sürgünleri vardır. Taze bitkiler, özellikle çiçeklenme döneminde ezildiklerinde, çürümüş balık gibi tuhaf hoş olmayan koku verirler. Doğal habitatlarda *Salsola baryosma*'nın uzun ve kısa olmak üzere iki bitki tipi tespit edilmiştir. 100 tohum ağırlığı (periantlu kabuklu tohum) 0.04-0.06 g arasında değişmektedir. *Salsola baryosma*'nın yeşil yaprakları, kurak bölgedeki kuraklık sırasında keçiler için alternatif bir yem kaynağı durumundadır (Singh ve ark., 2019).

*Salsola baryosma* 50 dS/m'nin üzerindeki toprak tuzluluğunda gelişemez (Kafi ve Salehi, 2019). Tuzlu çöküntülerde yem kaynağı olarak önemlidir. Deve, keçi ve diğer hayvanlar tarafından da tüketilir. *Salsola baryosma*'nın yeşil yaprakları da kuraklık sırasında keçiler için alternatif yem olarak kullanılabilir (Mathur ve ark., 2007). Al-Khateeb ve Leilah (2005), *Salsola baryosma*'nın Mn ve Zn biriktirdiğini bildirmişlerdir.

### 15. *Salsola imbricata*

*Salsola imbricata*, kıyı ve iç kesimlerdeki tuzlu topraklarda yetişen yaprak etli bir halofittir. Tuzlu olmayan koşullarla karşılaştırıldığında, tuzlu koşullar altında sürgünlerin taze ve kuru biyokütlesi artar, bu da yüksek tuz toleransını gösterir (Afsar ve ark., 2021). *Salsola imbricata*, İran'ın çöl meralarında iyi yetişir. Bu halofit türü, önemli bir yem bitkisi olarak kuraklığa dayanıklılık, tuzluluk, derin kök sistemi, su kullanımında yüksek verim gibi benzersiz özelliklere sahiptir. Diğer mahsullerin verimli olmadığı, özellikle tuzlu su ile sulamanın mümkün olduğu arazilerde ekiminin yapılabilmesi kıymetlidir. İstenilen yem verimini elde etmek için ekim gecikmelerini önleyerek ortalama hava sıcaklığının 20-25 °C olduğu zamanlarda geciktirmeden ekim yapmak gerekir (Alipour ve ark., 2023).

### 16. *Salsola nodulosa*

*Salsola nodulosa* bitkisi 30-40 cm boyunda halofit bir çalı türüdür. Düzensiz dallanan gövdesi açık gri renkli kabukla kaplıdır. Genç dallar küçük ve tüylüdür. Yapraklar alternatif yönlerde düzenlenmiştir ve 5 mm uzunluğundadır. Üremesi tohumladır. Vejetatif aşama Haziran-Temmuz aylarında başlar, Temmuz-Ağustos aylarında çiçeklenme ve Ekim-Kasım aylarında tohum tutumu olur. *Salsola nodulosa* kışlık meralar ve yamaçların yanı sıra tuzlu ve gri-kahverengi topraklarda yayılır (Toleubayeva ve Kartayeva, 2015).

"Mil bozkır"nın (Azerbaycan) kışlık meraları, tüzel ve gerçek kişiler tarafından hayvancılıkta yem kaynağı olarak kullanılmaktadır. Asadova, (2019) tarafından yürütülen saha araştırmasında bozkırdaki ana yem bitkilerinin ve zehirli ve zararlı bitkilerin biyo-ekolojik özellikleri araştırılmıştır. Tespit ettiği türlerin 30'unun (%73) ana yem bitkisi olduğu ve tıbbi öneme sahip olduğu, 11 türün (%27) ise zehirli ve zararlı olduğu bulunmuştur. İncelenen bölgede formasyonların tür içeriğinde *Salsola nodulosa*, *Salsola dendroides* ve *Salsola ericoides* gibi değerli yem bitkilerine rastlanmıştır. *Salsola nodulosa* çöl ve yarı çöl fitosenozlarında baskındır. *Artemisia fragrans* gibi *Salsola nodulosa* da bu formasyonlarda kışlık meraların ana yem bitkisi durumundadır.

Asadova (2013), Azerbaycan'ın kuzeybatı kesimindeki çöl, yarı çöl ve kurak ova kışlık meralarının beslenme değerini araştırmıştır. *Salsola nodulosa*'nın çiçeklenmesinin genellikle Ağustos ayında başladığını,

sonbaharın sonunda maksimum yeşil kütle oluşturduğunu, Eylül-Ekim aylarında meyve verdiğini gözlemlemiştir. Besiyi artırıcı bir bitki olarak meralarda hemen hemen her tür büyükbaş hayvan tarafından rahatlıkla yendiğini bildirmiştir. *Salsola nodulosa*'nın yenen kısımlarının, yaprakları ve küçük genç dallarıdır. *Salsola nodulosa* kışlık meraların önemli yem bitkisidir ve özellikle koyunlar tarafından iştahla yenir.

### 17. *Salsola tetrandra*

El-Kady ve ark. (2011), Mısır'ın Batı Akdeniz çölündeki bazı mera bitki türlerinin, evcil hayvanlar (başlıca koyun ve keçi) için yem olarak kullanımlarını değerlendirmek amacıyla besinsel değerlendirmesini değerlendirmiştir. 26 çok yıllık ve 11 yıllık tür değerlendirilmektedir. *Salsola tetrandra*'nın genç dalları çok yüksek otlama değeriyle lezzetli bulunmuştur. *Salsola tetrandra*'da %36.0 kül, %17.7 ham lif, %1.9 toplam nitrojen, %6.1 protein bulunur. El-Shaer ve Attia-Ismail (2002), Güney Sina'da yaptıkları çalışmada *Salsola tetrandra* ham proteini yağışlı mevsimde %9.7, kurak mevsimde ise %8.4 olarak belirlemişlerdir.

*Salsola tetrandra*, El-Shaer (2010) tarafından yapılan çalışmada, develerce çok lezzetli, keçilerce oldukça lezzetli, koyunlar tarafından ise az lezzetli bulunmuştur.

### 18. *Salsola setifera*

Katar'da *Salsola setifera*, *Caroxylon imbricatum*, *Acacia tortilis* ve *Aeluropus lagopoides* gibi bazı bitkiler deve ve diğer hayvanlar için yem olarak kullanılır. Alhaddad ve ark. (2021), Katar'da bazı yerli halofitlerin çimlenme ve fide aşamaları sırasındaki tuz toleransını belirlemişlerdir. Sekiz yerli türün (*Salsola setifera*, *Halopeplis perfoliata*, *Caroxylon imbricatum*, *Suaeda aegyptiaca*, *Acacia tortilis*, *Limonium axillare*, *Tetraena qatarensis* ve *Aeluropus lagopoides*) tohumlarını kullanmışlardır. *Tetraena qatarensis*, *Acacia tortilis* ve *Suaeda aegyptiaca* hariç diğer türlerden 200 mM NaCl konsantrasyonunda  $\geq$  %30 tohum çimlenmesi elde etmişlerdir. *Salsola setifera* tohumlarının yaklaşık %30'u 400 mM tuz konsantrasyonunda çimlenebilmiştir.

## 19. Sonuç

Kurak, yarı kurak ve kıyı bölgelerindeki doğal bitki örtüsü yerli otçulların ana besin kaynağını oluşturmaktadır. Lezzetli halofitler daha az baskın olmaları, aşırı otlatılmaları ve kısa ömürlü olmaları nedeniyle çok çabuk yok olmaktadır. Halofitlerdeki "doku suyu içeriği" değeri, tuzluluk toleransı ve yem kalitesi açısından literatürde gözden kaçırılan değerli bir indekstir.

Halofitlerin istilacılık özellikleri, bunun yanında kültür bitkileri ile birlikte karışım ekimi ve kültür bitkileri ile ekim nöbeti denemeleri konusunda çalışmalar yapılması faydalı olacaktır. Tuza toleranslı ve ekonomik açıdan faydalı birçok *Salsoloideae* bitki türü mevcuttur ve bunların güçlü ve zayıf yanlarını ve tuzdan etkilenen alanlarda nasıl kullanıldığını öğrenmek için daha fazla araştırma yapmamız gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdollahi, J., Arzani, H., Naderi, H., & Mirjalili, M. R. (2014). Range forage production response to rainfall and temperature variability in Garize-Sofla area, Yazd. *Watershed Management Research Journal*, 27(2), 165-174.
- Abtahi, M., & Zandi Esfahan, E. (2017). Effects of phenological stage on forage quality of halophyte species *Salsola arbuscula* Pall. in the central desert of Iran. *Applied Ecology & Environmental Research*, 15(3).
- Afsar, S., Aziz, I., Qasim, M., Baloch, A. H., Noman, M. S., & Gulzar, S. (2021). Salt tolerance of a leaf succulent halophyte *Salsola imbricata* Forssk-Growth and water relations perspective. *Int. J. Biol. Biotechnol*, 18, 499-507.
- Ahmad, S., Islam, M., & Mirza, S. N. (2012). Rangeland degradation and management approaches in Balochistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 44, 127-136.
- Akhani, H., Edwards, G., & Roalson, E. H. (2007). Diversification of the old world *Salsola* s.l. (*Chenopodiaceae*): molecular phylogenetic analysis of nuclear and chloroplast data sets and a revised classification. *International Journal of Plant Sciences*, 168(6), 931-956.
- Akopian, J. A., Ghukasyan, A. G., Shomurodov, H. F., & Adilov, B. A. (2020). On some medicinal plants of *Chenopodiaceae* family in the floras of Armenia and Uzbekistan. *Electron J Nat Sci*, 34(1), 12-17.
- Al-Khateeb, S. A., & Leilah, A. A. (2005). Heavy metals accumulation in the natural vegetation of eastern province of Saudi Arabia. *Journal of Biological Sciences*, Vol. 5(6): 707-712.
- Alhaddad, F. A., Abu-Dieyeh, M. H., ElAzazi, E. S. M., & Ahmed, T. A. (2021). Salt tolerance of selected halophytes at the two initial growth stages for future management options. *Scientific Reports*, 11(1), 10194.
- Alipour, S., Soltani, E., Alahdadi, I., Javid, M. G., & Akbari, G. A. (2023). The effect of fine dust stress on some functional and physiological characteristics of *Salsola imbricata* and *Salicornia ibricata* at different planting dates.
- Altay, V., & Ozturk, M. (2020). The genera *Salsola* and *Suaeda* (*Amaranthaceae*) and their value as fodder. *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*, 1-12.
- Amini, F., Ghanbarzadeh, Z., & Askary, M. (2017). Biochemical and physiological response of *Salsola arbuscula* callus to salt stress. *Iranian*

- Journal of Science and Technology, Transactions A: Science, 41, 321-328.
- Arrekhi, A., Niknahad Gharmakher, H., Bachinger, J., & Bloch, R. (2022). Investigation of feasibility and effect of alternative farming system on the grain yield of barley and forage production in western semi-arid region of Golestan Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 13(2), 155-167.
- Arrekhi, A., Niknahad Gharmakher, H., Bachinger, J., Bloch, R., & Hufnagel, J. (2021). Forage quality of *Salsola turcomanica* (Litv) in semi-arid region of Gomishan, Golestan Province, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 11(1), 76-88.
- Asaadi, A. M., Heshmati, G., & Dadkhah, A. (2015). Effects of different treatments to stimulate seed germination of *Salsola arbusculiformis* Drob. *Ecopersia*, 3(3), 1077-1088.
- Asadova, K. (2019). Bioecological features of some feed, poisonous and noxious plants on the winter pastures of the mil steppe in Azerbaijan. *Khazar Journal of Science and Technology*. Volume 3(2), 56-62.
- Asadova, K. K. (2013). Dynamics of fodder resources of the most important fodder plants of the winter pastures of north-western part of Azerbaijan. *Sustainable Agriculture Research*, 2(2).
- Bakhshi, K. G. R., & Maroof, E. (2006). Karyotypic study of some species of the genus *Salsola* L. (*Chenopodiaceae*) in Golestan province. *Pajouhesh and Sazandegi* 72: 66-72
- Centofanti, T., & Banuelos, G. (2015). Evaluation of the halophyte *Salsola soda* as an alternative crop for saline soils high in selenium and boron. *Journal of Environmental Management*, 157, 96-102.
- Chen, P., Jiang, L., Yang, W., Wang, L., & Wen, Z. (2022). Seed germination response and tolerance to different abiotic stresses of four *Salsola* species growing in an arid environment. *Frontiers in Plant Science*, 13, 892667.
- Colla, G., Roupahel, Y., Fallovo, C., Cardarelli, M., & Graifenberg, A. (2006). Use of *Salsola soda* as a companion plant to improve greenhouse pepper (*Capsicum annuum*) performance under saline conditions. *New Zealand journal of crop and horticultural science*, 34(4), 283-290.
- Dehghani, T. M., & Parvaneh, A. E. (2010). Protein quality of consuming forage of *Gazelle subgutturosa* (*Goitre gazelle*) in kalmmand-bahadoran protected area in Yazd province. *Iranian Journal of Biology*, 22(4), 594-598.

- Dianati Tilaki, G., Haidarian Aghakhani, M., Filehkesh, E., & Naghipour Borj, A. A. (2012). Investigation on the effects of phenological stages on forage quality and soluble carbohydrates in *salsola arbuscula* and *salsola richteri* species in saline rangelands of sabzevar. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(4), 652-661.
- Dimeyeva, L. A., Salmukhanbetova, Z. K., Malakhov, D. V., & Wunderlich, J. (2022). Rangeland diversity as a forage resource for wild ungulates in the Barsa Kelmes Nature Reserve (Kazakhstan). *Applied Ecology & Environmental Research*, 20(4).
- El-Kady, H., El-Beheiry, M., & Abdel Wahab, A. (2011). Nutritive evaluation of some range plants species in the Western Mediterranean desert of Egypt. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences*, 6(1), 19-28.
- El-Naggar, M. H., Eldehna, W. M., Abourehab, M. A., & Abdel Bar, F. M. (2022). The old world *salsola* as a source of valuable secondary metabolites endowed with diverse pharmacological activities: a review. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 37(1), 2036-2062.
- El-Shaer, H. M. (2010). Potential of the ecosystem natural resources of the Red Sea region, Egypt. Desert Research Center (DRC).
- El-Shaer, M. H., & Attia-Ismail, S. A. (2002). Halophytes as animal feeds: Potentiality, constraints, and prospects. In *Proceedings of the International Symposium on Optimum Utilization in Salt Affected Ecosystems in Arid and Semi-arid Regions* (pp. 411-418).
- Elshad, G., & Kamala, A. (2020). Taxonomic synopsis of *Salsola* genus (Mil Plain, Azerbaijan). *Bulletin of Science and Practice*, 6(11):78-84.
- Ghassemzadeh, F., Abrishamchi, P., Ejtehadi, H., & Bahadoran, M. (2015). Study on some physiological characteristics of *Salsola richteri* in drought condition in the two desert regions of the South Khorasan province. *Zīst/shināsī-i Giyāhī-i Īrān*, Vol 7, Iss 24, Pp: 1-14.
- Glushchenko, A. V., Bezv, N. Y., & Georgiyants, V. A. (2018). Determination of the qualitative composition of biologically active substances in *Salsola collina* Pall. herb. In *International Scientific and Practical Conference World science* (Vol. 5, No. 4, pp. 45-48). ROST.
- Guo, H., Xi, Y., Guzailinuer, K., & Wen, Z. (2024). Optimization of preparation conditions for *Salsola laricifolia* protoplasts using response surface methodology and artificial neural network modeling. *Plant Methods*, 20(1), 1-17.



- Gurbanov, E., & Huseynova, H. (2022). New spreading areas of some species in the Botanical geographical regions of the middle part of the Caspian coast. *Acta Botanica Caucasica*. Published by Baku State University, Department of Botany and Plant Physiology. Volum, 1, 4-8.
- Iannuzzi, A. M., Moschini, R., De Leo, M., Pineschi, C., Balestri, F., Cappiello, M., ... & Del-Corso, A. (2020). Chemical profile and nutraceutical features of *Salsola soda* (agretti): Anti-inflammatory and antidiabetic potential of its flavonoids. *Food Bioscience*, 37, 100713.
- Kaczensky, P., Lkhagvasuren, B., Pereladova, O., Hemami, M., & Bouskila, A. (2020). *Equus hemionus* (amended version of 2015 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e. T7951A166520460, 10, 2020-1.
- Kafi, M., & Salehi, M. (2019). Potentially domesticable *Chenopodiaceae* halophytes of Iran. *Sabkha ecosystems: Volume VI: Asia/Pacific*, 269-288.
- Kovac, E., & Vitasovic Kotic, I. (2019). Economic opportunities of wild growing species *Salsola soda* L. (saltwort). *Krmiva: Časopis o hranidbi životinja, proizvodnji i tehnologiji krme*, 61(2), 81-90.
- Masters, D. G., Benes, S. E., & Norman, H. C. (2007). Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, ecosystems & environment*, 119(3-4), 234-248.
- Mathur, B. K., Singh, J. P., Beniwal, R. K., & Singh, N. P. (2007). Utilization of salty shrub-lani (*Salsola baryosma*) of arid region as drought feed for goats.
- Minuto, A., Pennuzzi, L., Bruzzone, C., Dani, E., & Minuto, G. (2011). Basal rot on *Salsola soda* caused by *Rhizoctonia solani* in Lazio Region (Italy). *Colture Protette*. Vol. 40(5): 78-81.
- Murshid, S. S., Atoum, D., Abou-Hussein, D. R., Abdallah, H. M., Hareeri, R. H., Almukadi, H., & Edrada-Ebel, R. (2022). Genus *Salsola*: Chemistry, biological activities and future prospective-A review. *Plants*, 11(6), 714.
- Novitskiy, Z. B. (2011). Phytomelioration in the southern Aralkum. In *Aralkum-a Man-Made Desert: The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia)* (pp. 387-406). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Ortiqova, L. S. (2019). Fodder Halophytes for Saline Lands of Kyzylkum Desert. *American Journal of Plant Sciences*, 10(9), 1517-1526.
- Osmonali, B. B., Vesselova, P. V., Kudabayeva, G. M., & Akhtayeva, N. Z.

- (2022). Phytocenotic features of species of the genus *Salsola* L. (*Chenopodiaceae* Vent./*Amaranthaceae* Juss.) in the desert part of the Syrdarya river valley. Bulletin of The Karaganda University. № 1(105):78.
- Öztürk, M., Altay, V., & Güvensen, A. (2019). Sustainable use of halophytic taxa as food and fodder: an important genetic resource in Southwest Asia. *Ecophysiology, abiotic stress responses and utilization of halophytes*, 235-257.
- Panahi, F., Assareh, M. H., Jafari, M., Jafari, A., Arzani, H., Tavili, A., & Zandi Esfahan, E. (2012). Phenological effects on forage quality of *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis* and *Salsola tomentosa* in three habitats in the central part of Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 11(7), 915-923.
- Peng, L., Zhang, L., Zhou, X. L., Wan, Y. B., & Shi, Q. D. (2021). Effects of water stress on life history strategy of *Salsola nitraria* in Zhundong, Xinjiang. *Acta Prataculturae Sinica*, 30(5), 65.
- Pirasteh-Anosheh, H., Mirhosseini, A., Akram, N. A., & Hasanuzzaman, M. (2021). Forage potential of *Salsola* species in arid-saline rangelands. *Turkish Journal of Botany*, 45(3), 203-215.
- Rahimi, H., & Ahmadnejad, H. (2008). Autoecology of *Salsola tomentosa*. *Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources*. FAO-AGRIS, 46 p.
- Rakhimova, N. K., & Rakhimova, T. (2022). The status of *Salsola arbusculiformis* and *Anabasis salsa* shrub grasslands on the Ustyurt plateau in Karakalpakstan (Uzbekistan). *Arid ecosystems*, 12(3), 286-295.
- Rao, D. R., Hovanes, K., Smith, R., Davy, J., & Gornish, E. S. (2022). Russian thistle (*Salsola* spp.) control in California rangelands over five years. *Invasive Plant Science and Management*, 15(1), 33-40.
- Sasoli, M. A., Abro, R., Marghazani, I. B., Mughal, G. A., Reki, M. Y., Khaskheli, A. K., ... & Qadir, A. (2022). 14. Identification and nutrients composition of different rangeland species (grasses, herbs, shrubs, and trees) grazed by small and large ruminants in Balochistan: Kharan region. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 11(3), 823-834.
- Singh, J. P., Rathore, V. S., Mangalassery, S., & Dayal, D. (2019). Diversity and Utilization of Halophytes of Hot Arid Rangelands: A Review. *Annals of Arid Zone*, 58(3&4), 65-77.
- Smith, L. (2005). Host plant specificity and potential impact of *Aceria salsolae*

- (Acari: Eriophyidae), an agent proposed for biological control of Russian thistle (*Salsola tragus*). *Biological Control*, 34(1), 83-92.
- Snoussi, M., & Najett, M. (2020). Evaluation In vivo antifungal effect of gum arabic of *Acacia tortilis* (Forssk) on storage deteriorating fungi by coating method. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 13(12), 5668-5672.
- Su, P. (2010). Photosynthesis of C 4 desert plants. *Desert Plants: Biology and Biotechnology*, 243-259.
- Temel, S., & Keskin, B. (2019). Annual evaluation of nutritional values of *Salsola ruthenica* evaluated as a potential feed source in arid-pasture areas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(10), 7137-7144.
- Temel, S., Surmen, M., & Tan, M. (2015). Effects of growth stages on the nutritive value of specific halophyte species in saline grasslands. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(5).
- Toderich, K. N., Shuyskaya, E. V., Taha, F., Ismail, S., Gismatullina, L. G., & Li, E. V. (2012). Adaptive fruit structural mechanisms of Asiatic *Salsola* species and its germplasm conservation and utilization. *Journal of Arid Land Studies*, 22(1), 73-76.
- Toleubayeva, Z., & Kartayeva, T. (2015). The regional features of the winter pastures on the lower reaches of Syrdarya (the End of 19th to the First Half of 20th Century)/Sirderya Nehri'nin Asagi Kismindaki Kislaklarinin Yöresel Özellikleri (XIX-XX yy. ilk yarisi). *Bilig*, 75, 157.
- Towhidi, A., & Zhandi, M. (2007). Chemical composition, in vitro digestibility and palatability of nine plant species for dromedary camels in the province of Semnan, Iran. *Egyptian Journal of Biology*, 9.
- Voznesenskaya, E. V., Artyusheva, E. G., Franceschi, V. R., Pyankov, V. I., Kiirats, O., Ku, M. S., & Edwards, G. E. (2001). *Salsola arbusculiformis*, a C3–C4Intermediate in *Salsoleae* (*Chenopodiaceae*). *Annals of Botany*, 88(3), 337-348.
- Voznesenskaya, E. V., Koteyeva, N. K., Akhiani, H., Roalson, E. H., & Edwards, G. E. (2013). Structural and physiological analyses in *Salsoleae* (*Chenopodiaceae*) indicate multiple transitions among C3, intermediate, and C4 photosynthesis. *Journal of experimental botany*, 64(12), 3583-3604.
- Wang, M., & Wei, Y. (2019). Seed polymorphism and germination behavior of *Salsola nitraria* in the Gurbantunggut Desert. *Acta Prataculturae Sinica*, 28(3), 85-92.

- Wen, Z. B., Zhang, M. L., & Meng, H. H. (2014). *Salsola arbusculiformis* and *S. laricifolia* (*Chenopodiaceae*) in China. *Nordic journal of botany*, 32(2), 167-175.
- Yang, W. K., Qiao, J. F., Combreau, O., Gao, X. Y., & Zhong, W. Q. (2003). Breeding habitat selection by the houbara bustard *Chlamydotis [undulata] macqueenii* in Mori, Xinjiang, China. *Zoological studies*, 42(3), 470-475.
- Zarekia, S., & Abolghasemi, M. (2020). Efficacy of *Salsola* for forage and rangeland restoration. *Iran Nature*, 5(3), 79-86.



## BÖLÜM 11

*Salicornia* spp.

(Alt familya: *Salicornioideae*; Familya: *Amaranthaceae*)

&

*Chenopodium* spp.

(Alt familya: *Chenopodioideae*; Familya: *Amaranthaceae*)

Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan UÇAR<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583054>

---

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Denizli  
**E-Mail:** 12ridvanucar@gmail.com  
Orcid ID: 0000-0001-6365-7200



## 1. *Salicornioideae* alt familyası

Bazı halofitik *Amaranthaceae* (*Salicornioideae* ve *Suaedoideae*) türleri sadece yüksek tuz toleransına sahip olmakla kalmaz, 150-300 mM NaCl tuzluluk aralığında büyüme hızları uyarılır. Alternatif olarak bu durum düşük tuzlulukta depresif büyüme olarak da tanımlanabilir. Halofitik *Salicornioideae* ve *Suaedoideae*'de NaCl ile uyarılmış büyümenin görülmesi, karasal ortamda yaşayan kapalı tohumlu bitki cinsleri arasında benzersizdir. Bu tip yüksek tuz toleransı ve tuzla uyarılmış büyüme için seleksiyon baskısı muhtemelen kurak iklim ve tuzlu toprak koşullarında meydana gelmiştir. Bu koşullar altında yüksek tuz toleransına sahip etli yapraklı *Salicornioideae* ve *Suaedoideae* yaklaşık 65 milyon yılda evrimleşmiş görünmektedir. Yüksek tuz toleranslı *Salicornioideae* ve *Suaedoideae* çokyıllık ve dona duyarlı olup sıcak ılıman ve Akdeniz bölgelerinde ortaya çıktığı düşünülmektedir (Rozema ve Schat, 2013).

Fosil araştırmaları, *Salicornioideae*'nin Tethys Denizi'nin kuzey kenarı boyunca Avrasya'da ortaya çıktığı göstermiştir (Kadereit ve ark., 2006). Daha sonrasında bu türler hızlı bir yayılma yaşamıştır. Bu, muhtemelen sıcak nemli dönemin sona ermesi ve sıcaklıkların azaldığı ve kuraklığın arttığı uzun bir iklim döneminin başlamasından sonradır (Willis ve McElwain, 2002). *Salicornioidea*, yüksek tuz toleransı nedeniyle deniz suyu basmış kıyı alanlarda Amerika, Avustralya ve Güney Afrika'da çoklu kolonizasyon olayları ile kıtalararası yüksek bir dağılıma sahiptir (Rozema ve Schat, 2013).

*Salicornia* cinsi, taksonomisi ve tür sınırlaması göz önünde bulundurulduğunda damarlı bitkiler arasında en karmaşık gruplardan biridir (Isca ve ark., 2014). Yakın akraba türlerle kombinasyonu, yüksek fenotipik plastisiteye sahip yerel olarak farklılaşmış popülasyonların gelişmesiyle sonuçlanmış ve bu da büyük bir taksonomik genişliğe yol açmıştır. Bu cinslerin taksonomik tanımlamasında, çok yakın morfolojik paralellik, düşük morfolojik farklılaşma, yüksek oranda azalmış yapraklar nedeniyle ciddi zorluklar oluşturur. Bu cinsin farklı taksonlarının kültürleri 2-3 t/ha civarında ticari tohum verimi sağlar, biyokütle üretimi 20 ton/ha'dır ve geleneksel yemlerle karıştırılarak mükemmel bir yem takviyesi elde edilir (Öztürk ve ark., 2018). *Salicornia* türleri, insanlar için besin kaynağı, hayvanlar ve balıklar için yem, biyoyakıt üretimi için hammadde, ilaç endüstrisinde, fitoremediasyonda ve su ürünleri yetiştiriciliği için biyofiltre olarak değere sahiptir (Chaturvedi ve ark., 2021).



*Salicornia* cinsine ait türler, yapraksız gövde ve dallarla karakterize edilen, genellikle brakt başına 3 çiçekli sarmallar halinde düzenlenmiş sapsız çiçekleri olan tek yıllık, etli bitkilerdir. Çoğu türün dik veya prostat büyüme alışkanlığı vardır, boyları değişkendir (10-60 cm). *Salicornia* türleri kuzey yarımkürenin ılıman, boreal ve subtropikal bölgelerinde yaygın olarak bulunur ve kıyı ve iç tuz bataklıkları, tuz tavaları, tuz gölleri ve çamur düzlükleri içinde ve çevresinde yetişir. *Salicornia*'nın yaşadığı ortamlar genellikle su altında kalma süresi, su basması ve tuzluluk seviyelerindeki günlük ve mevsimsel dalgalanmalardan etkilenir (Chaturvedi ve ark., 2021).



Şekil 1. *Salicornia bigelovii* bitkilerinin Sonora, Meksika'daki kıyı bölgesinde fenolojik tanımlamaları sırasında ortalama boyları (cm) (Holguin Pena ve ark., 2021).

*Salicornia* türlerinde yüksek düzeyde fizyolojik çeşitlilik bulunmuştur ve bu da farklı çevresel koşullar altında popülasyonlar arasında geniş bir fenotipik varyasyonla sonuçlanmıştır. Yüksek tuz toleransı, uyumlu çözeltilerin sentezi ile birlikte vakuollerdeki tuzların bölümlenmesine dayanır, ozmotik ayarlamayı sağlarken aynı zamanda sitozoldeki  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin toksik etkilerinden kaçınır (Munns ve Tester, 2008). Sükroz, prolin ve glisin-betain gibi çözeltiler sadece ozmotik basıncı korumaya hizmet etmekle kalmaz, aynı zamanda protein bütünlüğünü koruyan ve sitozolü iyon toksisitesinden ve serbest radikallerden koruyan ozmoprotektif bileşikler olarak da işlev görür (Slama ve ark., 2015). *Salicornia* cinsi için kabul edilen türlerin tam sayısı konusunda mevcut bir uzlaşma yoktur. Karmaşık bir taksonomisi vardır (Kadereit ve ark., 2012). Cardenas-Perez ve ark. (2021) yaptıkları araştırmada toplam 64 *Salicornia* türü tespit etmiş, en yaygın olanlarının *Salicornia brachiata*, *Salicornia arabica*, *Salicornia europaea*, *Salicornia fruticosa*, *Salicornia ramosissima*, *Salicornia herbacea* ve *Salicornia bigelovii* olduğunu bildirmişlerdir.

"*Salicornia*" kelimesinde, dikenli dallara sahip tuzlu bir bitki olması nedeniyle Latince "tuz" anlamına gelen "sal" ve "boynuz" anlamına gelen "cornu" kelimelerinden esinlenilmiştir (Ekanayake ve ark., 2023). Singh ve ark. (2014), *Salicornia*'nın tipik olarak 25 ila 35 cm uzunluğa kadar geliştiğini ve nemli, esnek pullu yapraklara ve boynuz benzeri terminal bitkiciklere sahip olduğunu belirtmektedir. Bir halofit olarak, *Salicornia* gerçekten de 1000 mm NaCl veya belki de daha yüksek bir seviyeye dayanabilir (Volkov, 2015). Olağanüstü tuz toleransı nedeniyle *Salicornia*, deniz suyu sulaması için önemli bir tarımsal halofit bitkisi haline gelmiştir. Hipersalin koşullarda gelişebilir olmaları bu türleri uç iklim koşullarına sahip kurak-çöl bölgelerinde yetiştirmek için uygun hale getirir (Grattan ve ark., 2008). Araştırmalar ayrıca *Salicornia*'nın karbon depolamayı artırmak ve toprak kaybını önlemek için kıyı bölgelerini yeniden yeşillendirmeye uygun olduğunu göstermiştir (Gispert ve ark., 2021).

*Salicornia* türlerinin, senkronize olmayan çiçeklenme, küçük tohum boyutu, tohum parçalanması ve hasatta %75'in altında tohum geri kazanımı gibi tohum üretim amaçlı kullanımıyla ilgili üstesinden gelinmesi gereken zorluklar vardır (Zerai ve ark., 2010; Glenn ve ark., 2013).

### 1.1. *Salicornia sinus-persica*

*Salicornia sinus-persica*, Akhani (2003) tarafından İran'da yetişen, pürüzsüz, koyu yeşil renkli ve gövdelerin alt kısmında turuncu-kırmızımsı hale gelen tek yıllık bir bitki olarak tanımlanmıştır. Boyu 25-60 cm arasında değişir ve kanopi çapı 80 cm'ye ulaşır. Gövdeler sık bir şekilde yükselir, alttaki yaşlı sürgünlerde tüberküller oluşturan tuz birikimleri olur. Artan tuzlulukla birlikte, *Salicornia sinus-persica*'daki su potansiyeli daha negatif hale gelmiştir; bu da *Salicornia sinus-persica*'nın tuzluluk yoğunlaşmasına yanıt olarak ozmotik olarak ayarlandığını göstermektedir. Türün lezzeti olması ve uygun koşullar altında yüksek biyokütle üretmesi, halofitik bir yem bitkisi olarak değerlendirilmek için iyi bir aday olduğunu göstermektedir (Ahmad ve ark., 2013).

*Salicornia*'nın bir İran taksonu olan *Salicornia sinus-persica*, İran'ın güney illerinde, tuzlu nehirler ve Basra Körfezi'nin kıyı şeritleri boyunca doğal olarak yaygın olarak yetiştirilmektedir (Akhani, 2008). Çalışmalar, bu türün deniz suyu koşullarında yüksek biyokütle üretiminin yanı sıra yüksek tuz tolerans eşiğine sahip olduğunu göstermiştir (Ranjbar ve ark., 2022).

Ranjbar ve ark. (2024) tarafından *Salicornia sinus-persica*'nın *Salicornia bigelovii*'ye kıyasla büyümesini, biyokütle verimini ve kalitesini değerlendirmek için tekrarlı bir tarla denemesi yürütülmüştür. Her iki tür de Basra Körfezi'nden gelen deniz suyu (60 dS/m) ile sulanan tuzlu topraklara ekilmiştir. Sonuçlar, deneme koşulları altında *Salicornia sinus-persica*'nın biyokütle veriminin *Salicornia bigelovii*'den 1.8 kat daha fazla olduğunu göstermiştir. *Salicornia sinus-persica*'nın bitki boyu *Salicornia bigelovii*'den %27 oranında daha yüksek ölçülmüştür. Kül içeriği *Salicornia bigelovii*'de %15 daha düşükken, protein içeriği iki tür arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Buna karşılık, *Salicornia sinus-persica* biyokütlesindeki nötr deterjan lifi *Salicornia bigelovii*'den önemli ölçüde daha düşük olmuştur. Benzer şekilde, *Salicornia bigelovii*'nin kuru madde alımı, nispi yem değeri ve yem kalitesi *Salicornia sinus-persica*'ya kıyasla sırasıyla %20, %21 ve %30 daha düşük olmuştur. *Salicornia sinus-persica*'nın kül içeriği *Salicornia bigelovii*'den daha yüksek olmasına rağmen, *Salicornia sinus-persica* kurak ve yarı kurak bölgelerin kıyı arazilerinde deniz suyu sulaması altında alternatif yem üretimi için yüksek verimli bir tür olarak kullanılabilir olarak değerlendirilmiştir.

## 1.2. *Salicornia arabica*

*Salicornia arabica*, C3 metabolizma yolağına sahip halofitler grubundan, tuza oldukça toleranslı çok yıllık bir çalıdır. Gövdeleri tabandan itibaren dallanır ve 70 cm'ye kadar ulaşır. Yapraklar karşılıklı ve küçük etli pullara indirgenmiştir ve kuru kenarları sapların etrafında etli bir örtü oluşturur. Bu yapraklar yeşildir ve sonbaharda kırmızıya dönüşür. Çiçekler hermafrodittir, iki stigmali bir yumurtalıkları vardır ve taç yaprakları yoktur. Çiçeklenme mevsimi Ekim'den Aralık'a kadar sürer. *Salicornia arabica*'nın doğal popülasyonları Kuzey Afrika'da geniş bir alana yayılmıştır ve sebkha ve iç kesimlerdeki acı su bataklıkları gibi tuzlu alanlarda kuvvetli bir şekilde büyürler. Küçük ruminantların günlük gereksinimleri ile ilgili sonuçlar, *Salicornia arabica*'daki temel eser elementlerin ruminantların fizyolojik gereksinimlerini karşılamak için yeterli olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, Zn konsantrasyonları, geviş getiren hayvanlar için önerilen seviyeden daha düşüktür (Nedjimi, 2022).

Nedjimi ve Beladel (2016), Cezayir'in kurak bozkırlarında otlayan ruminantlar için *Salicornia arabica*'nın kimyasal bileşimini değerlendirmiştir. Bazı temel (Na, K, Ca, Fe, Zn ve Co) ve potansiyel olarak toksik elementlerin

(Ba, Cs ve Sc) seviyelerini belirlemek için nötron aktivasyon analizi kullanılmıştır. Bulgular, *Salicornia arabica*'nın küçükbaş hayvanların gereksinimlerini karşılamak için yeterli Ca, K, Co ve Fe seviyelerine sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, bu halofit çalı aynı zamanda hayvanların gereksinimlerini aşan ve KM alımını ve sindirilebilirliğini sınırlayabilecek yüksek Na içeriğine (~%7) sahip bulunmuştur. Sonuç olarak, taze içme suyunun hazır olması koşuluyla, bu halofitin *Cactus* spp. gibi diğer etli bitkilerle karıştırılması, hayvan alımını artırmak için umut verici bir strateji olarak belirlenmiştir. Toksik elementlerin düzeyi, Ulusal Araştırma Konseyi tarafından önerilen tüm tahlil güvenlik sınırı içinde kalmıştır.

Laudadio ve ark. (2009) Tunus'un kurak bölgelerinde doğal olarak yetişen 14 halofit türünün (*Aeluropus littoralis*, *Artemisia campestris*, *Atriplex halimus*, *Frankenia thymifolia*, *Imperata cylindrica*, *Limoniastrum guyonianum*, *Nitraria retusa*, *Reaumuria vermiculata*, *Salicornia arabica*, *Salsola tetragona*, *Salsola tetrandra*, *Suaeda mollis*, *Tamarix gallica* ve *Zygophyllum album*) besin değerini incelemiştir. Analiz ettikleri türlerin KM içeriği en düşük %13.5 (*Zygophyllum album*'da) ve %14.0 (*Salicornia arabica*'da) iken, en yüksek *Tamarix gallica* türünde %45.3 ve *Limoniastrum guyonianum*'de %38.0 olmuştur. İlkbahar mevsiminde bitkilerin HP içerikleri *Imperata cylindrica* (%4.1) ve *Salsola tetrandra*'da (%6.5) düşük, *Salicornia arabica* (%12.6) ve *Suaeda mollis* türlerinde (%16.5) yüksek olmuştur. Sodyum klorür içeriği, *Salicornia arabica* dokusunda %10 NaCl konsantrasyonuna kadar yüksek olmuştur. Yüksek sodyum klorür konsantrasyonunun yem alımını azaltıp bazı koşullar altında hayvan sağlığını tehdit edebileceği bildirilmiştir (Laudadio ve ark., 2009).

### 1.3. *Salicornia bigelovii*

*Salicornia bigelovii*, tohumlarının yüksek yağ içeriği, taze sebze, yem ve diğer kullanım özellikleri nedeniyle kıyı ve tuzlu topraklar için potansiyel yeni bir üründür. Gerçek bir halofit olarak, deniz suyu sulaması ile büyüyebilir (Garza-Torres ve ark., 2020). Kuzey Amerika'ya özgü *Salicornia bigelovii*, akut ve keskin olan bracts ve yapraklarının uçları ile diğer türlerden ayırt edilebilir. Büyüme alışkanlığı diktir ve subtropikal bölgelerde 50 cm'ye kadar boylanabilir. Deniz suyu kullanarak kıyı çöl alanlarında halofit üretme çabalarında en çok aranan türlerden biri olmuştur (Ventura ve ark., 2015). Kuru kütlede %37'den %52'ye kadar tuz biriktirebilir (Grattan ve ark., 2008). Bu bitkinin gövdesi etli, dik ve fotosentetiktir. *Salicornia bigelovii*'yi Meksika'nın

Sonora ve Baja California eyaletlerinin kıyı haliçlerinde ve tuz düzlüklerinde bulabiliriz (Rueda-Puente ve ark., 2007). Grattan ve ark. (2008), değişken su kaliteleriyle sulanan *Salicornia bigelovii* biyokütlesindeki kül içeriğinin %37 ile %45 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.



**Şekil 2.** Meksika'nın batı yakasındaki kıyı şeridinde La Paz Lagünü'nde *Salicornia bigelovii* sulama sistemi ile yetiştiriliyor (Garza-Torres ve ark., 2020).

*Salicornia bigelovii*, Şam oğlakları için yem olarak Rodos otunun (*Chloris gayana*) yerine kullanıldığında, yem tüketiminde iki kat artış olmuş, böylece keçi yemi için düşük maliyetli ve kolay temin edilebilir bir ikame sunmuştur. Hem yıkanmış (tuz konsantrasyonlarını azaltmak için) hem de yıkanmamış *Salicornia bigelovii* keçilere de yedirilmiştir. Yemdeki yüksek tuz konsantrasyonları hayvanların yem tüketim alışkanlıklarını engellememiş, ancak keçilerin su alımı hafifçe artmıştır. Hayvanların su tüketimindeki artış, *Salicornia bigelovii*'nin tatlı suyun kıt bir kaynak olduğu kurak bölgelerde çiftlik hayvanları için bir yem takviyesi olarak düşünüldüğünde önemli bir faktördür. *Salicornia bigelovii* tohum keki de alternatif bir protein yemi olarak broyler diyetlerine karıştırılmıştır (Chaturvedi ve ark., 2021).

#### **1.4. *Salicornia europaea* (Deniz börülcesi)**

*Salicornia europaea* bitkisi 35 cm'ye kadar dik büyüyen, oldukça zengin dallı bir bitkidir. En alttaki dallar neredeyse ana gövde kadar uzun olabilir.

Koyu yeşil, sarı-yeşile dönüşür ve sonunda pembe veya kırmızıya döner. Ana dalın sivri ucu 10-50 mm boyutlarında, kenarları belirgin şekilde dışbükey ve en dar noktada 3-4.5 mm genişliğindedir. Merkezi çiçek, iki yan çiçekten belirgin biçimde daha büyüktür (Davy ve ark., 2001).



Şekil 3. *Salicornia europaea* (Hulisz ve ark., 2011).

Toplam 14 farklı *Salicornia europaea* genitipine sahip bir koleksiyon, sudaki çeşitli tuz konsantrasyonlarına (100, 300 ve 600 mM NaCl) sahip sulama suyu koşullarında tohum yağı ve yem üretme yetenekleri açısından Reiahisamani ve ark. (2018) tarafından incelenmiştir. Genotiplerin tohumları İran'daki tuzlu nehirlere ve denize yakın çeşitli alanlardan toplanmıştır. Tuzluluğun biyokütle verimi, tohum yağı verimi ve bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Tohum yağındaki doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranı oldukça yüksek olmuştur. Yem verimi, genotiplerin çoğu için 300 mM NaCl ile sulandığında en yüksek olurken, 600 mM NaCl seviyesi tohum yağı üretimine uygun bulunmuştur.

Akinshina (2014), Kızılkum çölünde (Özbekistan) topladıkları yedi

halofit türü üzerinde çalışmıştır. *Salicornia europaea*, *Halostachys belangeriana*, *Climacoptera lanata*, *Climacoptera brachiata*, *Suaeda paradoxa*, *Atriplex nitens* ve *Karelinia caspia* türlerini incelemiştir. Araştırmacılar yedi halofit türün içerisinde en yüksek doku külü içeriğini (%49) *Salicornia europaea*'da tespit etmiştir.

### 1.5. *Salicornia brachiata*

*Salicornia brachiata* yapraksız, etli bir bitkidir ve sular altında kalan deniz suyu gelgit bölgelerinde yetişen aşırı tuza dayanıklı bir halofittir. Deniz suyu tuzluluğunun 600 mM NaCl olduğu kabul edilir. *Salicornia brachiata*'da artan tuzlulukla birlikte artan bitki büyümesi ve biyokütle verimi oluşumu, bu bitki türünün bir öhalofit olduğunu açıkça göstermektedir (Haque ve ark., 2017). *Salicornia brachiata* çok çeşitli tuz konsantrasyonlarında (doğal koşullar altında 2 M'ye kadar) büyür ve kuru ağırlığının %40-50'sini tuz biriktirir (Jha ve ark., 2009). Tuzlu su tarımının potansiyel bir bitki türü olarak kabul edilmektedir. Orta tuzlulukta bitki boyu, sürgün yüksekliği ve kök uzunluğu, taze ağırlık ve kuru ağırlık gibi farklı fenolojik parametreler, çok az veya yüksek tuzluluğa göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur (Rathore ve ark., 2021).

### 1.6. *Salicornia herbacea*

Kuveyt, tarımsal kalkınma ve bitki üretimi için gerekli kaynaklara sahip değildir, ancak halkın ve hükümetin bitki yetiştiriciliğine artan yüksek ilgisi vardır. Toprak, besin içeriğinin ve su tutma kapasitesinin düşük olduğu kumlu bir dokuya sahiptir. Sulama suyu olarak, çok pahalı olan tuzdan arındırılmış deniz suyu, tuzlanmış acı su ve bitkisel üretim için kullanılamayan artılmış kanalizasyon suyuyla sınırlıdır. Bilimsel bulgular, toprak özellikleri bakımından kalitesiz olan kurak arazilerin ve deniz suyunun, hayvansal üretime yönelik bitki üretimi için değerlendirilebileceğini göstermektedir. Sonuçlar, yerel bitki olan *Salicornia herbacea*'nın, Kuveyt'te yoncanın yerini %25 oranında alabileceğini ve mahsul üretimini artırmak için taşkın deniz suyuyla üretilebileceğini göstermiştir. Medairah bölgesinde bir tarımsal test alanı belirlenmiş, hazırlanmış ve *Salicornia herbacea* ekimi yapılmıştır. Su erozyonu başlangıçta meşcere oluşumunu azaltmış, aşırı hareketli kum nedeniyle araziler sular altında kalmış ve 120 gün sonra ilk sezonun denemelerini sonlandırılmıştır. Deneme alanları, toplam tuz içeriği bakımından deniz suyuna benzer şekilde yüksek oranda tuzlu suyla (25.000-33.000 mg/l toplam

çözünmüş tuz) sulanmıştır. Koyunlarda besleme denemeleri yapılmıştır. İlk yılın çalışması, *Salicornia herbacea*'nın Kuveyt'te yalnızca yüksek tuzlu acı su ile sulandığında 120 gün boyunca iyi bir şekilde büyüdüğünü ve *Salicornia herbacea* yeminin, küçükbaş hayvanlar için kaba yem ve enerji kaynağı olarak kısmen geleneksel yemlerin yerini alabileceğini ortaya koymuştur. Koyunların bu yemi, %25'e kadar tüketim oranlarında *Salicornia herbacea* içeriği ile benimsediği görülmüştür (Abdal, 2009).

### 1.7. *Salicornia persica*

*Salicornia persica*, İran'ın güney kıyılarında ve çöl bölgelerinde doğal olarak yetişir. Sadeghi ve Karimi (2021), iki sulama suyu kalitesi altında (sırasıyla 64.5 ve 66.4 dS/m m elektriksel iletkenliğe sahip deniz suyu ve karides çiftliği atık suyu) ve potasyum sülfat gübre uygulamasının üç seviyesinde (0, 100 ve 200 kg/ha) *Salicornia persica* bitkilerinin ürettiği yem miktarını (verim) ve boyunu değerlendirmişlerdir. En yüksek yem üretimi (1539 kg/ha kuru yem) deniz suyu ile sulanıp 100 kg/ha potasyum sülfat gübresi alan uygulamadan elde edilmiştir. Sonuçlar, *Salicornia persica* üretiminin deniz suyu ve karides çiftliği atık suyu ile sulama uygulamaları altında yapılabildiğini ve 100 kg/ha potasyum sülfat kullanımının verimi artırdığını göstermiştir.



Şekil 4. *Salicornia persica*'nın Tashk Gölü (İran) çevresinde keçiler tarafından otlatılması (Akhani, 2006).



## 2. *Chenopodioideae* alt familyası

*Chenopodium* cinsi dünya ölçeğinde bir dağılıma sahiptir ve dört kıtada yerleşmiş ve kültüre alınmış türleri içerir. Bazı türler, menşe merkezlerinin çok ötesine yayılmış istilacı yabancı otlar olarak ün salmıştır. Yabancı türler arasında bazıları yaygındır, diğerleri niş ortamlarla sınırlıdır ve dönemsel olarak elverişli iklim koşullarına yanıt olarak geçici olarak ortaya çıkarlar. Bazı *Chenopodium* türleri, hayatta kalmak için dünyadaki en zorlu ortamlardan bazılarında yaşar. *Chenopodium* türlerinin tuzlu kıyı ve tuzlu su ortamlarında, yüksek ultraviyole ışık alan dağlık düzlüklerde ve vadilerde (And Dağları, Himalayalar) ve çorak çöllerde (Atacama, Avustralya) hayatta kalma yeteneği, bu cinsin alışılmadık derecede güçlü ve çeşitli bitki stres tepki mekanizmalarına sahip olduğunu gösterir. Evcilleştirilmiş türler, tohum proteinlerindeki esansiyel amino asitlerin dengeli içeriği ve yapraklarının zengin mineral ve vitamin içeriği nedeniyle giderek daha değerli hale gelmektedir. Cinsine ait türlerin fenotipik plastisitesi ve düzensiz ve öngörülemeyen bitkisel görünüşleri taksonomisini ve kapsamlı filogenetik çalışmalarını zorlaştırır (Jellen ve ark., 2010).

### 2.1. *Chenopodium quinoa* (Kinoa)

*Chenopodiaceae* alt-familyasından *Chenopodium quinoa* (Kinoa), toprak kalitesinin zayıf ve iklim koşullarının sert olduğu Güney Amerika'nın And bölgesi orijinlidir. Kinoa, deniz suyundaki kadar yüksek tuzluluk seviyeleriyle (EC 40 dS/m ila 400 mM NaCl) başa çıkabilen ticari çeşitleri olan fakültatif halofitik bir bitki türüdür (Jacobsen ve ark., 2003a).



**Şekil 5.** Kinoa bitkisi (*Chenopodium quinoa*) (Baïoumy ve ark., 2018).

And bölgesi'nde tarımsal üretim, deniz seviyesinden neredeyse 4.000 m yükseklikte, kuraklık, don ve diğer olumsuz etkenlerden dolayı son derece sert bir iklimde, güneyde 200 gün don ve sadece 200 mm yağışla gerçekleşmektedir. Bu koşullar altında yalnızca tek bir bitkisel ürün yetiştirilir: kinoa (*Chenopodium quinoa*). Bu mahsul, binlerce yıldır bu son derece besleyici gıdayla hayatta kalan Bolivya halkının ana gıdası olmuştur. Bolivya'da kırsal kesimde yaşayanların yüzde 80'inden fazlası yoksulluk sınırının altında yaşar. Kırsal alanlardaki gelir ortalamaları yaklaşık günde 0,60 ABD dolarıdır ve tarımsal verimlilik düşüktür. Uluslararası pazara yönelik kinoa üretimi, 1983 yılında ulusal kinoa yetiştiricileri birliğinin (ANAPQUI) kurulmasıyla başlamıştır (Jacobsen, 2011).

And Dağları'ndaki aşırı iklim koşulları altında en yaygın risk faktörleri kuraklık, sel, don, dolu ve tuzlu topraklardır (Jacobsen ve ark., 2003a). Topraklar çoğunlukla volkanik kül ve lav kayalarından oluşur ve çok tuzlu,

kumlu, az organik maddeli (yaklaşık %0.7), besin açısından fakir ve su ve nem tutma kapasitesi düşüktür. Bolivya'nın ülkesel tarım sektöründe kinoa küçük bir rol oynar. Bolivya'da toplam ekili alanın %2'sinden azında ve tahıl alanının ise yalnızca %5'inde ekilmektedir. Ancak And bölgesinde geçim koşullarını iyileştirmek için lama hayvanı ile birlikte ana üründür. Bolivya'da Oruro'nun güneyindeki güney Altiplano bölgesinde neredeyse yalnızca kinoa üretimi ve lama yetiştiriciliği yapılır. Kinoa burada görülen olumsuz etkenlere karşı en toleranslı bitki olmasının yanı sıra besin değeri yüksek bir gıdadır (Jacobsen ve ark., 2003b). Çiftçiler tarafından satılan kinoanın fiyatı 1999'dan 2008'e neredeyse üç kat artarak 2.300 ABD Doları/ton'a kadar çıkmıştır. Bu, soya fasulyesinin fiyatının üç katı, buğdayın fiyatının ise beş katıdır. Kinoa ihracatı 2001 yılından bu yana artarken iç tüketimi azalmıştır. Bolivya'daki toplam kinoa üretiminin yüzde doksanı ihraç edilir olmuştur (Jacobsen, 2011).

Son 30 yıldır dünya çapında bu ürüne olan ilgi giderek artmaktadır. Peru ve Bolivya kinoanın en büyük üreticileridir. Bolivya'da toplam kinoa alanı ve üretimi yirmi yıl önce 10.000 ha ve 5.000 ton iken, bugün 50.000 ha ve 25.000 ton üretime çıkmıştır. Kinoa ihracatı 2001'den bu yana artmıştır ve Bolivya'da üretilen toplam kinoanın %90'ı artık ihraç edilmektedir. Verim Bolivya'da 500 kg/ha'nın altında, Peru'da ise 1.000 kg/ha'dır. Potansiyel verim deneysel koşullar altında ise çok daha yüksektir, örneğin Bolivya'da 3 t/ha (Jacobsen, 2011).

Birçok ülkede kinoa bitkisi insanoğlu için süper gıda olarak görülmekte, ayrıca büyükbaş ve kümes hayvanları için de yem olarak kullanılmaktadır. Güney Amerika bölgesinde kinoa tohumu öncelikli olarak insan gıdası olarak, bitki artıkları ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Rosero ve ark., 2010; Robinson ve ark., 2013). Yem olarak kinoa tohumları tavuklara sunulduğunda faydalı bir diyetdir. Ayrıca pişmiş kinoa, sığır ve civcivlere protein takviyesi olarak sunulur. Farklı N gübrelemesi ve tuzluluk oranları altında yetiştirilen kinoanın samanının, organik madde içeriği açısından farklılık göstermediği (%84-88 aralığında), yonca samanıyla karıştırıldığında hayvanlarca kabul edildiği bildirilmiştir (Mahmoud ve Sallam, 2017).

Gomez-Pando ve ark. (2010), yaklaşık 2.500 kinoa hattı içinden seçilen 182 tanesinin çimlenme yüzdesini tuzlu koşullar altında test etmiş ve genotipler arasında çimlenme oranında önemli farklılıklar gözlemlemişlerdir. Çalışmadaki en toleranslı 15 genotip, 25 dS/m tuzlu suda %60 çimlenme göstermiştir.

Kinoa için optimal bitki büyüme aralığı olarak 100-200 mM (~10-20 dS/m) NaCl konsantrasyonları tespit edilmiştir (Hariadi ve ark., 2011). Jacobsen ve ark. (2003) da, kinoa biyokütle üretimi, tohum verimi ve hasat indeksinin orta derecede tuzlu koşulları (10-20 dS/m), tuzsuz koşullara göre daha uygun olarak gözlemlenmiştir.

Kinoa, kuraklığa, tuza ve dona dayanıklı, az sayıda bitkinin iyi yetişebildiği fakir topraklarda ve yüksek rakımlarda yetişen bir tohumlu bitkidir. Kinoa bitkisinin yüksekliği 0.7 ila 2.0 metre arasında değişir ve üst kısmında 1.8 ila 2.6 mm genişliğinde ve konik şekilli tohumlar bulunur. Bolivya'da kinoa tanesi binlerce yıldır önemli bir insan besin kaynağı olarak yetiştirilmektedir; olağanüstü yüksek seviyedeki esansiyel veya sınırlayıcı amino asitleri ve protein kalitesi açısından önemlidir (Robinson ve ark., 2013). Kinoa, insanlar ve hayvanlar için tüketilen besin içeriğinin geliştirilmesinde büyük bir potansiyele sahiptir. Önemi, içerdiği proteinlerinin kalitesinden, amino asit çeşitliliğinden ve dengesinden kaynaklanır (Rosero ve ark., 2010).

Kinoa, yalnızca yüksek toprak tuzluluğuna adapte olmakla kalmayıp aynı zamanda kuraklık ve sıcaklık, ultraviyole B radyasyonu (Huaranca Reyes ve ark., 2018) ve düşük sıcaklık gibi diğer abiyotik streslere de toleranslı fakültatif bir halofittir (Jacobsen ve ark., 2005). Sulama suyu tuzluluğunun 10-20 dS/m'sine kadar hiç verim kaybı olmadan veya sınırlı verim kaybı ile iyi gelişir ve tuzluluk düzeyi deniz suyuna kadar olan topraklarda (>40 dS/m) ve 51.5 dS/m kadar yüksek topraklarda yaşayabilmektedir (Hinojosa ve ark., 2018; Hirich ve ark., 2014a; Razzaghi ve ark., 2014), Roman ve ark., 2020). Hatta bazı genotipler, 10-20 dS/m sulama suyu tuzluluğunda tatlı su sulamaya göre daha yüksek verim üretir. Ancak bazı çalışmalar bazı genotiplerde, 8 dS/m'den daha yüksek bir sulama suyu tuzluluğu seviyesinde verimde düşüşler olduğunu bildirmiştir (Adolf ve ark., 2013; Hirich ve ark., 2014b).

## 2.2. *Chenopodium glaucum*

*Chenopodiaceae* alt-familiyasından *Chenopodium glaucum*, Çin'in ılıman tuzlu bölgelerinde diğer *Chenopod* türler ve tuza dayanıklı otlarla birlikte yetişen tekyıllık bir halofittir. Toprak dokusunun iyileştirilmesi, toprak tuzluluğunun azaltılması ve toprak organik maddesinin artırılması amacıyla kullanılabilir. Ayrıca yapraklarındaki yüksek protein içeriğinden dolayı iyi bir gıda ve yem katkı maddesi kaynağıdır (Duan ve ark., 2004). Çin'de halk arasında sebze olarak yenebildiği gibi yem katkı maddesi olarak da

kullanılmaktadır. *Chenopodium glaucum* yüksek tuz konsantrasyonunda (hem nötr tuz hem de alkali tuz) çimlenebilmektedir (Chen ve ark., 2012). Bu halofit, orta ve düşük tuzlu-alkali topraklarda yaygın olarak dağılmıştır (Ren ve Wen, 2019).

### 3. Sonuç

Geleneksel tarımsal türlerin tuzluluk stresine karşı nispeten zayıf toleransı, tuzluluktan etkilenen ortamlarda alternatif yem türlerinin araştırılmasını teşvik etmektedir. Bu bölümde anlatılan yerli ve egzotik halofit türleri, tuzlu su kaynaklarının yem üretiminde kullanılmasında oldukça başarılı olmuştur. *Salicornia* türleri yem üretimi için alternatif bir ürün olarak tarımsal olarak tarla koşullarında yetiştirilebilir. Suyun tuzluluğu, yoğunluğu ve ekim tarihi, toprak dokusu ve yapısal stabilite *Salicornia* büyümesini ve biyokütle verimini etkileyebilecek faktörlerdir. Değerlendirilen halofitler arasında kinoa'nın yüksek besin kalitesi ve verim açısından değerlendirildiği görülmüştür. Kinoa, 15-20 dS/m tuzlu su ile 2-3 t/ha tohum üretebilmektedir. Halofitik yemlik türlerde gübreleme (özellikle potasyum) konularında çalışmalar yapılması gereklidir.

## KAYNAKLAR

- Abdal, M. S. (2009). *Salicornia* production in Kuwait. *World Appl. Sci. J*, 6(8), 1033-1038.
- Adolf, V. I., Jacobsen, S. E., & Shabala, S. (2013). Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany*, 92, 43-54.
- Ahmad, S. T., Sima, N. A., & Mirzaei, H. H. (2013). Effects of sodium chloride on physiological aspects of *Salicornia persica* growth. *Journal of Plant Nutrition*, 36(3), 401-414.
- Akhani, H. (2003). *Salicornia persica* Akhani (*Chenopodiaceae*), a remarkable new species from Central Iran. *Linzer Biol Beitr*, 35, 607-612.
- Akhani, H. (2006). Biodiversity of halophytic and sabkha ecosystems in Iran. In *Sabkha Ecosystems: Volume II: West and Central Asia* (pp. 71-88). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Akhani, H. (2008). Taxonomic revision of the genus *Salicornia* L. (*Chenopodiaceae*) in Central and Southern Iran. *Pakistan Journal of Botany*, 40(4), 1635-1655.
- Akinshina, N. (2014). Halophyte biomass-a promising source of renewable energy. *Journal of Arid Land Studies*, 24(1), pp. 231-235.
- Baioumy, A. A., Bobreneva, I. V., Tvorogova, A. A., & Shobanova, T. V. (2018). Possibility of using quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in meat products and its impact on nutritional and organoleptic characteristics. *Bioscience Research*, 15(4), 3307-3315.
- Cardenas-Perez, S., Piernik, A., Chanona-Pérez, J. J., Grigore, M. N., & Perea-Flores, M. J. (2021). An overview of the emerging trends of the *Salicornia* L. genus as a sustainable crop. *Environmental and Experimental Botany*, 191, 104606.
- Chaturvedi, T., Christiansen, A. H., Gołębiewska, I., & Thomsen, M. H. (2021). *Salicornia* species: current status and future potential. In *Future of Sustainable Agriculture in Saline Environments* (pp. 461-482). CRC Press.
- Chen, S., Xing, J., & Lan, H. (2012). Comparative effects of neutral salt and alkaline salt stress on seed germination, early seedling growth and physiological response of a halophyte species *Chenopodium glaucum*. *African Journal of Biotechnology*, 11(40), 9572-9581.
- Davy, A. J., Bishop, G. F., & Costa, C. S. B. (2001). *Salicornia* L. (*Salicornia pusilla* J. woods, *S. ramosissima* J. woods, *S. europaea* L., *S. obscura*

- PW ball & tutin, *S. nitens* PW ball & tutin, *S. fragilis* PW ball & tutin and *S. dolichostachya* moss). Journal of Ecology, 89(4), 681-707.
- Duan, D., Liu, X., Khan, M. A., & Gul, B. (2004). Effects of salt and water stress on the germination of *Chenopodium glaucum* L. seed. Pak. J. Bot, 36(4), 793-800.
- Ekanayake, S., Egodawatta, C., Attanayake, R. N., & Perera, D. (2023). From salt pan to saucepan: *Salicornia*, a halophytic vegetable with an array of potential health benefits. Food Frontiers, 4(2), 641-676.
- Gispert, M., Kuliush, T., Dyachenko, L., Kharytonov, M., Emran, M., Verdaguer, D., ... & Carrasco-Barea, L. (2021). Appraising soil carbon storage potential under perennial and annual *Chenopodiaceae* in salt marsh of NE Spain. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 252, 107240.
- Glenn, E. P., Anday, T., Chaturvedi, R., Martinez-Garcia, R., Pearlstein, S., Soliz, D., ... & Felger, R. S. (2013). Three halophytes for saline-water agriculture: An oilseed, a forage and a grain crop. Environmental and Experimental Botany, 92, 110-121.
- Gomez-Pando, L. R., Álvarez-Castro, R., & Eguiluz-De La Barra, A. (2010). Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: a promising crop. Journal of Agronomy and Crop Science, 196(5), 391-396.
- Grattan, S. R., Benes, S. E., Peters, D. W., & Diaz, F. (2008). Feasibility of irrigating pickleweed (*Salicornia bigelovii* Torr) with hyper-saline drainage water. Journal of Environmental Quality, 37(S5), S-149.
- Haque, M. I., Rathore, M. S., Gupta, H., & Jha, B. (2017). Inorganic solutes contribute more than organic solutes to the osmotic adjustment in *Salicornia brachiata* (Roxb.) under natural saline conditions. Aquatic Botany, 142, 78-86.
- Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. E., & Shabala, S. (2011). Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. Journal of Experimental Botany, 62(1), 185-193.
- Hinojosa, L., González, J. A., Barrios-Masias, F. H., Fuentes, F., & Murphy, K. M. (2018). Quinoa abiotic stress responses: A review. Plants, 7(4), 106.
- Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S. E. (2014a). Deficit irrigation and organic compost improve growth and yield of quinoa and pea. Journal of Agronomy and Crop Science, 200(5), 390-398.
- Hirich, A., Jelloul, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S. E. (2014b). Saline

- water irrigation of quinoa and chickpea: seedling rate, stomatal conductance and yield responses. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200(5), 378-389.
- Holguin Pena, R. J., Medina Hernandez, D., Ghasemi, M., & Rueda Puente, E. O. (2021). Salt tolerant plants as a valuable resource for sustainable food production in arid and saline coastal zones. *Acta Biológica Colombiana*, 26(1), 116-126.
- Huarancca Reyes, T., Scartazza, A., Castagna, A., Cosio, E. G., Ranieri, A., & Guglielminetti, L. (2018). Physiological effects of short acute UVB treatments in *Chenopodium quinoa* Willd. *Scientific Reports*, 8(1), 371.
- Hulisz, P., Elvisto, T., Karasiewicz, M. T., & Piernik, A. (2011). Abiotic factors influencing the occurrence of *Salicornia europaea* in West Estonia. *Ecological Questions* 14: 57 – 60. DOI: 10.2478/v10090-011-0017-4
- Isca, V., Seca, A. M., Pinto, D. C., & Silva, A. (2014). An overview of *Salicornia* genus: the phytochemical and pharmacological profile. *Natural Products: Research Reviews-Vol 2.*, 2, 145-164.
- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1-2), 167-177.
- Jacobsen, S. E. (2011). The situation for quinoa and its production in southern Bolivia: from economic success to environmental disaster. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(5), 390-399.
- Jacobsen, S. E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L. A., Corcuera, L. J., & Mujica, A. (2005). Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22(2), 131-139.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Jensen, C. R. (2003a). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food reviews international*, 19(1-2), 99-109.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003b). The global potential for quinoa and other Andean crops. *Food Reviews International*, 19(1-2), 139-148.
- Jellen, E. N., Kolano, B. A., Sederberg, M. C., Bonifacio, A., & Maughan, P. J. (2010). *Chenopodium*. In *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Legume Crops and Forages* (pp. 35-61). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kadereit, G., Mucina, L., & Freitag, H. (2006). Phylogeny of *Salicornioideae* (*Chenopodiaceae*): diversification, biogeography, and evolutionary



- trends in leaf and flower morphology. *Taxon*, 55(3), 617-642.
- Kadereit, G., Piirainen, M., Lambinon, J., & Vanderpoorten, A. (2012). Cryptic taxa should have names: Reflections in the glasswort genus *Salicornia* (*Amaranthaceae*). *Taxon*, 61(6), 1227-1239.
- Laudadio, V., Tufarelli, V., Dario, M., Hammadi, M., Seddik, M. M., Lacalandra, G. M., & Dario, C. (2009). A survey of chemical and nutritional characteristics of halophytes plants used by camels in Southern Tunisia. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 209-215.
- Mahmoud, A., & Sallam, S. (2017). Response of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) plant to nitrogen fertilization and irrigation by saline water. *Alexandria Science Exchange Journal*, 38(April-June), 326-334.
- Nedjimi, B. (2022). Bioaccumulation and translocation of some trace elements in co-occurring halophytes (*Amaranthaceae*) from Algerian saline areas. In *Hazardous and Trace Materials in Soil and Plants* (pp. 129-140). Academic Press.
- Nedjimi, B., & Beladel, B. (2016). Chemical composition of *Salicornia arabica* (L.), a potential halophyte for arid rangelands. *Rangeland Journal*, 2016, Vol. 38, No. 1, 103-107.
- Ozturk, M., Altay, V., Orçen, N., Yaprak, A. E., Tuğ, G. N., & Güvensen, A. (2018). A little-known and a little-consumed natural resource: *Salicornia*. *Global Perspectives on Underutilized Crops*, 83-108.
- Ranjbar, G., Khademi, R., Dehghanie, F., Keshtkar, S., & Islam, K. R. (2024). *Salicornia sinus-persica*: a high-yielding species for fodder production with seawater. *Arid Land Research and Management*, 38(1), 97-108.
- Ranjbar, G., Pirasteh-Anosheh, H., Dehghanie, F., Keshtkar, S., & Race, M. (2022). Feasibility of growing *Salicornia* species in a coastal environment through planting date and density management in a direct seawater irrigation system. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(31), 47800-47809.
- Rathore, A. P., Kumari, A., Chaudhary, D. R., & Rathore, M. S. (2021). Phenological and physio-biochemical variations in *Salicornia brachiata* Roxb. under different soil and water treatments (salinity). *Aquatic Botany*, 174, 103429.
- Razzaghi, F., Jacobsen, S. E., Jensen, C. R., & Andersen, M. N. (2014). Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought-mechanisms of tolerance. *Functional Plant Biology*, 42(2), 136-148.

- Reiahisamani, N., Esmaeili, M., Khoshkholgh Sima, N. A., Zaefarian, F., & Zeinalabedini, M. (2018). Assessment of the oil content of the seed produced by *Salicornia* L., along with its ability to produce forage in saline soils. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65, 1879-1891.
- Ren, J., & Wen, Z. (2019). Effect of different NaCl contents on seed germination and seeding growth of *Chenopodium glaucum* L. *Bulletin of Botanical Research*, 39(5), 716-721.
- Robinson, T. F., Roeder, B. L., & Johnston, N. P. (2013). Nitrogen balance and blood metabolites of llama (*Lama Glama*) fed barley hay supplemented with alfalfa and quinoa straw in Bolivia. *Journal of Animal Science Advances*, 3(8), 386-391.
- Roman, V. J., den Toom, L. A., Gamiz, C. C., van der Pijl, N., Visser, R. G., van Loo, E. N., & van der Linden, C. G. (2020). Differential responses to salt stress in ion dynamics, growth and seed yield of European quinoa varieties. *Environmental and Experimental Botany*, 177, 104146.
- Rosero, O. L., Rosero, D. A., & Lukešová, D. (2010). Determination of the capacities of farmers to adopt quinoa grain (*Chenopodium quinoa* willd) as potential feedstuff. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 43(4), 208-315.
- Rozema, J., & Schat, H. (2013). Salt tolerance of halophytes, research questions reviewed in the perspective of saline agriculture. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 83-95.
- Rueda-Puente, E. O., García-Hernández, J. L., Preciado-Rangel, P., Murillo-Amador, B., Tarazón-Herrera, M. A., Flores-Hernández, A., ... & Troyo-Diéguez, E. (2007). Germination of *Salicornia bigelovii* ecotypes under stressing conditions of temperature and salinity and ameliorative effects of plant growth-promoting bacteria. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193(3), 167-176.
- Sadeghi, S., & Karimi, M. (2021). Possibility of forage production of *Salicornia persica* Akhani under irrigation and potassium sulfate treatments in farm condition, Bushehr province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 28(3), 471-481.
- Singh, D., Buhmann, A. K., Flowers, T. J., Seal, C. E., & Papenbrock, J. (2014). *Salicornia* as a crop plant in temperate regions: selection of genetically characterized ecotypes and optimization of their cultivation conditions. *AoB Plants*, 6, plu071.
- Slama, I., Abdelly, C., Bouchereau, A., Flowers, T., & Saviouré, A. (2015).

- Diversity, distribution and roles of osmoprotective compounds accumulated in halophytes under abiotic stress. *Annals of Botany*, 115(3), 433-447.
- Ventura, Y., Eshel, A., Pasternak, D., & Sagi, M. (2015). The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Annals of Botany*, 115(3), 529-540.
- Volkov, V. (2015). Salinity tolerance in plants. Quantitative approach to ion transport starting from halophytes and stepping to genetic and protein engineering for manipulating ion fluxes. *Frontiers in Plant Science*, 6, 155182.
- Willis, K. J., & McElwain, J. C. (2014). *The evolution of plants*. Oxford University Press, USA.
- Zerai, D. B., Glenn, E. P., Chaturvedi, R., Lu, Z., Mamood, A. N., Nelson, S. G., & Ray, D. T. (2010). Potential for the improvement of *Salicornia bigelovii* through selective breeding. *Ecological Engineering*, 36(5), 730-739.

## BÖLÜM 12

### *Faboideae* Alt familyası - I

(**Familya:** *Fabaceae*)

Doç. Dr. Gülşah BENGİSU<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583060>

---

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

**E-Mail:** [gbengisu@hotmail.com](mailto:gbengisu@hotmail.com)

Orcid ID: 0000-3031-2140-0110



## 1. *Melilotus albus* (Ak taş yoncası)

Avrasya kökenli olan *Melilotus* cinsi, *Medicago* ve *Trigonella* cinsleriyle yakından ilişkilidir ve yaklaşık 25 farklı tek yıllık ve iki yıllık/çok yıllık türü içerir. *Melilotus* türleri kısa orta derecede dayanıklı, kuraklığa dayanıklı olma eğilimindedir ve mera yemi olarak değerlendirilir. Bununla birlikte, bu cinsin üyeleri, kısmen yüksek kumarin seviyeleri ve bazı türlerin potansiyel yabani ot olmasıyla ilgili endişeler nedeniyle, dünyanın bazı bölgelerinde (Avustralya gibi) yaygın olarak yetiştirilmemektedir (Evans ve Kearney, 2003). Bazı türler (örneğin *Melilotus wolgicus*, *Melilotus elegans* ve *Melilotus neopolitanus*), girdiği ortamda doğallaşabilecek potansiyel yabancı ot riskleri olarak biyoçeşitliliği, ve mahsul ve mera üretimini etkileyebilecek potansiyelde türler olarak görülmektedir (Bennet ve Virtue, 2003). İkincil (sekonder) bir bitki bileşiği olan kumarin, hayvanlarda tatlı yonca hastalığı olarak bilinen hemorajik bir duruma neden olabilen bir antikoagülandır. *Melilotus* bitkilerindeki kumarin konsantrasyonunda hem türler arasında hem de türler içinde miktarsal farklılıkları vardır ve ön araştırmalar, yüksek kumarin konsantrasyonlarını sınırlandırmak için iyi yönetim uygulamalarının mümkün olduğunu göstermektedir (Nair ve ark., 2006).

Bazı ülkelerde (örneğin Arjantin, İspanya, Kanada ve Rusya) *Melilotus* türleri, geleneksel yemlik baklagillerinin yetiştirilemediği, orta derecede tuzlu alanlarda yetiştirilmektedir ve sınırlı sayıdaki *Melilotus* türünde tuz toleransında farklılıklar bulunmuştur. Evans ve Kearney (2003), Güney Avustralya'daki tarla değerlendirmelerine dayanarak, *Melilotus albus*'un tuzlu toprakları bitkilendirmek için yararlı bir mera baklagili olduğunu bildirmişlerdir. *Melilotus albus*, tuzlu meralarda geniş getiren hayvanlar için yem kaynağı olarak büyük potansiyele sahip türlerden biri olarak kabul edilmektedir. *Melilotus albus* tek yıllık ve iki yıllık büyüme yeteneğine sahip bir baklagildir. Avrasya kökenlidir. ABD ve Kanada'da, azotlu gübre ve yonca (*Medicago sativa*) kullanımının artması nedeniyle 1960'lardan bu yana kullanımı azalmış olsa da, hem yem üretimi hem de toprak iyileştirme için kullanılmaktadır. *Melilotus*'un yem amaçlı ıslahı 1930 yılında ABD, Kanada ve Avrupa'da başlamıştır. Islah 1965 yılına kadar devam etmiş ve Kuzey Yarımküre'de gelişen birkaç *Melilotus albus* ve *Melilotus officinalis* çeşidiyle sonuçlanmıştır. Şu anda ABD ve Kanada'da pazarlanan *Melilotus albus* tohumlarının çoğu bu ortak kaynaklardan gelmektedir (Meyer, 2005).

2000 yılından bu yana, tuzlu ortamlarda yetiştirilen *Melilotus* cinsi

türlerin yem üretimini değerlendirmek için Avustralya'da çeşitli çalışmalar yürütülmüştür (Nichols ve ark., 2007; Rogers ve ark., 2008). *Melilotus* cinsi içinde *Melilotus albus*, özellikle Arjantin ve Uruguay'da toplanıp germ plazm oluşturarak tuzluluk toleransı için ıslah edilmesi yüksek öncelikli bir baklagildir (Evans ve Kearney, 2003; Smith ve ark., 2017). Tek yıllık bir *Melilotus albus* çeşidi olan 'Jota' Avustralya'da ticari olarak piyasaya sürülmüştür. Arjantin'de, *Melilotus albus*'un tek yıllık bir çeşidi doğallaştırılmıştır. *Melilotus albus* Arjantin'in kuzeyindeki tuzlu ortamlarda ekilen tek baklagil yem türüdür. İyi bir besin değerine sahiptir ve çeşitli tuzlu ortamlarda, geniş bir toprak pH aralığında ve değişken yağış koşulları altında yetiştirilebilir (Zabala ve ark., 2018). Tarımsal önemine rağmen, Arjantin'de bugüne kadar sadece üç adet tek yıllık *Melilotus albus* çeşidi satışa sunulmuştur. Ancak son yıllarda, Arjantin'in tuzlu bölgelerinde hayvancılık üretiminin yoğunlaşması, bu bölgelerde yem verimliliğinin artırılması ihtiyacı ve çiftçilerin bölgeye özgü çeşitlerden geliştirilen tohumlarla ilişkili faydalar konusunda artan farkındalığı, bir *Melilotus albus* ıslah programının oluşturulmasını teşvik etmiştir (Zabala ve ark., 2012).

## 2. *Melilotus siculus*

Tek yıllık bir tür olan *Melilotus siculus* (syn. *Melilotus messanensis*) hem tuzluluğa hem de su basmasına karşı yüksek tolerans, iyi biyomas verimi, sürgünlerde düşük iyon ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) konsantrasyonları ve tuzlu koşullar altında (örn. 240 mM NaCl) %65-70 aralığında kuru madde sindirilebilirliği gösterebilen bir türdür. Bu tür, Avustralya'nın güneyindeki bir dizi tuzlu ve suyla kaplı alanda yapılan saha değerlendirmelerinde de iyi performans göstermiştir (Nichols ve ark., 2008). Nichols ve ark. (2009) *Melilotus siculus*'un çimlenme sırasında *Trifolium michelianum* ve *Medicago polymorph*'a göre daha fazla tuz toleransına sahip olduğunu bulmuşlardır. Doğal habitatında, *Melilotus siculus*'un Akdeniz havzasının tuzlu bataklık alanlarında yaşadığı bilinmektedir ve güney Avustralya'daki benzer ortamlarda doğallaşmıştır. Bir yem türü olarak *Melilotus siculus*'un bir diğer avantajı da, diğer *Melilotus* türlerinin çoğunda bulunan ve silaj fermantasyonu sırasında dikumarole dönüşüğünde et ve sütü bozabilen ve çiftlik hayvanlarında hemorajik bir duruma neden olabilen bileşikler olan kumarinleri ihmal edilebilir düzeyde içermesidir (Masters ve ark., 2001). *Melilotus siculus*, tuzlu ve suya doymuş topraklar için önemli ticarileştirme potansiyeli sunmaktadır (Rogers ve ark., 2011).

*Melilotus* cinsinin 19 farklı türünün tuz ve su basması toleransları Rogers ve ark. (2008) tarafından bir dizi sera deneyinde değerlendirilmiştir. Türlerde kuru madde (KM) üretimi, kök büyümesi ve gelişimi, sürgün iyon ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ ) konsantrasyonları, kök gözenekliliği ve in vitro besleme değerini incelemiştir. Bazı türler üzerindeki araştırmalar, yabancı ot riski potansiyelleri nedeniyle kısıtlanmıştır. Kalan türlerden tek yıllık bir tür olan *Melilotus siculus* yüksek nispi tuz ve su basması toleransı, stressiz ve stresli (tuzlu ve hipoksik) koşullar altında iyi KM üretimi, durgun koşullar altında yüksek düzeyde kök gözenekliliği, düşük doku iyonu ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) konsantrasyonları ve yüksek tuzlu koşullar altında makul bir kuru madde sindirilebilirlik içeriği (aralık %65-70) göstermiştir. *Melilotus sulcatus* ssp. *segetalis* ve *Melilotus indicus* da iyi KM üretimine ve tuzluluk ve su basması streslerine karşı toleransa sahip türler olarak belirlenmiştir.

### 3. *Alhagi maurorum*

Bir yabancı ot olarak *Alhagi* spp. hakkında önemli miktarda bilgi bulunmasına rağmen, bir yem bitkisi olarak *Alhagi* spp. hakkında çok az şey bilinmektedir. *Alhagi* spp. potansiyel olarak yem bitkisi olarak değerlendirilebilecek mera bitkilerinden biridir. *Alhagi* türleri kuru, kayalık ve tuzlu topraklarda bulunabilir; şu anda dünyanın tüm ılıman ve tropikal bölgelerinde mevcuttur (Pirasteh-Anosheh, 2020). Çimlenmesi genellikle ilkbaharda, çiçeklenmesi ise yaz aylarında gerçekleşir; çiçeklenme süresi ve uzunluğu bölgelere ve büyüme koşullarına göre değişir (Nikfam ve ark., 2013). Çok yıllık doğası ve geniş dağılımı nedeniyle *Alhagi*, kum tepelerinin korunmasına yardımcı olur ve toprak erozyonunu önler. *Alhagi* yaprakları, özellikle develer ve keçiler olmak üzere çiftlik hayvanları tarafından yem olarak otlanır (Jiang ve ark., 2014). *Alhagi* hem tuzluluk hem de kuraklık streslerine toleranslı bir bitkidir ve hafif seviyelerdeki tuzluluk veya kuraklık streslerinin bitki büyümesini sınırladığı, ancak bunların erken büyümeyi simüle etmek için gerekli olduğu da bildirilmiştir (Weber ve Hanks, 2006). Bu nedenle, *Alhagi*'nin farklı türleri mera yem bitkisi olarak düşünülebilir (Pirasteh-Anosheh ve ark., 2020). Tohumlarının -2 MPa kuraklık potansiyelinde ve 200 mM tuzluluk potansiyelinde çimlenebildiği gösterilmiştir (Shamsaddin Saied, 2023).

*Alhagi maurorum*, Akdeniz'den Rusya'ya kadar geniş bir alana yayılan *Fabaceae* familyasına ait çalı formunda büyüyen çok yıllık bir bitkidir. Deve dikenini de denen bu bitki tuzluluğa karşı çok toleranslıdır ve halofitik bitkilerden



biridir. Tuzlu alanlarda çiftlik hayvanlarının tükettiği bir yemdir. *Alhagi maurorum* yetiştiriciliğinin geliştirilmesi için en önemli alanlardan biri, toprak tuzluluğunu artıran tuzlu su ile uzun yıllar sulama yapılması nedeniyle ekim dışı bırakılan tuzlu arazilerdir (Zangoie ve ark., 2023).



**Şekil 1.** *Alhagi maurorum*'un toprak üstü kısımları (Sulaiman, 2013).

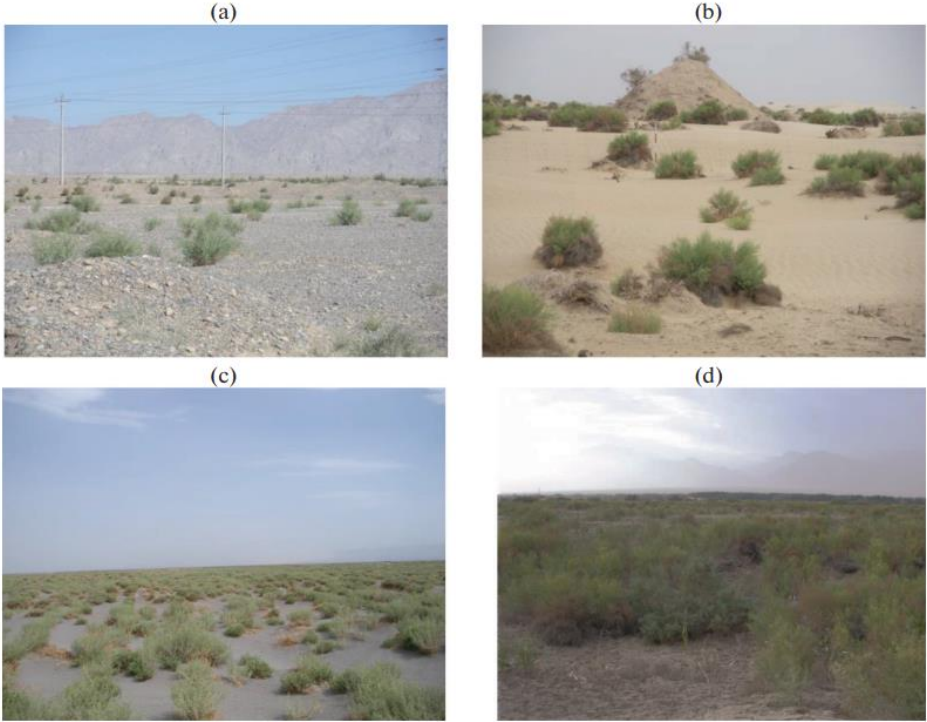
Pirasteh-Anosheh ve ark. (2020), 2019 yılında İran'ın orta kesimlerindeki Ashkezar ve Ardakan bölgelerinde iki kuru tuzlu merada *Alhagi maurorum*'un fenolojisi ve biyokütle üretimi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Bölgeye bağlı olarak, tohumlar Şubat ortasından başına kadar çimlenmekte ve büyümekte, ana gövdeler Şubat sonundan Mart başına kadar büyümeye başlamakta ve dallar Mart ortasından sonuna kadar oluşmaktadır. Çiçekler Nisan ortasından sonuna kadar, meyveler ise Mayıs başından Haziran başına kadar ortaya çıkmıştır. Tohumlar Mayıs sonundan Haziran ortasına kadar olgunlaşmaya başlamıştır. Bitkinin kuruması da en geç yaz sonu ve sonbahar başında gerçekleşmiştir. Bu iki bölgenin tuzlu ve kurak koşullarında, bitkiler yaşam döngüsünü tamamlamış ve bir mera bitkisi için önemli olan ortalama 1404 ve 280 g/m taze ve kuru ağırlık üretmiştir. Nispeten yüksek sürgün nemi (yaklaşık %80) nedeniyle üretilen yemin kalitesi hayvan yemi için kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle *Alhagi maurorum*, sınırlı tatlı su kaynaklarına sahip tuzlu ortamlarda yem üretimi için alternatif bir seçenek olarak düşünülebilir bir tür olarak belirlenmiştir.

Zangoie ve ark. (2023) İran'da iki lokasyonda üç tekrarlı bir saha çalışması yürütmüştür. Faktörler iki seviyede *Alhagi maurorum* ekotipi (Voshmgir ve Korond ekotipleri), iki seviyede bitki yoğunluğu (metrekare başına 10 ve 20 bitki) ve 3 seviyede sulama suyu tuzluluğunu (3.5, 7.5 ve 12 dS/m) içermiştir. Sonuçlar, tuzluluğun 7.5 ds/m'ye çıkarılmasının ham protein yüzdesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, ancak tuzluluğun 12 dS/m'ye çıkarılmasıyla ham proteinin kontrole kıyasla önemli ölçüde azaldığını (%7.2) göstermiştir. Yoğunluğun metrekare başına 10 bitkiden 20 bitkiye çıkarılmasıyla yemde kül önemli ölçüde (%7.5) artmıştır. Birjand lokasyonunda metabolize edilebilir enerji artan bitki sıklığı ile önemli ölçüde (%2.2) artmıştır, ancak Sarbishe'de artan sıklık bu özellik üzerinde etkili olmamıştır. Birjand'daki Voshmgir ekotipi, Korond ekotipinden önemli ölçüde (%11.4) daha fazla asit deterjan lifine sahipken, Sarbishe'de bu ekotipler arasındaki fark önemli olmamıştır. 12 dS/m sulama suyu tuzluluk seviyesinde, bitki yoğunluğunun artması nötr deterjan lifinin azalmasına (%14.5) yol açmıştır. Sulama suyu tuzluluğunun artırılması yem proteininde önemli bir azalmaya yol açmasına rağmen, 12 dS/m sulama suyu tuzluluğunda elde edilen protein miktarı (%12.3) da kabul edilebilir düzeyde olmuştur. Her iki ekotip ve lokasyonda da yüksek sulama suyu tuzluluk seviyeleri, yemin metabolize edilebilir enerjisinde önemli bir azalmaya yol açmamıştır, bu nedenle bu tür ile, tuzlu suyla yetiştirerek uygun kalitede yem üretmek mümkündür. Tuzlu koşullarda, *Alhagi maurorum*'yi yüksek bitki yoğunluğu ile yetiştirmek daha uygundur, çünkü bu durumda yem lifi miktarı azalacak ve yem kalitesi artacaktır.

#### 4. *Alhagi sparsifolia*

*Alhagi sparsifolia*, kuzeybatı Çin'in kurak ve tuzlu bölgelerinde ve Orta Asya'daki komşu ülkelerde doğal olarak dağılmış önemli bir baklagil çalısıdır. *Alhagi sparsifolia* doğal olarak bu bölgedeki kurak alanlarda, özellikle de düşük nispi yağış alan ve yüksek tuzluluk ve alkali topraklara sahip bölgelerde görülür (Zhang ve ark., 2018). *Alhagi sparsifolia*, Batı Çin'de vahalar ve çöller arasındaki kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak dağılım gösteren çok yıllık baskın bir türdür (Liu ve ark., 2013). Kum tepelerini stabilize eder, arazi erozyonunu önler ve bölgedeki kırılgan ekosistemi destekler (Zeng ve ark., 2012). Ayrıca, *Alhagi sparsifolia* bitki örtüsü Kuzeybatı Çin'de, Sincan'daki Taklimakan Çölü'nün güney sınırındaki yerel tarım sisteminin de önemli bir bileşenidir (Siebert ve ark., 2004). *Alhagi sparsifolia* çok yüksek ham protein

içeriğine sahiptir ve vaha bölgesinde çiftlik hayvanları için ana yem kaynağıdır. Bu nedenle, *Alhagi sparsifolia* yerel çiftçilerin büyük sürülerinin kış beslenmesi için özellikle önemlidir ve bu nedenle ciddi sosyoekonomik öneme sahiptir (Li ve ark., 2013).



**Şekil 2.** *Alhagi sparsifolia*'nın a) Luntai-Aksu bölgesinde, b) Hetian-Aral bölgesinde, c) Toksun-Turpan bölgesinde, d) Korla-Luntai bölgesinde (Çin) büyüme durumu (Zhang ve ark., 2018).

*Alhagi sparsifolia*, çiftlik hayvanları için bir yem kaynağı olarak ekonomik öneme sahiptir ve hareketli kumul ortamlarında öncü bir bitki türü olarak ekolojik açıdan önemlidir (Zeng ve ark., 2002). Su tablasına kadar nüfuz edebilen uzun kazık köklere sahiptir, fakir topraklarda koşullara dayanabilir ve geniş çeşitlilik gösteren iklim koşullarında hayatta kalabilir. Azot fiksasyonu bu bitki türünün önemli bir özelliğidir ve doğal olarak yetişen popülasyonlarda değişiklik gösterir. Nodüle edilmiş *Alhagi sparsifolia* bitkilerinin, nodüle edilmemiş bireylerle karşılaştırıldığında nitrat redüktaz aktivitesini düşük olduğu bulunmuştur (Arndt ve ark., 2004).

Çöl baklagili *Alhagi sparsifolia*'nın su ilişkisi Zeng ve ark. (2002)

tarafından Nisan-Eylül 1999 vejetasyon dönemi boyunca Çin'in Sincan Uygur Özerk Bölgesi'ndeki Taklamakan Çölü'nün güney sınırında yer alan Qira vahasında araştırılmıştır. Gün içi su potansiyelinin mevsimsel değişimi, bitkilerin tüm vejetasyon dönemi boyunca iyi su aldığını göstermiştir. Yaz aylarında azalan değerler muhtemelen artan sıcaklıklar, güneşlenme ve dolayısıyla daha yüksek evapotranspiratif talep ile ilişkilendirilmiştir. Basınç-hacim analizinden elde edilen veriler *Alhagi sparsifolia* bitkilerinin kuraklık stresine girmediğini doğrulamış ve ksilem özsü akışı ölçümleri bitkilerinin yaz aylarında büyük miktarlarda su kullandığını göstermiştir. Sel sulamasının bitki su ilişkileri üzerinde hiçbir etkisi olmamıştır, çünkü muhtemelen bitkiler üst toprak katmanlarında sadece birkaç ince kök üretmiştir. Veriler, *Alhagi sparsifolia*'nın hiper-kurak ortama uyum sağlamak için anahtar özellik olan derin kök sistemi sayesinde taban suyunu kullanarak kuraklıktan kaçınan bir tür olduğunu göstermiştir. *Alhagi sparsifolia*'nın büyümesi ve hayatta kalması taban suyuna bağlı olduğundan, taban suyu derinliğindeki değişimlerin minimumda tutulması önemli görülmüştür.

*Alhagi sparsifolia* gibi yerli bitki örtüsü, Taklamakan Çölü'nün güney sınırında artan nüfus ve artan arazi kullanımı nedeniyle son yıllarda ciddi şekilde zarar görmüştür (Li ve ark., 2012). Aşırı hasat ve otlama söz konusudur (Gries ve ark., 2005) ve bu özel tür artık büyük ölçekte yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır (Bruehlheide ve ark., 2010). Bölgede sonbaharda, *Alhagi sparsifolia* bitkileri yerel halk tarafından kışlık hayvan yemi olarak kesilir ve depolanır. Ekonomik ve nüfus artışı nedeniyle, *Alhagi sparsifolia* da dahil olmak üzere Cele Vahası-çöl ekotonundaki doğal bitki örtüsünün daha fazlası son yıllarda kesilmiş ve zemin, öncelikle ilkbaharda gerçekleşen bir faaliyet olan ekin yetiştirmek için hazırlanır olmuştur. *Alhagi sparsifolia* bitki örtüsü tahrip edilmiş ve bu bitkilerden çok azı, eğer varsa, yeniden filizlenerek kesimden ve ardından yapılan ekimden sağ çıkacaktır (Li ve ark., 2012).

Li ve ark. (2012) tarafından *Alhagi sparsifolia* üzerinde 2010 ve 2011 yıllarında kesme ve yakmaya tepki olarak gözlemler alınmıştır. Sonuçlar, ilkbaharda yakmanın sonbaharda kesmeye kıyasla boy ve biyokütleyi önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Dahası, biyokütle ilkbaharda yakma ile ilkbaharda kesmeye göre daha fazla azalmıştır. İlkbaharda yakmanın *Alhagi sparsifolia*'nın büyümesi ve hayatta kalması için bir avantajı görülmemiştir. Sonbaharda kesim, *Alhagi sparsifolia*'nın üretimini ve hayatta kalmasını artırmak için yararlı bir uygulama olarak görünmektedir.

Toprak besin maddesi ve tuzluluğun her ikisi de *Alhagi sparsifolia*'nın bitki büyümesi ve tuz toleransı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, hafif veya orta derecede tuzlu çölde çöl ekosistemi restorasyonu sürecinde kilit nokta, toprak toplam potasyumunun *Alhagi sparsifolia*'nın büyümesi ve tuz toleransı üzerindeki etkisini dikkate almaktır. Topraktaki toplam K ve toplam P, Na<sup>+</sup> emilimi ile pozitif korelasyon göstermektedir; bu da toplam K ve toplam P'nin *Alhagi sparsifolia*'daki Na<sup>+</sup> birikiminin toksitesini hafifletebileceğini göstermektedir. Ayrıca, topraktaki toplam K ve pH, *Alhagi sparsifolia*'daki Cl<sup>-</sup> konsantrasyonu ile negatif korelasyon göstermektedir (Zhang ve ark., 2018).

### 5. *Amorpha fruticosa* (Yalancı çivit)

Odunsu türler Güney Avrupa'da, özellikle de kuru ve yarı kuru Akdeniz iklimine sahip bölgelerde vazgeçilmez hayvan yemi kaynaklarıdır. Bu türler, olumsuz hava koşulları nedeniyle otlak büyümesinin sınırlı olduğu veya uykuda olduğu kış ve özellikle yaz aylarında yem eksikliklerini hafifletebilir, hatta yem boşluklarını doldurabilir. Bunlar arasında çalılıklar ve ormanlık alanlar gibi doğal toplulukların temel bileşenleri olan çeşitli kendiliğinden yetişen çalılar ve ağaçlar bulunmaktadır. Bunlar, geniş alanları kaplarlar ve başta keçiler olmak üzere tüm evcil hayvanlar için otlak alanları oluştururlar. Yem üretimi ve besleyici değeri türler ve çeşitler arasında büyük farklılıklar gösterir. Genel olarak, düşük HP içeriğine sahiptirler ve lif ve kül bakımından yüksektirler. Besin maddesi içerikleri, yaz aylarında daha yüksek lif ve kül konsantrasyonuna ve daha düşük HP içeriğine paralel olarak mevsime göre büyük ölçüde değişir. Bununla birlikte, çoğu türde besin kullanımını sınırlayan ve hayvan performansını düşüren tanenler, alkaloidler, saponinler ve oksalatlar gibi ikincil bileşiklerin varlığı nedeniyle besleyici değerleri her zaman kimyasal bileşimleriyle ilişkili değildir. Yapay plantasyonlar için bir dizi yerli ve yeni tür seçilmiştir. Bunların en önemlileri arasında *Amorpha fruticosa*, *Medicago arborea*, *Atriplex halimus*, *Atriplex nummularia*, *Chamaecytisus proliferus*, *Colutea arborescens*, *Morus alba*, *Robinia pseudoacacia* ve *Gleditsia triacanthos* bulunmaktadır. Tüm bu türler beslenme açısından çoğu spontane türden daha üstündür ve Akdeniz üretim sistemlerine entegre edilmeleri stratejiktir (Papanastasis ve ark., 2008).

*Amorpha fruticosa* yaprak dökken bir çalıdır, 1-6 m boyundadır ve farklı çevresel koşullarda yetişebilir (Blagojevic ve ark., 2015). Kuraklığa dayanıklılığı ve verimsiz koşullar altındaki adaptasyon yetenekleri nedeniyle

Çin'in Loess Platosu'nda yeniden bitkilendirme için yaygın olarak kullanılan bir çalıdır. *Amorpha fruticosa*, kökleri toprak erozyonunun azaltılmasında önemli rol oynadığından, heyelan ve kayalıklardan sonraki alanlarda ve demiryolu setlerindeki toprakların stabilizasyonu için sıklıkla yetiştirilir. Tohum ve emeçleri ile çalı şeklinde bozulmuş ortamlarda da etkili bir şekilde yaşayabilir (Brigic ve ark., 2014).

*Amorpha fruticosa*, Orta ve Doğu Kuzey Amerika'ya özgü baklagil bir çalıdır. Yaz aylarında artan miktarlarda yüksek kalitede yem üretir. Yazın yeşil yem mevcudiyeti, yaprak dökümü nedeniyle kuraklık tarafından büyük ölçüde azaltılır. Orta İtalya'da yıllık KM verimi 4.0-4.8 t/ha olup, kullanılabilir dönemi Temmuz-Ekim ayları arasındadır (Papanastasis ve ark., 2008).

Liu ve ark. (2014), Chongming Adası'nda (Çin) aynı dönemde dikilen 9 bitki türünün yaprak fotosentetik özelliklerini belirleyerek, tuza toleranslı birkaç ağaç ve çalı türünün kıyı polderlerindeki tuzlu alkali toprağa adaptasyonunu araştırmışlardır. Çalışma en yoğun büyüme mevsimlerinde yapılmıştır. *Amorpha fruticosa* türünde fotosentetik parametrelerden Pmax, YAQ ve PLS değerlerinde en yüksek, ancak PLC en düşük olmuştur. Bulgular, yaprak fotosentezi açısından, *Amorpha fruticosa* ve *Robinia pseudoacacia*'nın kıyı polderlerindeki tuzlu alkali toprağa daha uyumlu ağaç ve çalı türleri olduğunu ve bunun kıyı polderlerinde yeniden bitkilendirme için bilimsel bir temel oluşturabileceğini göstermiştir.

## 6. *Astragalus adsurgens*

*Astragalus* cinsinin 1.500-2.000 tür içerdiği tahmin edilmektedir. *Astragalus adsurgens* çok yıllık bir bitkisel baklagildir. Çin'de yem olarak, bitkisel ilaçta, arıcılık bitkisi olarak ve toprağı erozyondan korumak için rüzgar kesici veya örtü bitkisi olarak kullanılmaktadır. Bitki, Çin'in kuzey kesimlerinde su basmış tarlalar, tuzluluk ve kuraklıktan etkilenen topraklar ve hatta çöl gibi farklı ortamlarda yetişir. Arktik ve ılıman bölgelerdeki farklı *Astragalus* türlerinden izolatlar için *Rhizobium*, *Mesorhizobium* ve *Bradyrhizobium*'a ait çeşitli rhizobiler rapor edilmiştir (Gao ve ark., 2001). *Astragalus adsurgens*, Çin'de lezzetli bir baklagil yem bitkisi olarak kullanılmakta ve sadece Çin'in değil, Moğolistan, Kore, Rusya ve Japonya'nın kurak ve yarı kurak çöl bölgelerinde de yaygın olarak yetiştirilmektedir (Guan ve ark., 2013).

Wang ve ark. (2010)'nın çalışmasında, 24 adet birinci nesil (F1) baba ıslah-besili koyun melezleri bir besleme denemesine dahil edilmiştir. Konsantre takviyesi ve silajlık mısır 1/3, 2/3 ve 3/3'ü hiper-alkali-tuzlu çayırlarda yetiştirilen *Astragalus adsurgens*, *Puccinellia distans* ve *Elymus dahuricus*'un çim karışımları ile değiştirilmiştir. Sonuçlar, karışık ot yeminin ortalama günlük kazanç üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir. Kuru ağırlık, organik madde, eter ekstraktı, nötr deterjan lifi ve asit deterjan lifinin sindirimi, karma çim yemi oranının artmasıyla doğrusal olarak azalmıştır. Sindirilebilir azot, tutulan azot ve tutulan/sindirilebilir azot oranı da karma çim yemi oranının artmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır. Sonuçlar, karışık ot yeminin farklı seviyelerinin ortalama günlük kazanç üzerinde hiçbir etkisi olmamasına rağmen, koyunlarda yemin sindirilebilirliğini ve azot kullanımını azalttığını göstermiştir. Koyunlar silajlık mısır ve karışık ot yemi karışımlarıyla beslendiğinde et yüzdeleri ve et-kemik oranı iyileşmiştir.

*Astragalus adsurgens*'e ait 95 izolatın genetik çeşitliliği moleküler biyolojik yöntemler kullanılarak Gao ve ark. (2001) tarafından araştırılmıştır. 31 AFLP ve 38 Rep-PCR genomik grubu tanımlanmış, bu durum izolatlar arasında önemli genetik çeşitliliğe işaret etmiştir. 54 temsili suş, PCR ile güçlendirilmiş 16S ve 23S rDNA'nın RFLP'si ile ayrıca analiz edilmiş ve izolatlar arasında 26 rDNA genotipi ortaya çıkmıştır. Sonuçlar *Astragalus adsurgens* rhizobia'sının *Agrobacterium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* ve *Sinorhizobium* cinslerine ait olduğunu göstermiştir.

### 7. *Derris trifoliata*

Mangrovarlar, tropik ve subtropikal kıyı nehirleri, haliçler ve körfezlerin gelgit bölgelerinde gelişen önemli odunsu bitki topluluklarıdır. Mangrovarlar tropik bölgelerdeki karbon açısından en zengin ormanlar arasındadır (McLeod ve ark., 2011). *Derris trifoliata*, *Leguminosae* familyasına ve *Faboideae* alt familyasına aittir. Mangrovarların yerli bir bitki türüdür, son on yılda örneğin Çin'de bolluğu ve biyokütlesi artmış ve istilacı bir davranış sergilemektedir. *Derris trifoliata*, diğer gölgelik türlerini saran, birbirine dolanmış uzun gövdeler üreten, yaprak dökmeyen bir çalıdır, bu da ışık ve kaynaklar için türler arası yoğun bir rekabete neden olur. Bu türün birçok mangrov bitkisi için öldürücü olduğu kanıtlanmıştır. Çalışmalar, *Derris trifoliata*'nın rekabeti karşısında *Kandelia obovata*'nın biyokütlesinin %36 oranında azaldığını göstermiştir (Zhu ve ark., 2020).

*Derris trifoliata*, her ikisi de çalı türlerinin gelişimi için önemli faktörler olan tuzluluğa ve pH'a karşı geniş toleransı nedeniyle Bangladeş'teki Sundarban mangrov ormanındaki en baskın çalı altı türlerinden biridir (Rashid ve ark., 2008). Artan biyokütle ve asma türlerinin bolluğu, dünya çapındaki tropik ve subtropikal ormanlarda yaygın bir olgudur (Schnitzer ve Bongers, 2011). *Derris trifoliata*, yem ve lif (kordon) üretimi için kullanılan bir hidrohalefitir (Bruning ve Rozema, 2013).



Şekil 3. *Derris trifoliata* (Hui-Min ve ark., 2012)

*Derris trifoliata*, Hindistan kıyılarında da mangrov bitkisi olarak yaygın bulunan tırmanıcı bir baklagil çalısıdır. Çamurluklarda büyüyebilir ve farklı derecelerde tuzluluğa sahip topraklarda hayatta kalabilir. Yaprak ve gövdenin morfo-fizyolojik özellikleri tuzluluğa tolerans özelliklerini doğrular niteliktedir. Saptaki lentiseller, pnömatoforlara benzer şekilde tuzlu bataklıklarda hayatta kalmaya yönelik bir muhtemel bir adaptasyondur. Hayvanlar *Derris trifoliata* yapraklarını kolayca tükettiler, bu da kabul edilebilirliğini gösterir. Yaprakları %16.5 HP, %52.7 NDF, %35.5 ADF ve %23.1 selüloz içerir. Toplam sindirilebilir besin maddeleri (TDN), sindirilebilir enerji (DE) ve metabolize edilebilir enerji (ME) içerikleri sırasıyla %58.7, 2.6 Kcal/g ve 2.1 Kcal/g olup, %61.2 sindirilebilir kuru madde (DDM) ve 108 bağıl yem değeri (RFV) içerir. Bir izoflavonoid olan Rotenon, yapraklarda 0.15 ila 3.87 µg/g arasında değişir düzeydedir ve geniş getiren hayvanlar için güvenli sınırlar dahilindedir. Besleyici değeri yüksek ve yaprak ve gövdedeki rotenon içeriğinin güvenli limitleri olan bu bitkinin kıyı bölgelerine yakın mevcudiyeti, *Derris trifoliata*'yı kıyı bölgeleri için güçlü bir baklagil yem bitkisi yapmaktadır (Antony ve ark., 2020).



## 8. *Glycyrrhiza glabra* (Meyan kökü)

*Glycyrrhiza* cinsi 30 kadar tür içerir ve doğal olarak Avustralya ile birlikte Avrupa, Asya, Kuzey ve Güney Amerika'ya özgüdür. *Fabaceae* familyasından bir tür olan meyan kökü, *Glycyrrhiza glabra* (syn. *Glycyrrhiza glandulifera*; *Glycyrrhiza hirsuta*; *Glycyrrhiza pallida*; *Glycyrrhiza violacea*; *Liquiritia officinarum*), ilk çağlardan beri yenilebilir kökleri ve şifalı bitkileri için doktorlar ve şifacılar tarafından kullanılmıştır. Sakkarozdan 50 kat daha tatlı bir bileşik olan glisirhizin içeren rizomları, anti-bakteriyel, antitümör, antioksidan, antimalaryal, balgam söktürücü, öksürük önleyici, antispazmodik, antiinflamatuvar ve antihiperglisemik özellikler gibi farklı farmakolojik özelliklere sahiptir (Karkanis ve ark., 2018).

*Glycyrrhiza* türlerinin toprak üstü kısımları, çöl otlaklarındaki yüksek kaliteli yem bitkilerindedir ve mükemmel yemlik baklagiller olarak kabul edilirler. *Glycyrrhiza* türleri aynı zamanda çöl ve yarı çöl alanlarında toprak ve suyun korunması, toprağın iyileştirilmesi, rüzgar kesiciler oluşturma ve kumun sabitlenmesi açısından da önemli bitkilerdir (Wang ve ark., 2017).

"*Glycyrrhiza*" adı, oleanan tipi "triterpen saponin glisirhizin" varlığından sonra Yunanca "glukurhiza" kelimesinden (glukus 'tatlı' + rhiza 'kök' kelimesinden) türetilmiştir (Hosseini ve ark., 2018). *Glycyrrhiza glabra*'nın tarımda potansiyel kullanımları şunlardır: yem bitkisi, örtü bitkisi, tıbbi mahsul ve bitki iyileştirici (phytomeliorant). Kök sistemi, pek çok baklagil bitkisinde olduğu gibi iki tiptir. Köklerin bir kısmı dikey kök veya kazık kökten oluşurken, diğer kısmı toprak yüzeyinin altındaki kökten atılan yatay rizomlardan veya stolonlardan oluşur. Bu yatay kökler, yaprak tomurcuklarıyla donatılır ve bitki gelişiminin sonraki yıllarında çeşitli saplar üretirler. Uzun yatay stolonların yanı sıra çok yıllık aşağıya doğru uzanan kökler de kullanım için korunur. Her kök, kısıtlanmadığı takdirde 90 ila 120 cm derinliğe ulaşabilir ve 10 m'ye kadar uzayabilir. Bitkiler 90-180 cm boyunda büyür, pinnat yaprakları yaklaşık 7-15 cm uzunluğundadır ve 9-17 alternatif dikdörtgen ile mızrak şeklinde yaprakçık bulunur. Çapraz tozlaşan entomofil bir bitkidir. Haziran-Temmuz aylarında çiçek açar; çiçekler 0.8-1.2 cm uzunluğunda, mordan soluk beyazımsı maviye kadar gevşek bir çiçek salkımına sahiptir. Meyve, 3-5 cm uzunluğunda, içinde birkaç tohum bulunan dikdörtgen bir bakladır. Tohum çimlenmesi düşük ve düzensiz olduğundan tohumların kazınması tavsiye edilir (Titei ve ark., 2017).

Bitki, tıbbi amaçlarla ve hayvancılık için yem kaynağı olarak kullanıldığı

için Asya'da yaygın olarak yetiştirilmektedir. Beş meyan kökü türünün Özbekistan'ın Hungry Bozkırlarının iklim ve edafik koşullarına iyi adapte olduğu bulunmuş ve tıbbi amaçlarla işlenebilecek kök materyali ile birlikte büyük miktarda yem ürettiği gösterilmiştir (Kushiev ve ark., 2005). Şifalı bir bitki olarak kabul edilen meyan kökü, geleneksel İran tıbbında ve ilaç endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca meyan kökü, bu ülkede de hayvanların beslenmesinde kaynak olarak kullanılan bir yem bitkisidir (Shamsutdinov, 2002).

*Glycyrrhiza glabra*, *Glycyrrhiza uralensis* ve *Glycyrrhiza inflata* gibi *Glycyrrhiza* türlerinin tuzluluk, kuraklık, soğuk ve sıcaklık gibi olumsuz çevresel streslere tolerans gösterebildiği gösterilmiştir (Egamberdieva ve Mamedov, 2015; Behdad ve ark., 2020). Ayrıca raporlarda meyan kökünün terk edilmiş tuzlu toprakların ıslahı için kullanıldığı belirtilmektedir (Egamberdieva ve Mamedov, 2015). Öte yandan meyan kökünün ekonomik ve tıbbi önemi ve aşırı hasat nedeniyle neslinin tükenme riski, ekimi ve ıslahının gerekliliğini daha da ön plana çıkarmıştır (Hosseini ve ark., 2018; Esmaili ve ark., 2019).

Kuzey-Batı Himalayalar'daki dört farklı yerden toplanan *Glycyrrhiza glabra*'nın dokularından toplam 266 endofitik mantar izolatu izole edilmiştir (Arora ve ark., 2019).

Hosseini ve ark. (2022)'nin çalışmasında, tarlada yetiştirilen beş farklı *Glycyrrhiza glabra* genotipinin iki tuzluluk seviyesiyle (75/37.5/37.5 ve 150/75/75 mM NaCl/CaCl<sub>2</sub>/MgSO<sub>4</sub>) sulanmasının etkileri çalışılmıştır. Tuzluluk, yaprak ve kök biyokütlesinde ve yaprağın bağıl su içeriğinde azalmaya, yaprak antioksidan enzim aktivitesinde artışa (peroksidaz, süperoksit dismutaz ve polifenol oksidaz) ve yaprak ve köklerde ozmolit seviyelerinde (çözünür şekerler, glisin betain ve prolin) artışlara yol açmıştır. Tuzluluk, muhtemelen kök biyokütlesindeki büyük azalmaların bir sonucu olarak, üç genotipte kök glisirizin konsantrasyonlarında ve hepsinde glisirizin içeriğinde azalmalara neden olmuştur (yoğun tuzlulukta %26 ila %73 arasında değişen azalmalar). Glisirizin içeriği genotiplerden birinde ('Kerman') tuzluluktan yalnızca orta derecede etkilenmiştir. Tuzluluğa toleranslı bu genotipte, bazı glisirizin biyosentez genlerinin (bAS, SQS1, SQS2, CYP72A154, CYP88D6 ve UGT73) ekspresyonu tuzlulukla artmış, ancak bu, glisirizin içeriğinde artışa neden olmamıştır. Bu sonuçlar meyan kökünün genetik geçmişinin glisirizin içeriğini ve tuzluluk stresine tepkisini etkilediğini ve ayrıca incelenen genotiplerden birinin tuzluluktan etkilenen topraklarda çiftçiler tarafından

kullanılabileceğini göstermiştir.

Behdad ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, NaCl'nin altı düzeyinin (0, 100, 200, 400, 600 ve 800 mM) *Glycyrrhiza glabra* büyümesi, osmolit içeriği, oksidatif stres belirteçleri, antioksidan enzim aktiviteleri, K<sup>+</sup> üzerine etkileri araştırılmıştır. K<sup>+</sup> / Na<sup>+</sup> oranı, glisirizin içeriği ve glisirizin biyosentezinin gen ekspresyonu (bAS, CYP88D6 ve CYP72A154), iki popülasyonun meyankökü rizomlarında araştırılmıştır. Sonuçlar, tuz stresinin büyüme parametrelerini giderek azalttığını ve rizomlardaki prolin konsantrasyonlarını arttırdığını göstermiştir. K<sup>+</sup> / Na<sup>+</sup> oranı tuzluluk altında kontrollere göre önemli bir azalma göstermiştir. Tuz stresi, artan lipid peroksidasyonu ve hidrojen peroksit konsantrasyonları ve antioksidan enzimlerin (yani askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz) aktivitelerinin artmasıyla gösterildiği gibi rizomlar üzerinde oksidatif strese neden olmuştur. Glisirizin içeriği yalnızca 100 ve 200 mM NaCl uygulamaları altında artmıştır. 100 mM NaCl'nin uygulanması, triterpenoid saponinlerin biyosentezinde yer alan anahtar genlerin ekspresyonunu yukarı doğru düzenlemiş ve glisirizin üretimini doğrudan arttırmıştır. Buna göre *Glycyrrhiza glabra* halofit bir bitki olarak tanımlanmıştır.

Titei ve ark. (2017)'nin çalışmasında, monokültür olarak yetiştirilen yerel üç yaşındaki meyankökü (*Glycyrrhiza glabra*) ekotipi 23 gün sonra vejetasyona başlamış, bitkiler orta derecede büyüme ve gelişme oranlarına sahip olmuş, bu da haziran ayı sonunda biçime olanak sağlamış, yeşil kütle verimi 4.4 kg/m<sup>2</sup>'ye ulaşmıştır. Meyan kökü yemi hücre duvarı içeriği 485 g/kg NDF ve 323 g/kg ADF'ye sahip olmuş ve bağıl yem değeri 122, kuru madde sindirilebilirliği %65.40 ve organik madde sindirilebilirliği %56.7 ile iyi kalite olarak sınıflandırılmıştır.

### 9. *Glycyrrhiza inflata*

*Glycyrrhiza inflata*, kış ve ilkbahar mevsimlerinde mükemmel bir yem kaynağı olarak veya kurak ve yarı kurak bölgelerde yardımcı yem olarak kullanılmaktadır. Araştırmalar, *Glycyrrhiza inflata*, *Glycyrrhiza glabra* ve *Glycyrrhiza uralensis* gibi *Glycyrrhiza* türlerinin yüksek tuzluluk, kuraklık, soğuk ve sıcak gibi olumsuz çevresel stres faktörlerine dayanma yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çok sayıda çalışma meyan kökünün ıssız tuzlu toprakların rehabilitasyonunda kullanıldığını ve bu nedenle meyan kökü yetiştirilmesinin ve ıslahının önemini vurgulamaktadır (Hosseini ve ark.,

2018; Arora ve ark., 2019).

ABA ve bitki hormonu sinyal iletim yolları, *Glycyrrhiza inflata* köklerinin tuz stresine karşı toleransını arttırmada olumlu rol oynar (Zhang ve ark., 2024). Tuz stresi altında,  $\text{NO}_3^-$  alımı,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının ksileme yüklenmesi, ksilemden boşaltılması ve  $\text{Na}^+$  ile  $\text{NO}_3^-$  iyonlarının vakuolar bölümlenmesi için anahtar genler köklerde yukarı doğru düzenlenirken, vakuolar  $\text{K}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonları için daha yüksek gen ekspresyonu gerçekleşir. Önemli tıbbi, ekonomik ve yem değerlerine sahip meyan kökü cinsinin çok yönlü bir endüstriyel ve yem bitkisi olan *Glycyrrhiza inflata*'nın yapraklarında tuz hapsi gözlemlenmiştir (Cai ve ark., 2023).

Cai ve ark. (2023), şiddetli tuzlu habitatlara mükemmel uyum sağlayan bir meyan kökü türü olan *Glycyrrhiza inflata*'nın ozmotik ayarlama mekanizmasını araştırdıkları bir çalışma yürütmüşlerdir. *Glycyrrhiza inflata* ile çoğunlukla hafif tuzlu bölgelerde yetişen bir başka meyan kökü türü olan *Glycyrrhiza uralensis* türlerinde majör osmolitlerin birikmesi karşılaştırılmıştır. Sonuçlar *Glycyrrhiza inflata*'nın *Glycyrrhiza uralensis*'e göre daha güçlü tuz toleransı sergilediğini göstermiştir. *Glycyrrhiza uralensis* ile karşılaştırıldığında *Glycyrrhiza inflata*, köklerde daha yüksek prolin, betain ve çözünür şeker içeriğinin yanı sıra  $\text{Na}^+$  ve  $\text{NO}_3^-$  biriktirmiş ve bu arada, tuz stresi altında ozmotik ayarlama için yapraklarda daha yüksek konsantrasyonlarda  $\text{K}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonları biriktirmiştir. Transkriptom ve kantitatif ters transkripsiyon polimeraz zincir reaksiyonunu birleştiren analiz, bu organik osmolitlerin biyosentezinden sorumlu olan genlerin,  $\text{NO}_3^-$  alımından, ksilem boşaltmasından ve  $\text{Na}^+$  iyonunun vakuolar hapsinden sorumlu olduğunu göstermiştir. Tuz stresi altında *Glycyrrhiza inflata*'da köklerde  $\text{K}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin ksilem yüklenmesinde ve yapraklarda boşluklu  $\text{K}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  bölümlenmesinde anahtar genlerin daha yüksek ekspresyon seviyeleri işlev gördüğü gözlenmiştir.

## 10. *Hedysarum carnosum*

*Hedysarum*, dünya çapında yaklaşık 300 türün dağıldığı *Hedysareae* kabilesi içindeki büyük bir cinstir (Kishinevsky ve ark., 2003). Bu cinsin bitkileri tek yıllık veya çok yıllık bitkilerdir ve deniz kıyıları veya çöller gibi çeşitli habitatlarda bulunurlar. Bu nedenle, çok geniş bir çeşitlilik yelpazesi ile karakterize edilir. *Hedysarum* türlerinin tarımının pek çok avantajı vardır. Yetiştirilmesinin ana nedenleri hayvan yemi, toprağın iyileştirilmesi ve korunması, bal üretimi ve gübre kullanımının azaltılmasıdır (Slim ve ark.,

2018).

*Hedysarum carnosum*, Tunus ve Cezayir'e özgü, kurak ve yarı kurak iklimlere iyi adapte olmuş ve toprak/su tuzluluğuyla başa çıkma konusunda orta derecede yeteneğe sahip, tek yıllık bir baklagildir. Bir yem türü olarak besin değeri *Medicago*, *Plantago* ve *Rhanterium* spp. gibi diğer pastoral bitkilerle karşılaştırılabilir düzeydedir. Kuzey Afrika'nın kurak bölgelerinde yetişir. Atmosferik azot fiksasyonu yoluyla toprak verimliliğini artırma kapasitesiyle de karakterize edilir. Aslında bu tür, doğal yem kaynaklarının eksikliğini telafi etmek ve düşük verimliliğe ve/veya yüksek tuzluluğa sahip, bozulmuş arazilerden yararlanmak için kullanılır. Örneğin Tunus sabkhalalarında birçok *Hedysarum* türü halofitlerle birlikte büyür. *Hedysarum carnosum*'un orta derecede tuzluluğu (100 mM) tolere edebilen bir glikofit olması, toprak verimliliğinin iyileştirilmesinde ve diğer yem türlerinin hayatta kalmasının zor olduğu tuzlu meralarda olası kullanımını akılcı hale getirmektedir (Kouas ve ark., 2010).

Bakır ve ark. (2023), *Hedysarum* cinsine ait üç baklagil türünün yem üretimi ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Cezayir vahalarında Sahra bölgesinin tarımsal-ekolojik koşullarında yetiştirilmekte olan *Hedysarum carnosum*, *Hedysarum koronarium* ve *Hedysarum flexuosum* türlerini, marjinal alanlara iyi uyum sağladıklarından dolayı seçmişlerdir. Türlerin tohumları Cezayir'in farklı bölgelerinden toplanmıştır. Deneme, 2020 sonbaharında alkalın pH = 8.3 olan kumlu toprakta gerçekleştirilmiştir. *Hedysarum carnosum*, *Hedysarum flexuosum* ve *Hedysarum koronarium* sırasıyla 2.93, 3.18 ve 3.29 t KM/ha gibi çok önemli miktarda kuru yem verimi üretmişlerdir.

## 11. Sonuç

Yeni bir türle üretim döngüsüne girmenin ilk adımı fenoloji ve biyokütle üretiminin tüm yönlerini belirlemektir. Kurak bölgelerde tuz stresi, kuraklık ve yüksek UV-B radyasyonu (280-320 nm), bitki büyümesini ve hayatta kalmasını etkileyen en önemli çevresel faktörlerdir. Bitkilerin bu abiyotik streslere tepkisiyle ilişkili moleküler mekanizmaları ve ilgili genleri araştırmak, yüksek adaptasyona sahip yem bitkileri ve mahsullerin geliştirilmesi için önemli bir temel oluşturabilir. Bu çalışmaların farklı bitki yoğunluklarında ve baklagiller için düşük doz takviye gübre uygulamaları altında yapılması faydalı olacaktır.

Toprak besin maddesi (K ve P) ve tuzluluk, tuzlu topraklarda bitki büyümesi ve yerli çok yıllık baklagillerin tuz toleransı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Toprağın toplam K ve toplam P'si, Na<sup>+</sup> emilimiyle pozitif korelasyon gösterir. Bu, toplam K ve toplam P'nin, bazı türlerde Na<sup>+</sup> birikiminin toksisitesini hafifletebileceğini göstermektedir.

Baklagil popülasyonları arasındaki genetik özelliklerdeki farklılıklar, bireysel bitkilerin çevresel koşullara plastik tepkisi, çöldeki ve tuzdan etkilenen peyzajlardaki N<sub>2</sub> fiksasyonu modelleri, baklagil bitki türlerinin kurak alanlardaki toprakları nasıl zenginleştirdiğine dair anlayışımızı artırabilecek mekanizmaların aydınlatılmasına yardımcı olabilir. Stres tepkisi genlerinin yanı sıra simbiyoz genlerinin daha fazla araştırılması, mesorhizobia-baklagil simbiyozunun anlaşılmasına ve daha etkili mesorhizobia aşılama yöntemlerinin geliştirilmesine kesinlikle katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKLAR

- Antony, E., Sridhar, K., Singh, S., Dikshit, N., & Sahay, G. (2020). *Derris trifoliata* Lour: a legume fodder shrub for the coastal regions of India. *Range Management and Agroforestry*, 41(2), 351-357.
- Arndt, S. K., Kahmen, A., Arampatsis, C., Popp, M., & Adams, M. (2004). Nitrogen fixation and metabolism by groundwater-dependent perennial plants in a hyperarid desert. *Oecologia*, 141, 385-394.
- Arora, P., Wani, Z. A., Ahmad, T., Sultan, P., Gupta, S., & Riyaz-Ul-Hassan, S. (2019). Community structure, spatial distribution, diversity and functional characterization of culturable endophytic fungi associated with *Glycyrrhiza glabra* L. *Fungal Biology*, 123(5), 373-383.
- Bakir, M., Ammar, K. S., Ali, S., & Baelhadj, H. A. (2023). Agronomic and functional traits of some species of *Hedysarum* genus cultivated in a new habitat of Algeria under irrigation. *Forage Res.*, 49(1), 39-47.
- Behdad, A., Mohsenzadeh, S., Azizi, M., & Moshtaghi, N. (2020). Salinity effects on physiological and phytochemical characteristics and gene expression of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations. *Phytochemistry*, 171, 112236.
- Bennett, S. J., & Virtue, J. G. (2005). Salinity mitigation versus weed risks-can conflicts of interest in introducing new plants be resolved? *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(12), 1141-1156.
- Blagojevic, M., Konstantinović, B., Samardžić, N., Kurjakov, A., & Orlović, S. (2015). Seed bank of *Amorpha fruticosa* L. on some ruderal sites in Serbia. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 5(2), 122-128.
- Brigic, A., Vujčić-Karlo, S., Kepčija, R. M., Stančić, Z., Alegro, A., & Ternjej, I. (2014). Taxon specific response of carabids (*Coleoptera*, *Carabidae*) and other soil invertebrate taxa on invasive plant *Amorpha fruticosa* in wetlands. *Biological Invasions*, 16, 1497-1514.
- Bruelheide, H., Vonlanthen, B., Jandt, U., Thomas, F. M., Foetzki, A., Gries, D., ... & Runge, M. (2010). Life on the edge-to which degree does phreatic water sustain vegetation in the periphery of the Taklamakan Desert? *Applied Vegetation Science*, 13(1), 56-71.
- Bruning, B., & Rozema, J. (2013). Symbiotic nitrogen fixation in legumes: perspectives for saline agriculture. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 134-143.
- Cai, M. M., He, Z. H., Lin, Z. R., Nie, G. B., Li, X. Y., Liu, H. S., & Ma, Q.

- (2023). Comparative physiological, transcriptome, and qRT-PCR analysis provide insights into osmotic adjustment in the licorice species *Glycyrrhiza inflata* under salt stress. *Crop Science*, 63(3), 1442-1457.
- Egamberdieva, D., & Mamedov, N. A. (2015). Potential use of Licorice in phytoremediation of salt affected soils. *Plants, Pollutants and Remediation*, 309-318.
- Esmaeili, H., Karami, A., Hadian, J., Saharkhiz, M. J., & Ebrahimi, S. N. (2019). Variation in the phytochemical contents and antioxidant activity of *Glycyrrhiza glabra* populations collected in Iran. *Industrial Crops and Products*, 137, 248-259.
- Evans, P. M., & Kearney, G. A. (2003). *Melilotus albus* (Medik.) is productive and regenerates well on saline soils of neutral to alkaline reaction in the high rainfall zone of south-western Victoria. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(4), 349-355.
- Gao, J., Terefework, Z., Chen, W., & Lindström, K. (2001). Genetic diversity of rhizobia isolated from *Astragalus adsurgens* growing in different geographical regions of China. *Journal of Biotechnology*, 91(2-3), 155-168.
- Gries, D., Foetzki, A., Arndt, S. K., Bruelheide, H., Thomas, F. M., Zhang, X., & Runge, M. (2005). Production of perennial vegetation in an oasis-desert transition zone in NW China-allometric estimation, and assessment of flooding and use effects. *Plant Ecology*, 181, 23-43.
- Guan, X. K., Zhang, X. H., Turner, N. C., Xu, B. C., & Li, F. M. (2013). Two perennial legumes (*Astragalus adsurgens* Pall. and *Lepedeza davurica* S.) adapted to semiarid environments are not as productive as lucerne (*Medicago sativa* L.), but use less water. *Grass and Forage Science*, 68(3), 469-478.
- Hosseini, M. S., Ebrahimi, M., Abadía, J., Kadkhodaei, S., & Amirian, R. (2022). Growth, phytochemical parameters and glycyrrhizin production in licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) grown in the field with saline water irrigation. *Industrial Crops and Products*, 177, 114444.
- Hosseini, M. S., Samsampour, D., Ebrahimi, M., Abadía, J., & Khanahmadi, M. (2018). Effect of drought stress on growth parameters, osmolyte contents, antioxidant enzymes and glycyrrhizin synthesis in licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) grown in the field. *Phytochemistry*, 156, 124-134.
- Hui-Min, X., Fung-Yee, T., Peng-Yuan, L., Qi-Jie, Z., Wen-Bo, L., & Hua-Lin, X. (2012). The exploitation of new energy plant from mangrove.



- Journal of Renewable and Sustainable Energy, 4(6).
- Jiang, H., Fang, L., Zhou, X., & Li, S. (2014). Improve alfalfa silage quality by adding *Alhagi sparsifolia* Shap in initial bloom stage. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 30(17), 328-335.
- Karkanis, A., Martins, N., Petropoulos, S. A., & Ferreira, I. C. (2018). Phytochemical composition, health effects, and crop management of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.): A medicinal plant. Food Reviews International, 34(2), 182-203.
- Kishinevsky, B. D., Nandasena, K. G., Yates, R. J., Nemas, C., & Howieson, J. G. (2003). Phenotypic and genetic diversity among rhizobia isolated from three *Hedysarum* species: *H. spinosissimum*, *H. coronarium* and *H. flexuosum*. Plant and Soil, 251, 143-153.
- Kouas, S., Slatni, T., Salah, I. B., & Abdelly, C. (2010). Eco-physiological responses and symbiotic nitrogen fixation capacity of salt-exposed *Hedysarum carnosum* plants. African Journal of Biotechnology, 9(44), 7462-7469.
- Kushiev, H., Noble, A. D., Abdullaev, I., & Toshbekov, U. (2005). Remediation of abandoned saline soils using *Glycyrrhiza glabra*: A study from the Hungry Steppes of Central Asia. International Journal of Agricultural Sustainability, 3(2), 102-113.
- Li, H., Zeng, F., Gui, D., Zhang, L., Song, C., Luo, W., & Peng, S. (2012). Effects of cutting and burning on regeneration of *Alhagi sparsifolia* Shap. on the southern fringe of the Taklamakan Desert, North-west China. The Rangeland Journal, 34(4), 389-397.
- Li, M., Petrie, M. D., Tariq, A., & Zeng, F. (2021). Response of nodulation, nitrogen fixation to salt stress in a desert legume *Alhagi sparsifolia*. Environmental and Experimental Botany, 183, 104348.
- Liu, B., Zeng, F. J., Arndt, S. K., He, J. X., Luo, W. C., & Song, C. (2013). Patterns of root architecture adaptation of a phreatophytic perennial desert plant in a hyperarid desert. South African Journal of Botany, 86, 56-62.
- Liu, Q., Zhong, Q., Cao, L., Wang, L., Lu, Y., & Wang, K. (2014). Comparison in photosynthetic characteristics of several salt-tolerant species of trees and shrubs in coastal polders. Journal of Ecology and Rural Environment, 30(1), 113-118.
- Masters, D. G., Norman, H. C., & Dynes, R. A. (2001). Opportunities and limitations for animal production from saline land. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 14(SPI), 199-211.

- Mcleod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M., ... & Silliman, B. R. (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO<sub>2</sub>. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552-560.
- Meyer, D. W. (2005). Sweetclover production and management. North Dakota State University, NDSU Extension Service, Fargo, pp 1-10.
- Nair, R. M., Whittall, A., Revell, D. K., Dowling, K., Hughes, S., Craig, A. D., & Auricht, G. C. (2006). Effect of defoliation stress on 2-hydroxy cinnamic acid content at different growth stages in *Melilotus albus*. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1601-1603.
- Nichols, P. G. H., Craig, A. D., Rogers, M. E., Albertsen, T. O., Miller, S. M., McClements, D. R., ... & Dear, B. S. (2008). Production and persistence of annual pasture legumes at five saline sites in southern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(4), 518-535.
- Nichols, P. G. H., Loi, A., Nutt, B. J., Evans, P. M., Craig, A. D., Pengelly, B. C., ... & You, M. P. (2007). New annual and short-lived perennial pasture legumes for Australian agriculture-15 years of revolution. *Field Crops Research*, 104(1-3), 10-23.
- Nichols, P. G. H., Malik, A. I., Stockdale, M., & Colmer, T. D. (2009). Salt tolerance and avoidance mechanisms at germination of annual pasture legumes: importance for adaptation to saline environments. *Plant and Soil*, 315, 241-255.
- Nikfam, F., Baghestani, M. A., Mirvakili, S. M., & Meighani, F. (2013). Investigating of phenological stages of camelthorn (*Alhagi pseudoalhagi* L.) in Yazd Province. *Journal of Weed Ecology*, 1(1), 1-8.
- Papanastasis, V. P., Yiakoulaki, M. D., Decandia, M., & Dini-Papanastasi, O. (2008). Integrating woody species into livestock feeding in the Mediterranean areas of Europe. *Animal Feed Science and Technology*, 140(1-2), 1-17.
- Pirasteh-Anosheh, H. (2020). Breaking seed dormancy of camelthorn (*Alhagi maurorum*) using different treatments and salinity tolerance threshold level evaluation at germination stage. *Iranian Journal of Seed Research*, 7(1), 181-192.
- Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G. H., & Parnian, A. (2020). Forage resources in arid and saline environments of central Iran: production potential and

- phenology of *Alhagi maurorum*. Journal of Natural Resource Conservation and Management, 1(2), 125-130.
- Rashid, S. H., Reinhard, B., Hossain, A. B. M. E., & Khan, S. A. (2008). Undergrowth species diversity of Sundarban mangrove forest (Bangladesh) in relation to salinity. Ber. Inst. Landschafts-Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, 17, 41-56.
- Rogers, M. E., Colmer, T. D., Frost, K., Henry, D., Cornwall, D., Hulm, E., ... & Craig, A. D. (2008). Diversity in the genus *Melilotus* for tolerance to salinity and waterlogging. Plant and Soil, 304, 89-101.
- Rogers, M. E., Colmer, T. D., Nichols, P. G. H., Hughes, S. J., Frost, K., Cornwall, D., ... & Craig, A. D. (2011). Salinity and waterlogging tolerance amongst accessions of messina (*Melilotus siculus*). Crop and Pasture Science, 62(3), 225-235.
- Schnitzer, S. A., & Bongers, F. (2011). Increasing liana abundance and biomass in tropical forests: emerging patterns and putative mechanisms. Ecology Letters, 14(4), 397-406.
- Shamsaddin Saied, M. (2023). Study the effect of drought and salinity stresses on germination and early growth seedling of camelthorn native of Razavi Khorasan province (*Alhagi maurorum*). Iranian Journal of Seed Science and Technology, 12(1), 29-40.
- Shamsutdinov, N. Z. (2002). Cropping of *Glycyrrhiza glabra* on the secondary salinity soils. Prospects for Saline Agriculture, 411-414.
- Siebert, S., Gries, D., Zhang, X., Runge, M., & Buerkert, A. (2004). Non-destructive dry matter estimation of *Alhagi sparsifolia* vegetation in a desert oasis of Northwest China. Journal of Vegetation Science, 15(3), 365-372.
- Slim, S., Harbeg, L., Amir, H., Hassan, S., Moyo, H. P., & Louhaichi, M. (2018). Farmers' adoption of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) cultivation as an alternative livestock feed. Range Management and Agroforestry, 39(2), 274-280.
- Smith, G. R., Evers, G. W., Ocumpaugh, W. R., Forbes, T. D. A., Ong, K., & Foster Malone, J. (2017). Registration of 'Silver River' sweetclover. Journal of Plant Registrations, 11(2), 112-115.
- Sulaiman, G. M. (2013). Antimicrobial and cytotoxic activities of methanol extract of *Alhagi maurorum*. Afr J Microbiol Res, 7(16), 1548-57.
- Titei, V., Andreoiu, A. C., Teleuță, A., Guțu, A., Coșman, S., & Coșman, V. (2017). Agro biological peculiarities and biomass quality of liquorice, *Glycyrrhiza glabra*, under the conditions of Moldova. Lucrări

- Științifice – vol. 60(2)/2017, seria Agronomie.
- Wang, C., Liu, Q., Dong, K. H., Zhao, X., Liu, S. Q., He, T. T., & Liu, Z. Y. (2010). Effects of mixed-grass feed from hyper-alkali-saline grasslands on daily intake, average daily gain, digestion and slaughter characteristics of sheep. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 18(6), 1284-1288.
- Wang, L., Ren, G., Chen, M., Chen, J., & Liu, C. (2017). Cloning and molecular evolution of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase gene (NCED3) in six species of *Glycyrrhiza* L. *Journal of Traditional Chinese Medical Sciences*, 4(4), 357-365.
- Weber, D. J., & Hanks, J. (2006). Salt tolerant plants from the Great Basin region of the United States. In *Ecophysiology of high salinity tolerant plants* (pp. 69-106). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Zabala, J. M., Marinoni, L., Giavedoni, J. A., & Schrauf, G. E. (2018). Breeding strategies in *Melilotus albus* Desr., a salt-tolerant forage legume. *Euphytica*, 214, 1-15.
- Zabala, J. M., Schrauf, G., Baudracco, J., Giavedoni, J., Quaino, O., & Rush, P. (2012). Selection for late flowering and greater number of basal branches increases the leaf dry matter yield in *Melilotus albus* Desr. *Crop and Pasture Science*, 63(4), 370-376.
- Zangoie, M., Parsa, S., Jami Al-Ahmadi, M., & Izanloo, A. (2023). Effect of irrigation water salinity and plant density on forage quality of two camelthorn (*Alhagi camelorum* Fisch.) ecotypes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 16(4), 987-1004.
- Zeng, F., Zhang, X., Foetzki, A., Li, X., Li, X., & Runge, M. (2002). Water relation characteristics of *Alhagi sparsifolia* and consequences for a sustainable management. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 45, 125-131.
- Zeng, F. J., Lu, Y., Guo, H. F., Liu, B., Zeng, J., & Zhang, L. G. (2012). Ecological characteristics of *Alhagi sparsifolia* Shap. seedling roots under different irrigation treatments. *Russian Journal of Ecology*, 43, 196-203.
- Zhang, B., Gui, D., Gao, X., Shareef, M., Li, L., & Zeng, F. (2018). Controlling soil factor in plant growth and salt tolerance of leguminous plant *Alhagi sparsifolia* Shap. in saline deserts, Northwest China. *Contemporary Problems of Ecology*, 11, 111-121.
- Zhang, L., Li, W., Li, Y., Chen, B., Wang, S., Ma, Z., ... & Niu, Y. (2024). Overexpression of GiLEA5-2.1, a late embryogenesis abundant gene

LEA3 from *Glycyrrhiza inflata* Bat., enhances the drought and salt stress tolerance of transgenic tobacco (*Nicotiana benthamiana*). *Industrial Crops and Products*, 211, 118308.

Zhu, Y., Liu, K., Liu, L., Myint, S. W., Wang, S., Cao, J., & Wu, Z. (2020). Estimating and mapping mangrove biomass dynamic change using WorldView-2 images and digital surface models. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 2123-2134.

## BÖLÜM 13

### *Faboideae* Alt familyası - II

(**Familya:** *Fabaceae*)

Doç. Dr. Gülşah BENGİSU<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583073>

---

<sup>1</sup> Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

**E-Mail:** [gbengisu@hotmail.com](mailto:gbengisu@hotmail.com)

Orcid ID: 0000-3031-2140-0110



### 1. *Trifolium fragiferum* (Çilek yoncası)

*Fabaceae* familyasının *Trifolium* cinsi dünyanın en verimli mera türlerinin çoğunu içerir. Dağılımı dünyanın ılıman ve subtropikal bölgelerine kadar uzanır; özellikle Akdeniz bölgesi birçok türün kökenidir (Rogers ve ark., 2010). Ancak bu cinsin içerdiği 237 türden yalnızca yaklaşık 21 türün ticari ölçekte tarımı yapılmıştır (Nichols ve ark., 2007). *Trifolium* spp. toprak azotunu sabitleme yeteneği, üstün besin değerleri ve otlayan hayvanların performansının artmasına katkıda bulunan gönüllü yem alım özellikleri nedeniyle otlak sistemlerinde son derece önemli role sahiptir (Frame ve Laidlaw, 2007). *Trifolium* spp., özellikle eşlik eden çim türlerinin veya *Medicago* ve *Melilotus* gibi baklagil cinsinin diğer bazı türlerinin tuz toleransıyla karşılaştırıldığında genellikle tuzluluğa duyarlı olarak sınıflandırılır (Rogers ve ark., 2008). Ancak türler arasında tuz toleransı seviyelerinde farklılıklar bulunmaktadır ve tuza toleranslı türlerin belirlenmesi için çabalar sarfedilmektedir (Rogers ve ark., 2010).

Tek yıllık bitkilerle karşılaştırıldığında çok yıllık baklagiller, toprak suyunu daha derinden ve daha uzun süre kullanarak kurak alan tuzluluğunun artan su tablasından kaynaklanan zararlı etkilerini azaltabilir (Fillery ve Poulter, 2006; Ward ve Micin, 2006). Bu avantajlara rağmen, yalnızca üç ılıman çok yıllık baklagil, yonca (*Medicago sativa*), ak üçgül (*Trifolium repens*) ve daha az ölçüde çayır üçgülü (*Trifolium pratense*), yaygın olarak ekilmektedir (Dear ve ark., 2003). Alternatif baklagillerin sayısını ve alanını genişletmenin gereklilikleri şunlardır: 1) padoklardaki çeşitli ekolojik nişleri doldurma ihtiyacı; 2) zararlılara ve hastalıklara karşı daha iyi koruma ve 3) sürdürülebilir toprak yönetiminin iyileştirilmesi (Smith ve ark., 2023).

Çok yıllık, geniş yapraklı, secdeli bir baklagil bitkisi olan çilek üçgülü (*Trifolium fragiferum*), iklimin çoğunlukla düşük yağışlarla karakterize olduğu, yazın yüksek, kışın ise düşük sıcaklıkların söz konusu olduğu Akdeniz bölgesinin çayır, mera ve ekilmemiş alanlarında *Trifolium* cinsinin yaygın türlerinden biridir. ABD, Avustralya ve Yeni Zelanda'da çilek yoncası kültüre alınan bir türdür (Rumball ve Claydon, 2005). Bir yem bitkisi olan çilek yoncası, yüksek toprak tuzluluğuna, alkaliye ve su basmasına toleransı ile ünlüdür ve ayrıca stoloniferli büyüme özelliği nedeniyle sürekli kapalı otlatmaya toleranslıdır. *Trifolium fragiferum* tuzlu ortamlara uygun az sayıda baklagil mera bitkisinden biridir (Can ve ark., 2013).





**Şekil 1.** *Trifolium fragiferum*: a) tam bitki; b) yaprak; c) nodüller dahil ikincil köklere sahip birincil kazık kök; d) boğumlarda köklenen stolon ve yavru bitkicikler; e) bal arısı tarafından çapraz tozlaşan çiçek; f) tohum (Fotoğraf: S. Manik; J. Talbot; A. Hurst; Tazmanya Tarım Enstitüsü) (Smith ve ark., 2023).

*Trifolium fragiferum* orta derecede toprak tuzluluğuna nispeten toleranslı olarak karakterize edilir ve bazen mezohidrohalofilik öhalofit olarak sınıflandırılır (Ciocarlan ve ark., 2013). Üstelik tür, alkalilik ve su baskını gibi toprakla ilgili diğer sorunlara karşı da önemli bir toleransa sahiptir (Andersone-Ozola ve ark., 2021). *Trifolium fragiferum*, Avrupa, Akdeniz bölgesi, Orta Doğu ve Batı Asya'ya özgü çok yıllık stoloniferous bir üçgül türüdür. Kuzey Avrupa'da *Trifolium fragiferum*'un nispeten nadir olması nedeniyle Avrupa'da birçok ülkede yasal olarak korunmaktadır. *Trifolium fragiferum*, Avrupa'da ticari olarak kullanılmamasına rağmen, Avustralya ve ABD'nin ılıman otlaklarında yem baklagil bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Türün ilk başarılı çeşidi 'Palestine', Avustralya'da Ölü Deniz yakınlarında toplanan bir materyalden geliştirilmiş ve 1938'den beri ticari olarak kullanılmaktadır (Nichols ve ark., 2012). *Trifolium fragiferum*'un dayanıklılığı, türün hem klonal büyüme tipi hem de yüksek abiyotik stres toleransı ile ilişkilendirilmiştir. Dallanan sürünen sürgünler (stolonlar), boğum noktalarında kök oluşturma yeteneğine sahiptir. *Trifolium fragiferum*, toprağın tuzluluğuna ve alkaliliğine karşı orta düzeyde toleransın yanı sıra, aynı zamanda iyi bir su baskını toleransına, sürekli otlatmaya ve tekrar tekrar çiğnenmeye dayanma yeteneğine

sahiptir. *Trifolium fragiferum*'un farklı yabancı tiplerinin tuzlu ortamlara potansiyel uygunluğu özellikle ilgi çekicidir çünkü tuza tolerans derecesi açısından bu tür içinde geniş bir genetik çeşitliliğin mevcut olduğu tespit edilmiştir (Jekabsone ve ark., 2022).

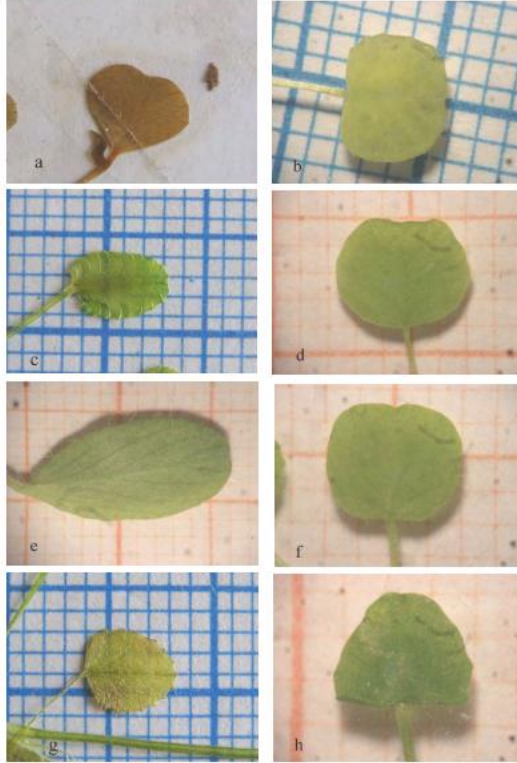
Çilek üçgülü, dünya çapındaki mera sistemlerinde çok yıllık bir baklagil türü olarak, henüz kullanılmamış potansiyeli olan ilginç bir türdür. Sınırlı benimsenmenin olası nedenleri, ak üçgülün kuru madde üretimini engellemesi (Kemp ve ark., 2002; Gerard ve ark., 2022), üçgülün kuru ortamlardaki kalıcılığı (Li ve ark., 2008) veya çayır üçgülünün yüksek sürme gücü olabilir (Dear ve ark., 2003). Ancak çilek üçgülünün su basması ve tuzluluk toleransı bu türlerin herhangi birinden daha üstündür (Nichols ve ark., 2008). Ayrıca kurak yazlar boyunca varlığını sürdürebilir ve toprak nemi sınırsız seviyelere döndüğünde toprak üstü stolonlar yoluyla hızla yayılabilir. Toprak asitliğine duyarlı olduğu düşünülmektedir (Moir ve ark., 2016).

Ievinsh ve ark. (2021), *Trifolium fragiferum*'un farklı yabancı türlerinin ağır metal toleransını ticari bir çeşitle karşılaştırmalı olarak incelemiş ve bitkilerin toprak üstü kısımlarında ağır metal biriktirme eğilimi olup olmadığını ortaya çıkarmıştır. Letonya'daki *Trifolium fragiferum*'un coğrafi olarak izole edilmiş dört yabancı popülasyonunun yanı sıra 'Filistin' çeşidinden alınan tohumlar, kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) içeren kontrollü koşullarda kullanılmıştır. Yakın akraba türler olan *Trifolium repens*'e benzer şekilde *Trifolium fragiferum*, Cd ve Pb ağır metallerine karşı yüksek tolerans göstermiş ve ağır metalleri toprak üstü kısımlarına aktarmamıştır. *Trifolium fragiferum* sürgünlerinin hayvan tüketimi için yem olarak güvenli kabul edilebileceği sonucuna varılmıştır.

## 2. *Trifolium argutum*

*Trifolium argutum*, Avrupa, Orta Doğu, Avustralya ve Mısır'da dağılmış tek yıllık bir bitki bitkidir (Perez ve ark., 2015). Rogers ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, *Trifolium* cinsine ait 38 tür ve üç farklı kontrol baklagil türünde (*Trifolium fragiferum*, *Trifolium michelianum* ve *Medicago sativa*) tuzluluk ve hipoksinin büyüme, besin değeri ve iyon ilişkileri üzerine etkisi, sera koşullarında, tuzlu ve/veya su basması koşullarına uygun olabilecek türlerin belirlenmesi amacıyla değerlendirilmiştir. İlk deney grubunda bitkiler, dört NaCl konsantrasyonunda (0, 40, 80 ve 160 mM NaCl) hidroponik olarak büyütülmüş ve 4 hafta boyunca bu işlemlere maruz kaldıktan sonra hasat edilmiştir. 160 mM'ye kadar olan NaCl konsantrasyonları çoğu türde kuru

madde üretimini azaltmıştır; ancak *Trifolium argutum*, *Trifolium diffusum*, *Trifolium hybridum* ve *Trifolium ornithopodioides*'in tuzlu koşullar altında iyi performans gösterdiği (kuru madde üretimi %20'den daha az azalmıştır) görülmüş ve türler arasında tuz toleransı açısından farklılıklar tespit edilmiştir. Sürgünlerdeki  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonları artan tuzluluk seviyeleriyle birlikte artmış ve türlerin bu iyonların alımını sınırlama kapasiteleri yine farklılaşmıştır. 0 mM'de kuru madde sindirilebilirliği %49.8 (*Trifolium palaestinum*) ile %74.0 (*Trifolium vesiculosum*) arasında değişmiştir ve NaCl konsantrasyonlarının artmasıyla azalmıştır.



Şekil 2. İlk tek yaprakçıklı yaprakların şekli: a) *Trifolium michelianum*'da obkordat şekilli, b) *Trifolium campestre*'de basık oval şekilli, c) *Trifolium argutum*'da dikdörtgen şekilli, d) *Trifolium lappaceum*'da basık şekilli, e) *Trifolium purpureum*'da eliptik şekilli, f) *Trifolium bocconeii*'de kare şekilli, g) *Trifolium physodes*'te oval şekilli, h) *Trifolium fragiferum*'da genişçe oval şekilli (Shehata ve Aqlan, 2020).

### 3. *Lotus creticus*

*Lotus* cinsi, dünya ölçeğinde dağılmış yaklaşık 100 tür içerir. Güçlü dallı ana köklere sahip tek yıllık ve çok yıllık türleri içerir. Bu cins, deniz ortamlarından yüksek rakımlara, kumlu topraklardan ağır tuzlu topraklara kadar geniş bir habitat yelpazesine adapte olmuş bitki türlerini kapsar (Rejili ve ark., 2008). *Lotus creticus*, hızlı büyümesi ve düşük su gereksinimleri nedeniyle geleneksel örtü bitkilerine iyi bir alternatif olarak kabul edilmektedir. *Lotus creticus* tohumları yüksek tuzluluk seviyelerini tolere edebilir. Akdeniz bölgesinde çimlenme, toprak tuzluluğunun genellikle azaldığı yağışlı mevsimlerde meydana gelir (Rejili ve ark., 2010). Çimlenme, bitkilerin yaşam döngüsünde çok önemli bir aşamadır. Tohum çimlenmesi ve erken fide büyümesi, kurak bölgelerde tuzlu koşullar altında bitki popülasyonlarının oluşması için kritik aşamalardır (Khan ve Gulzar, 2003).

Akdeniz kıyısındaki plajlarda ve kayalıklarda yetişen *Lotus creticus*, tuzlu koşullarda yeniden bitkilendirme için kullanılabilir. *Lotus creticus*, tuzluluğun ciddi bir üretim sorunu olduğu Tunus'un kurak ikliminde önemli bir pastoral ve yemlik baklagildir. Bu tür, birçok ülkede yetiştirilmektedir; toprakların yüksek oranda tuz içerdiği kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bununla birlikte, tuzdan etkilenen topraklar, tuza dayanıklı mahsuller yetiştirilerek kullanılabilir çünkü bu tür mahsuller, mahsul üretiminin geleneksel ıslah yöntemlerinin ekonomik veya teknik olarak sınırlı olduğu alanlara genişletilmesine olanak tanır. *Lotus creticus* önemli bir pastoral baklagil bitkisi ve yüksek derecede tuz toleransına sahip olması nedeniyle tuzdan etkilenen topraklarda rahatlıkla yetiştirilebilir (Rejili ve ark., 2007).

*Lotus creticus*'un su stresine uyum sağlama konusunda kesin bir yeteneği vardır, ancak su derinliği ve akıntının akış hızı konusunda özel gereksinimleri vardır. Bu gereksinimler farklı çeşitlere göre değişiklik gösterir. Su kalitesine ilişkin gereksinimler çok katı değildir; ancak fitotoksik kimyasallar belirli kimya endüstrisi kollarından geldiğinde zararlıdır. *Lotus creticus* sert zemin olmadığı sürece çoğu toprağa uyum sağlar. pH 5.6 ila 7.5 arasında büyüyebilir, ancak optimum pH 6.5'tir. *Lotus creticus* ışığı seven bir bitkidir ve gölgelenmediğinde en iyi şekilde büyür (Rejili ve ark., 2008).



Şekil 3. *Lotus creticus* (Terceira Adası, Azores, Portekiz) (Foto: LIFE-CWR) (Elias ve ark., 2019).

Dört bitki türünün (*Lotus creticus* [Fabaceae], *Atriplex halimus* [Amaranthaceae], *Atriplex mollis* [Amaranthaceae] ve *Cenchrus ciliaris* [Poaceae]) tuza dayanma yeteneği Tlili ve ark. (2018) tarafından düşük tuzluluk ve yüksek tuzlulukta iki tarla parselinde test edilmiştir. Kanopi örtüsü, kuru biyokütle ve bazı kimyasal analizleri belirlemiştir. *Atriplex halimus* deney sırasında en yüksek örtücülüğe ulaşmıştır. Diğer türlerin örtüleri hem düşük tuzluluk hem de yüksek tuzluluk açısından daha düşük olmuştur. *Atriplex mollis*, toprak üstü biyokütlenin sırasıyla 1/2 ve 2/3'ünün biçildiği durumlarda en yüksek kuru maddeyi hem düşük tuzlulukta (157 ve 236 g) hem de yüksek tuzlulukta (134 ve 153 g) üretmiştir. *Atriplex halimus* ve *Atriplex mollis* hem düşük tuzlulukta (sırasıyla 65 ve 67.5 mg/g taze madde) hem de yüksek tuzlulukta (112.5 ve 100 mg/g taze madde) en büyük kül içeriğine sahip olmuştur. *Lotus creticus* ve *Atriplex halimus* düşük tuzlulukta en yüksek toplam azot içeriğini vermiştir (sırasıyla 26.9 ve 26.3 g/kg kuru madde).

#### 4. *Lotus tenuis*

*Lotus tenuis* (sinonim: *Lotus glaber*, *Lotus tenuifolius*, *Lotus corniculatus* subsp. *tenuifolius*) Avrupa kökenli çok yıllık bir türdür. Şili'de Valparaíso (32°S) ve Bío Bío Bölgeleri (38°S) arasında çok çeşitli ortamlarda bulunur. Nem tutma sorunu olan orta dokulu kil ve volkanik toprakların olduğu bölgelerde güçlü bir mevcudiyete sahiptir (Acuna ve ark., 2010). *Lotus tenuis*,

Arjantin'in sular altında kalan Pampa bölgesinde de doğallaşan çok yıllık bir mera baklagilidir (Kade ve ark., 2003). Yapılan çalışmalar *Lotus tenuis*'in tuza ve su basmasına dayanıklı olduğunu (Mendoza ve ark., 2005) ve bu türün tuzlu su deşarj alanlarında kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Dear ve ark., 2003).

*Lotus tenuis*, tuzlu alan mera sistemlerinde potansiyeli olan çok yıllık otsu bir baklagildir. Büyükbaş hayvan üretimi için önemli bir mera baklagil türü olduğu Arjantin'de yaygındır (Striker ve ark., 2005; Real ve ark., 2008). Çok yıllık baklagiller üzerinde yakın zamanda yapılan bir saha araştırması, *Medicago sativa* da dahil olmak üzere incelenen 12 türün tamamının ölmesine neden olan su baskını nedeniyle tuzlu bir bölgede yalnızca *Lotus tenuis*'in hayatta kalabildiğini raporlamıştır (Nichols ve ark., 2008). Buna ek olarak, *Lotus tenuis* çeşitli toprak pH değerlerinde (pH 4 ila 8) iyi gelişir, (Correa ve ark., 2001), verimli bir fosfor kullanımına sahiptir (Kade ve ark., 2003; Sannazzaro ve ark., 2004), düşük ila orta arası tuzlu koşullar altında bile yoğunlaştırılmış tanen seviyeleri ve yüksek besin kalitesi (organik madde, sindirilebilirlik ve ham proteine dayalı) gösterir (Robinson ve ark., 2004). Bu özellikler *Lotus tenuis*'i suya doymuş tuzlu arazilerde kullanıma uygun çok yıllık bir mera baklagili haline getirir. Tuzlu arazi meralarının iyileştirilmesi için tuzluluğa ve su birikintisine toleranslı mera baklagillerini belirlemek için hedefe yönelik tarama programlarına ihtiyaç vardır (Rogers ve ark., 2006).

Tuzluluk ve su basması kombinasyonu çoğu bitki türü için ciddi bir stres oluşturur. İyi havalandırılmış koşullarla karşılaştırıldığında, hipoksi genellikle  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının sürgünlere taşınma hızını, toksik düzeylere kadar birikebileceği seviyelere artırır (Barrett-Lennard, 2003). Su basması köklerdeki oksijen miktarını azaltır, bu da ATP üretimini azaltır (Greenway ve Gibbs, 2003). Bu muhtemelen  $\text{H}^+$ -ATPase aktivitesi tarafından üretilen ve plazma zarı ve tonoplast boyunca  $\text{H}^+$  gradyanlarını korumak için mevcut olan ve sürgünlerden 'deşarj' için gerekli olan  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının aktif ikincil taşınması için gereken enerjiyi azaltır (Munns, 2005). Sonuç olarak, su birikintisinden kaynaklanan ATP açığının, tuzlu koşullar altında büyüyen bitkilerin ksilem özsuyundaki  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  konsantrasyonlarını arttırması beklenebilir (Barrett-Lennard, 2003).

Bitkilerin, yetiştiği toprağı su basması veya derin su altında kalması ile başa çıkmasına olanak tanıyan iki ana strateji vardır: 1) sürgünlerin yukarı doğru uzaması yoluyla su basması durumundan kurtulmak veya 2) su altında

hareketsiz kalmak. Toprağın su basmasına, sığ suya veya tamamen suya batmaya eğilimli olduğu alanlarda önemi bir baklagil yem bitkisi olan *Lotus tenuis*'teki bu stratejileri araştıran Manzur ve ark. (2009) *Lotus tenuis*'un, tamamen suya dalmayı önlemek için sürgününü daha kuvvetli bir şekilde uzatarak kısmi su altından kaçma veya tamamen suya daldırıldığında, depolanmış rezervlerin kullanılmasına dayanan, uzamayan bir hareketsizlik stratejisi benimseme esnekliğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bu alternatif hayatta kalma stratejilerine sahip olmak, *Lotus tenuis*'in öngörülemeyen su baskını derinliklerine maruz kalan ortamlardaki başarısını açıklamaktadır.

Teakle ve ark. (2006)'nın çalışmasında *Lotus tenuis*'te (dört çeşidi) tuz ve su basması toleransının fizyolojisi değerlendirilmiş ve en yaygın olarak yetiştirilen *Lotus* türü olan *Lotus corniculatus* türü ile (üç çeşidi) ile karşılaştırılmıştır. Genel olarak, *Lotus tenuis* çeşitleri, havalandırılmış veya durgun çözeltilerde 28 gün boyunca 200 mM NaCl'ye maruz bırakıldığında, *Lotus corniculatus* çeşitlerine göre sürgünlerde daha az Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> ve daha fazla K<sup>+</sup> biriktirmiştir. Daha fazla aerenkima oluşumu nedeniyle *Lotus tenuis* çeşitlerinde kök gözenekliliği daha yüksek olmuştur. Bir NaCl doz-cevap deneyinde (havalandırılmış çözeltide 0-400 mM NaCl), *Lotus tenuis* (cv. Chaja), tüm harici NaCl konsantrasyonlarında sürgünlerinde *Lotus corniculatus*'a (cv. San Gabriel) göre yarısı kadar Cl<sup>-</sup> iyonu ve 250 mM NaCl'nin üzerindeki uygulamalarda sürgünlerde yaklaşık %30 daha az Na<sup>+</sup> biriktirmiştir. Bitkilerde 200 mM NaCl'de sürgünlerdeki iyon dağılımları incelenince görülmüştür ki *Lotus tenuis* (cv. Chaja), *Lotus corniculatus*'taki (cv. San Gabriel) konsantrasyonlarla karşılaştırıldığında yaşlı yapraklarda, genç yapraklarda ve gövdelerde yine yaklaşık %50 daha düşük Cl<sup>-</sup> biriktirmiştir. Bununla birlikte, çeşitli sürgün dokularındaki Na<sup>+</sup> konsantrasyonları açısından iki tür arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. *Lotus corniculatus* ile karşılaştırıldığında *Lotus tenuis*'te daha yüksek kök gözenekliliği ve daha düşük sürgün Cl<sup>-</sup> ve Na<sup>+</sup> konsantrasyonlarının korunması, *Lotus tenuis*'te birleşik tuz ve su birikintisi stresine karşı daha büyük toleransa katkı yapmaktadır. Ayrıca, hem *Lotus tenuis* hem de *Lotus corniculatus*'ta tuzluluk ve su basması stresinin birleşimine karşı tolerans açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

### 5. *Medicago falcata*

*Medicago falcata*, Rusya, Moğolistan, Çin ve İskandinavya'da yaygın olarak bulunan çok yıllık bir baklagil bitkisidir. *Medicago falcata*, kuzey Çin'deki yarı kurak çayırlara özgü çok yıllık bir baklagil türüdür ve kuraklık ve

soğuk gibi abiyotik streslere karşı üstün toleransıyla öne çıkar. *Medicago falcata*'nın soğuk stresine, kuraklık stresine ve mineral besin eksikliğine karşı toleransıyla ilişkili fizyolojik ve moleküler mekanizmalar üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Zhang ve ark., 2011; Gao ve ark., 2011).



Şekil 4. Tuz stresinin *Medicago falcata* ve *Medicago truncatula*'ya etkisi: *Medicago truncatula* ve *Medicago falcata* fenotipleri, 10 gün boyunca (A) inkübasyon ortamında 100 mM NaCl'nin yokluğunda (solda) ve mevcudiyetinde (sağda) büyütülmüştür. *Medicago truncatula* ve *Medicago falcata*'nın 100 mM NaCl yokluğunda ve mevcudiyetinde 10 gün süresince hayatta kalma durumu (B) (Liu ve ark., 2015).

Qin ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada tuz stresinin *Medicago falcata*'nın çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkileri *Medicago sativa*'nın iki çeşidi ile (CW400 ve Gongnong No.2) karşılaştırılmıştır. Tohumlar 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 ve 200 mmol/L NaCl koşulları altında çimlendirilmiş ve tohum çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, fide büyümesi ve prolin, Na<sup>+</sup> ve K<sup>+</sup> üç malzemenin içeriği ölçülmüştür. Her üç materyalin çimlenme yüzdesi ve indeksi, tuz konsantrasyonu arttıkça farklı düzeylerde baskılanmıştır ve baskılama, yüksek



tuz konsantrasyonlarında daha belirgin olmuştur. CW400 ve Gongnong No.2 çeşidiyle karşılaştırıldığında *Medicago falcata*'nın çimlenme yüzdesi ve indeksi önemli ölçüde daha düşük olmuştur. Geri kurtarma testi, üç genotipin tohumlarının tuz çözeltilerinde canlı kalabildiğini göstermiştir. *Medicago falcata* ve CW400'ün toplam çimlenmesi 60 mmol/L NaCl'de %100'e ulaşırken, sadece *Medicago falcata*'nın toplam çimlenmesi tüm solüsyonlarda %90'ın üzerine çıkmıştır. Bir ozmotik düzenleyici olarak prolin, *Medicago falcata* fidelerinde hızla birikmiştir. Sonuç olarak *Medicago falcata*'nın tuz toleransının *Medicago sativa*'dan daha güçlü olduğu belirlenmiştir.

Liu ve ark. (2015), *Medicago falcata*'nın tek yıllık baklagil *Medicago truncatula*'ya göre tuz stresine daha toleranslı olduğunu göstermişlerdir. *Medicago falcata*, tuz stresine maruz kaldığında *Medicago truncatula* fidelerinden daha yüksek hayatta kalma oranı ve daha az kloroz sergilemiş, bu da *Medicago falcata*'nın *Medicago truncatula*'ya göre tuz stresine daha toleranslı olduğunu ortaya koymuştur. Bitkilerde yüksek  $K^+$  ve düşük  $Na^+$  içeriğini muhafaza etme yeteneği, tuz stresine karşı tolerans açısından önemli bir özelliktir. *Medicago falcata*, NaCl'ye maruz kaldığında sürgünlerinde *Medicago truncatula*'ya göre daha az miktarda  $Na^+$  biriktirmiştir, bu da tuzlu koşullar altında *Medicago truncatula*'ya kıyasla *Medicago falcata*'da daha yüksek bir  $K^+ / (K^+ + Na^+)$  oranını doğurmuştur.

## 6. *Medicago ruthenica*

Sibirya, Moğolistan ve Kuzey Çin'de yaygın olarak görülen çok yıllık bir baklagil türü olan *Medicago ruthenica*, genellikle açık yamaçlarda, karışık çimenli bozkırlarda ve çayırlarda yetişir. Bu tür kuraklığa, yüksek tuzluluğa ve alkali ortamlara toleranslıdır ve bu nedenle kurak ve yarı kurak bölgelerde yem amaçlı olarak umut verici bir baklagil olarak kabul edilir (Guan ve ark., 2009). *Medicago ruthenica* 1.2 m'ye kadar boylanan ve besi hayvanları için zengin bir besin değerine sahip bir türdür. Yaygın bulunması göz önüne alındığında mükemmel bir yem kaynağı olarak geliştirilme potansiyeline sahiptir (Yin ve ark., 2021).

*Medicago ruthenica* aynı zamanda dünya ölçeğinde en önemli baklagil kaba yem türü olan yoncanın (*Medicago sativa*) da yakın akrabasıdır (Li ve ark., 2013). *Medicago ruthenica*'nın yayılış alanı kuru, verimsiz topraklar ve uzun soğuk kış dönemleri ile ayırt edilir. Bu nedenle *Medicago ruthenica*'nın kuraklık, düşük sıcaklıklar ve verimsiz toprak gibi olumsuz ortamlarda hayatta kalabilmek için karmaşık mekanizmalar geliştirmiş olması muhtemeldir. Diğer

*Medicago* türleri ile karşılaştırıldığında, *Medicago ruthenica*'nın, stresli ortamlara yüksek düzeyde uyum sağlayan ve sulama yapılmayan tarlalar ve verimsiz topraklar gibi düşük girdili sistemlerde potansiyel uygulanması olumlu olarak değerlendirilen benzersiz bir tür olduğuna düşünülmektedir (Wang ve ark., 2021).

Kuzeydoğu Çin'de bulunan Songnen Çayırı şu anda aşırı otlatma gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanan hem tuzluluk hem de alkalilik açısından ciddi sorunlar yaşamaktadır. *Medicago ruthenica*'nın bu bölgeye dahil edilmesi, bitki ve toprak azot seviyelerini iyileştirmeye ve Songnen Çayırı bölgelerinin restorasyonunu teşvik etmeye yönelik bir strateji olarak önerilmektedir (Guan ve ark., 2009).

*Medicago ruthenica* yakın zamanda yeni bir yem bitkisi olarak test edilmiş ve kuraklığa, tuzluluk-alkaliliğe ve soğuk ve karlı kışlara karşı olağanüstü toleransı nedeniyle kültür yoncasında abiyotik stres toleransını geliştiren bir gen kaynağı olarak kabul edilmiştir (Yin ve ark., 2021).

### **7. *Medicago sativa* (yonca)**

Yonca (*Medicago sativa*), yüksek protein ve yüksek oranda sindirilebilir lif içeriği ve tuzlanmaya toleransı ile en önemli yem bitkilerinden biridir. Yonca sadece tuzlu-alkali toprağa karşı yüksek tuz toleransı göstermekle kalmaz, aynı zamanda uygun tuz stresi amino asit, protein ve diğer önemli besin maddeleri içeriğini iyileştirerek yoncanın kalitesini artırır (Liu ve ark., 2019). Tuzlu alanlarında yonca yalnızca yeterli yem kaynağı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda hayvancılık için büyük miktarda yüksek kaliteli protein yemi de sağlar (Guo ve ark., 2013).

Yonca, baklagillerin en önemli yem bitkisi olarak görev yapar ve çeşitli ortamlarda yaygın olarak yetiştirilir. Yine de tuz stresi, dünya çapında yonca yetiştiriciliğinde en önemli abiyotik streslerden biridir. Yonca orta derecede tuzlu-alkali koşullarda yetiştirilebilmesine rağmen, yonca bitkileri yüksek tuzlu koşullara karşı hassastır. 50-200 mM NaCl'nin neden olduğu tuz stresi, yoncanın verimliliğini ve büyüme aralığını önemli ölçüde sınırlamaktadır (Li ve Brummer, 2012). Wang ve ark. (2009) altı yonca çeşidinin tuz toleransını karşılaştırmış ve tuzluluk koşullarında yonca fidelerinin yetiştirilmesinde antioksidan enzimlerin önemine dikkat çekmişlerdir. Birçok çalışma yoncada tuz stresinin çimlenme ve fide oluşumu üzerindeki etkisine odaklanmıştır (Scasta ve ark., 2012; Anower ve ark., 2013).

Yonca popülasyonlarında tuzlu koşullara üstün adaptasyonla ilişkili özellikler için genetik değişkenliğin gözlemleri yoluyla yonca çeşitlerinde tuz toleransı için fizyolojik varyasyonlara dayalı olarak tuz toleransı iyileştirilebilir. Tuz toleransı genellikle bitki yapısındaki değişiklikler, sürgün ve kök büyümesi, yaprak kütikül kalınlığındaki değişiklikler, stoma düzenlemesi, fotosentez hızı ve tohum çimlenmesi gibi morfolojik ve fizyolojik özelliklerdeki değişikliklerle ilişkilidir. Klorofil içerik indeksi de tuzluluk stresi altında yaşlanmanın veya hücre hasarının bir göstergesidir (Monirifar ve Barghi, 2009). Tarlada tuza dayanıklı yoncanın seçimi yöntemi verimli değildir çünkü tuzluluk seviyeleri konuma, zamana, toprak yapısına, türüne ve derinliğine göre değişir. Bu nedenle, üstün tuz toleransına sahip bitkilerin seçimi için daha kontrollü prosedürlere ihtiyaç duyulmaktadır (Anower ve ark., 2013).

Yoncanın tuza orta derecede toleranslı bir baklagil yem bitkisi olarak görülmesine rağmen (Munns ve Tester, 2008), toprağın tuzluluğu onun verimliliğini sınırlayan önemli bir çevresel faktördür (Postnikova ve ark., 2013). Toprak tuzluluğu yonca çimlenmesini, erken fide büyümesini, yaprak gelişimini, kuru kütle birikimini ve yem kalitesini azaltır (Zhanwu ve ark., 2011; Steppuhn ve ark., 2012). Robinson ve ark. (2004), toprak tuzluluğunun 15 dS/m'den 25 dS/m'e çıkarılmasının yonca biyokütle üretimini %54 oranında azalttığını, tuzluluğun artmasıyla birlikte nötr deterjan lifinin de azaldığını bildirmişlerdir. Çok sayıda başka çalışma, artan toprak tuzluluğu seviyeleriyle birlikte yoncadaki biyokütle üretiminde azalma olduğunu bildirmiştir (Suyama ve ark., 2007; Endo ve ark., 2014; Putnam ve ark., 2017).

Mohammadi ve ark. (2008), tuz stresine maruz kalan yoncanın sürgünlerindeki metabolik aktivitenin azalmasının, kökler tarafından N kullanım oranını azalttığını ve artan tuzluluk seviyesiyle sürgün  $\text{Na}^+$  konsantrasyonunun değişmeden kaldığını, sürgün  $\text{K}^+$  konsantrasyonunun arttığını bulmuşlardır. Suyama ve ark. (2007), toprak tuzluluğunun artmasıyla birlikte yoncanın nötr deterjan lifi, kül ve  $\text{Ca}^{2+}$  içeriklerinde azalmalar,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , selenyum, toplam S ve toplam bor içeriğinde ise artış olduğunu bildirmiştir. Khorshidi ve ark. (2009), yoncada artan toprak tuzluluğunun yaprak N,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  konsantrasyonlarını azalttığını ve Mn,  $\text{Na}^+$  ve Cl<sup>-</sup>'yi arttırdığını bulmuşlardır. Latrach ve ark. (2014) yoncada tuz stresinin su ilişkileri, PSII'nin kuantum verimi, stoma iletkenliği ve klorofil içeriği üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Nabizadeh ve ark. (2011), tuz stresinin yoncada aktif nodül oluşumunu ve nodüllerdeki N asimilasyonunu azalttığını, bunun da sonuçta N<sub>2</sub> fiksasyonunu azalttığını bildirmişlerdir. Aydi ve ark. (2004), yoncadaki tuz duyarlılığının, tuz stresi altında N<sub>2</sub> sabitleyen nodüllerde solunumu hızlandıran artan nodül iletkenliğinden kaynaklandığını ileri sürmüştür. Bazı çalışmalar tuz stresinin yoncada nodülasyonu, nitrojenaz aktivitesini ve biyolojik N<sub>2</sub> fiksasyonunu olumsuz etkilediğini bildirmiştir (Djilianov ve ark., 2003; Lopez ve ark., 2008; Salah ve ark., 2009; Bansal, 2016). Tuz stresi, yoncada tohum çimlenmesini, kök ve sürgün büyümesini, yaprak büyümesini, karbon fiksasyonunu, ışık hasadını ve biyolojik N<sub>2</sub> fiksasyonunu etkiler. Çok sayıda çalışma, tuz stresinin yoncada kök ve sürgün kuru ağırlıklarını ve dolayısıyla KM birikimini azalttığını bildirmiştir (Petcu ve ark., 2007; Ashrafi ve ark., 2018).

Tuz stresi yonca nodüllerinde prolin birikimini 8 kat, köklerde 4 kat ve sürgünlerde 10 kat arttırmıştır (Trinchant ve ark., 2004). Çok sayıda başka çalışma, tuz stresi sırasında prolin, poliaminler, trehaloz ve diğer çözümler şekerlerin birikmesinin yoncada tuz toleransı sağladığını bildirmiştir (Campanelli ve ark., 2013b; López-Gómez ve ark., 2012; 2014; Rokebul Anower ve ark., 2017; Mouradi ve ark., 2018). Tuza dayanıklı yonca genotipleri, tuz stresi altında ROS'u temizlemelerine yardımcı olan çeşitli enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlarla donatılmıştır. Örneğin Ferreira ve ark. (2015), tuz stresi altında dört yonca genotipinin toplam antioksidan kapasitesinin artmasıyla besin bileşimi ve yem parametrelerindeki iyileşmeleri ilişkilendirmiştir.

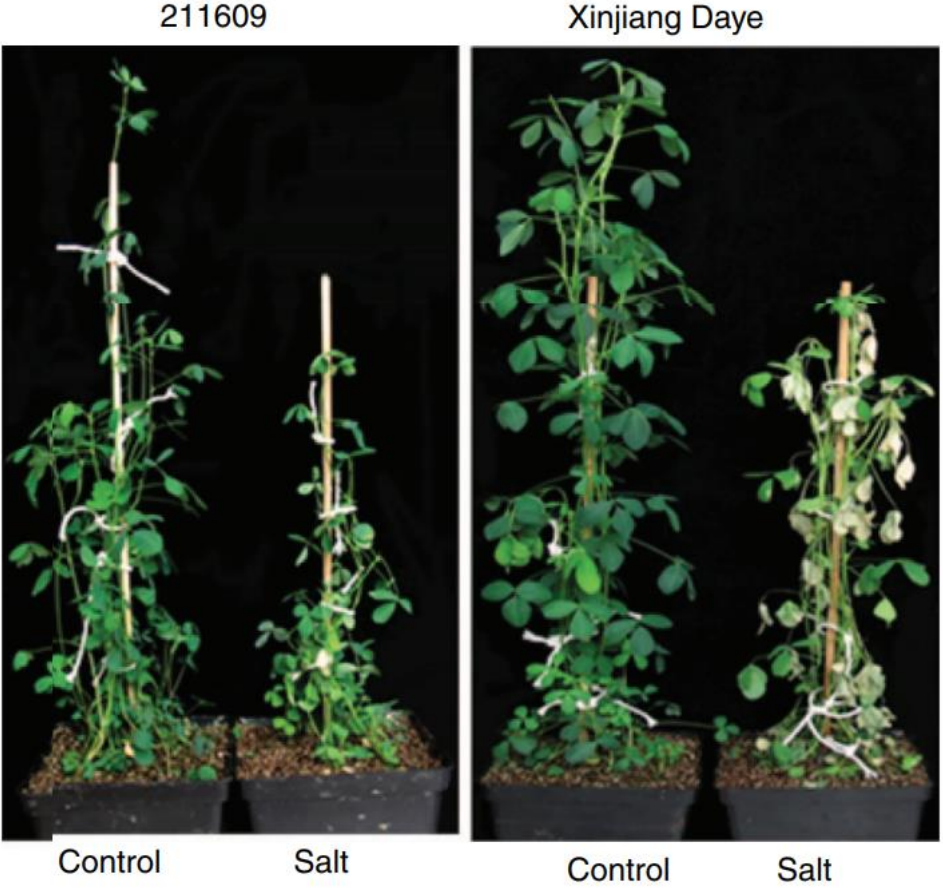
Lei ve ark. (2018)'nin çalışmasında tuz stresi, iki yonca çeşidinde (Zhongmu-1 ve Xingjiang Daye) ABA içeriğini artırarak tuza tolerans kazandırmıştır. Tuz stresi altında Zhongmu-1'de jasmonik asit de (%50.8 oranında) artmıştır. Tuz stresi, Xingjiang Daye'de ABA, etilen ve jasmonik asitle ilişkili transkriptleri arttırmış ancak gibberellik asit, sitokinez ve oksinlerin ekspresyonunu azaltmıştır.

Geleneksel ıslah tuza dayanıklı yonca genotiplerinin geliştirilmesinde sınırlı başarı elde etmiştir. Tuz toleransına yönelik ıslah programlarında kullanılabilecek morfolojik ve fizyolojik özellikler açısından yonca genotiplerinde genetik çeşitlilik mevcuttur (Peel ve ark., 2004; Torabi ve ark., 2011). Yoncanın in vitro seçimi, tuz toleransı açısından genotiplerin taranması için kullanılabilir. Örneğin, Campanelli ve ark. (2013a), dört yonca genotipinde

(Australis, Icon, Loi ve Gea) beş tuzluluk seviyesinde (0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) tuz toleransını karşılaştırmıştır. Gelecekteki yetiştirme programlarında tuzluluk toleransının kazandırılmasında faydalı olabilecek, özellikle Icon çeşidinde artan prolin seviyelerini belirlemişlerdir.

Soltani ve ark. (2012), çimlenme indekslerini kullanarak 20 yonca genotipini (10 tuza toleranslı ve 10 tuza duyarlı) tuzluluk toleransı açısından karşılaştırmıştır. Genotip "Bami Garmsiri", tuzluluk altında en yüksek çimlenme oranına, kök-plumula uzunluğuna ve fide canlılığına sahip bulunmuştur. Peel ve ark. (2004), silika kumu ile doldurulmuş koni şeklindeki kaplara yonca tohumu ekerek ve kılcal dokulu matlarla (hasırla) tıkararak tuz stresi altında 12 yonca genotipini taramışlardır. Tuzluluğu, 6 haftalık fideleri NaCl içeren besin çözeltisine batırarak sağlamışlar, elektriksel iletkenliği 3 dS/m'e ayarlamışlar ve tuzluluğu 10-13 hafta boyunca her 1-2 haftada bir 3 dS/m artırmışlardır. Tuz dozunu ve %50 ve %75 fide ölümü düzeyine ulaşma süresini tahmin etmek için Probit analizi kullanılmışlardır. Araştırmacılar, bu yöntemin tekrarlanabilir sonuçlar ürettiğini ve büyük yonca popülasyonlarının tuz toleransı açısından taranmasında etkili olduğunu raporlamışlardır.

Çeşitli yonca genotipleri farklı çalışmalarda biyokütle, net fotosentez, terleme, stoma iletkenliği ve Na<sup>+</sup> veya Cl<sup>-</sup> birikimi (Sandhu ve ark., 2017); iyon dağılımı (Cornacchione ve Suarez, 2017; Wang ve ark., 2017; Tavakoli ve ark., 2019); fide çıkışı, yeşil kalma, biyokütle üretimi ve sürgün iyon bileşimi (Badran ve ark., 2015; Cornacchione ve Suarez, 2015); bağlı yaprak su içeriği, elektrolit sızıntısı, ROS birikimi ve fizyolojik özellikler (Quan ve ark., 2016); lipid peroksidasyonu ve antioksidan enzimler (Ashrafi ve ark., 2015) ölçülerek tuz toleransı açısından taranmıştır.



Şekil 5. Tuz stresinin iki yonca genotipinin (211609 ve 211609) büyümesi üzerindeki etkisi; kontrol (0 mM), tuz (18 gün boyunca 250 mM) (Quan ve ark., 2016).

Birkaç genin aşırı ekspresyonu, yoncada tuz toleransına neden olur. Örnekler arasında  $\text{Na}^+ / \text{H}^+$  antiporter geni olan *SeNHX1* yer alır (Zhang ve ark., 2014). Tuz stresi altında yoncada AMF (arbuskular mikorizal fungi) kullanımı bitki boyunu, yaprak alanını, kök yoğunluğunu,  $\text{KM}'\text{yi}$ , yeşil kalmayı, stoma iletkenliğini, bağıl su içeriğini, stoma yoğunluğunu, yaprak veya kök  $\text{K}^+$  ve prolin birikimini iyileştirmiş ve  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin doku konsantrasyonlarını düşürmüştür (Campanelli ve ark., 2013b).

Younesi ve ark. (2013), yonca tohumlarının PGPR'lerle (sadece *Rhizobium meliloti* veya *Rhizobium* + *Pseudomonas* karışımı) aşılanmasının, N ve P içeriğini artırdığını ve tuz stresi altında  $\text{Na}^+$  birikimini azalttığını, bunun da büyüme özelliklerini iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Tuz stresi altındaki baklagillerde çimlenmedeki gecikmeler, tuzluluğun neden olduğu ozmotik strese veya  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$ 'nin çimlenen tohumlar üzerindeki toksik etkilerine bağlanmaktadır (Okçu ve ark., 2005). Yoncada tuz stresi altında tohum çimlenmesini ve fide büyümesini iyileştirmek için tohum hazırlama uygulamaları uygun bir seçenek olabilir (Sepehri ve ark., 2015). Younesi ve Moradi (2014), yonca çeşidi Bami'nin tohumlarının tuz stresi altında gibberellik asit (5 mM) ile prime edilmesinin tohum çimlenmesini, fide kuru ağırlığını ve GPX, APX, SOD ve CAT aktivitelerini iyileştirdiğini ve aynı zamanda elektrolitik sızıntıda bir azalma olduğunu bulmuşlardır. Amooaghaie (2011), hidropriming ve osmopriming'in (%4 mannitol ile) yonca tohumu çimlenmesini, prolin birikimini ve SOD, POD ve CAT aktivitelerini iyileştirdiğini ve tuz stresi altında yoncada elektrolitik sızıntıyı azalttığını bildirmiştir.

Yoncadaki besin yönetimi tuzluluğun neden olduğu kayıpları azaltabilir. Örneğin, mineral N uygulaması ( $\text{NO}_3^-$ , 0-150 mg/g), tuz stresi altında yoncada sürgün ve kök kuru ağırlıklarını arttırmıştır (Bansal, 2016). El-Nakhlawy ve ark. (2012) topraktan P uygulamasının tuz stresi altında yoncanın performansını arttırdığını bulmuşlardır.

Sulama yönetimi ve bitki yetiştirme yönetimi de yoncanın tuz stresi altındaki performansının artırılmasında yararlı olabilir. Aslında sulama suyuyla taşıma, çözünebilir tuzların kök bölgesinden yıkanarak toprak profilinin derin katmanlarına sızmasına neden olur. Vaughan ve ark. (2002), iki yonca alt popülasyonunda aşırı sulamanın, çözünebilir tuzları kök bölgesinde daha derine iterek tuzlu topraktaki performanslarını arttırdığını göstermiştir.

## 8. Sonuç

Üçüncü en büyük bitki familyası olan *Leguminosae* dünya çapında yaklaşık 20 bin tür içermektedir. Bunlar arasından 1500'den fazla baklagil türü hayvan yemi olarak kullanılabilir. Yemlik baklagiller, hayvancılıkta vazgeçilmez bir rol oynamakta olup, zengin protein ve mineral içeriği, mükemmel lezzeti ve sindirimi kolay olması nedeniyle çoğunlukla kesme yem veya otlatılan mera olarak kullanılmaktadır.

Baklagillerin karma mera alanlarına dahil edilmesinin faydaları iyi anlaşılmıştır. En önemlisi, baklagiller toprak örtüsünü artırır, otlatılan yemlerin besin kalitesini iyileştirir ve eşlik eden mera türleri için azot sağlar. Geleneksel türlerin varlığını sürdürmediği iklim ve toprak türlerinde gelişecek çok yıllık

baklagil türlerinin belirlenmesi ve benimsenmesi, hayvancılık sistemleri için bir fırsat olmaya devam etmektedir.

Toprak tuzluluğu baklagil yem bitkilerinde çimlenmeyi, fide büyümesini, mineral alımını ve asimilasyonu, kuru madde birikimini, hasadı ve karbon fiksasyonunu, biyolojik N<sub>2</sub> fiksasyonunu ve yem kalitesini azaltmaktadır. Morfolojik ve fizyolojik özellikler (örneğin çimlenme indeksleri, net fotosentez, kuru madde biyokütle üretimi, lipid peroksidasyonu, osmolit birikimi ve antioksidanlar) açısından genotipler arasında genetik çeşitlilik mevcuttur. Bu çeşitlilik, yeni tuza toleranslı genotiplerin geliştirilmesinde kullanılabilir. Ancak tuz toleransı karmaşık bir özelliktir ve ekonomik açıdan tarama yöntemleri yetersizdir. Tohum çimlenmesi ve fide büyümesi bir bitkinin yaşam tarihinde çok önemli aşamalardır ve onun sonraki büyüme potansiyelini belirler.



## KAYNAKLAR

- Acuna, H., Inostroza, L., Sánchez, M. P., & Tapia, G. (2010). Drought-tolerant naturalized populations of *Lotus tenuis* for constrained environments. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 60(2), 174-181.
- Amooghaie, R. (2011). The effect of hydro and osmopriming on alfalfa seed germination and antioxidant defenses under salt stress. *African Journal of Biotechnology*, 10(33), 6269-6275.
- Andersone-Ozola, U., Jekabsone, A., Purmale, L., Romanovs, M., & Ievinsh, G. (2021). Abiotic stress tolerance of coastal accessions of a promising forage species, *Trifolium fragiferum*. *Plants*, 10(8), 1552.
- Anower, M. R., Mott, I. W., Peel, M. D., & Wu, Y. (2013). Characterization of physiological responses of two alfalfa half-sib families with improved salt tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 71, 103-111.
- Ashrafi, E., Razmjoo, J., & Zahedi, M. (2018). Effect of salt stress on growth and ion accumulation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 41(7), 818-831.
- Ashrafi, E., Razmjoo, J., Zahedi, M., & Pessarakli, M. (2015). Screening alfalfa for salt tolerance based on lipid peroxidation and antioxidant enzymes. *Agronomy Journal*, 107(1), 167-173.
- Aydi, S., Drevon, J. J., & Abdelly, C. (2004). Effect of salinity on root-nodule conductance to the oxygen diffusion in the *Medicago truncatula*-*Sinorhizobium meliloti* symbiosis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42(10), 833-840.
- Badran, A. E., ElSherebeny, E. A., & Salama, Y. A. (2015). Performance of some alfalfa cultivars under salinity stress conditions. *Journal of Agricultural Science*, 7(10), 281.
- Bansal, S. (2016). Effect of salinity on biological nitrogen fixation in alfalfa (*Medicago sativa*) and its response to applied mineral nitrogen. PhD Thesis, Jordon College of Agricultural Sciences and Technology, California State University, Fresno, CA, USA.
- Barrett-Lennard, E. G. (2003). The interaction between waterlogging and salinity in higher plants: causes, consequences and implications. *Plant and Soil*, 253, 35-54.
- Campanelli, A., Ruta, C., De Mastro, G., & Morone-Fortunato, I. (2013b). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in alleviating salt stress in *Medicago sativa* L. var. *icon*. *Symbiosis*, 59, 65-76.

- Campanelli, A., Ruta, C., Morone-Fortunato, I., & De Mastro, G. (2013a). Alfalfa (*Medicago sativa* L.) clones tolerant to salt stress: in vitro selection. *Central European Journal of Biology*, 8, 765-776.
- Can, E., Arslan, M., Sener, O., & Daghan, H. (2013). Response of strawberry clover (*Trifolium fragiferum* L.) to salinity stress. *Research on Crops*, 14(2), 576-584.
- Ciocarlan, V., Georgescu, M. I., Săvulescu, E., & Anastasiu, P. (2013). Plopuł salt marshes (Tulcea County)-An unique area for halophytes in Romania. *Acta Horti Bot. Bucurest*, 40, 27-32.
- Cornacchione, M. V., & Suarez, D. L. (2015). Emergence, forage production, and ion relations of alfalfa in response to saline waters. *Crop Science*, 55(1), 444-457.
- Cornacchione, M. V., & Suarez, D. L. (2017). Evaluation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations' response to salinity stress. *Crop Science*, 57(1), 137-150.
- Correa, O. S., Aranda, A., & Barneix, A. J. (2001). Effects of pH on growth and nodulation of two forage legumes. *Journal of Plant Nutrition*, 24(9), 1367-1375.
- Dear, B. S., Moore, G. A., & Hughes, S. J. (2003). Adaptation and potential contribution of temperate perennial legumes to the southern Australian wheatbelt: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(1), 1-18.
- Djilianov, D., Prinsen, E., Oden, S., Van Onckelen, H., & Müller, J. (2003). Nodulation under salt stress of alfalfa lines obtained after in vitro selection for osmotic tolerance. *Plant Science*, 165(4), 887-894.
- Elias, R. B., Brito, M. R., Pimentel, C. M., Nogueira, E. C., & Borges, P. A. (2019). Biota from the coastal wetlands of Praia da Vitória (Terceira, Azores, Portugal): Part 4-Vascular plants. *Biodiversity Data Journal*, 7.
- El-Nakhlawy, F. S., Shaheen, M. A., & Al-Shareef, A. R. (2012). Response of forage yield, protein and proline contents of alfalfa genotypes to irrigation water salinity and phosphorus fertilizer. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(1 part 1), 551-557.
- Endo, T., Kubo-Nakano, Y., Lopez, R. A., Serrano, R. R., Larrinaga, J. A., Yamamoto, S., & Honna, T. (2014). Growth characteristics of kochia (*Kochia scoparia* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.) in saline environments. *Grassland Science*, 60(4), 225-232.
- Ferreira, J. F., Cornacchione, M. V., Liu, X., & Suarez, D. L. (2015). Nutrient composition, forage parameters, and antioxidant capacity of alfalfa

- (*Medicago sativa*, L.) in response to saline irrigation water. *Agriculture*, 5(3), 577-597.
- Fillery, I. R. P., & Poulter, R. E. (2006). Use of long-season annual legumes and herbaceous perennials in pastures to manage deep drainage in acidic sandy soils in Western Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57(3), 297-308.
- Frame, J., & Laidlaw, A. S. (2007). Temperate forage legumes for adverse conditions. *CABI Reviews*, (2007), 10-pp.
- Gao, Y., Tian, Q. Y., Shi, F. L., Li, L. H., & Zhang, W. H. (2011). Comparative studies on adaptive strategies of *Medicago falcata* and *M. truncatula* to phosphorus deficiency in soil. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 35(6), 632.
- Gerard, P. J., Aalders, L. T., Hardwick, S., & Wilson, D. J. (2022). Investigation into the contrasting production of eight perennial clover cultivars in the first two years at field sites in Waikato and Canterbury. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 65(4-5), 271-289.
- Greenway, H., & Gibbs, J. (2003). Mechanisms of anoxia tolerance in plants. II. Energy requirements for maintenance and energy distribution to essential processes. *Functional Plant Biology*, 30(10), 999-1036.
- Guan, B., Zhou, D., Zhang, H., Tian, Y., Japhet, W., & Wang, P. (2009). Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. *Journal of Arid Environments*, 73(1), 135-138.
- Guo, A., Liu, C., Wang, J., Zhang, Y., An, T., & Liu, G. (2013). The effects of land utilization type on soil property in coastal saline-alkali wetland. *Journal of Chongqing Normal University*, 30(1), 95-100.
- Ievinsh, G., Karlsons, A., Jēkabsons, A., & Andersone-Ozola, U. (2021). Heavy metal tolerance and accumulation potential of coastal accessions of *Trifolium fragiferum*, a promising forage species. In *Rural Development: Proceedings of the International Scientific Conference* (pp. 214-219).
- Jekabsons, A., Andersone-Ozola, U., Karlsons, A., Romanovs, M., & Ievinsh, G. (2022). Effect of salinity on growth, ion accumulation and mineral nutrition of different accessions of a crop wild relative legume species, *Trifolium fragiferum*. *Plants*, 11(6), 797.
- Kade, M., Pagani, E. A., & Mendoza, R. E. (2003). Phosphorus utilization efficiency in populations of narrow-leaf birdsfoot trefoil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34(1-2), 271-284.

- Kemp, D. R., Michalk, D. L., & Goodacre, M. (2002). Productivity of pasture legumes and chicory in central New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42(1), 15-25.
- Khan, M. A., & Gulzar, S. (2003). Germination responses of *Sporobolus ioclados*: a saline desert grass. *Journal of Arid Environments*, 53(3), 387-394.
- Khorshidi, M. B., Yarnia, M., & Hassanpanah, D. (2009). Salinity effect on nutrients accumulation in alfalfa shoots in hydroponic condition. *J. Food Agric. Environ*, 7, 787-790.
- Latrach, L., Farissi, M., Mouradi, M., Makoudi, B., Bouizgaren, A., & Ghoulam, C. (2014). Growth and nodulation of alfalfa-rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 320-326.
- Lei, Y., Xu, Y., Hettenhausen, C., Lu, C., Shen, G., Zhang, C., ... & Wu, J. (2018). Comparative analysis of alfalfa (*Medicago sativa* L.) leaf transcriptomes reveals genotype-specific salt tolerance mechanisms. *BMC Plant Biology*, 18(1), 1-14.
- Li, G. D., Lodge, G. M., Moore, G. A., Craig, A. D., Dear, B. S., Boschma, S. P., ... & Cullis, B. C. (2008). Evaluation of perennial pasture legumes and herbs to identify species with high herbage production and persistence in mixed farming zones in southern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(4), 449-466.
- Li, H. Y., Li, Z. Y., Cai, L. Y., Shi, W. G., Mi, F. G., & Shi, F. L. (2013). Analysis of genetic diversity of *Ruthenia Medic (Medicago ruthenica* (L.) Trautv.) in Inner Mongolia using ISSR and SSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60, 1687-1694.
- Li, X., & Brummer, E. C. (2012). Applied genetics and genomics in alfalfa breeding. *Agronomy*, 2(1), 40-61.
- Liu, J., Tang, L., Gao, H., Zhang, M., & Guo, C. (2019). Enhancement of alfalfa yield and quality by plant growth-promoting rhizobacteria under saline-alkali conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 281-289.
- Liu, M., Wang, T. Z., & Zhang, W. H. (2015). Sodium extrusion associated with enhanced expression of *SOS1* underlies different salt tolerance between *Medicago falcata* and *Medicago truncatula* seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 110, 46-55.
- Lopez, M., Herrera-Cervera, J. A., Iribarne, C., Tejera, N. A., & Lluch, C.

- (2008). Growth and nitrogen fixation in *Lotus japonicus* and *Medicago truncatula* under NaCl stress: nodule carbon metabolism. *Journal of Plant Physiology*, 165(6), 641-650.
- López-Gómez, M., Hidalgo-Castellanos, J., Iribarne, C., & Lluch, C. (2014). Proline accumulation has prevalence over polyamines in nodules of *Medicago sativa* in symbiosis with *Sinorhizobium meliloti* during the initial response to salinity. *Plant and Soil*, 374, 149-159.
- López-Gómez, M., Tejera, N. A., Iribarne, C., Herrera-Cervera, J. A., & Lluch, C. (2012). Different strategies for salt tolerance in determined and indeterminate nodules of *Lotus japonicus* and *Medicago truncatula*. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(9), 1061-1073.
- Manzur, M. E., Grimoldi, A. A., Insausti, P., & Striker, G. G. (2009). Escape from water or remain quiescent? *Lotus tenuis* changes its strategy depending on depth of submergence. *Annals of Botany*, 104(6), 1163-1169.
- Mendoza, R., Escudero, V., & García, I. (2005). Plant growth, nutrient acquisition and mycorrhizal symbioses of a waterlogging tolerant legume (*Lotus glaber* Mill.) in a saline-sodic soil. *Plant and Soil*, 275, 305-315.
- Mohammadi, H., Poustini, K., & Ahmadi, A. (2008). Root nitrogen remobilization and ion status of two alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars in response to salinity stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(2), 126-134.
- Moir, J., Jordan, P., Moot, D., & Lucas, R. (2016). Phosphorus response and optimum pH ranges of twelve pasture legumes grown in an acid upland New Zealand soil under glasshouse conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 16(2), 438-460.
- Monirifar, H., & Barghi, M. (2009). Identification and selection for salt tolerance in alfalfa (*Medicago sativa* L.) ecotypes via physiological traits. *Notulae Scientia Biologicae*, 1(1), 63-66.
- Mouradi, M., Latrach, L., Farissi, M., Bouizgarne, A., & Ghoulam, C. (2018). Impact of the salt stress on the agronomic potential of the Moroccan populations of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under the field conditions of Marrakesh. *Applied Journal of Environmental Engineering Science*, 4(3), 4-3.
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167(3), 645-663.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev.*

- Plant Biol., 59, 651-681.
- Nabizadeh, E., Jalilnejad, N., & Armakani, M. (2011). Effect of salinity on growth and nitrogen fixation of alfalfa (*Medicago sativa*). World Applied Sciences Journal, 13(8), 1895-1900.
- Nichols, P. G. H., Loi, A., Nutt, B. J., Evans, P. M., Craig, A. D., Pengelly, B. C., ... & You, M. P. (2007). New annual and short-lived perennial pasture legumes for Australian agriculture-15 years of revolution. Field Crops Research, 104(1-3), 10-23.
- Nichols, P. G. H., Revell, C. K., Humphries, A. W., Howie, J. H., Hall, E. J., Sandral, G. A., ... & Harris, C. A. (2012). Temperate pasture legumes in Australia-their history, current use, and future prospects. Crop and Pasture Science, 63(9), 691-725.
- Nichols, P. G. H., Rogers, M. E., Craig, A. D., Albertsen, T. O., Miller, S. M., McClements, D. R., ... & Dear, B. S. (2008). Production and persistence of temperate perennial grasses and legumes at five saline sites in southern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48(4), 536-552.
- Okçu, G., Kaya, M. D., & Atak, M. (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29(4), 237-242.
- Perez, A. J., Simonet, A. M., Pecio, L., Kowalczyk, M., Calle, J. M., Macías, F. A., ... & Stochmal, A. (2015). Triterpenoid saponins from the aerial parts of *Trifolium argutum* Sol. and their phytotoxic evaluation. Phytochemistry Letters, 13, 165-170.
- Petcu, E., Schitea, M., & Badea, D. (2007). The behavior of some Romanian alfalfa genotypes to salt and water stress. Romanian Agricultural Research, 24, 51-54.
- Postnikova, O. A., Shao, J., & Nemchinov, L. G. (2013). Analysis of the alfalfa root transcriptome in response to salinity stress. Plant and Cell Physiology, 54(7), 1041-1055.
- Putnam, D. H., Benes, S., Galdi, G., Hutmacher, B., & Grattan, S. (2017). Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is tolerant to higher levels of salinity than previous guidelines indicated: Implications of field and greenhouse studies. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 18266).
- Qin, F. M., Zhang, H. X., Wu, Y., & Zhou, D. W. (2010). Effects of salt stress on germination and seedling growth of *Medicago falcata*. Acta Prataculturae Sinica, 19(4), 71.
- Quan, W., Liu, X., Wang, H., & Chan, Z. (2016). Physiological and

- transcriptional responses of contrasting alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties to salt stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 126, 105-115.
- Real, D., Warden, J., Sandral, G. A., & Colmer, T. D. (2008). Waterlogging tolerance and recovery of 10 *Lotus* species. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(4), 480-487.
- Rejili, M., Jaballah, S., & Ferchichi, A. (2008). Understanding physiological mechanism of *Lotus creticus* plasticity under abiotic stress and in arid climate: a review. *Lotus Newsl*, 38, 20-36.
- Rejili, M., Vadel, A. M., Guetet, A., Mahdhi, M., Lachiheb, B., Ferchichi, A., & Mars, M. (2010). Influence of temperature and salinity on the germination of *Lotus creticus* (L.) from the arid land of Tunisia. *African Journal of Ecology*, 48(2), 329-337.
- Rejili, M., Vadel, A. M., Guetet, A., & Neffatti, M. (2007). Effect of NaCl on the growth and the ionic balance  $K^+ / Na^+$  of two populations of *Lotus creticus* (L.) (*Papilionaceae*). *South African Journal of Botany*, 73(4), 623-631.
- Robinson, P. H., Grattan, S. R., Getachew, G., Grieve, C. M., Poss, J. A., Suarez, D. L., & Benes, S. E. (2004). Biomass accumulation and potential nutritive value of some forages irrigated with saline-sodic drainage water. *Animal Feed Science and Technology*, 111(1-4), 175-189.
- Rogers, M. E., Craig, A. D., Munns, R. E., Colmer, T. D., Nichols, P. G. H., Malcolm, C. V., ... & Ewing, M. A. (2006). Corrigendum to: The potential for developing fodder plants for the salt-affected areas of southern and eastern Australia: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1665-1665.
- Rogers, M. E., Colmer, T. D., Frost, K., Henry, D., Cornwall, D., Hulm, E., ... & Craig, A. D. (2008). Diversity in the genus *Melilotus* for tolerance to salinity and waterlogging. *Plant and Soil*, 304, 89-101.
- Rogers, M. E., Colmer, T. D., Frost, K., Henry, D., Cornwall, D., Hulm, E., ... & Craig, A. D. (2010). Erratum to: The influence of NaCl salinity and hypoxia on aspects of growth in *Trifolium* species. *Crop and Pasture Science*, 61(12), 1049-1050.
- Rokebul Anower, M., Peel, M. D., Mott, I. W., & Wu, Y. (2017). Physiological processes associated with salinity tolerance in an alfalfa half-sib family. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203(6), 506-518.
- Rumball, W., & Claydon, R. B. (2005). 'GAO153'turf type strawberry clover

- (*Trifolium fragiferum* L.). New Zealand Journal of Agricultural Research, 48(4), 421-422.
- Salah, I. B., Albacete, A., Andújar, C. M., Haouala, R., Labidi, N., Zribi, F., ... & Abdelly, C. (2009). Response of nitrogen fixation in relation to nodule carbohydrate metabolism in *Medicago ciliaris* lines subjected to salt stress. Journal of Plant Physiology, 166(5), 477-488.
- Sandhu, D., Cornacchione, M. V., Ferreira, J. F., & Suarez, D. L. (2017). Variable salinity responses of 12 alfalfa genotypes and comparative expression analyses of salt-response genes. Scientific Reports, 7(1), 42958.
- Sannazzaro, A. I., Ruiz, O. A., Albertó, E., & Menéndez, A. B. (2004). Presence of different arbuscular mycorrhizal infection patterns in roots of *Lotus glaber* plants growing in the Salado River basin. Mycorrhiza, 14, 139-142.
- Scasta, J. D., Trostle, C. L., & Foster, M. A. (2012). Evaluating alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars for salt tolerance using laboratory, greenhouse and field methods. Journal of Agricultural Science, 4(6), 90.
- Sepehri, A., Najari, S., & Rouhi, H. R. (2015). Seed priming to overcome salinity stress in Persian cultivars of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Notulae Scientia Biologicae, 7(1), 96-101.
- Shehata, F., & Aqlan, E. (2020). Embryo and seedling morphology of some *Trifolium* L. species (*Fabaceae*). Taekholmia, 40(1), 64-84.
- Smith, R. W., Penrose, B., Langworthy, A. D., Humphries, A. W., Harris, C. A., Rogers, M. E., ... & Hayes, R. C. (2023). Strawberry clover (*Trifolium fragiferum*): current status and future role in Australian agriculture. Crop and Pasture Science, 74(7-8), 680-699.
- Soltani, A., Khodarahmpour, Z., Jafari, A. A., & Nakhjavan, S. (2012). Selection of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars for salt stress tolerance using germination indices. African Journal of Biotechnology, 11(31), 7899-7905.
- Steppuhn, H., Acharya, S. N., Iwaasa, A. D., Gruber, M., & Miller, D. R. (2012). Inherent responses to root-zone salinity in nine alfalfa populations. Canadian Journal of Plant Science, 92(2), 235-248.
- Striker, G. G., Insausti, P., Grimoldi, A. A., Ploschuk, E. L., & Vasellati, V. (2005). Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* Mill. Plant and Soil, 276, 301-311.



- Suyama, H., Benes, S. E., Robinson, P. H., Grattan, S. R., Grieve, C. M., & Getachew, G. (2007). Forage yield and quality under irrigation with saline-sodic drainage water: Greenhouse evaluation. *Agricultural Water Management*, 88(1-3), 159-172.
- Tavakoli, M., Poustini, K., Besharati, H., & Ali, S. (2019). Variable salinity responses of 25 alfalfa genotypes and comparative salt-response ion distribution. *Russian Journal of Plant Physiology*, 66, 231-239.
- Teakle, N. L., Real, D., & Colmer, T. D. (2006). Growth and ion relations in response to combined salinity and waterlogging in the perennial forage legumes *Lotus corniculatus* and *Lotus tenuis*. *Plant and Soil*, 289, 369-383.
- Tlili, A., Tarhouni, M., Cerdà, A., Louhaichi, M., & Neffati, M. (2018). Comparing yield and growth characteristics of four pastoral plant species under two salinity soil levels. *Land Degradation & Development*, 29(9), 3104-3111.
- Torabi, M., Halim, R. A., Sinniah, U. R., & Choukan, R. (2011). Influence of salinity on the germination of Iranian alfalfa ecotypes. *African Journal of Agricultural Research*, 6(19), 4624-4630.
- Trinchant, J. C., Boscari, A., Spennato, G., Van de Sype, G., & Le Rudulier, D. (2004). Proline betaine accumulation and metabolism in alfalfa plants under sodium chloride stress. Exploring its compartmentalization in nodules. *Plant Physiology*, 135(3), 1583-1594.
- Vaughan, L. V., MacAdam, J. W., Smith, S. E., & Dudley, L. M. (2002). Root growth and yield of differing alfalfa rooting populations under increasing salinity and zero leaching. *Crop Science*, 42(6), 2064-2071.
- Wang, X. S., Ren, H. L., Wei, Z. W., Wang, Y. W., & Ren, W. B. (2017). Effects of neutral salt and alkali on ion distributions in the roots, shoots, and leaves of two alfalfa cultivars with differing degrees of salt tolerance. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(8), 1800-1807.
- Wang, T., Ren, L., Li, C., Zhang, D., Zhang, X., Zhou, G., ... & Zhang, W. H. (2021). The genome of a wild *Medicago* species provides insights into the tolerant mechanisms of legume forage to environmental stress. *BMC Biology*, 19(1), 96.
- Wang, W. B., Kim, Y. H., Lee, H. S., Kim, K. Y., Deng, X. P., & Kwak, S. S. (2009). Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 47(7), 570-577.
- Ward, P. R., & Micin, S. F. (2006). The capacity of dryland lucerne for

- groundwater uptake. Australian Journal of Agricultural Research, 57(5), 483-487.
- Yin, M., Zhang, S., Du, X., Mateo, R. G., Guo, W., Li, A., ... & Ren, G. (2021). Genomic analysis of *Medicago ruthenica* provides insights into its tolerance to abiotic stress and demographic history. Molecular Ecology Resources, 21(5), 1641-1657.
- Younesi, O., Baghbani, A., & Namdari, A. (2013). The effects of *Pseudomonas* fluorescence and *Rhizobium meliloti* co-inoculation on nodulation and mineral nutrient contents in alfalfa (*Medicago sativa*) under salinity stress. International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS), 5(14), 1500-1507.
- Younesi, O., & Moradi, A. (2014). Effect of priming of seeds of *Medicago sativa* 'bami' with gibberellic acid on germination, seedlings growth and antioxidant enzymes activity under salinity stress. Journal of Horticultural Research, 22(2), 167-174.
- Zhang, L. L., Zhao, M. G., Tian, Q. Y., & Zhang, W. H. (2011). Comparative studies on tolerance of *Medicago truncatula* and *Medicago falcata* to freezing. Planta, 234, 445-457.
- Zhang, L. Q., Niu, Y. D., Huridu, H., Hao, J. F., Qi, Z., & Hasi, A. (2014). *Salicornia europaea* L. Na<sup>+</sup> / H<sup>+</sup> antiporter gene improves salt tolerance in transgenic alfalfa (*Medicago sativa* L.). Genet Mol Res, 13(3), 5350-5360.
- Zhanwu, G., Hui, Z., Jicai, G., Chunwu, Y., Chunsheng, M., & Deli, W. (2011). Germination responses of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seeds to various salt-alkaline mixed stress. African Journal of Agricultural Research, 6(16), 3793-3803.



## BÖLÜM 14

### *Faboideae* Alt familyası - III (**Familya: Fabaceae**)

Öğr. Gör. Dr. Selim ÖZDEMİR<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583084>

---

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Bingöl  
**E-Mail:** sozdemir@bingol.edu.tr  
Orcid ID: :0000-0003-1840-9907



### 1. *Indigofera spinosa*

*Fabaceae*'nin tipik bir örneği olan *Indigofera* cinsinin türleri protein açısından zengindir ve kuraklığa, sellere ve tuzluluğa tolerans gösterme yetenekleri nedeniyle tarımsal açıdan oldukça önemli türlerdir. *Indigofera* cinsinin bazı türlerindeki özelliklerin kombinasyonları, otlatmanın önemli bir geçim kaynağı olduğu ve yağışların düzensiz olduğu Afrika'nın yarı kurak ve kurak ortamları için idealdir. *Indigofera* cinsine ait bitkiler, geviş getiren ve geviş getirmeyen hayvanlar için hem otlatma amacıyla hem de ilave yem takviyesi olarak önemli bir yere sahiptirler. Bununla birlikte, bu cinsin toksisitesine ilişkin çekinceler onun yaygın ekimini kısıtlamıştır. En çok incelenen tür olan *Indigofera spicata*'nın civcivler için toksik olduğu ve sığırlar tarafından otlatıldığında veya tavşanlara, farelere ve sıçanlara besleme amacıyla verildiğinde, hepatotoksik olduğu saptanmıştır. *Indigofera spicata*'nın tohum ve yaprak materyalinde 'indospicine' adı verilen argininin serbest, protein olmayan bir amino asit analogu olduğu tespit edilmiştir. Etiyopya'da yetişen türlerinden *Indigofera hirsuta*, *Indigofera linifolia* ve *Indigofera spicata*'da da toksisite rapor edilmiştir. Cinsin diğer üyelerinin lezzeti ve toksisitesi hakkında çok az şey bilinmektedir. Bazı araştırmacılar, deney fareleri için tam diyetin %20'si oranında dahil edildiğinde *Indigofera brevicalyx* ve *Indigofera vicioides*'in lezzetinin, yem toksisitesinin ve besleme değerinin yonca (*Medicago sativa*) ile benzer olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşılık, *Indigofera spicata* ve *Indigofera trita*'nın bazı genotipleri için yoncaya kıyasla düşük lezzet ve besleyicilik rapor edilmiştir. Cinsteki diğer türlerin yem potansiyeline ilişkin yeterli bilginin bulunmaması ve türler arasında ve türler içinde *Indigofera* cinsinin toksisitesi ve lezzetinde gözlemlenen değişkenlik, her bir türün daha iyi incelenmesi gerekliliğini göstermiştir. Besleme değeri açısından daha uygun genotiplerin araştırılması için fırsatlar vardır (Hassen, 2006).

*Indigofera spinosa* çüce çalısı, Kuzey Kenya'nın kurak ve yarı kurak ekosistemlerinde pastoral geçimin temel unsuru olarak tanımlanır. Bu bitkiyi değerli bir yem türü yapan temel özellikler; lezzeti, otlatmaya dayanıklılığı ve az yağış alan bölgelerde yetişebilme yeteneğidir. Çok yıllık, bol köklü büyüme formu, toprakların kumlu olduğu ve yağış miktarının çok yıllık çim gelişimi için yetersiz olduğu (<350-400 mm/yıl) bölgelerde toprak stabilizasyonu açısından da önemlidir (Hassen, 2006). *Indigofera spinosa*'yı değerli bir yem bitkisine dönüştüren bu özelliklerin birleşimi, kırsal sistemlerin önemli bir geçim kaynağı olduğu ve yağışların düzensiz olduğu Afrika'nın yarı kurak ve

kurak ortamlarına uyum sağlamak için idealdir. Bununla birlikte, diğer yemler gibi kaba yemin kalitesi de besin konsantrasyonunun, alımın, potansiyel sindirilebilirliğin ve hayvan içinde metabolize edilen yemin parçalanmasının bir fonksiyonudur. Bu özelliklerin çoğu bitki morfolojik fraksiyonundan, çevresel faktörlerden ve olgunluktan etkilenmektedir. Bunlar arasında, iklim faktörlerindeki (örneğin sıcaklık, yağış) zamansal değişkenlik, yarı kurak ve kurak bölgelerdeki pastoralistler için büyük bir zorluktur, çünkü bunlar, yem üretimini ve yaprak:gövde oranı, hücre duvarı bileşenleri, lignin, çözünebilir karbonhidratlar ve sindirilebilirlik gibi özellikleri etkilemektedir. Benzer şekilde, yem bitkilerindeki mineral konsantrasyonu toprak, bitki türleri, olgunluk aşaması, verim, mera yönetimi ve iklim gibi bir dizi faktörün etkileşimine bağlıdır (Hassen ve ark., 2007).

Kenya'nın kuzeyindeki Marsabit Bölgesi'nde, Rendille ve Arial kırsal topluluklarının yaşadığı bölge, bölgedeki hayvancılık için önemli bir pazar noktasıdır. Yıllık ortalama 275 mm yağışla kurak bir iklime sahiptir. Sıcaklıklar 28-42°C arasındadır. Yıllık yağış iki mevsim arasında dağılır; uzun yağışlar Mart'tan Mayıs'a ve kısa yağışlar Kasım'dan Aralık'a kadar görülmektedir. Bölgenin peyzajı, temeldeki tepe çıkıntıları, Mathew sıradağlarından kaynaklanan belirgin mevsimsel nehir ve doğuya doğru eğimli tortul düzlük ile karakterize edilmektedir. Mevsimsel nehir kenarı vadisi, yıl boyunca küçükbaş hayvanlar için entegre bir otlatma ekosistemi oluşturmaktadır. Temel kayaçlardan türemiş toprak dokusu, derin kumlu, kumlu tınlıdan taşlı kumlu tınlıya kadar değişmektedir. Bölgede bulunan başlıca bitki örtüsü türleri, nehir kenarındaki ormanlık alan, bodur çalılar ve çalılık-otsu alanlardır. Nehir kıyısındaki hakim bitki örtüsü arasında *Acacia tortilis*, *Cordia sinensis*, *Salvadora persica* ve tek yıllık otlar yer almaktadır. Sedimanter ovalarda ve tepelerde ormanlık bitki örtüsü *Acacia* ve *Commiphora* toplulukları ile *Indigofera spinosa*, *Sericocomopsis hildebrandtii* ve *Barleria acanthoides*'in cüce çalılardan oluşmaktadır. Tercih edilen yem bitkileri arasında *Indigofera spinosa* gibi cüce çalılar, küçükbaş hayvanlara yıl boyunca yem sağlayabilir. Her iki tür ve her iki mevsimde de tercih edilme durumu yüksek olan yem türleri *Indigofera spinosa* ve *Tetrapogon cenchriformis*'tir. Kurak mevsimdeki küçükbaş hayvanlar ağırlıklı olarak *Commiphora africana*, *Cordia sinensis* ve *Indigofera spinosa*'dan oluşan bitkilere bağımlıdır (Lengarite, 2012).

## 2. *Lespedeza cuneata*

*Lespedeza* cinsine ait bitkiler hem Doğu Kuzey Amerika'da hem de Doğu Asya'da yaygın olarak yayılış göstermekte olup 40'a yakın tür rapor edilmiştir (Han ve ark., 2010).

*Lespedeza cuneata*, doğu Asya'ya özgü, sıcak mevsimde yetişen çok yıllık bir baklagildir (Wang ve ark., 2008). Geniş bir küresel dağılıma sahiptir ve esas olarak Asya, Kuzey Amerika, Okyanusya ve Güney Afrika'da görülür, ancak Avustralya, Çin, Hindistan, Japonya ve Tayvan'a özgüdür. *Lespedeza cuneata*'nın doğal yaşam alanı dışında ilk ekimi 19. yüzyılın sonlarında ABD'nin güney doğusunda olmuştur (Terrill ve Mosjidis, 2017). Kuraklığa ve asitliğe toleransı ve düşük verimli sığ topraklarda yetişme yeteneği ile tanınır. *Lespedeza cuneata* artık ABD'de tarımın ve enerji üretiminin sürdürülebilirliğini arttırmak için bir enerji ürünü olarak değerlendirilmektedir (Lau ve ark., 2004). Farmasötik alanda, geleneksel Asya tıbbında bu bitkinin toprak üstü kısımları karaciğer, böbrek ve akciğerlerin fonksiyonlarını korumak amacıyla kullanılmaktadır (Kwon ve ark., 2007). Ancak ABD'nin çeşitli eyaletlerinde zararlı bir ot olarak ilan edilmiştir. Bugüne kadar *Lespedeza cuneata* Brezilya, Kanada, Eswatini, Meksika ve Güney Afrika dahil olmak üzere diğer birçok ülkede bulunmaktadır. Güney Afrika'da ticari çiftliklerde mera bitkisi olarak yetiştirilir, ancak aynı zamanda vahşi doğada veya yol kenarlarında da bulunur. *Lespedeza cuneata*, besin açısından fakir, asidik, sığ killi ve tınlı topraklar dahil olmak üzere oldukça değişken edafoklimatik koşullarda yetişir, dolayısıyla bozulmuş savan meralarında küresel olarak mevcuttur (Mikhailova ve ark., 2016). Ortalama yıllık yağış miktarının 300 mm'nin altında olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde hayatta kalır ve iyi büyür (Muir ve ark., 2017).

*Lespedeza cuneata* bitkileri, 325-975 kg/ha tohum üretimi ile verimli tohum üreticilerindedir. Fide çimlenmesi ve büyümesi, sırasıyla 26 ila 30°C ve 22 ila 26°C'lik optimum gündüz ve gece sıcaklıklarını ve 13 ila 15 saatlik gün uzunluğunu gerektirir. Uzun kazık kökleri suyun toprağın derinliklerinden çekebilmesini sağlar, böylece kurak dönemlerde canlılığını ve yaşamını sürdürebilir. Ek olarak, derin kök sistemi topraktaki azotu sabitler ve biyolojik olarak diğer bitkiler tarafından kullanılmayan toprağa bağlı fosforu kullanır, böylece inorganik gübrelerin harici uygulanması ihtiyacını azaltır (Terrill ve Mosjidis, 2017). Yoğun tohum üretimi, güçlü fide büyümesi ve kalıcılığı nedeniyle *Lespedeza cuneata*, bazı ekosistemlerdeki yerli türleri geride



bırakma potansiyeline sahiptir ve bu da yoğun odunsu ve lifli çalılıkların oluşmasına neden olur ve yetersiz otlatıldığında potansiyel olarak istilacı hale gelmektedir (Mahachi ve ark., 2020).



**Şekil 1.** *Lespedeza cuneata*'nın Kuzey Amerika'daki otlaklara istilası (Foto: J. H. Miller, USDA Orman Hizmetleri) (Brundu ve ark., 2019).

Jeju Adası'ndaki (Güney Kore) Deonggae kıyısı, subtropikal bitkilerin en kuzeydeki yaşam alanı olarak önemine rağmen henüz ekolojik yönetim veya koruma perspektifinden incelenmemiş eşsiz bir yaşam alanıdır. Lim ve ark. (2023), bu mikrohabitatta toprağın su altında kalma sıklığı, su derinliği ve tuzluluk oranından etkilenen iki farklı bitki topluluğu (*Persicaria japonica-Thelypteris Interrupta* ve *Thelypteris Interrupta-Phragmites australis*) bulmuşlardır. Lav kayalarının etrafında karasallaşmış bir konumda olan *Thelypteris Interrupta-Phragmites australis* topluluğunun içerisinde kuru ikincil otlakların bileşen türleri olarak *Lespedeza cuneata*, *Miscanthus sinensis* ve *Imperata cylindrica* gibi türler yerleşmeye başlamıştır. Kserofitik bitki türleri olan bu türler bir alana yerleştikten sonra, sulak alan bitki örtüsünün özellikleri doğal paylaşımla nedeniyle büyük ölçüde zayıflamaktadır.

Her ne kadar istilacı kategorisinde olsa da *Lespedeza cuneata*, ABD'nin güneydoğusundaki çeşitli toprak türlerine ve çevre koşullarına iyi adapte olduğundan bu bölgedeki hem sığır hem de küçükbaş hayvan yetiştiricileri için ideal bir yem seçeneği haline gelmektedir. Kansas gibi bazı orta batı eyaletlerinde istilacı bir yabancı ot türü olarak görülmesine rağmen, güneydoğu

ABD'de önemli bir yem ve koruma ürünü olarak kabul edilmektedir (Eddy ve ark., 2003).

*Lespedeza cuneata*, çevreye uyumluluğunun yanı sıra önemli düzeyde yoğunlaştırılmış tanen içeriği ile de dikkat çekicidir. Bu biyoaktif bileşiklerin, genellikle otlayan hayvanları etkileyen gastrointestinal parazitlerle etkili bir şekilde mücadele ederek, antelmintik özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. *Lespedeza cuneata*, hem koyun hem de keçilerde gastrointestinal nematod (Terrill ve ark., 2012) ve koksidia enfeksiyonlarına karşı mükemmel biyoaktivite göstermiştir ve ayrıca başka biyoaktiviteye de sahiptir (Burke ve ark., 2013; Kommuru ve ark., 2014). İşkembe metanının baskılanması, işkembe proteini bypass'ı (Wang ve ark., 2022), gübrede *Musca domestica* (yaygın karasinek) larvalarının bastırılması ve şişkinlik önleyici özellikler bunlardan bazılarıdır (Mahachi ve ark., 2020). *Lespedeza cuneata* bitkisini yetiştirmek için coğrafi uygunluğun belirlenmesi, hayvancılığın sürdürülebilirliğini ve karlılığını arttırmayı, özellikle de küçükbaş hayvan popülasyonları için sürdürülebilir yetiştirme uygulamalarını teşvik etmeyi içeren nutrasötik bir yem olarak yararlanmak oldukça önemlidir (Panda ve ark., 2023). Hayvan hastalıklarından etkilenen hayvanların tespit edilmemesi ve tedavi edilmemesi, hastalıkların hızla yayılmasına yol açarak genel sürü veya sürü sağlığının bozulmasına ve bireysel hayvanların ekonomik değerinin azalmasına neden olabilir. İç parazitlerle enfekte olan küçükbaş hayvanların (koyun ve keçi) sağlığının başarılı bir şekilde yönetilmesi, tanen açısından zengin çok yıllık baklagil *Lespedeza cuneata* gibi anti-parazit nutrasötik bitkilerin diyetlerine dahil edilmesi de dahil olmak üzere kapsamlı bir yaklaşım gerektirmektedir (Lopes ve ark., 2016).

### 3. *Sesbania grandiflora*

*Sesbania* cinsi 60-85 farklı otsu, çalı ve ağaç türü içermektedir. Coğunlukla tropikal ve subtropikal bölgelerde yayılmıştır; yaklaşık 30 tür Afrika ve Madagaskar'da, 9 tür Asya ve Pasifik bölgesinde, 7-10 tür Avustralya'da, 13 tür Amerika'da ve 5 tür dünya genelinde yaygındır (Farruggia, 2009). *Sesbania* türleri mevsimsel olarak kuru tropik iklime sahip bölgelerde ve ayrıca subtropikal ve sıcak ılıman bölgelerde yetişmektedir. Yaşam alanları göllerin ve nehirlerin kenarlarındaki ıslak alanları, bataklıkları ve nehir kenarındaki ormanları ve bazen otlakları ve ormanlık otlakları içermektedir (Lewis ve ark., 2005). Bu cinsin farklı türlerinin çiçekleri, baklaları, tohumları, yaprakları, sapları farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Hem

kök hem de gövde nodüllerinde bulunan bakterilerin azot bağlama özelliklerinden dolayı, biyogübre olarak toprak iyileştirme amacıyla yaygın olarak yetiştirilmekte ve tarımsal ormancılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca *Sesbania* türleri farmakolojik özelliklere de sahiptir. *Sesbania* türleri, çevresel ve tıbbi kullanımların yanı sıra insanlar ve hayvanlar için gıda, yakıt, lif, balık zehiri ve süs bitkisi olarak da kullanılmaktadır (Bunma ve Balslev, 2019). Son zamanlarda bazı *Sesbania* türleri, ağır metal biriktirme kapasiteleri nedeniyle atık su arıtımında önemli hale gelmiştir (Eller ve Brix, 2016).



**Şekil 2.** *Sesbania grandiflora*, Bengal mutfağında severek kullanılan büyük beyaz bir çiçeğe sahiptir. *Sesbania grandiflora*'nın beyaz çiçek çeşidinin toksik olmadığı, mor çiçek çeşidinin ise oldukça toksik olduğu tespit edilmiştir. Ağacın yaprakları, meyveleri ve çiçekleri tüketilebilir; tek başına sebze olarak yenebilir ve körilere veya salatalara eklenebilir (Mohiuddin, 2019).

*Sesbania grandiflora* (sinonim: *Robinia grandiflora*, *Aeshynomene grandiflora*, *Sesban grandiflora* ve *Agati grandiflora*) tropik ülkelerde genellikle yenilebilir çiçekleri ve baklaları için yetiştirilmektedir. Hindistan ya da Güneydoğu Asya kökenli olduğu ve öncelikle dünyanın sıcak ve nemli bölgelerinde yetiştiği bilinmektedir. Küçük, dik, hızlı büyüyen, kısa ömürlü, seyrek dallı, yumuşak bir ağaçtır. Gövde düz ve silindriktir, ahşap beyaz ve yumuşaktır. Ağacın yüksekliği 5-12 metredir. Yapraklar 20 ila 30 santimetre

uzunluğunda ve pinnattır. Çiçekler beyaz ve 7-9 cm uzunluğundadır. Baklalar doğrusal, 20-60 cm uzunluğunda, 7-8 mm genişliğinde, sarkık ve biraz kavilidir ve çok sayıda tohum içerir (Wagh ve ark., 2009).

*Sesbenia grandiflora* dünyada birçok bölgede yem olarak değerlendirilmektedir. Endonezya'nın güney-orta kesiminde, çeltik tarlalarının etrafındaki setlerde yetiştirilen bu bitki, yıllık sekiz aylık kurak mevsim boyunca sığır ve keçilerin besininin %70'ini sağlamaktadır. Yapraklar %25-30 kadar ham protein içermektedir. Yapraklar ve baklaları yem olarak değerlendirilir. Ağaç, tesis edildikten sonraki 4 ay içinde yemlik yaprak üretir. Yapraklar ayrıca her 100 gramda 9600 IU A vitamini içerir. Yem üretimi için ağaç 90-120 cm boyunda (1.8 kg) kesilerek pirinç samanıyla karıştırılarak hayvanlara yedirilir (Karmakar ve ark., 2016). *Sesbania grandiflora* iyi bir yem bitkisidir ve inci darı ile birlikte karışık ekimi hayvan yemi olarak daha iyi besin değeri sergiler (Zamir ve ark., 2022).

Kusmiyati ve ark. (2019), tuzlu toprakta hayvan gübresinin *Panicum maksimum* ve *Sesbenia grandiflora*'nın yem üretimi ve kalitesi üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Araştırma, Endonezya'nın Orta Java Eyaleti, Rembang Regency'de orta derecede tuzlu toprakta gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar, organik katkı olarak farklı gübre dozajlarından oluşmaktadır (0, 10 ve 20 ton/ha). Yem bitkileri, monokültür veya karma ekim yapan *Panicum maksimum* ve *Sesbenia grandiflora* bitkileridir. Ölçülen parametreler kuru madde (KM) üretimi, kül, ham protein, ham lif, eter ekstraktı, toplam sindirilebilir besin maddeleridir. Bir yıl içinde *Panicum maksimum* sekiz kez, *Sesbenia grandiflora* ise altı kez biçilmiştir. Sonuç olarak, karışık mahsul *Panicum maksimum* ve *Sesbenia grandiflora*'nın en yüksek toplam kuru madde üretiminin, 20 ton/ha gübre uygulamasıyla orta derecede tuzlu toprakta üretildiğini göstermiştir. 20 ton/ha gübre uygulamasında mevcut kuru madde, ham protein ve toplam sindirilebilir besin maddesinin toplam üretimi sırasıyla 29.1 t/ha/yıl; 3.7 t/ha/yıl ve 17.7 t/ha/yıl olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, tuzlu toprağa 20 ton/ha gübre uygulanması yem üretimi ve ham protein miktarını artırmıştır.

NaCl tuzluluğunun *Sesbania grandiflora*'da büyüme, nodülasyon ve azot içeriği üzerindeki etkisini belirlemek için Dhanapackiam ve Ilyas (2010) tarafından bir saksı denemesi yapılmıştır. Kumlu tınlı toprakta yetiştirilen on beş günlük fideler, 10 mM, 20 mM, 30 mM, 40 mM ve 50 mM'lik NaCl çözeltisi ile sulanmıştır. Bitkiler 50 gün sonra örneklenmiştir. Tuzluluğun

artmasıyla kök ve yaprakların taze ve kuru ağırlıkları giderek azalmıştır. Kökler yapraklara göre daha fazla baskılanmıştır. Tuzlu koşulda yetişen tüm bitkilerin köklerinde nodüller görülmüştür. Ancak tuzluluğun artmasıyla birlikte bitki başına nodül sayısı, boyutu ve bunların taze ve kuru ağırlıkları azalmıştır. Artan tuzluluk seviyeleriyle birlikte doku azot içeriği de giderek azalmıştır.

Arbüsküler mikorizal mantar *Glomus macrocarpum*'un ve tuzluluğun *Sesbania aegyptiaca* ve *Sesbania grandiflora*'nın büyümesi üzerindeki etkisini incelemek için Giri ve Mukerji (2004) tarafından bir tarla denemesi yapılmıştır. Tuz stresi altındaki toprakta, mikorizal kök kolonizasyonu ve sporlanma, arbüsküler mikorizal mantar ile aşılınmış bitkilerde, aşılınmamış bitkilere göre önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Mikorizalı fidelerin kök ve sürgün kuru biyokütle üretimi, tuzlu toprakta yetişen mikorizal olmayan fidelere göre önemli ölçüde daha yüksek olmuştur. Mikoriza aşılınmış fidelerin yapraklarındaki klorofil içeriği, aşılınmamış fidelere kıyasla daha fazla ölçülmüştür. Mikorizalı bitkilerde nodül sayısı, mikorizal olmayan bitkilere göre önemli ölçüde daha yüksek olmuştur. Mikorizalı fide dokusunda P, N ve Mg konsantrasyonları önemli ölçüde artmış, ancak Na konsantrasyonu mikorizal olmayan fidelere göre daha düşük olmuştur. Tuzluluk stresi koşullarında *Sesbania* türleri mikorizalara yüksek derecede bağımlılık göstermiş ve bu durum bitkilerin yaşıyla birlikte artmıştır. Mikorizalı bitkilerde Na alımındaki azalma ile birlikte P, N ve Mg emilimindeki artış ve yüksek klorofil içeriğinin, tuzlu toprakta büyüyen bitkiler için önemli tuz hafifletici mekanizmalar olabileceği düşünülmüştür.

#### 4. *Vigna vexillata*

*Vigna* cinsi, dokuzu kültüre alınmış veya yarı kültüre alınmış olmak üzere 100'den fazla türden oluşur. Kıyı bölgeleri de dahil olmak üzere tropikal ve subtropikal bölgelere dağılmışlardır (Iseki ve ark., 2016). *Vigna* cinsi, börülce ve maş fasulyesi gibi önemli bitkileri içermektedir (Yoshida ve ark., 2020). Afrika'da, *Vigna unguiculata* ve *Vigna subterranean* türleri yetiştirilen tek yerli insan gıdası baklagilleridir, ancak kıtada şu anda gıda güvenliğine katkı sağlayan 14 *Vigna* türü bulunmaktadır. *Vigna lobatifolia*, *Vigna reticulata*, *Vigna fischeri*, *Vigna vexillata*, *Vigna ambacensis*, *Vigna marina* ve *Vigna stenophylla* türleri yumruları için, *Vigna reticuleata*, *Vigna vexillata*, *Vigna juncea*, *Vigna gracilis*, *Vigna membranacea* ve *Vigna radiata* türleri taneleri için gıda amacıyla yetiştirilmektedir. *Vigna lobatifolia* ve *Vigna*

*vexillata*'nın yumruları %15'e kadar protein içermektedir; bu, manyokun altı katı, İrlanda patatesi veya tatlı patatesin üç katı düzeyindedir (Dakora, 2011).

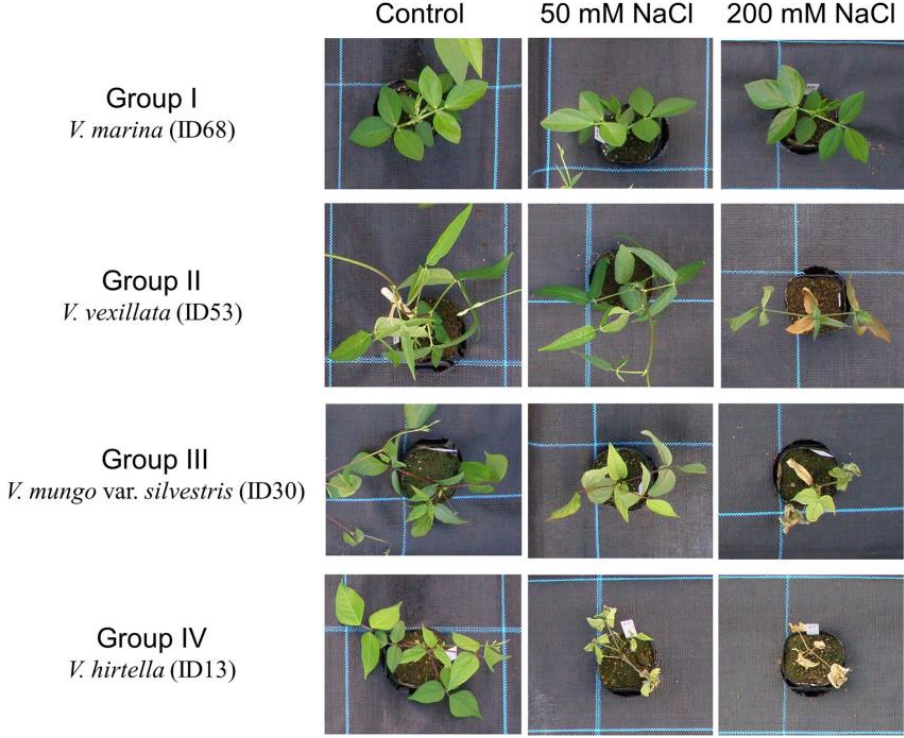
*Vigna* cinsi içerisinde yem bitkisi olarak kullanılan türler *Vigna vexillata*, *Vigna frutescens*, *Vigna luteola*, *Vigna marina*, *Vigna oblongifolia*, *Vigna reticulata* ve *Vigna unguiculata*'dır (Brilhante ve ark., 2023). Bu yemlik türler arasında tuza dayanıklı olanlar *Vigna vexillata*, *Vigna angularis* (Iseki ve ark., 2016) ve *Vigna marina*'dır (Yoshida ve ark., 2016).

Yumrulu börülcenin (*Vigna vexillata*) Bali ve Timor'da (Endonezya) yetiştiriciliği yapılmaktadır (Karuniawan ve ark., 2006). Bu kültüre alınmış form, belirgin tohum büyüklüğü artışı, bakla çatlatmanın olmaması ve tohum uyku halinin olmaması gibi bazı önemli tarımsal özelliklere sahiptir. Yumruları için yetiştirilir, ancak tohumları insan gıdası olarak da kullanılmaktadır. Kök protein içeriği %15 olup, bu da tatlı patatesten (%6) yaklaşık 2.5 kat, patatesten (%5) 3 kat ve manyoktan (%3) 5 kat daha yüksektir. Daha önceki raporlarda yabancı *Vigna vexillata*'nın Afrika'da (Senegal, Etiyopya, Sudan ve Güney Afrika), Doğu ve Kuzey Doğu Hindistan'da, Kuzey Avustralya'da ve Güneydoğu Asya'da yenilebilir yumru ve bazen de yenilebilir tohum olarak kullanıldığı vurgulanmıştır. Kuzey Avustralya'da 300-1100 kg/ha arasında değişen yem kuru madde verimi elde edilirken, Zambiya'da 2780 kg/ha kuru madde verimi elde edilmiştir. Nijerya'da 1.44 ton/ha taze yumru verimi elde edilirken, 500-1250 kg/ha tohum verimi de rapor edilmiştir. Yabancı formu son derece polimorfik bir türdür ve birçok taksonomik çeşit mevcuttur. Ayrıca tohum morfolojisi açısından da hatırı sayılır bir çeşitlilik sunmaktadır (Harouna, 2020).

Baklagil bitkileri için optimum sıcaklık aralığı 10-36 °C arasındadır. Bu nedenle *Vigna* yetiştirmede dikkate alınan temel üretim zorluğu, >40 °C sıcaklık stresidir. Diğer üretim zorlukları kuraklık stresi, su birikmesi ve tuzluluktur (van Zonneveld ve ark., 2020).

Iseki ve ark. (2016), Asya, Afrika, Okyanusya ve Güney Amerika'dan toplanan yabancı ve kültüre alınmış türler da dahil olmak üzere toplam 69 *Vigna* genotipinin tuz toleransını değerlendirmişlerdir. Tuza dayanıklı olanları belirlemek için bir serada yüksek terleme ortamı altında farklı yoğunluklardaki tuz stresine (50 ve 200 mM NaCl) karşı bitkilerin tepkilerini ölçmüşlerdir. Genotipler dört gruba (en toleranslı, toleranslı, orta derecede duyarlı ve duyarlı) sınıflandırmışlar ve altı yabancı türü tuz toleransının umut verici kaynakları olarak seçmişlerdir. Seçilen türler *Vigna vexillata*, *Vigna riukiensis*, *Vigna*

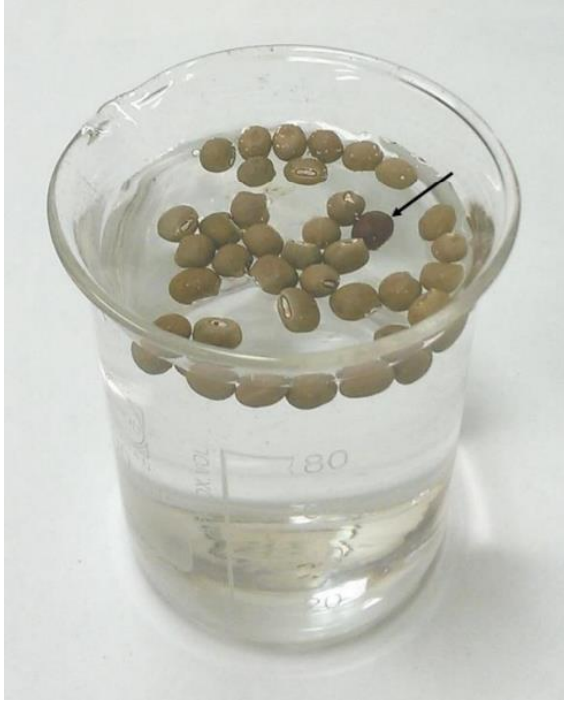
*trilobata*, *Vigna marina* subsp. *oblonga*, *Vigna luteola* ve *Vigna marina* olmuştur, çünkü denemelerde bu türler daha yüksek göreceli kuantum verimi ve yüksek göreceli sürgün biyokütlesi göstermişlerdir (Şekil 3).



**Şekil 3.** İki haftalık tuz stresi uygulamasından sonra dört tuza toleranslı *Vigna* grubunun (en toleranslı, toleranslı, orta derecede duyarlı ve duyarlı) fotoğrafları (Iseki ve ark., 2016).

## 5. *Vigna marina*

Bazen 'kumul fasulyesi' ortak adı verilen *Vigna marina*, *Spinifex sericeus*, *Canavalia rosea* ve *Convolvulus pes-caprae* ssp. *brasiliensis* gibi diğer kıyı bölgesi türleriyle birlikte tipik olarak yüksek su seviyesinin hemen üzerindeki kumlu veya çakıllı plajların kenarları boyunca meydana gelen pantropikal bir kıyı bitki türüdür. Tohumları suyun yarısından daha az bir yoğunluğa sahip olduğundan yüzebilir ve kuzeydoğu Avustralya'daki tropik sahillerde yaygın olarak suda sürüklenir (Lawn ve Cottrell, 2016).



**Şekil 4.** *Vigna marina* tohumları sudan daha az yoğun olduğundan yüzer. Taze tohumlar gridir ancak yaşlanma ve hava koşulları nedeniyle kahverengileşir (fotoğrafta ok ile gösterilmiştir) (Lawn ve Cottrell, 2016).

*Vigna marina*'nın iki alt tür tanımlanmıştır: Batı Afrika'nın Atlantik kıyı şeridi boyunca dağılmış "*ssp. oblonga*" ve Hint-Pasifik bölgesinde dağılmış "*ssp. marina*". Maş fasulyesi (*Vigna radiata*) ve börülce (*Vigna unguiculata*) gibi bitkilerin yabani bir akrabası olan *Vigna marina*, bir germplazm kaynağı olarak ilgi çekicidir ve bugüne kadar Avustralya'nın kıyı şeridinden ve yakın adalardan yaklaşık 50 genotipi toplanmış ve Avustralya Yerli *Vigna* Koleksiyonu altında koruma altına alınmıştır (Lawn, 2015). Derin köklü bir baklagil olduğundan kumlu topraklarda derinden su elde edebilmekte ve kök nodüllerinde kendi azotunu sabitleyebilmektedir. Eğilmiş sarmaşık sapları kumla temas ettiğinde kolayca kök salmaktadır ve uygun koşullar altında çok yoğun meşcereler oluşturabilmektedir. Özellikle keçiler olmak üzere otlayan hayvanlar için lezzetlidir ve tropik dünyanın çeşitli yerlerinde yem türü olarak kullanılmaktadır. Bildirilen diğer kullanımlar arasında yeşil gübre/örtü bitkisi olarak ve bazı Pasifik adası topluluklarında tıbbi amaçla kullanılmaktadır. Fideleri 13 dS/m gibi yüksek toprağa özgü iletkenlik değerlerinde hayatta



kalabilir, oysa ki maş fasulyesi gibi hassas bitkilerde fideler 6 dS/m kadar düşük toprağa özgül iletkenlik değerlerinde ölmektedir (Lawn ve Cottrell, 2016).



Şekil 5. Ishigaki adasının (Okinawa, Japonya) kumlu plajında yetişen *Vigna marina* (sahil börülçesi) (Norihiko ve ark., 2010).

Huang ve ark. (2019) tarafından, *Vigna marina*'nın biyo-ekolojik karakterlerini ve tropikal mercan adalarına uyumunu anlamak için yaprakların anatomik yapısı, fizyolojik özellikleri ve besin bileşenleri incelenmiştir. Sonuçlar, *Vigna marina*'nın kalın yapraklara, iyi gelişmiş palizat dokusuna, yüksek stoma yoğunluğuna ve yüksek stoma alanı indeksine sahip olduğunu ve bunların terlemeyi azaltmada ve nemi korumada önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Yapraklardaki SOD ve POD aktiviteleri yüksek, MDA içeriği ise düşük olup, güçlü antioksidan kapasiteyi göstermektedir. *Vigna marina*'nın yapraklarındaki besin içeriği orta düzeyde bulunmuştur, ancak topraktaki seviye daha düşük ölçülmüştür. Bu durum, *Vigna marina*'nın besinleri absorbe etme ve kullanma konusunda iyi bir yeteneğe sahip olduğunu göstermiştir ki bu, çorak çevreye uyum sağlamada faydalıdır. Bu nedenle *Vigna marina*, yüksek sıcaklık, kuraklık ve yüksek tuzluluk ortamına iyi uyum sağlayabilir özelliktedir. Tropikal mercan adalarında rüzgar kesici, kum sabitleme ve bitki örtüsü restorasyonunda da kullanılabilir.

Yoshida ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, 300 mM NaCl altında yetiştirilen 7 *Vigna* kültür türü ve 23 yabancı *Vigna* kullanılmış ve birincil taramada tuza dayanım açısından *Vigna luteola*, *Vigna marina* ve *Vigna vexillata* seçilmiştir. Farklı tuz konsantrasyonları altında yapılan ikinci çalışmada, *Vigna marina*'nın en yüksek hayatta kalma kabiliyetini ortaya çıkarmıştır. Köklerde, gövdelerde ve yapraklarda Na<sup>+</sup> birikiminin paterni, *Vigna vexillata* ve *Vigna luteola*'nın 'Na<sup>+</sup> dışlayıcı' tipte olduğunu, *Vigna marina*'nın ise 'Na<sup>+</sup> dahil edici' tipte olduğunu göstermiştir. *Vigna luteola*, kontrol koşulları altında en yüksek kuru madde üretimini ve tuz stresi altında iyi korunan sürgün kuru ağırlığını göstermiştir. İlginç bir şekilde, *Vigna luteola* en yüksek miktarda Na<sup>+</sup>'yı köklerde biriktirmiş (3000 µM/g) ve tuz stresi altında kök kuru ağırlığını arttırmıştır; bu, Na<sup>+</sup> rezervuarı olarak yapraklara Na<sup>+</sup> geçişini kısıtlayarak fotosentetik hızın artmasına yol açabilir bir durumdur. *Vigna luteola*, orta derecede tuz hasarının yaşandığı coğrafi bölgelerde büyük bir potansiyele sahiptir. *Vigna marina*, Na<sup>+</sup>'yı kök, gövde ve yapraklarda yüksek düzeyde biriktirmiştir. Tuz stresi altında stoma iletkenliğini, terleme hızını ve fotosentetik hızını arttırmış; bu da aquaporin gen ekspresyonunun adaptif düzenlemesini işaret etmiştir. *Vigna marina*, yüksek oranda tuzdan zarar gören bölgelerde gıda, mera ve fitoremediasyon baklagilleri olarak faydalı olacaktır.

## 6. *Vigna luteola*

*Vigna* türleri arasında maş fasulyesi (*Vigna radiata*), urdfasulyesi (*Vigna mungo*), adzuki fasulyesi (*Vigna angularis*), güve fasulyesi (*Vigna aconitifolia*), pirinç fasulyesi (*Vigna umbellata*), minni payaru (*Vigna stipulacea*), creole fasulyesi (*Vigna refleksi-pilosa*) ve yumru börülcesi (*Vigna vexillata*) esas olarak Asya'da yetiştirilirken, börülce (*Vigna unguiculata*) ve Bambara yerfıstığı (*Vigna subterranea*) ağırlıklı olarak Afrika'da yetiştirilmektedir. Dünya çapında toplam 30 *Vigna* gen bankası mevcuttur. Ticari ürün üretimi için kullanılan *Vigna* türlerinin çoğu tek yıllık olmasına rağmen, cins birçok çok yıllık türü de içerir. *Vigna* türleri çoğunlukla çiçek açılmadan önce, çoğunlukla kendi kendine tozlaşmaktadır. Öyle bile olsa, bombus arıları ve diğer böcekler tarafından yapılan tozlaşma, kendi kendine tozlaşmayı artırmanın yanı sıra çapraz tozlaşmayı teşvik ederek meyve tutumunu artırmaktadır. Tohum rengi, boyutu ve şekli, bakla başına tohum sayısı, çiçeklenmeye kalan gün sayısı ve 100 tohum ağırlığı gibi morfolojik özellikler, benzer türler içerisindeki genotiplerin gruplandırılmasında faydalıdır. Kültürü yapılan *Vigna* türlerinden bazıları yüksek sıcaklık ve düşük yağış gibi zorlu çevre koşullarında ve verimsiz topraklarda yetiştirilebilir.

Yabani türler *Vigna trilobata* (mevsimsel olarak sıcak iklimlerde yetişir) ve *Vigna vexillata* (mevsimsel olarak kuru iklimlerde yetişir) dehidrasyona ve tuzluluğa karşı oldukça toleranslıdır. *Vigna aridicola* sürekli sıcak iklim koşullarında gelişir ve yüksek düzeyde dehidrasyonu tolere eder. *Vigna unguiculata* mevsimsel olarak sıcak iklim koşullarında yetişir ve yüksek düzeyde tuzluluğa toleranslıdır. Kültüre alınmış *Vigna unguiculata* ve *Vigna vexillata* türleri ile *Vigna luteola*, *Vigna marina*, *Vigna nakashimae*, *Vigna riukiensis* ve *Vigna vexillata* yabani türlerinde de yüksek düzeyde tuzluluk toleransı tespit edilmiştir (Nair ve ark., 2023).

*Vigna luteola*'nın Afrika kökenli olduğu varsayılmaktadır, ancak artık Neotropiklerde yaygın olarak görülmektedir. Bu türün yem değeri vardır: megatermik ve hidrofil olduğundan tropik bölgelerde, hatta su basmış topraklarda bile yetiştirilebilir. Bu türü yetiştirmek için, çiçekçillerin ve/veya meyveçillerin aktivitesini etkileyebilecek karıncaların sürekli devriye gezmesini sağlayan çiçek salgımlarındaki çiçek dışı nektarların varlığı da dahil olmak üzere, üremesiyle ilgili tüm etkileşimleri anlamak gerekir. Bitki zararlılarının biyolojik kontrol ajanları olarak çiçek dışı nektarlara çekilen karıncaların önemi, yalnızca çiçek dışı nektarları taşıyan ürün için değil, aynı zamanda karma plantasyonlar için de yüksektir. Bu etkileşim, karıncaların nektar alımından yararlandığı ve bitkilerin üreme organlarını tüketenlere karşı koruma sağladığı ve böylece her iki partnerin uyumunun arttığı bir karşılıklılık oluşturabilir (Ojeda ve ark., 2020).

Addison ve Congdon (2001) tarafından yapılan çalışmada, tropik baklagillerin altı türü (*Vigna luteola* cv. Dalrymple, *Desmodium intortum*, *Desmodium canum*, *Arachis pintoii*, *Macrotyloma axillare* ve *Calopogonium mucunoides*) gölgesiz bir kontrole kıyasla %37, %24 ve %16 oranlarında gölge koşullarında yetiştirilmiştir. Bitkilerin kuru madde üretimi ve nodülasyon düzeyi ölçülmüş ve tam güneş ışığı altında (%100) *Vigna luteola*, *Desmodium intortum* ve *Macrotyloma axillare* en fazla kuru madde üreten grubu oluşturmuştur. %37 ışık altında *Vigna luteola*, *Desmodium intortum*, *Macrotyloma axillare* ve *Calopogonium mucunoides* en verimli grubu oluşturmuştur. *Vigna luteola*'nın tüm ışık seviyelerinde iyi miktarda biyokütle üretmesine rağmen, düşük ışık seviyelerinde (%24 ve %16) bitkilerin kötü görünümü (değişen miktarlarda nekroz içeren küçük, deforme olmuş yapraklar), bu türün koyu gölgeli durumlar için uygun seçim olmayabileceğini düşündürmüştür.

## 7. *Sophora japonica*

*Sophora japonica*, Çin, Japonya, Kore, Vietnam ve diğer ülkelerde yaygın olarak bulunan orta büyüklükte, yaprak döken bir ağaçtır. Bu bitkinin kullanımı antik Çin'in klasik tıbbi incelemelerinde kaydedilmiştir ve şu anda hem Çin Farmakopesinde hem de Avrupa Farmakopesinde kayıtlıdır (He ve ark., 2016). *Sophora japonica* binlerce yıllık uzun ömürlü bir ağaç türüdür. Hem ekonomik hem de tıbbi değeri yüksek olan bu türün son yıllarda Çin, Japonya ve diğer bölgelerde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır. *Sophora japonica* genellikle problemlili marjinal arazilere ekilir. Birçok bireysel ağacın büyümesi kuraklık, tuzluluk, beslenme eksikliği, patojen enfeksiyonu veya diğer nedenlerle kısıtlanmıştır (Tian ve ark., 2022). Diğer baklagillerden farklı olarak *Sophora japonica*, atmosferik azotu sabitleyecek nodüller oluşturma yeteneğinden yoksundur, bu da eksojen N'e karşı yüksek hassasiyete neden olmaktadır (Wang ve ark., 2018).

Liu ve Slik (2022), Çin'in 59 şehrinde sokak ağaçlarının tür çeşitliliği, bolluğu ve köken bilgilerini görmek için Çin'de bir sokak ağacı envanteri yürütmüşlerdir. 59 ildeki 309 ağaç türünden 1.319.696 ağacı derlemişlerdir. En sık kullanılan türler sırasıyla 38, 36 ve 29 ilde *Ginkgo biloba*, *Sophora japonica* ve *Salix babylonica* olmuştur. *Cinnamomum camphora* 12 şehirde en çok bulunan türken, onu *Sophora japonica* (10 şehir) takip etmiştir.

*Sophora japonica*, çeşitli toprak türlerine ve soğuk iklimlere toleransı nedeniyle yaygın olarak dikilen bir baklagil ağacıdır. Yaprakları protein açısından zengin olup, soğuk mevsimlerde yem sıkıntısını gidermek için silaj olarak yapılabilmektedir (Ali ve ark., 2017).

Flavonoidlerin çeşitli biyolojik aktiviteleri vardır ve modern hayvancılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Flavonoid takviyesinin kanatlı hayvanlarda büyüme performansının, besin sindirilebilirliğinin, bağırsak mikrobiyota topluluğunun, bağışıklık durumunun ve antioksidan durumunun iyileştirilmesinde faydalı etkileri olduğu rapor edilmiştir (Sun ve ark., 2020). Quercetin, meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan bir tür flavonoid bileşiktir. Quercetin'in antibakteriyel, antioksidan, bağırsak sağlığını iyileştirici, büyüme destekleyici ve immünomodülatör gibi mükemmel biyolojik özellikleri nedeniyle yaygın olarak rapor edilmiştir (Liu ve ark., 2014). Quercetin kaynakları arasında kimyasal sentez veya bitki ekstraksiyonu bulunur. Kimyasal olarak sentezlenen quercetin rasyona ilavesinin etlik piliçlerde büyüme performansına faydalı olmadığı rapor edilmiştir (Parmar ve

ark., 2019). Bu nedenle modern kümes hayvancılığı bitkilerden elde edilen kersetin üzerine odaklanmıştır. Zhang ve Kim (2020), 0,25, 0,50 veya 1,00 g/kg bitki kaynaklı kuersetin içeren diyet takviyesinin, broyler civcivlerde büyüme performansını, çekal mikrobiyota topluluğunu ve bağıl organ ağırlığını iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Abid ve ark. (2020), etlik civcivlerin diyet içeren keçiboynuzu ağaçlarından ekstrakte edilen 0.1, 0.2 veya 0.3 g/kg quercetin ile beslenmesinin yem verimliliğini artırdığını bildirmişlerdir. Sohaib ve ark. (2015), 0.1, 0.2 veya 0.3 g/kg bitki kaynaklı kuersetin takviyeli diyetle beslenen piliç civcivlerinin büyüme performansını iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Dang ve ark. (2022), *Sophora japonica* çiçeğinden ekstrakte edilen quercetin'in broyler civcivlerin diyetine eklenmesinin büyüme performansı, nispi besin sindirilebilirliği, mikrobiyota, serum lipit profilleri, bağıl organ ağırlığı ve göğüs üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Broyler civcivlerin diyetine quercetin'in eklenmesinin göğüs kası verimi ve göğüs kası kalitesi üzerinde olumlu etkileri olmuş ve çekumdaki faydalı bakteri sayısını artırarak kuru madde sindirilebilirliğini ve enerji tutulmasını iyileştirmiş, böylece büyüme performansını iyileştirmiştir. Dang ve Kim (2021)'in çalışmasında *Sophora japonica* quercetin takviyesinin, piliç civcivlerin diyetdeki CP içeriğinin azaltılmasından kaynaklanan büyüme bozulmasını ve karın yağı artışı iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır.

Hou ve ark. (2017), fonksiyonel endofitik mantarlarla aşılınmış *Sophora japonica*'nın tuza toleransını araştırmışlardır. Kök ortamına sulama yoluyla eklenen 200 mmol/L NaCl stresiyle birlikte *Sophora japonica* fidelerini aşılama için sekiz mantar türü (H-1'den H-8'e kadar) kullanmışlardır. 200 mmol/L NaCl stresi ile fide biyokütlesindeki değişiklikler temel olarak aynı olmuştur. H-1, H-3, H-4 ve H-6 suşları *Sophora japonica* fidelerinin tuza direncini arttırmıştır. H-3 suşu uygulamasıyla, fide boyu (%148), kuru ağırlık (%117), kök/sürgün oranı (%121) ve su içeriği (%104) açısından kontrolden önemli ölçüde yüksek çıkmıştır. Beş suş ise kontrole göre anlamlı derecede düşük sonuç üretmiştir, bunların hepsi fide boyu (%69), kuru ağırlık (%83) ve kök/gövde oranı (%78) üzerinde ters etki yapmıştır.

## 8. Sonuç

Yem bitkisi üretimi çounlukla kuraklık, tuzluluk, sıcaklık ve diğer edafik stresler gibi abiyotik stresler nedeniyle sınırlıdır. Çünkü yem bitkilerinin çoğunun yetiştirildiği araziler, düşük su tutma kapasitesi, yüksek tuz içeriği, seyrek sulama ve sınırlı verimlilik özellikleriyle öne çıkan zayıf toprak ve arazi

yönetim sistemine sahip marjinal tarım arazileridir. Flora, fauna ve mikroflora, belirli çayır otlak ekosistemlerinde kanopi ve kök biyokütle ürünlerini ve bunların dağılım modellerini etkilemektedir. Baklagillerin toprak verimliliğini artırmadaki rolleri yeni değildir, ancak ekstrem ortamlarda nodülasyon ve azot fiksasyonunun ortaya çıkması önemlidir. Nodüle edici azot bağlayıcı bakteriler ve arbusküler mikorizal mantarlarla simbiyoz oluşturma yetenekleri nedeniyle, *Fabaceae* familyasının bazı türleri elverişsiz ortamlarda büyüebilmektedir. Genel olarak, bu familyanın bireyleri toprağı yüksek azotlu organik madde ile zenginleştirdikleri ve sonuç olarak ekolojik süksesyon sürecinde diğer bitkilerin kurulmasına izin verdikleri için toprağın korunmasında ve bozulmuş alanların iyileştirilmesinde öncü olarak kullanılmaktadırlar. Özellikle baklagillerin azot fiksasyonunu da içine aldığı, arbuskular mikorizaların eşlik ettiği üçlü simbiyozlar çok faydalıdır. Baklagil halofitlerin seçimi ise bu üçlü simbiyozu bir adım öteye taşımaktadır. Baklagil halofitlerin seçimi ekimi tuzlu-alkali toprakları iyileştirir ve fiziksel ve kimyasal özelliklerde ve toprak mikrobiyal topluluklarında değişiklikler getirir. Baklagil halofitlerin kuraklık, su basması ve diğer eşzamanlı streslere de dayanan versiyonlarının büyük potansiyel barındırdığı açıktır. Baklagil ürünleri gıda, yem ve içecek, ilaç ve eczacılık ürünleri, biyo dizel yakıt, bina ve inşaat, tekstil, mobilya ve el sanatları, kâğıt ve kâğıt hamuru, kimyasal ve gübre, atık geri dönüşümü, bahçecilik, haşere kontrolü ve ekoturizm gibi çok amaçlı kullanımlarıyla dünya ekonomisine önemli katkılar sağlamaktadır. Yem türleri için floristik kompozisyonlar, yaşam formları, üreme tipleri tuzlu arazi restorasyonuna daha fazla katkı sağlayabilir.

## KAYNAKÇA

- Abid, A. R., Areaer, A. H., Hussein, M. A., Gatea, S. M., & Al-Nuaimi, A. J. (2020). Impact of different levels of quercetin on productive performance of broiler Chicken (Ross-308). In AIP Conference Proceedings (Vol. 2290, No. 1). AIP Publishing.
- Addison, H., & Congdon, R. (2001). Legumes for agroforestry systems. Tropical Plant Sciences, School of Tropical Biology, James Cook University, Townsville.
- Ali, G., Liu, Q., Yuan, X., Dong, Z., Desta, S. T., Li, J., ... & Shao, T. (2017). Characteristics of lactic acid bacteria isolates and their effects on the fermentation quality of acacia (*Sophora japonica* L.) leaf silage at low temperatures. Grassland Science, 63(3), 141-149.
- Brilhante, M., Catarino, S., Darbyshire, I., Bandeira, S., Moldão, M., Duarte, M. C., & Romeiras, M. M. (2023). Diversity patterns and conservation of the *Vigna* spp. in Mozambique: A comprehensive study. Frontiers in Ecology and Evolution, 10, 1057785.
- Brundu, G., Chapman, D., Flory, L., Le Roux, J., Pescott, O., Siemann, E., ... & Tanner, R. (2019). *Lespedeza cuneata* (Dum. Cours.) G. Don. EPPO Bulletin, 49(2), 280-284.
- Bunma, S., & Balslev, H. (2019). A review of the economic botany of *Sesbania* (*Leguminosae*). The Botanical Review, 85, 185-251.
- Burke, J. M., Miller, J. E., Terrill, T. H., Orlik, S. T., Acharya, M., Garza, J. J., & Mosjidis, J. A. (2013). *Sericea lespedeza* as an aid in the control of *Emeria* spp. in lambs. Veterinary Parasitology, 193(1-3), 39-46.
- Dakora, F. D. (2011). Biogeographic distribution, nodulation and nutritional attributes of underutilized indigenous African legumes. In II International Symposium on Underutilized Plant Species: Crops for the Future-Beyond Food Security 979 (pp. 53-64).
- Dang, D. X., Cho, S., Wang, H., Seok, W. J., Ha, J. H., & Kim, I. H. (2022). Quercetin extracted from *Sophora japonica* flower improves growth performance, nutrient digestibility, cecal microbiota, organ indexes, and breast quality in broiler chicks. Animal Bioscience, 35(4), 577.
- Dang, D. X., & Kim, I. H. (2021). Quercetin from *Sophora japonica* alleviates growth retardation of broilers on a low protein diet. European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde, (331).

- Dhanapackiam, S., & Ilyas, M. M. (2010). Effect of NaCl salinity on growth, nodulation and total nitrogen in *Sesbania grandiflora*. *Indian Journal of Science and Technology*, 87-89.
- Eddy, T. A., Davidson, J., & Obermeyer, B. (2003). Invasion dynamics and biological control prospects for *Lespedeza sericea* in Kansas. *Great Plains Research*, 217-230.
- Farruggia, F. T. (2009). Phylogenetic and monographic studies of the pantropical genus *Sesbania adanson* (*Leguminosae*). Arizona State University.
- Giri, B., & Mukerji, K. G. (2004). Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, 14, 307-312.
- Han, J. E., Chung, K. H., Nemoto, T., & Choi, B. H. (2010). Phylogenetic analysis of eastern Asian and eastern North American disjunct *Lespedeza* (*Fabaceae*) inferred from nuclear ribosomal ITS and plastid region sequences. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 164(3), 221-235.
- Harouna, D. V. (2020). Biochemical and agro-morphological characterization of wild, under-exploited vigna species and their utilization (Doctoral dissertation, NM-AIST).
- Hassen, A. (2006). Characterization and evaluation of *Indigofera* species as potential forage and cover crops for semi-arid and arid ecosystems. University of Pretoria (South Africa). Doctoral Thesis. University of Pretoria. Pasture Science.
- Hassen, A., Rethman, N. F. G., Van Niekerk, W. A., & Tjelele, T. J. (2007). Influence of season/year and species on chemical composition and in vitro digestibility of five *Indigofera* accessions. *Animal Feed Science and Technology*, 136(3-4), 312-322.
- He, X., Bai, Y., Zhao, Z., Wang, X., Fang, J., Huang, L., ... & Zheng, X. (2016). Local and traditional uses, phytochemistry, and pharmacology of *Sophora japonica* L.: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 187, 160-182.
- Hou, J., Sun, T., Yu, Z., Kang, Y., Bu, F., & Gan, M. (2017). Effect of endophytic fungi on growth and physiology of saline stressed *Sophora japonica* seedlings. *Journal of Zhejiang A&F University*, 34(2), 294-300.



- Huang, Y., Liu, N., Jian, S., Wang, J., & Ren, H. (2019). Ecological and biological characteristics of *Vigna marina*. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 27(1), 83-89.
- Iseki, K., Takahashi, Y., Muto, C., Naito, K., & Tomooka, N. (2016). Diversity and evolution of salt tolerance in the genus *Vigna*. *PLoS One*, 11(10), e0164711.
- Karmakar, P., Singh, V., Yadava, R. B., Singh, B., Singh, R., & Kushwaha, M. (2016). Agathi [*Sesbania grandiflora* L.(Agast)]: Current status of production, protection and genetic improvement. In *National Symposium on Vegetable Legumes for Soil and Human Health* (pp. 153-161).
- Karuniawan, A., Iswandi, A., Kale, P. R., Heinzemann, J., & Grüneberg, W. J. (2006). *Vigna vexillata* (L.) A. Rich. cultivated as a root crop in Bali and Timor. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53, 213-217.
- Kommuru, D. S., Barker, T., Desai, S., Burke, J. M., Ramsay, A., Mueller-Harvey, I., ... & Terrill, T. H. (2014). Use of pelleted sericea lespedeza (*Lepedeza cuneata*) for natural control of coccidia and gastrointestinal nematodes in weaned goats. *Veterinary Parasitology*, 204(3-4), 191-198.
- Kusmiyati, F., Pangestu, E., Surahmanto, S., Purbajanti, E. D., & Herwibawa, B. (2019). Production, quality and livestock carrying capacity of *Panicum maximum* and *Sesbania grandiflora* at saline soil with different manure application. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric.* 44(3):303-313.
- Kwon, D. J., Kim, J. K., Ham, Y. H., & Bae, Y. S. (2007). Flavone glycosides from the aerial parts of *Lepedeza cuneata* G. Don. *Applied Biological Chemistry*, 50(4), 344-347.
- Lau, C. S., Carrier, D. J., Howard, L. R., Lay, J. O., Archambault, J. A., & Clausen, E. C. (2004). Extraction of antioxidant compounds from energy crops. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 114, 569-583.
- Lawn, R. J., & Cottrell, A. (2016). Seeds of *Vigna Marina*(burm.) Merrill survive up to 25 years flotation in salt water. *Queensland Naturalist*, 54(1/2/3), 3-13.
- Lawn, R. J. (2015). The Australian *Vigna* species: A case study in the collection and conservation of crop wild relatives. *Crop Wild Relatives and Climate Change*, 318-335.

- Lengarite, M. I. (2012). Evaluation of mineral status of small ruminants in Marsabit South district of Northern Kenya (Doctoral dissertation, University of Nairobi, Kenya).
- Lim, J. C., Yang, J. E., Lee, G. Y., & Choi, B. K. (2023). An in-depth characterization of the Habitat of *Thelypteris interrupta* in South Korea. *Journal of Coastal Conservation*, 27(5), 46.
- Liu, H. N., Liu, Y., Hu, L. L., Suo, Y. L., Zhang, L., Jin, F., ... & Li, Y. (2014). Effects of dietary supplementation of quercetin on performance, egg quality, cecal microflora populations, and antioxidant status in laying hens. *Poultry Science*, 93(2), 347-353.
- Liu, J., & Slik, F. (2022). Are street trees friendly to biodiversity? *Landscape and Urban Planning*, 218, 104304.
- Lock, M. (2005). *Legumes of the World* (Vol. 577). G. P. Lewis, B. Schrire, & B. Mackinder (Eds.). Kew: Royal Botanic Gardens.
- Eller, F., & Brix, H. (2016). Influence of low calcium availability on cadmium uptake and translocation in a fast-growing shrub and a metal-accumulating herb. *AoB plants*, 8, plv143.
- Lopes, L. B., Nicolino, R., Capanema, R. O., Oliveira, C. S. F., Haddad, J. P. A., & Eckstein, C. (2016). Economic impacts of parasitic diseases in cattle. *CABI Reviews*, (2015), 1-10.
- Mahachi, L. N., Chikwanha, O. C., Katiyatiya, C. L., Marufu, M. C., Aremu, A. O., & Mapiye, C. (2020). *Sericea lespedeza* (*Lespedeza juncea* var. *sericea*) for sustainable small ruminant production: feed, helminth suppressant and meat preservation capabilities. *Animal Feed Science and Technology*, 270, 114688.
- Mikhailova, E., Hagan, D., Sharp, J., Allerton, T., Burdette, K., Mealing, V., ... & Stiglitz, R. (2016). Geospatial soil and plant tissue analysis of *sericea lespedeza* (*Lespedeza cuneata*) invasion around Lake Issaqueena, South Carolina. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(5), 630-638.
- Mohiuddin, A. K. (2019). Medicinal and therapeutic values of *Sesbania grandiflora*. *J Pharm Sci Exp Pharmacol*, 2019, 81-86.
- Muir, J. P., Terrill, T. H., Mosjidis, J. A., Luginbuhl, J. M., Miller, J. E., Burke, J. M., & Coleman, S. W. (2017). Season progression, ontogenesis, and environment affect *Lespedeza cuneata* herbage condensed tannin, fiber, and crude protein concentrations. *Crop Science*, 57(1), 515-524.
- Nair, R. M., Pujar, M., Cockel, C., Scheldeman, X., Vandeloock, F., van Zonneveld, M., ... & Giovannini, P. (2023). Global strategy for the

- conservation and use of *Vigna*. Global Crop Diversity Trust. Bonn, Germany. DOI: 10.5281/zenodo.7565174
- Norihiko, T., Kaga, A., Isemura, T., Vaughan, D., Srinives, P., Somta, P., ... & Yokoyama, T. (2010). *Vigna* genetic resources. In Proceeding of the 14th NIAS International Workshop on Genetic Resources, Genetic and Comparative Genomics of Legumes (*Glycine* and *Vigna*) (pp. 11-21).
- Ojeda, F. S., Galati, B. G., & Amela Garcia, M. T. (2020). Development and differentiation of the extrafloral nectaries from flower buds in *Vigna luteola* (Leguminosae, Phaseolinae). *An Acad Bras Cienc*, 92(2), e20181172.
- Panda, S. S., Terrill, T. H., Mahapatra, A. K., Morgan, E. R., Siddique, A., Pech-Cervantes, A. A., & van Wyk, J. A. (2023). Optimizing sericea lespedeza fodder production in the Southeastern US: A Climate-Informed Geospatial Engineering Approach. *Agriculture*, 13(9), 1661.
- Parmar, A. B., Patel, V. R., Usadadia, S. V., Chaudhary, L. M., Prajapati, D. R., & Londhe, A. S. (2019). Influence of dietary inclusion of oil and Quercetin supplementation on carcass characters and meat quality attributes of broiler chickens. *International Journal of Livestock Research*, 9(9), 93-103.
- Sohaib, M., Butt, M. S., Shabbir, M. A., & Shahid, M. (2015). Lipid stability, antioxidant potential and fatty acid composition of broilers breast meat as influenced by quercetin in combination with  $\alpha$ -tocopherol enriched diets. *Lipids in Health and Disease*, 14, 1-15.
- Sun, H. Y., Kim, Y. M., & Kim, I. H. (2020). Evaluation of *Achyranthes japonica* Nakai extract on growth performance, nutrient utilization, cecal microbiota, excreta noxious gas emission, and meat quality in broilers fed corn–wheat–soybean meal diet. *Poultry Science*, 99(11), 5728-5735.
- Terrill, T., & Mosjidis, J. (2017). Smart Man's Sericea Lespedeza and Worm Control: A. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 7, 143-150.
- Terrill, T. H., Miller, J. E., Burke, J. M., Mosjidis, J. A., & Kaplan, R. M. (2012). Experiences with integrated concepts for the control of *Haemonchus contortus* in sheep and goats in the United States. *Veterinary Parasitology*, 186(1-2), 28-37.

- Tian, J., Pang, Y., Yuan, W., Peng, J., & Zhao, Z. (2022). Growth and nitrogen metabolism in *Sophora japonica* (L.) as affected by salinity under different nitrogen forms. *Plant Science*, 322, 111347.
- van Zonneveld, M., Rakha, M., Tan, S. Y., Chou, Y. Y., Chang, C. H., Yen, J. Y., ... & Solberg, S. Ø. (2020). Mapping patterns of abiotic and biotic stress resilience uncovers conservation gaps and breeding potential of *Vigna* wild relatives. *Scientific Reports*, 10(1), 2111.
- Wang, C., Zhou, B., & Palm, H. L. (2008). Detecting invasive sericea lespedeza (*Lespedeza cuneata*) in Mid-Missouri pastureland using hyperspectral imagery. *Environmental Management*, 41, 853-862.
- Wagh, V. D., Wagh, K. V., Tandale, Y. N., & Salve, S. A. (2009). Phytochemical, pharmacological and phytopharmaceutics aspects of *Sesbania grandiflora* (Hadga): A review. *Journal of Pharmacy Research*, 2(5), 889-892.
- Wang, X., Guo, X., Yu, Y., Cui, H., Wang, R., & Guo, W. (2018). Increased nitrogen supply promoted the growth of non-N-fixing woody legume species but not the growth of N-fixing Robinia pseudoacacia. *Scientific Reports*, 8(1), 17896.
- Wang, W., Patra, A. K., Puchala, R., Ribeiro, L., Gipson, T. A., & Goetsch, A. L. (2022). Effects of dietary inclusion of sericea lespedeza hay on feed intake, digestion, nutrient utilization, growth performance, and ruminal fermentation and methane emission of alpine doelings and katahdin ewe lambs. *Animals*, 12(16), 2064.
- Yoshida, J., Tomooka, N., Yee Khaing, T., Shantha, P. S., Naito, H., Matsuda, Y., & Ehara, H. (2020). Unique responses of three highly salt-tolerant wild *Vigna* species against salt stress. *Plant Production Science*, 23(1), 114-128.
- Yoshida, Y., Marubodee, R., Ogiso-Tanaka, E., Iseki, K., Isemura, T., Takahashi, Y., ... & Tomooka, N. (2016). Salt tolerance in wild relatives of adzuki bean, *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi et Ohashi. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63, 627-637.
- Zamir, M. S. I., Khan, M. K., Chattha, M. U., Chattha, M. B., Khan, I., Hassan, M. U., & Kharal, M. (2022). Effect of tillage practices and intercropping ratios on quantity and quality of cereals-sesbania forage. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 59(3).
- Zhang, S., & Kim, I. H. (2020). Effect of quercetin (flavonoid) supplementation on growth performance, meat stability, and immunological response in broiler chickens. *Livestock Science*, 242, 104286.



## BÖLÜM 15

### **AMARANTHACEAE FAMILİYASINDAN BAZI YEM BİTKİLERİ TÜRLERİ**

Doç Dr. Nizamettin TURAN<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583095>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt  
**E-Mail:** nturan49@siirt.edu.tr  
Orcid ID: 0000-0002-4026-6781



### 1. *Krascheninnikovia lanata*

Kuzu kuyruğu, tatlı adaçayı, beyaz adaçayı, kış adaçayı veya tüy adaçayı olarak da bilinen *Krascheninnikovia lanata*, son derece lezzetli, besleyici ve tuza ve kuraklığa dayanıklı bir çalıdır. Bu tür, çayırlardaki besi hayvanlarına ve yaban hayatına kalitesi yüksek yem üretir ve yaban hayatı habitatının ıslahı için kullanılır. Saskatchewan'da *Krascheninnikovia lanata* bitkilerinin ham protein değerleri Ağustos ve Aralık ayları arasında %11.5 iken, aynı dönemde diğer yerli otlarda ham protein değeri %6.2 olarak ölçülmüştür. *Krascheninnikovia lanata*, Kanada bozkırlarında, kuzeyden güneydoğuya, Yukon'a, güneyden Kaliforniya'ya, Teksas'a ve Meksika'ya kadar uzanan doğal bir çalıdır. *Krascheninnikovia lanata* zorlu koşullar altında hızlı büyüme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, bozulan arazilerde hızlı bir şekilde ıslah veya mera yeniden bitkilendirme yapılabilir. *Krascheninnikovia lanata*, ekime değer, iyi bir kuru alan yemi olarak kabul edilmiştir. Bu 'gümüşi veya gümüşi mavi görünümde' olan çalının gövdeleri kışın ölür ve geriye odunsu bir bazal bitki kalır. Yeniden büyümesi Nisan-Mayıs aylarında başlar. Olgun bitkiler, tohumun kaynağına ve büyüdüğü bölgeye bağlı olarak 20 ila 75 cm boyunda olabilir. Çalı, ABD'de pinyon veya ardıç içeren masif veya seyrek meşcerelerde veya 1200 ila 3000 metre arasındaki rakımlardaki çayırlarda yetişir. -30° C'ye kadar düşük sıcaklıklara dayanabilir. Buradaki tuzlu çöllerde baskın bir tür olan *Krascheninnikovia lanata*, toprak koşullarının bir göstergesidir, tuzluluğu tolere edebilir ve her türlü iyi drenajlı toprakta yetişebilir. İnce dokulu topraklarda iyi yetişir ve pH'sı 7.4-8 olan killi ve kayalık topraklara uyum sağlar. *Krascheninnikovia lanata*, yüksek besin değeri ve geniş coğrafi adaptasyon bölgesi ile onu yem üretimi ve toprak stabilizasyonu için potansiyel olarak faydalı bir çalı haline getirir (Banerjee ve Schellenberg, 2001).





**Şekil 1.** Güney Spring Valley'de mükemmel bir *Krascheninnikov lanata* standı. Bu meşçerede dekar başına yaklaşık 75.000 bitki mevcuttur (Clements ve ark., 2010).

ABD'ye yerleşen öncü çiftçiler, ABD'nin dağlık bölgesindeki tuz çölü boyunca, *Krascheninnikov lanata* olarak bilinen yerli bir çalıyı kolaylıkla otlayan sığır ve koyunları gözlemlediklerinde hayrete düşmüşlerdir. Tuzlu çöl ortamlarında yetişen çalılarının çoğunda, sığır gibi hayvanların otlamasını engelleyen dikenler ve değiştirilmiş yapraklar bulunur. Ancak *Krascheninnikov lanata*'nın bu tür caydırıcı özellikleri yoktur. Bu gümüş grisi çalı, Nevada'daki çeşitli tuzlu çöl bitki topluluklarının bir bileşenidir; göl ovaları ve alüvyon yelpazeleri de dahil olmak üzere, genellikle geniş alanlara hakim olan adaçayı (*Artemisia spinescens*) ve iğne-iplik otu (*Hesperostipa comata*) veya çöl iğne otu (*Achnatherum speciosum*) ile birlikte hakimdir. *Krascheninnikov lanata* toplulukları aynı zamanda kurakçıldır (Clements ve ark., 2010).

*Krascheninnikovia lanata*, erken ilkbaharda, odunsu tabandan çıkan yeni sürgünlere sahip, ölü görünümlü alçak gövdelere sıkı sıkıya bağlı küçük yeni yaprak demetleri olarak ortaya çıkan bir alt çalıdır. Yaz sonuna gelindiğinde, çalının çekici yaprakları 20 ila 80 cm yüksekliğe ulaşır ve sıklıkla güzel, beyaz, meyve veren braktelerden oluşan yoğun kümelerle taçlanır. Yapraklar 5 cm'ye kadar büyüyebilir, dar ve bütündür, kenarları oldukça kıvrıktır. Yapraklar ve otsu sapsal, bitkiye karakteristik gri-yeşil rengini veren kısa beyaz tüylere

sahiptir. *Krascheninnikovia lanata* habitatları kuraklık ve aşırı sıcaklıklarla karakterize edilir. Yerli meşçereler, hayvancılık ve yaban hayatı için yem olarak oldukça değerlidir. Ancak çoğu, kötü otlama veya egzotik tek yıllık otların istilasıyla birlikte orman yangınları nedeniyle tükenmiş veya yok edilmiştir. *Krascheninnikovia lanata*, bozulan toprakların yeniden bitkilendirilmesinde düzenli olarak kullanılır, süs eşyası olarak değeri vardır ve tükenmiş batı meralarının yeniden tohumlanması ve Kanada Ovalarında su kuşlarının yuvalama örtüsünün sağlanması için kullanılır. İlk kez 1895 yılında ekimi yapılmıştır (Booth, 2005).

## 2. *Arthrocnemum* spp.

Suudi Arabistan'daki meraların çoğu, düşük yağış ve yüksek kuraklık indeksine sahip marjinal ekosistemler içerisinde yer almaktadır. Bu koşullar altında, kuraklığa ve tuzluluğa dayanıklılığı yüksek çok yıllık mera bitki türleri, besin değerine bağlı olan sürdürülebilir hayvancılık üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Alzarah (2021), Suudi Arabistan'ın doğu bölgesindeki yaygın mera bitkilerinin besin değerini değerlendirmek ve hayvan yemi olarak potansiyel kullanımlarını değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. 22 tür bitkiyi (otlar ve kum çalıları) incelemişler ve çalışma alanından toplamışlardır. Örneklenen bu tuzlu bitki topluluklarında ham protein (HP) içeriği, *Aeluropus lagopoides*'te %5.4 ile *Arthrocnemum macrostachyum*'da %15.4 arasında değişmiştir. Ham protein içeriğine göre mera bitki türleri üç gruba ayrılmıştır. Birinci grup, geniş getiren hayvanları beslemeye yetecek kadar veya fazlasıyla ham protein içerir. Bu grubun ham protein içeriği %10.4 ila 15.4 arasında değişmekte (ortalama %12.5) olup, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Atriplex halimus*, *Haloxylon persicum*, *Haloxylon salicornicum*, *Lycium shawii*, *Salsola baryosma*, *Seidlitzia rosmarinus* ve *Suaeda vermiculata* gibi farklı çalıları içermiştir. İkinci grubun ortalama ham protein içeriği %8.8 olmuş, ham protein içeriği %8.4 ile 9.8 arasında değişmiş ve *Panicum turgidum*, *Heliotropium bacciferum*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Calligonum comosum*, *Halocnemum strobilaceum*, *Pennisetum divisum*, *Tamarix arabica*, *Zygophyllum coccineum* ve *Rhanterium eppaposum* türlerini içermiştir. Üçüncü grup, ortalama %5.7 oranında, %5.4 ile 7.8 arasında değişen, ruminant yemi için yetersiz olan küçük bir ham protein yüzdesi içermiştir. Bu grupta *Cyperus conglomerates*, *Anabasis setifera*, *Eragrostis varilieri*, *Lasiurus scindicus* ve *Aeluropus lagopoides* çalıları yer almıştır. Ham lif seviyeleri *Arthrocnemum macrostachyum*'da %5.1 ile *Eragrostis varilieri*'de

%38.5 arasında değişmiştir. *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salsola baryosma*, *Seidlitzia rosmarinus*, *Suaeda fruticosa* ve *Zygophyllum coccineum*'daki düşük ham lif seviyesi, yaprakların büyük boyutuna ve sayısına, hassaslığına ve ince gövdelerine ve kuru maddelerindeki yüksek kül seviyesi ile ilişkilendirilmiştir. Ham lif içerikli *Arthrocnemum macrostachyum* (%5.1), *Suaeda fruticosa* (%8.9), *Seidlitzia rosmarinus* (%6.5), *Salsola baryosma* (%5.9) ve *Halocnemum strobilaceum* (%5.8) gibi gerçek halofitlerde düşük olması onları konsantre yem olarak kullanılmaya uygun hale getirir.



Şekil 2. *Arthrocnemum macrostachyum* (Fouda ve ark., 2018).

Yüksek tuzluluğun hâkim olduğu ve yem kaynaklarının kıt olduğu yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde, *Arthrocnemum* cinsine ait diğer bir tür olan *Arthrocnemum indicum* tuza toleranslı bir bitki olduğundan geniş getiren hayvanların beslenme takvimlerine dahil edilebilir (Hessini ve ark., 2020). *Arthrocnemum indicum* (Sinonim. *Tecticornia indica* ve *Halosarcia indica*), Avustralya, Malezya, Sri Lanka, Hindistan, Pakistan ve tropikal Doğu Afrika'nın kıyı bataklıklarında bulunan etli bir halofittir (Nisar ve ark., 2021). *Arthrocnemum indicum*, esas olarak Avrupa, Güney Batı Asya ve Kuzey Afrika kıyı şeridindeki tuzlu bataklıklarda bol miktarda bulunan *Amaranthaceae* familyasına ait çok yıllık, çalimsı halofit bir bitkidir. Ayrıca Tunus gibi Akdeniz bölgelerinde *Arthrocnemum* türleri yüzlerce yıldır geleneksel şifalı bitki olarak bilinmektedir. Geleneksel olarak halk arasında “Hmadha” olarak

adlandırılan *Arthrocnemum indicum*'un bazı zehirli ısırık, sokmaların ve diğer bazı hastalıkların tedavisinde faydalı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, *Arthrocnemum indicum*'un yüksek tuzluluk, kuraklık, sıcaklık, soğuk ve yüksek ışık gibi çeşitli abiyotik kısıtlamalarla karakterize edilen tuzlu bataklıklar gibi aşırı yerlerde büyüebildiği için güçlü bir bitki olduğu bilinmektedir. Bu koşullara dayanabilmek için bu bitki, insanlar üzerinde antioksidan ve antikanser gibi sayısız tedavi edici etkileri kanıtlanmış enzimler ve fenolik bileşenler ve alkaloidler gibi çok sayıda biyoaktif ikincil metabolitten oluşan güçlü antioksidan sistemlerle donatılmıştır (Mzoughi ve ark., 2018).

*Arthrocnemum indicum*, *Cressa cretica*, *Arthrocaulon macrostachyum*, *Aeluropus lagopoides* ve *Suaeda fruticosa* türleri Gadani, Belucistan (Pakistan)'daki Umman Denizi kıyısı boyunca sınırlı dağılıma sahip bir halofittir. *Arthrocnemum indicum* her yıl çok sayıda tohum üretir, ancak tohumların birincil uyku hali vardır ve laboratuvar koşullarında çimlenmeye hazır hale gelmeleri için yaklaşık altı ila sekiz aylık bir olgunlaşma sonrası periyot gerekir. *Arthrocnemum indicum*, *Arthrocaulon macrostachyum* (100 dS/m NaCl) ve *Halocnemum strobilaceum* (86 dS/m) gibi diğer halofitlerle karşılaştırıldığında çimlenme sırasında orta derecede tuza toleranslıdır ve bir miyohalofit olarak kategorize edilebilir. *Arthrocnemum indicum*'un optimal çimlenmesi 15/25 °C'de kaydedilmiş ve sıcaklık rejimindeki herhangi bir artış veya azalma çimlenme yüzdesini engellemiştir. Optimum sıcaklık ve düşük çimlenme yüzdeleri, *Arthrocnemum indicum*'un dar bir çimlenme penceresine sahip olduğunu gösterir. Bu yanıt, *Arthrocnemum indicum* tohumlarındaki fitokromun aktivitesine ve türüne atfedilebilir. *Arthrocnemum indicum*'un düşük tuz konsantrasyonlarında ve yüksek sıcaklıkta bile zayıf tohum çimlenmesi, yüksek tuzlu ortamlarda bulunmalarına rağmen *Arthrocnemum indicum* tohumlarının orta derecede tuza toleranslı olduğunu açıkça gösterir. Hem deniz tuzu hem de NaCl çimlenmeyi farklı şekilde etkiler; deniz tuzu ikincil dinlenmeye neden olurken, yüksek NaCl tohumlar için öldürücüdür. Tohumların zorunlu ışık gereksinimi yoktur, ancak karanlık ve sıcaklık etkileşimi gözlenmiş ve bu da çimlenmeyi olumsuz yönde etkilemiştir (Saeed ve ark., 2011).

*Arthrocnemum* cinsinin Mısır'da yetiştirilen bir türü olan *Arthrocnemum glaucum*'un lipit içeriği Radwan ve Hamdy (2006) tarafından araştırılmıştır. Sabunlaşamayan kısım GLC ile belirlenmiştir. Kolesterol,  $\beta$ -sitosterol ve triterpenoid  $\beta$ -amirinin yanı sıra C12-C20 arasında değişen bir dizi hidrokarbon

tanımlanmıştır. Heksakozanolün ana bileşen olduğu toplam 5 bileşen, 10 yağ asidi ve 18 amino asit bulunmuştur. Flavonoid bileşenler ise apigenin, isorhamnetin, isorhamnetin-3-O-glukozit, krisoeriol ve ferulik asittir. Ham protein içeriği %15.1 olarak ölçülmüştür. *Arthrocnemum glaucum*'un toprak üstü kısımlarının müsilaj hidrolizata arabinoz, ksiloz, mannoz, glukuronik asit ve galaktoz içerdiği tespit edilmiştir. Etil asetat fraksiyonu *Aspergillus niger*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* ve *Saccharomyces cerevisiae*'ye karşı yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahipken, kloroform fraksiyonu gram negatif bakteri ve mayaya karşı orta derecede aktivite göstermiştir. Öte yandan yağ asidi ve yağ alkolü karışımları yüksek antimikrobiyal aktivite gösterirken, krisoeriol içeriği gram negatif bakterilere karşı önemli aktivite göstermiştir.

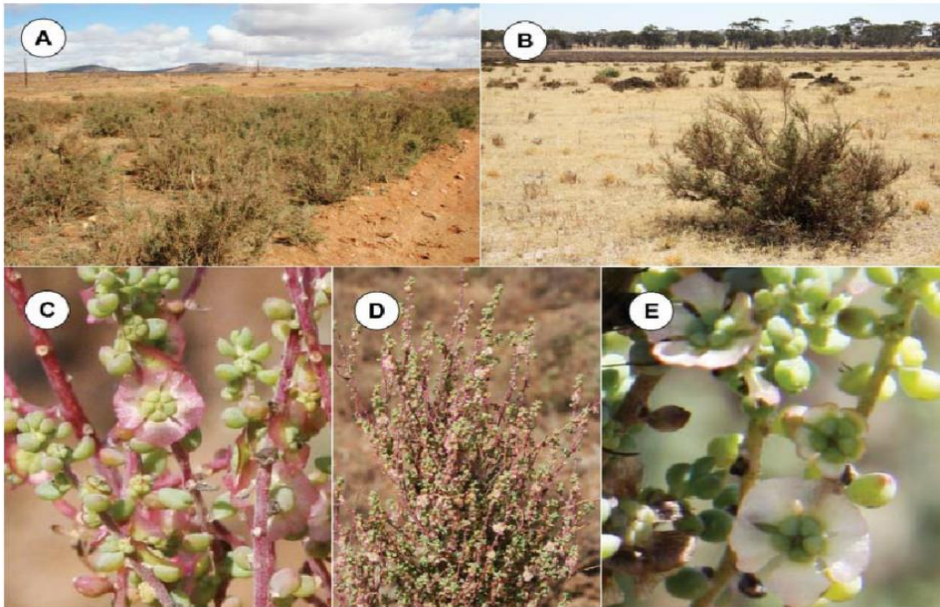
### 3. *Maireana* spp.

*Maireana* cinsi, *Amaranthaceae* familyasından Avustralya'ya endemik olan yaklaşık 57 türü içeren çok yıllık çalı ve otların bir cinsidir. Bu cinsteki türler daha önce *Kochia* cinsi içinde sınıflandırılıyordu. *Maireana aphylla*, *Maireana brevifolia*, *Maireana oppositifolia*, *Maireana platycarpa*, *Maireana prosthocochaeta*, *Maireana Pyramidata* ve *Maireana sedifolia*'nın tümü yem potansiyeli açısından araştırılmalıdır (Rogers ve ark., 2006).

*Maireana apressa*'nın temel beslenme parametreleri %17.9 CP, %41 NDF, %66 DMD, 9.9 ME; *Maireana astroticma*'nın %10.7 CP, %44 NDF, %69 DMD, 10.4 ME; *Maireana georgii*'nin %17.5 CP, %40 NDF, %65 DMD, 9.8 ME; *Maireana piramitata*'nın %16.8 CP, %38 NDF, %63 DMD, 9.5 ME; *Maireana sedifolia*'nın %17.5 CP, %42 NDF, %65 DMD, 9.8 ME; *Maireana triptera*'nın %16.4 CP, %41 NDF, %59 DMD, 8.8 ME olarak ölçülmüştür (Franklin-McEvoy ve Jolly, 2006).

*Maireana brevifolia* (küçük yapraklı mavi çalı) şu anda güney Avustralya'daki mevsimsel yem kıtlığını azaltmak için tuzlu ve yarı kurak hayvancılık sistemlerinde kullanılmaktadır (Masters ve ark., 2007). Avustralya'daki tarımsal gelişmenin bir sonucu olarak, ekili alanlardan yeraltı suyunun beslenmesi nedeniyle yaklaşık 2.2 milyon hektar alan tuzdan etkilenmiştir. Halofitik çalı meraları, normal mahsulleri destekleyemeyen, tuzdan etkilenen alanlarda yetiştirilmektedir. Koyunlar tarafından otlatılan tek yıllık türlerin düzensiz bir alt örtüsüne sahip çalı meraları, tuzlu alanlarda büyük ölçüde gelişmiş üretim göstermektedir. *Maireana brevifolia*, *Atriplex amnicola*, *A. undulata* ve *Atriplex lentiformis* kullanılan başlıca türlerdir.

*Maireana brevifolia*'nın genellikle doğal yayılım yoluyla tuzlu alanları kolonileştirmesine izin verilirken, *Atriplex* türleri doğrudan tohumlama veya kök yumrulu veya çıplak köklü fidelerin dikilmesi yoluyla oluşturulur. *Maireana brevifolia* daha yüksek protein içeriğine ve daha düşük tuz içeriğine sahiptir ancak önemli miktarda oksalat içerir. Bu tür, yüksek kil içeriğine sahip, iyi drenajlı topraklarda iyi yetişir. Son derece lezzetlidir, ancak otlatmanın etkisinden diğer bazı çeşitler kadar çabuk kurtulamaz. Verimli bir şekilde tohumlanır ve tohumdan kolaylıkla çimlenir (Malcom ve ark., 2000).



**Şekil 3.** A) *Maireana brevifolia*'nın tipik habitatu (Namaqualand, Güney Afrika); B) Batı Avustralya'da tuzlu alüvyon alanında, ön planda bir *Maireana brevifolia* çalısı ve arkada dağınık bireyler bulunan, yaygın olarak kullanılan bir mera. C) koyu pembe meyveli formu; D) *Maireana brevifolia* çalılarının dik dallı yapısı. E) Soluk pembe meyveli formu (Fotoğraflar: L. Mucina) (Mucina ve Snijman, 2011).

#### 4. *Halocnemum strobilaceum*

*Halocnemum strobilaceum*, Kuzey Afrika ve Akdeniz Avrupa'sından Batı Asya'ya kadar tuzlu habitatlarda görülür. Çin'de bu tür esas olarak kuzeybatıdaki Sincan ve Gansu illerinde dağıtılmaktadır. Sincan'daki Tianshan Dağı'nın güney yamaçlarının önündeki düzlükte, tuzlu topraklarda bulunan, ekolojik açıdan önemli bir yarı çalıdır. Bu bölgede *Halocnemum strobilaceum*, tuzlu ovalarda ve tuz göllerinin kıyılarında, alüvyon yelpazelerinin

kenarlarında ve akarsu düzlüklerinin tuz kabuklarında baskın veya eş-baskın halofitik türlerden biridir. *Halocnemum strobilaceum*, oldukça tuzlu bölgelerde veya tuz göllerinin kıyılarında sıklıkla monodominant topluluklar oluşturur veya *Kalidium foliatum* (*Chenopodiaceae*) ve *Salicornia europaea* (*Chenopodiaceae*) ile birlikte bulunur. Hafif tuzlu habitatlarda yaygın olarak *Halostachys caspica* (*Chenopodiaceae*), *Tamarix hispida*, *Tamarix ramosissima* (*Tamaricaceae*), *Atriplex verrucifera* ve *Lycium ruthenicum* (*Solanaceae*) gibi diğer türlerle birlikte bulunur. *Halocnemum strobilaceum* tuzluluğa karşı oldukça toleranslıdır ve bu nedenle bu türün bitkileri, 0-10 cm toprak derinlik katmanında %38 (toprak kuru ağırlığı bazında) ve 10-30 cm toprak derinliği katmanında %29 toplam tuz içeriğine sahip toprakta doğal olarak büyüebilir. 5-10 cm'lik bir tuz kabuğu tabakasıyla kaplı toprakta bile hayatta kalabilirler (Qu ve ark., 2008).

Shomurodov ve ark. (2023) *Halocnemum strobilaceum* otlaklarının ekolojik-fitosenotik özelliğini 2020-2021'de Karakalpakstan'daki (Özbekistan) Ustyurt Platosu'nda elde edilen gözlem verilerine dayanarak incelemişlerdir. *Halocnemum strobilaceum* tipi otlak Karakalpakstan Ustyurt'un Sarıkamış ve Churuk bölgelerinde bulunur ve yaklaşık 76 bin hektarlık bir alanı kaplar. Bu mera türü üç çeşitten oluşur: 1) *Halocnemum strobilaceum*, 2) *Halocnemum strobilaceum* - *Kalidium capsicum*, 3) *Halocnemum strobilaceum* - *Haloxylon ammodendron*. Bölge yüzeye çok yakın yüksek mineralli yeraltı suyuna sahip ıslak ve kabarık solonchakların yanı sıra tınlı ve kumlu tınlı solonchakous topraklara sahiptir. Bitki örtüsü incedir ve çalılar ve yarı çalılar hakimdir, tür bileşimi zayıftır ve topluluklar tek baskındır ve *Halocnemum* meralarda baskındır. Bu durum, topraktaki sınırlı sayıda tür tarafından tolere edilebilen yüksek tuz içeriğiyle açıklanmaktadır. Yem kütlelerinin mevsimsel verimi 90 ila 430 kg/ha arasında değişmektedir. Yenen kütle tüm mera çeşitlerinde büyüme mevsiminin sonunda maksimuma ulaşır, bu nedenle meraların sonbahar-kış döneminde kullanılması tavsiye edilir.



**Şekil 4.** Kızılıkum çölünde (Özbekistan) *Halocnemum strobilaceum* (Alikulov ve ark., 2021).

*Halocnemum strobilaceum*, kuraklık sırasında nispeten yüksek tüketilebilir biyokütle üretebilen bir halofit bitkisidir ve diğer bitkiler nadir bulunduğu, otlayan hayvanların yemlenmesi için önemlidir. Önceki çalışmalar, koyunların yenilik karşıtlığı veya neofobisi nedeniyle bitkiden uzak durabileceğini göstermiştir. Yürüttüğü çalışmada Sadeghi ve ark. (2019), koyunların *Halocnemum strobilaceum*'a önceden maruz kalmasının daha sonraki alımını etkileyip etkilemediğini incelemiştir. 12 aylık ve 36 adet yağlı kuyruklu Arap koyunu kuzusu 6 gruba ayrılmıştır. Hayvanlara 10 gün boyunca farklı yem eğitimi deneyimleri verilmiştir. Eğitim sırasında *Halocnemum strobilaceum* yemine maruz bırakılan koyunlar, sonraki yem tercihi denemeleri sırasında *Halocnemum strobilaceum* tüketimini artırmıştır ( $7.48 \pm 0.5$ 'e karşılık  $4.31 \pm 0.5$  g DM/5 dk). Ancak *Halocnemum strobilaceum* başka bir yemle kombinasyon halinde sunulduğunda eğitim yöntemiyle göreceli tercih artmamıştır. *Halocnemum strobilaceum* hamurunun ıslatılması, taze alımını artırmıştır ( $42 \pm 2.5$ 'e karşı  $16 \pm 6.0$  g DM/5 dk). Genel olarak bu çalışmanın sonuçları, *Halocnemum strobilaceum*'dan kaçınmanın en azından kısmen neofobiden kaynaklandığını göstermiştir.

*Halocnemum strobilaceum*, Akdeniz Avrupa ve Kuzey Afrika'dan Batı Asya'ya kadar tuzlu topraklarda yetişir. *Halocnemum strobilaceum* ve *Kalidium foliatum*, Sincan'daki halofitik bitki topluluklarında iki baskın türdür.



Tuzluluğa güçlü uyum sağlamaları kök sistemlerinin özellikleriyle de ilgilidir. *Halocnemum strobilaceum* köklerinin 70 ve 80 cm'lik toprak katmanlarına kadar dikey olarak dağıldığı ve çoğu kökün 30-60 cm derinliklerde bulunduğu görülmüştür. Her iki türün de kök yatay dağılımı 140 cm'yi aşmıştır (Gao ve ark., 2010).

Amiri ve ark. (2017), *Hordeum vulgare* tohumları ve melas ile karıştırılan *Halocnemum strobilaceum* ve *Alhagi camelarum* silajının besin değerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bitki örnekleri toplanıp kırıldıktan sonra silolanmıştır. 28 günlük silajlamanın ardından bu karışımların tüketim oranını belirlemek için üç adet bir yaşında koyun ve keçi kullanılmıştır. Sonuçlar, %50 *Halocnemum strobilaceum*, %30 *Alhagi camelarum*, %10 arpa ve %10 melas içeren uygulamanın en yüksek besin değerine sahip olduğunu göstermiştir.

### **5. *Beta vulgaris* ssp. *maritima***

Yem pancarı (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) *Amaranthaceae* familyasına aittir. Yem pancarının, M.Ö. 500 yıllarında Mezopotamya (Orta Doğu) ve antik Yunan kökenli olduğu ve esas olarak hayvan yemi olarak kullanıldığı bilinmektedir (Henry, 2010). İlk olarak 1800 yılında Avrupa'da, daha sonra da ABD'ye girmiş olup, günümüzde dünyanın serin iklim koşullarında yetiştirilmektedir. 8°C-25°C arasındaki sıcaklıklarda yetiştirilebilir. Yem pancarının hem sürgünleri hem de kökleri hayvan yemi olarak kullanılabilir. Yem pancarı, yemin kıt olduğu zamanlarda ve tuzluluğun iyileştirilmesinde çiftlik hayvanlarının yem gereksinimlerini karşılamak için normal, marjinal ve tuzdan etkilenen topraklarda başarılı bir şekilde yetiştirilebilen nispeten tuza toleranslı bir üründür (Khan ve ark., 2020). Genel olarak, yem pancarı bitkileri orta tuzluluk altında 200 mM tuzlu toprağa kadar başarılı bir şekilde büyür (Ali ve ark., 2019). Kök ve yaprakları hayvanlara hem taze hem de silaj şeklinde beslenebilmektedir (Sakr ve ark., 2014). Hayvan beslemede yem pancarı kullanımının avantajları arasında, yüksek kuru madde verimi, süt ineği küspesinde iyi bir karbonhidrat kaynağı (yaklaşık %72 KM), yüksek lezzet ve sindirilebilirlik sayılabilir. Üstelik kurak bölgeler gibi marjinal arazilerde yüksek verim üretir (Abdallah ve Yassen, 2008).

Yem pancarı nispeten tuza dayanıklıdır ve aynı zamanda acı su ile de yetiştirilebilir. Kuraklığa dayanıklıdır ve diğer mahsullerin yetiştirilemediği kurak bir yaz sonunda başarılı bir şekilde yetiştirilebilir. Yem pancarının

kökleri esas olarak sakaroz (%60'a kadar) formunda şekerler, düşük miktarda ham protein (yaklaşık %10) ve nötr deterjan lifi içeriği (yaklaşık %12) içerir. Pancarın sürgünleri tüm bitkinin kuru maddesinin yaklaşık üçte birini oluşturur ve %11-16 oranında yüksek protein içeriğine sahiptir (Matthew ve ark., 2011).

Pakistan ve Hindistan gibi ülkelerde, başka hiçbir yem ürününün hayatta kalamayacağı yoğun kış aylarında yem ihtiyacını karşılamak için ağustos ayından eylül ayına kadar başarıyla yetiştirilmektedir. Genç hayvanları otlatmak ve laktasyonun sonlarında yem boşluklarını doldurmak için yem pancarı, emziren inekler için yem olarak iyi bir seçimdir. Aynı şekilde birçok Avrupa ülkesinin kıyı bölgelerinde yem pancarı hem otlatma hem de yem bitkisi olarak yetiştirilmektedir (Roy ve ark., 2014).

Yem pancarı bitkileri sitoplazmadaki iyon konsantrasyonunu düşük seviyede tutmak için etkili yöntemler geliştirmiştir. İyon taşınması ve alımının düzenlenmesi yoluyla stres döneminde sitozol içindeki iyon konsantrasyonunun korunmasında membranlar ve ilgili bileşenleri tarafından önemli bir rol oynar. İyon taşınması olayını farklı kanallar ve taşıyıcı proteinler, simporterler ve antiporterler gerçekleştirir. Yem pancarında artan prolin konsantrasyonu, mahsulün tuzluluk stresiyle başa çıkmasına yardımcı olur ve prolin birikimi, tuzluluk stresinin azaltılmasında önemli bir özelliktir. Stresten kurtulma sırasında yem pancarındaki prolin birikimi organik azot görevi görmektedir. Glisin betain, tuzluluk stresi sırasında hücre osmolaritesini yükselterek yem pancarındaki stresin azaltılmasında hayati bir rol oynar. Glisin betain protein stabilizasyonuna yardımcı olur, ozmotik ayarlama yoluyla hücreye koruma sağlar, klorofili stres yaralanmalarına karşı korur ve reaktif oksijen türlerini azaltır. Bu türde, tuzluluk stresi çözünebilir şekerlerin birikimini artırır. Bu şekerler karbon depolama kaynağı olarak görev yapar, ozmokoruma sağlar ve reaktif oksijen türlerinin temizlenmesine yardımcı olur (Saxena ve ark., 2013).

## 6. *Bassia* spp.

Yemlik kochia (*Bassia prostrata*) (Sinonim: *Kochia prostrata*), yarı kurak meralara ve bozkırlara uygun çok yıllık, halofitik bir *Amaranthaceae* çalısıdır. Tuzlu ortamlarda yenilebilir yem üretme yeteneği ile dikkat çekmektedir. *Bassia prostrata*, koyun, keçi, sığır, deve ve atlar tarafından yem olarak kullanıldığı Avrasya'ya özgüdür (Waldron ve ark., 2020). Özellikle, Orta Avrasya'nın yoğun otlatılan mera bölgelerine özgüdür. Uzun ömürlü, yarı

yaprak dökmeyen bir yarı çalıdır. Kuraklığa, tuzluluğa ve alkaliye dayanıklıdır ve çok çeşitli topraklarda yetişir. *Bassia prostrata*, çok yıllık bir yarı çalı olması, çok yıllık bitki meşcerelerine yayılmaması ve nitrat veya oksalat toksisitesine sahip olmaması açısından tek yıllık yabani ot statüsündeki diğer kochia türü olan *Bassia scoparia*'dan farklıdır. *Bassia prostrata*, 1) çiftlik hayvanları ve yaban hayatı için uygun bir yemdir; 2) yayla av kuşları, küçük memeliler, sürüngenler, böcekler vb. için yiyecek ve örtüdür; 3) erozyonun önlenmesi ve bozulan toprakların stabilizasyonunda rol oynar; 4) orman yangınlarının yayılmasını azaltmak için yeşil şerittir (ZoBell ve ark., 2003).



**Şekil 5.** Güneybatı Idaho'da *Bassia prostrata* (Fotoğraf: ABD Jeolojik Araştırma Dairesi) (Shinneman ve ark., 2018).

Waldron ve ark. (2011), yarı kurak ve kurak mera alanlarına iyi adapte olduğu ve özellikle sonbahar/kış otlatma için besin değerini, taşıma kapasitesini ve hayvancılık performansını artırdığı için batı Amerika Birleşik Devletleri'nde yemlik *Bassia prostrata* kullanımını önermişlerdir. Ayrıca *Bassia prostrata*, sık sık kontrol edilemeyen yangınların meydana geldiği ve/veya Gardner tuzlu çalısı da dahil olmak üzere istilacı tek yıllıkların yerli çok yıllık bitkilerin yerini aldığı bozulmuş mera alanlarını rehabilite etmek için kullanılabilir (Smith ve ark., 2016). Bu özellikler göz önüne alındığında, *Bassia prostrata*, küçükbaş hayvan üretimi potansiyelini geliştirmek için özellikle kuru, tuzlu bölgelerde, daha istikrarlı ve besleyici yem üretimini artırma veya sağlama çabaları çerçevesinde dünya ölçeğinde değerlendirilmekte olan bir

türdür (Bailey ve ark., 2010).

Diğer bir *Bassia* türü olan *Bassia scoparia* ise kurak ve yarı kurak bölgelerdeki kumlu, tuzlu ve alkali topraklarda yetişebilen tek yıllık geniş yapraklı bir yabancı ottur. Kuraklık, hastalık ve böcek toleransı nedeniyle *Bassia scoparia*'nın yem değerine olan ilgi giderek artmaktadır (Nair ve ark., 2021). *Brassia scoparia*, Kanada ve ABD'nin Great Plains bölgelerinde saman olarak hasat edilip, hayvancılık için alternatif yem olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda, genellikle diğer samanlarla ve diğer silaj kaynaklarıyla karıştırılarak, yem kıtlığı zamanlarında acil yem bitkisi olarak da kullanılmıştır. *Bassia scoparia*, hasat sırasında minimum yaprak kaybı olduğundan ve süt sığırlarına beslendikten sonra sütte herhangi bir lezzet sorunu veya sakıncalı tat tespit edilmeyen ve hasat sonrası kalitesini koruyan bir türdür (Thomson ve ark., 2002). *Bassia scoparia* ayrıca koyun ve büyüyen besi sığırlarının diyetlerinde yonca silajının yerine silolanabilir ve direk servis edilebilir. *Bassia scoparia* ham protein bakımından nispeten zengindir (%11.0-22.0, KM bazında) ve yoncadan biraz daha düşük bir yem değerine sahiptir (Nair ve ark., 2021). Potansiyel yem değerine rağmen *Bassia scoparia*, Batı Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl ekilen tarlaları istila eden, herbisitlere dirençli sorunlu bir yabancı ot olarak daha fazla kabul görür. Batı Kanada'daki bakliyat ve tahıl mahsullerinde, *Bassia scoparia*'yı kontrol etmek için yaygın olarak herbisitler kullanılır (Beckie ve ark., 2019). 1988 yılında *Bassia scoparia*, Batı Kanada'da herbisitlere direnç sergileyen ilk yabancı ot türüydü (Beckie ve ark., 2011). *Bassia scoparia* belirsiz (indeterminant) bir büyüme sergiler ve Batı Kanada'daki çoğu tek yıllık mahsulün hasadı sırasında yeşildir, bu da bu yabancı otla kirlenmiş mahsullerin hasat edilmesini zorlaştırır (Torbiak ve ark., 2021). Yoğun *Bassia scoparia* alanlarının biçilmesi, yabancı ot kontrolüne ek bir yaklaşımdır ve hasat edilen yem, hayvan yemi kaynağı olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, hasat öncesi herbisit uygulaması yem kalitesini etkileyebilir. Olgunluğun *Bassia scoparia*'nın besin bileşimi ve sindirilebilirliği üzerindeki etkisine ilişkin ek araştırmalara ihtiyaç vardır (Nair ve ark., 2021).

Tuzlu suların bulunduğu kurak ortamlarda yem bitkisi olarak kullanılmak üzere *Bassia scoparia*'nın minimum miktarlarda yüksek tuzlu su ile sulanması olasılığını incelemek için Kafi ve ark. (2010), Meşhed'de (İran) iki deneme gerçekleştirmişlerdir. Tuzluluk deneylerinde, Sabzevar ve Hint genotiplerini de içeren iki *Bassia scoparia* popülasyonu, elektrik iletkenliği (EC) 5, 15 ve 20 dS/m olan yeraltı suyuyla sulanmıştır. Sulama denemesinde,

dört sulama rejimi uygulanmıştır: tam sulama (%100), %80, %60 ve %40 su ihtiyacı kadar sulama (tuzlu yeraltı suyu, EC=5 dS/m). Hint genotipi süs bitkisi olarak tercih edildiğinden yem bitkisine uygun yerel genotip (Sabzevar) ile karşılaştırıldığında yüksek tuzluluktaki sulama suyunda artan kuru madde üretimine uygun bulunmamıştır. Sabzevar genotipi, 20 dS/m tuzlu su ile sulandığında bile büyük miktarda kuru madde (7530 kg/ha) üretmiştir. Taze besleme için *Bassia scoparia* hasadı için en iyi zaman, biyokütlenin nispeten yüksek olduğu (6500 kg/ha) ve kalite indeksi olarak yaprak/sürgün oranının yüksek olduğu yaklaşık %50 çiçeklenmenin sonu olmuştur (ekimden 88 gün sonra). En yüksek yeşil alan indeksi 15 dS/m'de gözlenmiş ve yüksek tuzluluk seviyelerinde azalmıştır. Fotosentez ve terleme oranı, tuzlu suyla sulamadan dört hafta sonra dış tuzluluğun artmasıyla önemli ölçüde düşmemiş, ancak her iki genotipte 15 dS/m'de artmıştır. Bu durum, *Bassia scoparia*'nın hem fotosentez hem de terlemeyi azaltma için tuzluluk tolerans eşiğinin, bu tuzluluk seviyesinin üzerinde olduğunu göstermiştir. Hint genotipi ayrıca düşük tuzluluk seviyelerinde çok düşük bir tohum verimi (210 kg/ha) gösterirken, Sabzevar aynı koşullar altında 1120 kg/ha tohum üretmiştir. Farklı sulama rejimlerinin *Bassia scoparia*'nın biyokütlesi ve tohum üretimi üzerinde önemli etkisi olmuştur. En yüksek yem verimi 11.1 t/ha kuru madde ile tam sulamadan elde edilmiştir. Sabzevar yerel popülasyonu, çiçeklenme döneminde kuru madde birikmesi dışında tüm özellikler açısından daha iyi bir performans sergilemiş ve herhangi bir önemli yan etki kaydedilmemiştir. Sonuç olarak, *Bassia scoparia*'nın tuzluluk ve sınırlı sulama koşullarında yüksek yaprak üretim kapasitesi, bu bitkiyi zorlu çevre koşullarında alternatif yem bitkisi olarak kullanıma uygun hale getirmektedir. *Bassia scoparia*'da çok çeşitli tür içi varyasyon vardır, ancak bunun ticari bir ürün olarak tanıtılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

### **7. *Corispermum* spp.**

*Corispermum patelliforme* tek yıllık bir bitki türüdür. Kuzey Çin'in çöllerinde yaygındır ve bölgesel olarak Moğolistan'da da bulunur. Bu habitatlarda ortalama yıllık yağış yalnızca 80-200 mm arasındadır. *Corispermum patelliforme* bu bölgede kuraklığa, zayıf toprak beslenmesine, kuvvetli rüzgâra, kuma gömülmeye, yüksek ışık yoğunluğuna, ağır tuzluluk ve nem stresine direnme stratejileri geliştirmiştir. Dolayısıyla rüzgârın kırılması ve kumun sabitlenmesi, çevrenin iyileştirilmesi ve kurak alanlarda ekosistem işleyişinde önemli bir ekolojik etki oynar. Ayrıca *Corispermum*

*patelliforme*'nin tohumları, yaprakları ve yumuşak dalları özellikle kış aylarında koyun ve develer için lezzetli bir yemdir. Bu nedenle çöl alanlarında önemli ekonomik ve ekolojik bitki türüdür. Çöl habitatlarında, *Corispermum patelliforme* tohumlarının çoğaltılması, yüksek dinlenme yüzdesi (%72) nedeniyle engellemiştir ve dolayısıyla *Corispermum patelliforme*'nin popülasyonlarının yerleşmesi oldukça kısıtlıdır (Liu ve ark., 2015).

*Corispermum* cinsinin diğе üyesi olan *Corispermum mongolicum* da Çin çöllerinde yaygın olan tipik bir kumul çalıdır ve çoğunlukla kumlu ve kurak ortamlarda öncü bir türdür. *Corispermum mongolicum* aynı zamanda yüksek besin değeri nedeniyle yemlik ot olarak da kullanılmakta ve otlayan hayvanlar için ana yem kaynağı durumundadır (Zhou ve ark., 2019).

Li ve ark. (2007) tarafından *Chenopodiaceae* alt familyasının Gansu (Çin)'deki coğrafi dağılımı, türleri ve florası incelenmiş ve analiz edilmiştir. *Chenopodiaceae* alt familyasının kapsadığı 30 cinsi içerisinde, yem olarak kullanılabilir 83 tür bulunmaktadır. *Chenopodium*, *Salsola*, *Suaeda*, *Corispermum*, *Atriplex* ve *Kochia* cinsleri baskın olup, her biri 6-11 türden oluşmaktadır. *Chenopodiaceae*'nin dağılımı 3 bölgeye Gansu (Çin)'de gruplanmıştır; Hexi'de 67 tür, orta Gansu'da 58 tür ve güney ve doğu Gansu'da 21 tür tespit edilmiştir. 83 türün 31'i yem olarak yüksek besin değerine sahipken, 24'ü orta düzeyde bulunmuştur. En yüksek ham protein %20.0 ile *Chenopodium* cinsinde kaydedilmiş, sonraki en yüksek ham protein %17.96 ile *Beta* cinsinde ve en düşük %11.9 ile *Corispermum* cinsinde tespit edilmiştir. *Chenopodium* cinsi ayrıca %4.18 ile en yüksek ham yağ içerirken, en düşük ham yağ ise %1.63 ile *Krascheninnikovia* cinsinde görülmüştür. Şu ana kadar sekiz tür kültüre alınmıştır.

## 8. Sonuç

Tuzlu toprakların verimliliği genel olarak düşüktür ve geleneksel tarımsal kullanım açısından zordur. Yüzey altı drenajı tuzlu topraklardaki tuzların yıkanması için en etkili araçtır ancak bu yöntem maliyetlidir ve tüm alana uygulanamaz. Ancak bu tür araziler tuza dayanıklı biyolojik sistem için etkin bir şekilde kullanılabilir. Kısa, çok gövdeli türler olan çalılar, biyojeokimyasal döngülerde, toprağın stabilitesinde ve toprak ve su erozyonunun önlenmesinde, çiftlik hayvanları için yem sağlanmasında anahtar rol oynayabilen önemli bir bitki büyüme formudur, odun ve odunsu olmayan ürünlerin kaynağı ve birçok popülasyon için gıda maddesidir. Bozulmuş

arazinin rehabilitasyonu bir stabilizasyon ve bir restorasyon aşamasını içerir. Uygun önlemlerin belirlenmesi, ekonomikliği ve uygulanabilirliği araştırıldıktan sonra gerçekleştirilmelidir.

Birçok tarım sisteminin önemli bir bileşeni olan hayvancılık, özellikle de geviş getiren hayvanlar, kurak ve yarı kurak bölgelerindeki milyonlarca kırsal insanın gıda ve beslenme güvenliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Etleri, sütleri, gübreleri ve birçok durumda çekiş gücü kaynakları olarak değerlidirler. Bu yemlerin hayvan yemi malzemesi olarak kullanımını en üst düzeye çıkarmak için hayvan davranışlarını ve bu bitkilere verilen tepkileri belirlemek için çokça in vivo çalışma yapılmalıdır. Birçok pastoral türün yüksek tuz içeriği, hem analitik teknikleri hem de otlayan hayvanın kendisini tam olarak açıklanamayan bir ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, bu türler kullanılarak bilimsel olarak geçerli metabolik denemelerin yapılması, verilerin NIRS analitik ekipmanı kullanılarak yürütülmesinde dikkatli olunması gereklidir.

Tuza dayanıklı birçok bitki türü, binlerce yıldır kurak ve yarı kurak bölgelerde yem olarak kullanılmıştır. Tuza dayanıklı bazı çalı ve otların değerli, dünya çapında tuzdan etkilenen birçok bölgede mera iyileştirme programlarına dahil edilmeleriyle anlaşılmıştır. Tuzluluk da dahil olmak üzere çok çeşitli evre koşullarında hayatta kalma yetenekleri ile birlikte yüksek biyokütle ve protein seviyelerine sahip türlerin seçilmesinde son zamanlarda ilerlemeler kaydedilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Abdallah, E. F., Yassen, A. A. 2008. Fodder beet productivity under fertilization treatments and water augmentation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(2), 282-287.
- Ali, A., Khan, S. U., Qayyum, A., Billah, M., Ahmed, W., Malik, S. 2019. Silicon and Thiourea mediated stimulation of salt tolerance varying between three fodder beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(5).
- Alikulov, B., Shurigin, V., Davranov, K., Ismailov, Z. 2021. Plant growth-promoting endophytic bacteria associated with *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb and their plant beneficial traits. *Plant Science Today*, 8(sp1), 44-50.
- Alzarrah, M. I. 2021. Nutritive value of the common grazing plants and their potential as forage resources in the Saudi Arabia eastern. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*, 46(1), 101-115.
- Amiri, B., Afshari, A., Gharedaghi, H., Rasouli, B. 2017. Investigation of new forage sources in different composition and silage with *Alhagi camelarum* and *Halocnemum strobilaceum* in Bushehr. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, Vol. 23, No. 3, Pe487-En498.
- Bailey, D. W., Al Tabini, R., Waldron, B. L., Libbin, J. D., Al-Khalidi, K., Alqadi, A., ... Jensen, K. B. 2010. Potential of *Kochia prostrata* and perennial grasses for rangeland restoration in Jordan. *Rangeland Ecology & Management*, 63(6), 707-711.
- Banerjee, M. R., Schellenberg, M. P. 2001. Winterfat, saltbush-forage shrubs for the Canadian prairies. In *Soils and Crops Workshop*. Semiarid Prairie Agricultural Research Centre.
- Beckie, H. J., Hall, L. M., Shirriff, S. W., Martin, E., Leeson, J. Y. 2019. Triple-resistant kochia [*Kochia scoparia* (L.) Schrad.] in Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, 99(2), 281-285.
- Beckie, H. J., Warwick, S. I., Sauder, C. A., Lozinski, C., Shirriff, S. 2011. Occurrence and molecular characterization of acetolactate synthase (ALS) inhibitor-resistant kochia (*Kochia scoparia*) in western Canada. *Weed Technology*, 25(1), 170-175.
- Booth, D. T. 2005. *Krascheninnikovia lanata* (Pursh) ADJ Meeuse & Smit. Woody plant seed manual. US Dept of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, [www.nsl.fs.fed.us/wpsm](http://www.nsl.fs.fed.us/wpsm).
- Clements, C. D., Young, J. A., Harmon, D. N., McCuin, G. 2010. Revegetation



- of degraded winterfat communities. *Rangelands*, 32(5), 37-40.
- Fouda, A. H., Hassan, S. E. D., Hany, A. M., Mohamed, A. 2018. Plant growth promoting activities of endophytic bacteria associated with the halophyte *Arthrocnemum macrostachyum* (Moric) K. Koch. *Plant. J. Microbiol*, 49, 123-141.
- Franklin-McEvoy, J., Jolly, S. 2006. The nutritive value of rangelands plants of Southern and Western Australia. Productive Nutrition Pty Ltd, Walkerville, SA.
- Gao, R., Zhao, R., Huang, Z., Yang, X., Wei, X., Huang, P. 2010. Characteristics of root systems of two halophytes for adaptability to salinity. *Scientia Silvae Sinicae*, 46(7), 176-182.
- Henry, K. 2010. Fodder beet. *Root and tuber crops*, 221-243.
- Hessini, K., Jeddi, K., Shaer, H. E., Smaoui, A., Salem, H. B., Siddique, K. H. 2020. Potential of herbaceous vegetation as animal feed in semi-arid Mediterranean saline environments: The case for Tunisia. *Agronomy Journal*, 112(4), 2445-2455.
- Kafi, M., Asadi, H., Ganjeali, A. 2010. Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. *Agricultural Water Management*, 97(1), 139-147.
- Khan, S. U., Gurmani, Z. A., Ahmed, W., Ahmed, S., Kazi, A. G. 2020. Production and Salinity Tolerance of Fodder Beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *maritima*). In *Plant Stress Physiology*. IntechOpen.
- Li, K. Q., Wang YiFeng, W. Y., Gong HongDong, G. H., Gao SuFang, G. S., Wu GaoLin, W. G. 2007. Study on forage plant resources of *Chenopodiaceae* in Gansu. *Pratacultural Science*, 2007, Vol. 24, No. 8, 25-29.
- Liu, Y., Liu, S., Ji, Y., Chen, F., Xu, X. 2015. Seed dormancy of *Corispermum patelliforme* Lij in (*Chenopodiaceae*): a wild forage desert species of North China. *Pakistan Journal of Botany*, 47(2), 421-428.
- Malcom, C. V., Gintzburger, G., Bounejmate, M., Nefzaoui, A. 2000. Management of forage shrub plantations in Australia. In *Fodder shrub development in arid and semi-arid zones: Proceedings of the Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-arid Zones* (Vol. 1, pp. 67-76). Aleppo:: ICARDA.
- Masters, D. G., Benes, S. E., Norman, H. C. 2007. Biosaline agriculture for forage and livestock production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119(3-4), 234-248.

- Matthew, C., Nelson, N. J., Ferguson, D., Xie, Y. 2011. Fodder beet revisited.
- Mucina, L., Snijman, D. A. 2011. *Maireana brevifolia* (Chenopodiaceae: Camphorosmeae), a new naturalized alien plant species in South Africa. *Bothalia*, 41(2), 235-238.
- Mzoughi, Z., Chaouch, M. A., Hammi, K. M., Hafsa, J., Le Cerf, D., Ksouri, R., Majdoub, H. 2018. Optimization of antioxidant and antiglycated activities of polysaccharides from *Arthrocnemum indicum* leaves. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 774-782.
- Nair, J., Lima, P. M., Abdalla, A. L., Molnar, L. J., Wang, Y., McAllister, T. A., Geddes, C. M. 2021. *Kochia (Bassia scoparia)* harvest date impacts nutrient composition, in vitro degradability, and feed value more than pre-harvest herbicide treatment or herbicide resistance traits. *Animal Feed Science and Technology*, 280, 115079.
- Nisar, F., Gul, B., Aziz, I., Hameed, A., Egan, T. 2021. Increasing salinity leads to differential growth and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> homeostasis in plants produced from heteromorphic seeds of the succulent halophyte *Arthrocnemum indicum*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 225-234.
- Qu, X. X., Huang, Z. Y., Baskin, J. M., Baskin, C. C. 2008. Effect of temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the geographically widespread halophyte shrub *Halocnemum strobilaceum*. *Annals of Botany*, 101(2), 293-299.
- Radwan, H. M., Hamdy, A. A. 2006. Phytochemical constituents of *Arthrocnemum glaucum* and their biological activities. *Hamdard Medicus*, Vol. 49, No. 1, 120-127.
- Rogers, M. E., Craig, A. D., Munns, R. E., Colmer, T. D., Nichols, P. G. H., Malcolm, C. V., Ewing, M. A. 2006. Corrigendum to: The potential for developing fodder plants for the salt-affected areas of southern and eastern Australia: an overview. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1665-1665.
- Roy, S. J., Negrão, S., Tester, M. 2014. Salt resistant crop plants. *Current opinion in Biotechnology*, 26, 115-124.
- Sadeghi, M. H., Sari, M., Rezai, M. 2019. Effect of a short-term training on intake of *Halocnemum strobilaceum* forage by sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 213, 74-80.
- Saeed, S., Gul, B., Khan, M. A. 2011. Comparative effects of NaCl and sea salt on seed germination of *Arthrocnemum indicum*. *Pak. J. Bot*, 43(2), 2-14.
- Sakr, H. O., Awad, H. A., Seadh, S. E., Abido, W. A. E. 2014. Influence of

irrigation withholding and potassium levels on forage yields and its quality of fodder beet.

- Saxena, S. C., Kaur, H., Verma, P., Petla, B. P., Andugula, V. R., Majee, M. 2013. Osmoprotectants: potential for crop improvement under adverse conditions. *Plant Acclimation to Environmental Stress*, 197-232.
- Shinneman, D. J., Aldridge, C. L., Coates, P. S., Germino, M. J., Pilliod, D. S., Vaillant, N. M. 2018. A conservation paradox in the Great Basin- Altering sagebrush landscapes with fuel breaks to reduce habitat loss from wildfire (No. 2018-1034). US Geological Survey.
- Shomurodov, K. F., Rakhimova, N. K., Saitjanova, U. S., Zhenyong, Z. 2023. The ecological-phytocenotic characteristics of *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb. grasslands on the Ustyurt Plateau in Karakalpakstan. *Arid Ecosystems*, 13(4), 507-517.
- Smith, R. C., Waldron, B. L., Creech, J. E., Zobell, R. A., ZoBell, D. R. 2016. Forage kochia and Russian wildrye potential for rehabilitating Gardner's saltbush ecosystems degraded by halogeton. *Rangeland Ecology & Management*, 69(5), 390-398.
- Thomson, J. U., Twidwell, E. K., Neiger, R. D. 2002. Feeding Kochia to South Dakota Livestock-Kochia Scopana-Fireweed, burning bush, summer cypress, Mexican fireweed, tumbleweed, and Dakota alfalfa.
- Torbiak, A. T., Blackshaw, R. E., Brandt, R. N., Hamman, B., Geddes, C. M. 2021. Herbicide strategies for managing glyphosate-resistant and-susceptible kochia (*Bassia scoparia*) in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 101(4), 607-620.
- Waldron, B. L., Greenhalgh, L. K., ZoBell, D. R., Olson, K. C., Davenport, B. W., Palmer, M. D. 2011. Forage kochia (*Kochia prostrata*) increases nutritional value, carrying capacity, and livestock performance on semiarid rangelands. *Forage & Grazinglands*, 9(1), 1-6.
- Waldron, B. L., Sagers, J. K., Peel, M. D., Rigby, C. W., Bugbee, B., Creech, J. E. 2020. Salinity reduces the forage quality of forage kochia: A halophytic *Chenopodiaceae* shrub. *Rangeland Ecology & Management*, 73(3), 384-393.
- Zhou, Y., Jin, M., Jin, C., Ye, C., Wang, J., Wang, R., Li, G. 2019. Megastigmane derivatives from *Corispermum mongolicum* and their anti-inflammatory activities. *Phytochemistry Letters*, 30, 186-189.
- ZoBell, D. R., Waldron, B. L., Olson, K. C., Harrison, R. D., Jensen, H. 2003. Forage kochia for fall/winter grazing.

## BÖLÜM 16

### *Asteraceae* ve *Tamaricaceae* familyaları

Doç Dr. Nizamettin TURAN<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583099>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt

**E-Mail:** nturan49@siirt.edu.tr

Orcid ID: 0000-0002-4026-6781



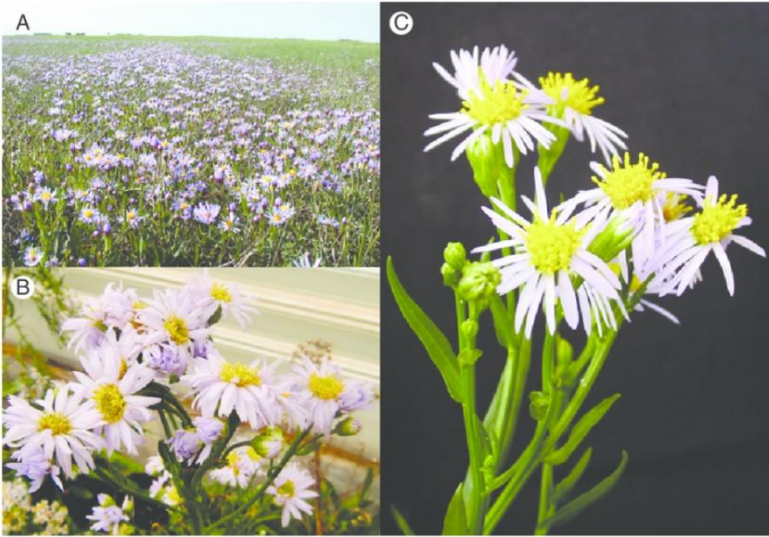
## 1. *Aster tripolium* (Asteraceae)

*Asteraceae* familyası, dünya çapında 1600'den fazla cins ve 25.000 türün bulunduğu en büyük çiçekli bitki familyalarından biridir. En bilinen taksonlarından bazıları marul, hindiba, enginar, papatya ve karahindibadır. *Asteraceae* üyeleri yüzyıllardır beslenmede ve tıpta kullanılmaktadır. Geniş çeşitliliklerine rağmen, çoğu familya üyesi benzer bir kimyasal bileşime sahiptir: örneğin, tüm türler güçlü prebiyotik özelliklere sahip doğal bir polisakkarit olan iyi bir inülin kaynağıdır. Ayrıca güçlü antioksidan ve antimikrobiyal aktivite özellikler de gösterirler. Farmakolojik etkileri, polifenoller, fenolik asitler, flavonoidler, asetilenler ve triterpenler dahil olmak üzere fitokimyasal bileşik yelpazesine atfedilebilir (Rolnik ve Olas, 2021).

*Asteraceae* türleri dünya florasının %8 ila 10'unu temsil etmektedir. Antarktika hariç tüm dünyaya yayılmışlardır. Yaklaşık 40 türü insan beslenmesinde doğrudan öneme sahiptir (Murgueitio, 2023). Familya, tek yıllık ve çok yıllık otlar, bodur çalılar, çalılar, ağaçlar, tırmanıcılar, sukkulentler, su bitkileri, rozet bitkileri, yastık bitkileri, erikoid, secde, çimenli bitkilere kadar uzanan büyüme formu açısından büyük bir çeşitliliğe sahiptir (Titei, 2022). *Asteraceae* familyasının birçok türünün kalın bir toprak altı sistemlerine sahip olduğu, bu yapılarının çoğunlukla fruktanlardan oluşan depolama rezervlerine sahip olduğu ve yüksek tomurcuk oluşturma kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir (Apezzato-da-Glória ve Cury, 2011). Alonso ve Machado (2007), tomurcuk taşıyan toprak altı sistemlerinin toprak altı tomurcuk bankasına önemli katkıda bulunabileceğini bildirmişlerdir. Çeşitli aşırı iklim faktörlerinin neden olduğu toprak üstü kısımların kısmen veya tamamen kaybolmasından sonra yeni sürgünlerin oluşmasıyla vejetatif rejenerasyon için potansiyel olarak kullanılabilen bitkilerden elde edilen tüm tomurcuklar burada barındırılır. Çoğu zaman, toprak üstü biyokütlenin ölümünden sonra, toprak altı organlarında bulunan tomurcuklardan yeniden filizlenen *Asteraceae* türleri çoktur (Carbone ve ark., 2019).

Gintzburger ve ark. (2000)'nın Güney Amerika'da yürüttüğü çalışmada *Asteraceae* familyasının odunsu ve lezzetli yem türleri olarak *Baccharis*, *Cyclolepis*, *Senecio*, *Tessaria* bildirilmiştir. Birçok *Asteraceae* türünde farklı türde biyolojik aktiviteler rapor edilmiştir (Bessada ve ark., 2015). Pek çok *Asteraceae* türünün tuza toleransı araştırılmıştır ve tuzluluğa verdikleri tepkiler büyük ölçüde türe bağlıdır (Wu ve ark., 2016).

*Aster tripolium*, Asteraceae familyasına ait olup, ılıman bölgelerin üst tuzlu alanlarında ve kıyı bölgelerinde doğal olarak yetişmektedir (Ramani ve ark., 2006). *Aster tripolium* çeşitli omurgasızlar için önemli bir besin kaynağıdır (Rickert ve ark., 2012; van Klink ve ark., 2016). Tür, gıda amaçlı (yapraklarının besin değeri yüksektir ve salata veya sebze olarak yenebilir), yem amaçlı ve süs bitkisi olarak kullanılabilir. Hollanda, Belçika, Portekiz ve Pakistan'daki pilot programlarda halihazırda kullanılmıştır. Bununla birlikte, tuz toleransına ulaşma mekanizmalarına ilişkin ayrıntılı ve tekrarlanabilir bilimsel bilgiler, diğer tüm ticari mahsul halofitlerinde olduğu gibi *Aster tripolium*'un karlı ve sürdürülebilir kullanımı için bir ön koşuldur (Geissler ve ark., 2009). *Aster tripolium*'un toplam antioksidan kapasitesinin tuzluluk stresi altında önemli ölçüde artması, bu bitkinin yem ve yapraklı sebze olarak potansiyel halofit olarak umut verici bir potansiyele sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Ayrıca kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzla kirlenmiş tarım arazilerinin biyoremediasyonu için kullanılabilir (Myrzabayeva ve ark., 2012).



**Şekil 1.** *Aster tripolium* çiçekleri. A) *Aster tripolium* subsp. *pannonicus*, Macaristan'ın Törtel kentindeki 'Nagylapos' isimli tuzlu çayırdaki eylül ayında büyümekte (Fotoğraf: Laszlo Erdei). B) Bol petalli çiçek salkımları. C) Çiçekli dal (B ve C, 50 mM NaCl ile sulanan 5 L'lik plastik kaplarda yetiştirilmiştir (Ventura ve ark., 2015).

M.Ö. 600'den beri Almanya-Hollanda kuzey kıyıları boyunca yer alan Wadden Denizi bölgesindeki tuzlu bataklıklarda hayvancılık yapılmaktadır. Şu anda bölgede hayvan otlatma, koruma yönetimi amacıyla uygulanmaktadır.

Yüksek bataklık bölgesinde iki bitki örtüsü türü hakimdir: 1) acı sularla dolu otlak türü ve 2) *Elytrigia repens* türü. Acı sularla dolu otlak tipinde *Agrostis stolonifera* hakimken, *Elytrigia repens* tipinde *Elytrigia repens* türü hakimdir, ancak sıklıkla büyük miktarda *Elytrigia atherica* içerir. Alçak bataklık bölgesi ise esas olarak iki bitki örtüsü türünden oluşur. Bunlardan ilki, değişen *Aster tripolium* örtüsünü içeren *Puccinellia* tipidir. Buradaki otlatma yönetiminin tuzlu bataklıklar üzerindeki etkileri, hayvanların davranışlarındaki farklılıklar nedeniyle hayvan türüne ve stoklama yoğunluğuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Nolte ve ark. (2017), buradaki bir kıyı tuzlu bataklığında dört farklı otlatma uygulanan bir denemede atların ve sığırların otlatma davranışlarını incelemişlerdir. Tüm uygulamalarda diyet seçimini, hareketi, otlatma aktivitesini ve mekansal dağılımı kaydetmişlerdir. Hayvan türlerinde diyet seçimi benzer olsa da atlar daha çok kısa ot *Puccinellia maritima*'yı tüketirken, sığırların diyetinde daha yüksek miktarda *Aster tripolium* yer almıştır. Atlar günlük daha uzun mesafeler kat etmiş ve sığırlara göre otlatmaya daha fazla zaman harcamıştır. Sığırların mekansal dağılımı önemli ölçüde kümelenmişken, atlar tüm alanı kullanarak rastgele bir dağılım göstermiştir. Araştırmacıların beklentisine göre sığırlar, nispeten düşük NDF içeriğine sahip (%43.3 DM) *Aster tripolium*'u daha sık otlatırken, atlar, nispeten yüksek NDF içeriğine sahip (%64.4 DM) *Puccinellia maritima*'yı daha sık otlatıyordu. Ancak beklentilerin aksine, nispeten yüksek NDF içeriğine (%62.5) rağmen *Agrostis stolonifera* türünde otlatma uygulamaları arasında bir fark bulunamamıştır. Bu, NDF'nin her zaman yem kalitesinin en güvenilir göstergesi olmadığına göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Atların *Puccinellia maritima*'yı tercih etmesini açıklayabilecek bir diğer faktör de bitkinin atlar tarafından daha iyi yararlanılabilen secde büyüme formudur. Önceki çalışmalarda da sığırlara kıyasla atların daha kısa otları tercih ettiği görülmektedir.

*Aster tripolium*, Avrupa'nın yüksek, orta ve alçak tuzlu bataklıklarında yetişen ve doğal koşullar altında mikorizal birliktelikler oluşturan, geniş genotipik ve fenotipik değişkenliğe sahip bir türdür (Carvalho ve ark., 2001). *Aster tripolium*, tuzlu bataklıklarda yaygın olarak görülen, hafif etli yapraklı, 5-90 cm boyunda, çok yıllık bir bitki türüdür. Alçak bataklık ve orta bataklıklarda yaygın bir türdür, ancak otlatılan koşullar altında yüksek bataklıklarda da oldukça yaygındır. *Aster tripolium*, muhtemelen mikorizal mantarların yokluğunda arttığı tespit edilen aerenkimasından dolayı (Davy ve ark., 2011) 100 mV kadar düşük bir redoks potansiyeli ile suyla dolu koşulları



tolere edebilmektedir (Scheloske ve ark., 2004).

Tuzlu bataklıkların edafo-iklimsel özellikleri nedeniyle bu habitatlarda gelişen bitkiler yüksek düzeyde strese maruz kalmaktadır. Neto ve ark. (2006) tarafından yürütülen çalışmada, *Aster tripolium* bitkilerinde toplam biyokütle birikimi her iki uygulamada da (su basması ve arbuskular mikorizal mantarlarının kök kolonizasyonu) engellenmiştir. Arbuskular mikorizal mantar kolonizasyonu nedeniyle bitki biyokütle birikimindeki azalmalar, yüksek kolonizasyon seviyeleri ve mantarların yüksek karbon (C) talebi ile ilişkili bulunmuştur. Bu da konakçı bitkilerin yapısal olmayan karbonhidrat havuzunun azalmasına neden olmaktadır. Ancak çalışmada fotosentez oranlarına bakıldığında karbon fiksasyonunda herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Bu noktada mikorizal olmayan bitkiler mikorizalı bitkilerden daha büyük boyutlu olmuştur. Bu nedenle, mikorizal kökün su basması koşullarında karbona yönelik artan talebi, muhtemelen kök boyutunun azalması ve kök karbon talebinin azalmasıyla telafi edilmiştir. Mikorizal kök sistemlerinin, benzer koşullar altında yetiştirilen mikorizal olmayan kök sistemlerinden daha küçük olduğu birçok durum vardır. Bu etkiye çeşitli faktörler katkıda bulunabilir: besin alımında daha yüksek verimlilik, bitkinin hormonal dengesindeki değişiklikler, su basması koşullarında kök dokusunun üretimi ve bakımı. Carvalho ve ark. (2003) tarafından Portekiz'deki bir tuz bataklığından izole edilen Arbuskular mikorizal mantarların *Aster tripolium*'da kolonizasyonun oluşumu ve gelişimi, yüksek taşkın seviyelerinden ziyade yüksek tuzluluk tarafından düzenlenir bulunmuş, ancak alanda bulunan yaygın tuz seviyeleri ve gelgit taşkınları tarafından engellenmemiştir.

*Aster tripolium* yüksek tuzlulukta büyüdüğünde, koruyucu hücreleri çevreleyen apoplasttaki sodyum iyonlarının varlığı stoma kapanmasına neden olur. Bu sistemin yakından ilişkili glikofit tür olan *Aster amellus*'ta değil de *Aster tripolium*'da ortaya çıkması, bunun tuz toleransı için gerekli olan fizyolojik özellikler açısından önemli bir faktör olabileceğini düşündürmektedir. *Aster tripolium* bitkileri genellikle sabit toprak tuzluluğuna sahip bölgelerde doğal ortamlarında yetişmezler. *Aster tripolium*'un normal olarak bulunduğu gelgit veya acı bataklıklarda, gel-git, yağış ve buharlaşmanın etkileri muhtemelen toprak tuzluluğunda dinamik dalgalanmalara yol açar. Toprak tuzluluğu artarken (örneğin, gelgit bittikten sonra güneşli bir günde) terleme hızını korumak, bitkiler için iki potansiyel ölümcül risk oluşturacaktır. Birincisi, eğer ksilemdaki  $Na^+$ , topraktakine oranla daha fazla veya daha az

artarsa,  $\text{Na}^+$ 'nın sürgüne taşınması o kadar hızlı artabilir ki,  $\text{Na}^+$ 'nın vakuoller tarafından tutulma hızı yetersiz hale gelebilir ve hücre zarlarında hasar meydana gelebilir. İkinci olarak,  $\text{Na}^+$  arttıkça toprağın su potansiyeli azalacağından böyle bir dengesizlik durumunda toprak ile yapraklar arasındaki su potansiyeli gradyanı azalacaktır. Bu durum, terleme için sürgünlere yetersiz su taşınmasıyla ve sürgün dehidrasyonu ile sonuçlanabilir (Kerstiens ve ark., 2002).

## 2. *Cyclolepis genistoides* (Asteraceae)

*Cyclolepis genistoides*, Arjantin'in farklı bölgelerine dağılmış, endemik bir çalıdır (Sosa ve ark., 2011). Yaygın olarak "palo azul" ("mavi çubuk") olarak adlandırılan *Cyclolepis genistoides*'in toprak üstü kısımları Paraguay, Kuzey ve Orta Arjantin'de halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu isim, sapları suya batırıldığında çözeltilinin renk veya mavi flüoresans elde ettiği gözlemlerine atıfta bulunmaktadır. 2.5 m yüksekliğe kadar büyüyen çalılar yoğun dallıdır, kısa dalları dikenlidir. Yaşam alanları, kuzey ve orta Arjantin'den Kuzey Patagonya'ya kadar tuzlu nehirlerin ve tuzlu kenarlardaki kumlu topraklardadır. Kuzey Arjantin'de *Cyclolepis genistoides* ilkbaharın başlarında çiçek açar (Catalan, 2021).

Bajos Submeridionales (Sualtı ovaları), Arjantin Chaco ovasının Ormanlık ve Yarı Nemli alanı içinde, Santa Fe eyaletinin kuzeyini ve Chaco eyaletinin güneyini kapsayan geniş (yaklaşık 8.000.000 ha) bir alçak ve su basmış arazi bölgesidir. Topraklar tuzludur, tarım az gelişmiştir ve düzensizdir, verim düşüktür, "düşük hayvan yükü" nedeniyle doğal otlaklardan yararlanılarak çok ilkel hayvancılık faaliyeti vardır. Su tuzlu olup hayvan tüketimine uygun değildir. Yağmur suyunun hayvanların içmesi için depolanması ve bu tatlı suyun çok tuzlu olan yeraltı suyuna karışmasının önlenmesi önemlidir. Bu topraklar, genellikle üst üste veya ardışık olarak meydana gelen ve düşük kaliteli su tablası, sık görülen sel ve kuraklıklardan etkilenen hidromorfizm, tuzlanma ve sodalaşma süreçlerine sahiptir. Doğal drenaj, drenajlıdan zayıf drenaja kadar değişir. Bu sınırlamalar, üretim faaliyetleri ve hem otlak hem de orman olmak üzere yerli bitki türlerinin yönetimi açısından zorluk teşkil etmektedir. Sığır eti üretimi Bajos Submeridionales'teki en önemli üretim faaliyetlerinden biridir. Sığır eti üretimini destekleyebilecek en önemli yerli türler *Spartina argentinensis*, *Paspalum* spp., *Echinochloa helodes*, *Diplachne uninervia* vb türlerdir. En iyi topraklarda *Prosopis* cinsine ait baklagiller baskın tür olurken, daha kötü

topraklarda *Cyclolepis genistoides* baskındır (Pensiero ve ark., 2021).



**Şekil 2.** *Cyclolepis genistoides* (Funk ve ark., 2014).

Yerli ve doğallaştırılmış yem bitkisi genetik kaynakları esas olarak çeşitli baklagiller ve otları içerir. Bu iki familyanın temsilcilerinin yanı sıra, kurak ve yarı kurak bölgelerin tuzlu ortamları için yem potansiyeli olan diğer botanik familya türlerine de ev sahipliği yapmaktadır. Spesifik örnekler, *Atriplex* (*Chenopodiaceae*), *Ehretia* (*Boraginaceae*) ve *Cyclolepis* (*Asteraceae*) cinsinin türleridir. *Cyclolepis genistoides*'in yem potansiyeli, artan toprak tuzluluğu ve aşırı koşullarla birlikte artar, çünkü yem tedarikinin sıfır olduğu veya kıt olduğu zamanlarda hayvanlar tarafından tüketilir (Pensiero ve ark., 2021).



**Şekil 3.** Aşırı tuzlu toprak koşullarında inek gübresinde yem bitkisi fidelerinin çıkışı (Salinas Grandes, orta Arjantin) (Karlın, 2016).

*Cyclolepis genistoides* tuzlu ve alkali topraklarda yaşar. Yem ve şifalı bir çalıdır. Bu türün yapraklarında ve gövdelerinde stomalar yalancı-batıktır (pseudosunken). Yapraklardaki damar demetleri akifer parankimi içindedir. Bu türün tohumları uykudadır ancak mekanizması açıklığa kavuşturulmamıştır. Laboratuvar koşullarında *Cyclolepis genistoides* tohumlarında mantar enfeksiyonu nedeniyle sorunlar yaşanmaktadır, çimlenmenin gerçekleşmediği eşiğin -1.5 MPa olduğu bulunmuştur (Piovan ve ark., 2014). *Cyclolepis genistoides* çimlenme aşamasında tuz stresine duyarlıdır ancak tohumlar tuzlu koşullar altında canlı kalır ve damıtılmış suya aktarıldığında çimlenebilir. Bu durum, tuzlu ortamlardaki türler için önemli bir adaptif özelliktir (Piovan ve ark. 2019).

### **3. *Artemisia herba-alba* (Asteraceae)**

*Artemisia herba-alba* (Arapça'da Şih olarak bilinir), Akdeniz havzasının (Kuzey Afrika ülkeleri ve Güney Batı Avrupa) ve Batı Asya'nın (Arap Yarımadası ve İran-Turan bölgesi) kurak ve yarı kurak meralarına özgü, yaprak dökmeyen aromatik bir çalıdır. Bu bitki türü, çiftlik hayvanları için önemli bir

yem kaynağıdır. Ayrıca diyabet ve hipertansiyon gibi çeşitli kronik hastalıkların tedavisinde tıbbi olarak kullanılmaktadır (Nedjimi ve Beladel, 2015). Ancak son yıllarda aşırı otlatma, aşırı toplama ve doğal meşcerelerin tahrip edilmesi nedeniyle bulunduğu bölgelerde endişe verici bir yoğunluk düşüşü yaşamaktadır (Nedjimi ve Zemmiri, 2019).

*Artemisia herba alba*, Orta Doğu'nun yarı çöllerinde yaygın olarak görülür ve çok yıllık bir çalıdır. İran'ın yaklaşık 46 milyon hektarı (%28) bu türün işgal ettiği bozkır arazisidir. Bölgedeki en önemli mera bitkisi ve toprak koruma türlerinden biridir. *Artemisia herba alba*'nın yerini, artan kuru koşullarla birlikte *Salsola tomentosa* alır (Jahantigh ve Pessarakli, 2009). Yem bitkisi olarak *Artemisia herba alba*, esas olarak morfolojik ve fizyolojik özelliklerinden dolayı Cezayir bozkır bölgesinin de kurak ve yarı kurak iklimine adapte olmuş ve daha sonra baskın hale gelmiştir. *Artemisia herba alba*, yüksek konsantrasyonlarda kroma ağır metale (altı değerlikli) karşı güçlü bir dirence sahiptir. Bitkinin farklı kısımlarındaki krom konsantrasyonlarında, bitkinin büyümesini ve bitkisel gelişimini etkilemeden bir artış tespit edilmiştir (Rebhi ve ark., 2019).



Şekil 4. Kuzeydoğu Lübnan'da *Artemisia herba alba* (Nasser ve ark., 2018).

Fas meraları çok çeşitli mera türlerine ev sahipliği yapmaktadır. 21 milyon hektardan fazla alan iyi mera durumundadır ve aralarında "*Artemisia herba-alba*" (bazen Çöl Pelini veya Beyaz Pelin olarak da bilinir) bozkırlarının da bulunduğu alanları barındırır. *Artemisia herba-alba* kaplı alan yaklaşık 5 milyon hektardır. Aşırı otlatma bu bitkinin örtüsünün azalmasına ve yok olmasına neden olan açık ara en önemli faktördür (Bakali, 2014).

Suriye'de yaklaşık 10.2 milyon hektar veya kara alanının yaklaşık %60'ı 200 mm yağış altına düşmekte ve Badia veya 'bozkır' olarak adlandırılmaktadır (Ghassali ve ark., 2011). Badia'da *Artemisia herba-alba* baskın bitki örtüsüdür ve genellikle artemisia bozkırını olarak anılır. *Artemisia* bozkırları, Suriye çöllerinin çok düşük yağış bölgesi (100 mm/yıl) ve arpa/buğday hayvancılık bölgeleri (150-300 mm/yıl) ile bir aradadır. Bu nedenle, artemisia bozkırları aşırı otlatmadan kaynaklanan çölleşme veya yağmurla beslenen tahıl mahsullerinin genişlemesi nedeniyle kaybolmaya karşı oldukça hassastır (Bounejmate ve ark., 2004). *Artemisia herba-alba* yaygın olarak yakıt olarak kullanılmakta ve otlatma sistemlerinde yoğun şekilde tüketilmektedir. Lezzet durumu ilkbaharda "ılımlı" durumdan sonbaharda "iyi" düzeye doğru artar. Lezzetteki değişiklikler muhtemelen mevsimsel dimorfik yapraklarla bağlantılıdır; bu yapraklar, türün kendi doğal yayılış alanının kuraklık ve tuzlu koşulları altında gelişmesine olanak tanıyan birçok özellikten yalnızca biridir. Tür, -5.5 MPa'dan -10.0 MPa'ya kadar toprak su potansiyellerini ve 200 mM NaCl'ye kadar tuzlu koşulları tolere edebilir. Stres altında *Artemisia herba-alba*, daha küçük fonksiyonel bir göbek bitkiyi korumak için toprak üstü biyokütlenin bir kısmını feda edebilir. Ayrıca, her dalın fizyolojik olarak bağımsız olması nedeniyle bitki içindeki su aktarımının sektörel olduğu ve bunun sonucunda tek bir bitki içindeki su potansiyellerinin sürgünden sürgüne değişebileceği de görülmektedir (Louhaichi ve ark., 2015).

Nedjimi ve Zemmiri (2019), dört çözünebilir tuz tipinin (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub> ve CaCl<sub>2</sub>) *Artemisia herba-alba* tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Tuzluluğun çimlenme yüzdesi, çimlenme oranı ve çimlenme tolerans indeksi üzerindeki etkisini test etmek için her tuzun dört konsantrasyonunu (0, 50, 10 ve 150 mM) kullanmışlardır. Deneme, 15°C karanlık/25°C ışık altında, 12 saatlik fotoperiyotta kontrollü bir inkübatörde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, hem çimlenme yüzdesinin hem de çimlenme oranının tuzlulukla birlikte önemli ölçüde azaldığını ve en yüksek çimlenme yüzdesinin distile su kontrolünde (~%80) gözlemlendiğini göstermiştir.

Çimlenme tolerans indeksi, *Artemisia herba-alba* tohumlarının  $\text{CaCl}_2$ 'ye toleransının diğer çözümler tuzlara göre daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmıştır. Karşılaştırmalı olarak, yüksek tuz konsantrasyonlarında  $\text{MgCl}_2$  ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  genellikle en toksik tuzlar olmuş, bunu  $\text{NaCl}$  ve  $\text{CaCl}_2$  takip etmiştir. *Artemisia herba-alba*'nın çok çeşitli çözümler tuzlar üzerinde çimlenmesi, bu türü, tuzlu topraklara sahip meraların rehabilitasyonu için umut verici bir aday olarak işaret etmektedir.

#### 4. *Reaumuria fruticosa* (Tamaricaceae)

Köklü bir geçmişe sahip bir familya olan *Tamaricaceae* familyasının bitkileri, Tersiyer dönemden bu yana antik Akdeniz bölgesinde yetişmektedir. Çoğu türü kuraklığa dayanıklı, rüzgar önleyici, orman yapıcı ve toprak tutucu bitki olarak kullanılmaya uygun bitkilerdir. Ekolojik olarak çöllerin ıslahında ve kurak bölgelerde iklim koşullarının iyileştirilmesinde büyük öneme sahip bitkilerdir. Ayrıca familyaya ait bitkiler kapsamlı ekonomik değere sahiptir (Yuanming ve ark., 2001). *Tamaricaceae* bitki ailesi, genellikle halofitik olan 3-4 cinse ait çalı ve küçük ağaç içerir. Avrupa, Asya ve Afrika'ya özgüdürler ancak *Tamarix* türleri Avustralya ve Amerika'da doğallaştırılmıştır (Gaskin, 2003). Familyanın Akdeniz, Kuzey Afrika, Güneydoğu Avrupa ve Orta Asya'da çoğunlukla deniz ve kumluk ılıman ve subtropikal bölgelerinde yayılış gösteren 120 türü bulunmaktadır (Hosni, 2000).

*Reaumuria* cinsi, Kuzey Afrika, Sicilya, Anadolu, Orta Doğu, Kafkaslar, Pakistan, Orta Asya, Moğolistan, Tibet ve Kuzey Çin'de bulunan *Tamaricaceae* familyasındaki çiçekli bitkilerin bir cinsidir. Çok yıllık kserofitik ve halofitik çalılar veya alt çalılar olma eğilimindedirler. *Reaumuria* bitkileri, her türlü çöl ekosisteminde öncü ve yapıcı bir tür olarak, enerji ve maddelerin taşınması gibi hayati bir süreci koruyarak, rüzgar erozyonunu, kum sürüklenmesini ve bu bölgelerin daha fazla çölleşmesini önleyerek hassas çöl ekosistemlerinin sürdürülmesinde önemli rol oynar (Liu ve ark., 2012). Bu bitki türleri, tuzlu-alkali koşullara aşırı toleransları nedeniyle, doğal yağışlarla bozulan ekosistemlerin onarılmasında ve kurak bölgelerin sürdürülebilir kalkınmasında öncü bitkiler olarak yaygın şekilde kullanılmıştır (Gorai ve Neffati, 2007). *Reaumuria* bitkileri çok yıllık kurakçıl çalılardır ve bu cinste sınıflandırılan 12 türün tümü Kuzey Afrika, Asya ve Güney Avrupa'nın kurak bölgelerinde dağılmıştır (Shi ve ark., 2013).

*Tamaricaceae* familyasının *Reaumuria* cinsi içinde 46 tür mevcuttur. Bunlardan biri olan *Reaumuria fruticosa*, Bajestan Tuz Çölü'nde (İran) baskın bir bitki örtüsü türü olarak bulunur ve sonbaharda hafif hayvanlar ve develer için yem sağlayan ana kaynaklardan biri olarak kabul edilir. Bu türün vejetatif gelişimi mart ayından itibaren başlar ve çiçeklenme dönemi temmuz ayından itibaren başlayıp eylül sonuna kadar devam eder. Aynı zamanda ekim aşaması eylül ayının sonundan itibaren başlar ve olgun tohumların düştüğü Kasım ayı sonuna kadar sürer (Kashki ve ark., 2016).



**Şekil 5.** *Reaumuria fruticosa* (Kashki ve ark., 2016).

Kashki ve ark. (2016)'nın çalışmasında Bajestan Çölü'nde iki baskın halofit olan *Reaumuria fruticosa* ve *Limonium iranicum*'un yem kalitesi özellikleri bitkisel büyüme, çiçeklenme ve tohum olgunlaşma aşamalarında ölçülmüştür. Yem kalitesi özellikleri NIR ile ölçülmüştür. *Limonium iranicum* bitkisel büyüme aşamasında en yüksek ham protein değerini gösterirken, *Reaumuria fruticosa* için en yüksek HP değeri çiçeklenme ve tohum olgunlaşma aşamalarında kaydedilmiş, bu da daha yüksek yem kalitesinin göstergesi olarak görülmüştür. Sonuçlar, incelenen halofitlerin yem kalitesinin, tür kompozisyonuna ve yemin büyüme aşamasına bağlı olarak farklılık gösterdiğini işaret etmiştir.



### 5. *Reaumuria trigyna* (Tamaricaceae)

Bir *Tamaricaceae* arkaik rekretohalofit türü (tuz salgılama bezlerine sahip bir halofit) olan *Reaumuria trigyna*, kuzeybatı Çin'in çöl bozkırlarında önemli bir yabancı yem bitkisidir (Li ve ark., 2021). *Reaumuria trigyna*, İç Moğolistan'daki çöl bölgelerine özgü, nesli tükenmekte olan küçük bir çalıdır. Bu dikotiledonlu rekretohalofit, yarı çöldeki tuzlu toprağın neden olduğu stresi tolere etmesine olanak tanıyan benzersiz morfolojik özelliklere sahiptir. Tetis Okyanusu kökenli olması nedeniyle yaşayan fosil olarak kabul edilmektedir. Bu tür, Çin'in İç Moğolistan bölgesindeki tuzlanmış bir çöl olan Doğu Alxa-Batı Ordos bölgesine (yükseklik 1500-2100 m) özgüdür. Bölge, yüksek toprak tuzluluğu (%0.7'ye kadar tuzlar), aşırı kuraklık koşulları (yıllık ortalama yağış 140-300 mm) ve düşük sıcaklık (yıllık ortalama sıcaklık 6.0-9.2°C) ile karakterize edilir. Yarı çöl ve tuzlu toprak ortamına uyum sağlamak için *Reaumuria trigyna*, sulu yapraklar ve batık stomalarla karakterize edilen farklı bir morfoloji geliştirmiştir. Bu özellikler rekretohalofitin tipik bir örneğidir. *Reaumuria trigyna* tarafından kullanılan benzersiz adaptasyon stratejileri hakkındaki bilgi, bu türlerdeki ve muhtemelen farklı ortamlarda büyüyen diğer halofitlerdeki tuza tolerans mekanizmalarına değerli referanslar sağlayacaktır (Dang ve ark., 2013).

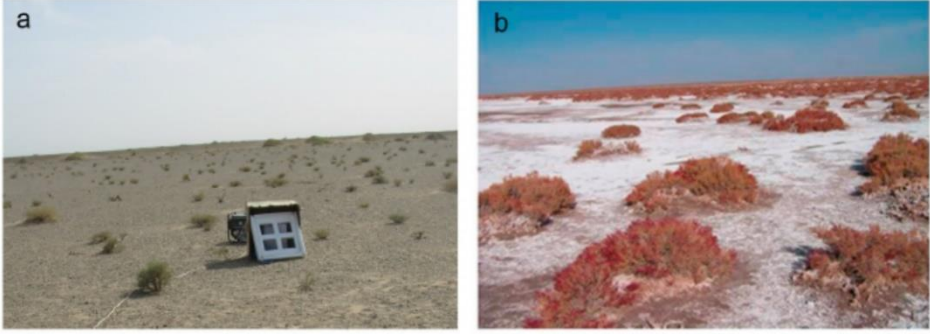


Şekil 6. Yabancı rekretohalofit *Reaumuria trigyna* (Dang ve ark., 2013).

*Reaumuria trigyna*'dan tuz atılımının tuz bezinin yapısı ve salgılanma özellikleri ve bunların tarla ortamındaki topraktaki tuz dağılımı ile ilişkileri Xue ve Wang (2008) tarafından incelenmiştir. *Reaumuria trigyna*'nın tuz bezi-feröz çoklu hücreleri (salt-gland-ferous multi-cells) tuz salgılayabilir. *Reaumuria trigyna* bitkisindeki iyon bileşimi ve salgılanması, habitat toprağıyla tutarlıdır ve  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_2^{-4}$  ve  $\text{Cl}$  iyonlarına sahiptir, ancak iyon içeriğı farklıdır. Toprak çözeltilerinde  $\text{Na}^+$  veya  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  gibi katyonlar,  $\text{Cl}$  veya  $\text{SO}_2^{-4}$  gibi anyonlar baskındır.  $\text{K}^+$  iyonu bitkinin kök, gövde ve yapraklarında baskındır. Bu altı iyonun içeriğı şu sırayı takip eder: kökler<gövdeler<yapraklar. *Reaumuria trigyna*'nın sekresyonunda en yüksek  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}$  içeriğindedir, bunu  $\text{SO}_2^{-4}$  takip eder. Tuz bezinin atılım hızı sabah öğleden sonraya göre, gündüz ise geceye göre daha yüksektir. Tuz salgılayan tuz bezinin bu kadar yüksek seçiciliğı, *Reaumuria trigyna*'nın uygun tuz ve besin içeriğini koruyarak yabancı yaşam ortamına uyum sağlamak için kendi kendini ayarlama mekanizmasıdır.

### 6. *Reaumuria soongorica* (Tamaricaceae)

*Reaumuria* cinsinin aşırı kurakçıl bir yarı çalısı olan *Reaumuria soongorica*, çöl çalı bitki örtüsünün ana baskın ve yapıcı türüdür. Yaprakları, doku olarak çok sert olan ve yüksek düzeyde polisakkaritler, polifenoller ve ikincil metabolitler içeren, kurak ortama uygun pelet formuna dönüşmüştür. Bu tür, düşük su mevcudiyeti, aşırı tuzluluk, aşırı sıcaklık dalgalanmaları, yüksek ışınım ve besin yoksunluğu dahil olmak üzere çok çeşitli ortamlara tolerans gösterebilecek güçlü bir esneklik göstermektedir. Başka bir deyişle tür, çöl ekosisteminin istikrarı ve sürekliliğinin korunmasında önemli faktörler olan kuraklığa dayanıklılık, tuza tolerans, çorak tolerans ve kumul fiksasyonu özelliklerine sahiptir. -35.2 ila 42.5°C arasındaki aşırı sıcaklıklara, 13.81 g/kg kadar yüksek tuz konsantrasyonlarına, 8.27 kadar yüksek toprak pH'sına dayanabilir ve 7-101 mm yıllık yağış gerektiren aşırı kuraklık koşullarında iyi büyür (Wang ve ark., 2011).



**Şekil 7.** *Reaumuria soongorica*'nın doğal yaşam alanları: a) Kum çorak arazideki *Reaumuria soongorica* popülasyonları, b) Zeminde görünür beyaz tuz bulunan tuzlu topraklardaki *Reaumuria soongorica* popülasyonları (Wang ve ark., 2012).

*Reaumuria soongorica*, fizyolojik, morfolojik, biyokimyasal ve moleküler biyolojik düzeylerde kuraklığa benzersiz uyum sağlayan özellikleri nedeniyle rüzgârın neden olduğu toprak erozyonuna karşı dayanıklılıkta ve çölleşmeyle mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca sarp çöl bölgelerinde koyun ve develere yem türü olarak da hizmet vermektedir (Ma ve ark., 2023). *Tamaricaceae* familyasının aşırı kurakçıl bir yarı çalısı olan *Reaumuria soongorica*, Çin'deki çöl otlaklarının yapıcı ve baskın türüdür. "*Reaumuria soongorica* çölü", Batı Erdos, Alashan, Hexi Koridoru, Beishan, Qaidam Havzası, Gashun Gobi'den Çin'deki Tarım Havzası ve Junggar Havzasına (doğudan batıya) kadar yayılmış, Orta Asya'daki tipik bir bölgesel bitki örtüsüdür. Bu bölgede tuz çölünün geniş ve kendine özgü manzarasını oluşturur. Ayrıca *Reaumuria soongorica* bol miktarda besin maddesi içerdiğinden önemli bir yerel yem bitkisi durumundadır (Xu ve ark., 2003).

## 7. Sonuç

Halofitik çalılar, birçok ülkedeki karma tarım sistemlerinde, özellikle kurak veya az yağış alan bölgelerde yem seçeneği olarak kullanılmaktadır. Bunun nedenleri arasında düşük yağışlara fizyolojik adaptasyonları, yıl boyunca otlayan hayvanlar için yem üretebilme yetenekleri ve besin açısından fakir, tuzlu, düşük su tutma kapasitesi gibi marjinal topraklarda büyüebilme yeteneklerinin tahıl veya mera üretimine kıyasla üstün olmasından kaynaklanır. Yerli ve doğallaştırılmış otsu türlerle tuz etkileşimi yoğun şekilde araştırılmaktadır. Bu etki esas olarak türe ve yönetimine bağlıdır. Genel olarak, otsu türler besin geri dönüşümü ve yüksek sıcaklıklardan korunma nedeniyle

tercih edilir. Sorun, bazı türlerin yeterince otlatılmaması ve bitkisel artık birikiminin tek yıllık bitkilerin büyümesine engel olması durumunda ortaya çıkar. Koyun otlayan çalılardan elde edilen yün ise, genellikle daha fazla toz ve çöp içeren, yıllık meralarda otlayan koyunlardan elde edilen yünden daha temizdir.

Sıg su tablasına neden olan ve tuzluluğun geri dönüşüne neden olan beslenme alanlarında çok yıllık türlerin yetiştirilmesi ve ekim uygulamalarının değiştirilmesi gerekmektedir. Gerçekten iyi bir germplazm koleksiyonu elde etmek için, bitki araştırma/toplama misyonlarının düzenlenmesi ve katılımlara ilişkin tüm pasaport verilerinin kaydedilmesi gerekmektedir. Yoğun olarak kullanılan meralardan büyük ölçüde elenen orijinal iyi türlerin aranıp çoğaltılması ve seleksiyon programlarına dahil edilmesi gerekmektedir.

Çimlenme, özellikle tuzluluktan etkilenenler gibi değişken ve stresli ortamlarda, bitki yaşam döngüsünde kritik bir aşamadır. Çimlenme ve fide oluşumunun başarısı bu aşamalardaki adaptif mekanizmaların varlığına bağlıdır. Tohumlarda hareketsiz durumların varlığı, yerli halofit çalılarının çoğunda yaygındır. Heteromorfik tohumların üretimi, her tohum türünün tepkisinin farklı çevresel faktörlere ve uyku hali mekanizmalarına bağlı olduğu başka bir adaptif stratejidir. *Asteraceae* ve *Amarantaceae* familyasının çeşitli türleri böyle bir adaptasyon göstermektedir. Halofitlerin tuzlu bir yeni alanda tesisinde daha ucuz olan ekim-dikim tekniklerini kullanmak önemlidir. Örneğin: doğrudan tohumlama, çıplak kök nakli, önceden çimlendirilmiş tohumlar ve kuruluş maliyetini %50-70 oranında azaltan peletlenmiş tohum. Normal yıllarda yaz yağışlarının 200-300 mm, kış yağışlarının ise 15-250 mm olması durumunda doğrudan ekim pratiktir. Yağmur mevsiminin uzunluğu da önemlidir.

Çalışmalarda, bazı türler için lezzet ile biyokimyasal özellikler arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Saponin hipotezi yanlış olabilir; daha fazla araştırmaya ihtiyacımız vardır. Yem çalıları ve ağaçların kullanımı çok önemlidir ve özellikle diğer bölgelerde iyi adapte olmuş bitkilerin kullanılması avantaj sağlayacaktır. Koşullara en iyi uyum sağlayan türler seçilmelidir. Gerekli türlerin kaliteli tohumlarını elde etmek için toprak ve iklim kriterlerini dikkate almak gereklidir. Yerel koşullar altında kanıtlanmış en uygun maliyetli tohum tekniği tercih edilmelidir. Avustralya, halofitlerin ve tuza dayanıklı yemlerin koyun ve keçi üretim sistemine entegrasyonunun nispeten başarılı bir örneğidir. Halofitik çalılar, Avustralya'da (ve diğer ülkelerde), özellikle kurak

veya az yağış alan bölgelerde karma tarım sistemlerinde yem seçeneği olarak kullanılmaktadır. Bunun nedenleri arasında düşük yağışlara fizyolojik adaptasyonları, yıl boyunca otlayan hayvanlar için yem üretme yetenekleri ve tahıl veya mera üretimini destekleyemeyen marjinal topraklarda (yani besin açısından fakir, tuzlu, düşük su tutma kapasitesi) büyüme yetenekleri yer alır.

## KAYNAKÇA

- Alonso, A. A., & Machado, S. R. (2007). Morphological and developmental investigations of the underground system of *Erythroxylum* species from Brazilian cerrado. *Australian Journal of Botany*, 55(7), 749-758.
- Appezzato-da-Glória, B., & Cury, G. (2011). Morpho-anatomical features of underground systems in six *Asteraceae* species from the Brazilian Cerrado. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83, 981-992.
- Bakali, A. H. (2014). Impact of simulated grazing on the recovery, production and modular dynamic of the white wormwood *Artemisia herba-alba* Asso. *Journal of Agricultural Science and Technology*. A, 4(3A).
- Bessada, S. M., Barreira, J. C., & Oliveira, M. B. P. (2015). Asteraceae species with most prominent bioactivity and their potential applications: A review. *Industrial Crops and Products*, 76, 604-615.
- Bounejmate, M., Norton, B. E., El Mourid, M., Khatib, A., Bathikha, N., Ghassali, F., & Mahyou, H. (2004). Partnership for understanding land use/cover change and reviving overgrazed rangeland in Mediterranean areas: ICARDA's experience. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62, 267-283.
- Carbone, V., Fernández, F. E., Hernández, M. P., & Arambarri, A. M. (2019). Morphoanatomy, histochemistry and crystals of the underground system of *Baccharis notoserghila* (Asteraceae). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 54: 519-532.
- Carvalho, L. M., Caçador, I., & Martins-Loução, M. (2001). Temporal and spatial variation of arbuscular mycorrhizas in salt marsh plants of the Tagus estuary (Portugal). *Mycorrhiza*, 11, 303-309.
- Carvalho, L. M., Correia, P. M., Caçador, I., & Martins-Loução, M. A. (2003). Effects of salinity and flooding on the infectivity of salt marsh arbuscular mycorrhizal fungi in *Aster tripolium* L. *Biology and Fertility of Soils*, 38, 137-143.
- Catalan, C. A. (2021). *Cyclolepis genistoides* D. Don. Medicinal and Aromatic Plants of South America Vol. 2: Argentina, Chile and Uruguay, 183-189.
- Dang, Z. H., Zheng, L. L., Wang, J., Gao, Z., Wu, S. B., Qi, Z., & Wang, Y. C. (2013). Transcriptomic profiling of the salt-stress response in the wild recretohalophyte *Reaumuria trigyna*. *BMC Genomics*, 14, 1-18.
- Davy, A. J., Brown, M. J., Mossman, H. L., & Grant, A. (2011). Colonization of a newly developing salt marsh: disentangling independent effects of

- elevation and redox potential on halophytes. *Journal of Ecology*, 99(6), 1350-1357.
- Funk, V. A., Sancho, G., Roque, N., Kelloff, C. L., Ventosa-Rodríguez, I., Diazgranados, M., ... & Chan, R. (2014). A phylogeny of the *Gochnatieae*: Understanding a critically placed tribe in the Compositae. *Taxon*, 63(4), 859-882.
- Gaskin, J. (2003). *Tamaricaceae* in the families and genera of vascular plants. Springer Verlag, 5, 363-368.
- Geissler, N., Hussin, S., & Koyro, H. W. (2009). Interactive effects of NaCl salinity and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte *Aster tripolium* L. *Environmental and Experimental Botany*, 65(2-3), 220-231.
- Ghassali, F., Osman, A. E., Singh, M., Norton, B., Louhaichi, M., & Tiedeman, J. (2011). Potential use of Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L.) in alley cropping in the low rainfall-cropping zone of northwest Syria. *Range Management and Agroforestry*, 32(1), 1-8.
- Gintzburger, G., Bounejmate, M., & Nefzaoui, A. (2000). Fodder shrub development in arid and semi-arid zones: proceedings of the workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-arid Zones, 27 Oct.-2 Nov. 1996, Hammamet, Tunisia.
- Gorai, M., & Neffati, M. (2007). Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity and temperature. *Annals of Applied Biology*, 151(1), 53-59.
- Hosni, H. (2000). Tamaricaceae in the flora of Egypt. *Taekholmia*, 20(1), 17-31.
- Jahantigh, M., & Pessarakli, M. (2009). Forage production response of *Artemisia herba alba* to variation in rainfall and changes in soil conditions in arid regions. *Journal of food, agriculture & environment*, 7(3&4), 717-722.
- Karlin, M. S. (2016). Soil-plant relationships in the Sabkhat of America. *Sabkha Ecosystems: Volume V: The Americas*, 329-347.
- Kashki, M. T., Zandi Esfahan, E., Mohammadi, M., & Ranjbar, M. (2016). Effects of growth stages on forage quality of specific halophytes (*Limonium iranicum* and *Reaumuria fruticosa*) in the Bajestan desert of Korasan province, Iran. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 5(3), 787-794.
- Kerstiens, G., Tych, W., Robinson, M. F., & Mansfield, T. A. (2002). Sodium-

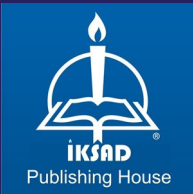
- related partial stomatal closure and salt tolerance of *Aster tripolium*. *New Phytologist*, 153(3), 509-515.
- Li, N., Wang, X., Ma, B., Wu, Z., Zheng, L., Qi, Z., & Wang, Y. (2021). A leucoanthocyanidin dioxygenase gene (RtLDOX2) from the feral forage plant *Reaumuria trigyna* promotes the accumulation of flavonoids and improves tolerance to abiotic stresses. *Journal of Plant Research*, 134(5), 1121-1138.
- Liu, J. L., Li, F. R., Liu, C. A., & Liu, Q. J. (2012). Influences of shrub vegetation on distribution and diversity of a ground beetle community in a Gobi desert ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 21, 2601-2619.
- Louhaichi, M., Tarasoff, C., Al-Homsh, H., Hassan, S., Ates, S., & Pypker, T. G. (2015). Effects of salinity and drought on early seedling growth and survival of *Artemisia herba alba*. *Range Management and Agroforestry*, 36(1), 6-12.
- Ma, Y. M., Liu, R. X., Wang, S. S., & Han, F. (2023). *Reaumuria soongorica*-plant model to understand drought adaptive mechanisms of xerophyte and their potentials in improving stress tolerance in plants. *Journal of Environmental Biology*, 44(1), 1-10.
- Murgueitio, E. (2023). *Tithonia diversifolia*, a different *Asteraceae*: its function in sustainable systems of cattle production. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 57.
- Myrzabayeva, M. T., Omarov, R. T., & Alikulov, Z. A. (2012). Physiological adaptation mechanism of *Aster tripolium* L. under salinity stress. (L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.
- Nasser, H., Wakim, L. H., Nemer, N., Baydoun, S., & Arnold, N. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso., Asteraceae. *Int J Eng Sci Res Technol*, 7(4), 258-66.
- Nedjimi, B., & Beladel, B. (2015). Assessment of some chemical elements in wild Shih (*Artemisia herba-alba* Asso) using INAA technique. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 203-205.
- Nedjimi, B., & Zemmiri, H. (2019). Salinity effects on germination of *Artemisia herba-alba* Asso: important pastoral shrub from north African rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 72(1), 189-194.
- Neto, D., Carvalho, L. M., Cruz, C., & Martins-Loução, M. A. (2006). How do mycorrhizas affect C and N relationships in flooded *Aster tripolium*



- plants? *Plant and Soil*, 279, 51-63.
- Nolte, S., van der Weyde, C., Esselink, P., Smit, C., van Wieren, S. E., & Bakker, J. P. (2017). Behaviour of horses and cattle at two stocking densities in a coastal salt marsh. *Journal of Coastal Conservation*, 21, 369-379.
- Pensiero, J. F., Zabala, J. M., Marinoni, L. D. R., & Richard, G. A. (2021). Native and naturalized forage plant genetic resources for saline environments of the southernmost portion of the American Chaco. *Saline and Alkaline Soils in Latin America: Natural Resources, Management and Productive Alternatives*, 339-380.
- Piovan, M. J., Pratolongo, P., Donath, T. W., Loydi, A., & Eckstein, R. L. (2019). Germination response to osmotic potential, osmotic agents, and temperature of five halophytes occurring along a salinity gradient. *International Journal of Plant Sciences*, 180(4), 345-355.
- Piovan, M. J., Zapperi, G. M., & Pratolongo, P. D. (2014). Seed germination of *Atriplex undulata* under saline and alkaline conditions. *Seed Science and Technology*, 42(2), 286-292.
- Ramani, B., Reeck, T., Debez, A., Stelzer, R., Huchzermeyer, B., Schmidt, A., & Papenbrock, J. (2006). *Aster tripolium* L. and *Sesuvium portulacastrum* L.: two halophytes, two strategies to survive in saline habitats. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44(5-6), 395-408.
- Rebhi, A. E. M., Lounici, H., Lahrech, M. B., & Morel, J. L. (2019). Response of *Artemisia herba alba* to hexavalent chromium pollution under arid and semi-arid conditions. *International Journal of Phytoremediation*, 21(3), 224-229.
- Rickert, C., Fichtner, A., Van Klink, R., & Bakker, J. P. (2012).  $\alpha$ - and  $\beta$ -diversity in moth communities in salt marshes is driven by grazing management. *Biological Conservation*, 146(1), 24-31.
- Rolnik, A., & Olas, B. (2021). The plants of the *Asteraceae* family as agents in the protection of human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(6), 3009.
- Scheloske, S., Maetz, M., Schneider, T., Hildebrandt, U., Bothe, H., & Povh, B. (2004). Element distribution in mycorrhizal and nonmycorrhizal roots of the halophyte *Aster tripolium* determined by proton induced X-ray emission. *Protoplasma*, 223, 183-189.
- Shi, Y., Yan, X., Zhao, P., Yin, H., Zhao, X., Xiao, H., ... & Ma, X. F. (2013). Transcriptomic analysis of a tertiary relict plant, extreme xerophyte *Reaumuria soongorica* to identify genes related to drought adaptation.

- PLoS One, 8(5), e63993.
- Sosa, A., Fusco, M. R., Rossomando, P., Juárez, A., Robles, S., Petenatti, E., & Pelzer, L. (2011). Anti-inflammatory properties from isolated compounds of *Cyclolepis genistoides*. *Pharmaceutical Biology*, 49(7), 675-678.
- Titei, V. (2022). The quality of biomass from some *Asteraceae* species and their potential application in the Republic of Moldova. *Oltenia-Studii si Comunicari Stiintele Naturii*, 38(1), 65-72.
- Van Klink, R., Nolte, S., Mandema, F. S., Lagendijk, D. G., WallisDeVries, M. F., Bakker, J. P., ... & Smit, C. (2016). Effects of grazing management on biodiversity across trophic levels-The importance of livestock species and stocking density in salt marshes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 329-339.
- Ventura, Y., Eshel, A., Pasternak, D., & Sagi, M. (2015). The development of halophyte-based agriculture: past and present. *Annals of Botany*, 115(3), 529-540.
- Wang, X., Xiao, H., Zhao, X., Li, C., Ren, J., Wang, F., & Pang, L. (2012). Isolation of high-quality DNA from a desert plant *Reaumuria soongorica*. *Genetic Diversity in Plants*, 24(2), 711-6.
- Wang, X., Zhang, T., Wen, Z., Xiao, H., Yang, Z., Chen, G., & Zhao, X. (2011). The chromosome number, karyotype and genome size of the desert plant diploid *Reaumuria soongorica* (Pall.) Maxim. *Plant Cell Reports*, 30, 955-964.
- Wu, S., Sun, Y., Niu, G., Altland, J., & Cabrera, R. (2016). Response of 10 aster species to saline water irrigation. *HortScience*, 51(2), 197-201.
- Xu, L., Wang, Y. L., Wang, X. M., Zhang, L. J., Yue, M., Gu, F. X., ... & Zhao, G. F. (2003). Genetic structure of *Reaumuria soongorica* population in Fukang Desert, Xinjiang and its relationship with ecological factors. *Acta Botanica Sinica-Chinese Edition*-, 45(7), 787-794.
- Xue, Y., & Wang, Y. C. (2008). Study on characters of ions secretion from *Reaumuria trigyna*. *Journal of Desert Research*, 28(3), 437-442.
- Yuanming, Z., Borong, P., Linke, Y., Weikang, Y., & Daoyuan, Z. (2001). The research history of the family *Tamaricaceae*. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 21(4), 796-804.





**ISBN: 978-625-378-142-2**