

BİTKİSEL ÜRETİM

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ



İKSAD
Publishing House

BİTKİSEL ÜRETİM

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

YAZARLAR

Prof. Dr. Aliye ARAS

Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ

Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ

Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU

Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN

Dr. Öğr. Üyesi Bedriye BİLİR

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk DEMİR

Öğr. Gör. Dr. Selim ÖZDEMİR

Arş. Gör. Dr. Mualla KETEN

Arş. Gör. Dr. Pelin YILMAZ SANCAR

Dr. Serap DEMİREL

Dr. Fatih DEMİREL

Öğr. Gör. Cahide Sude TAŞ

Öğr. Gör. Merve MACİT

Öğr. Gör. Ahmet Hakan ÜRÜŞAN

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU

Zir. Yük. Müh. Şeyma Akşit ÖZER

Zir. Müh. Hazel GÖKDERE

Biosistem Yük. Müh. Şuanur PAKSOY



Copyright © 2023 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 Publiator: 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 – 2023©
ISBN: 978-625-367-231-7
Cover Design: İbrahim KAYA
August / 2023
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

TARIMSAL ATIKLARIN YEŞİL TEKNOLOJİ İLE BİYOAKTİF İÇERİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Öğr. Gör. Merve MACİT

Prof. Dr. Aliye ARAS.....3

BÖLÜM 2

BİTKİSEL ÜRETİMDE AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI

Öğr. Gör. Dr. Selim ÖZDEMİR

Öğr. Gör. Ahmet Hakan ÜRÜŞAN.....27

BÖLÜM 3

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN PİRİNÇ ÜRETİMİ ÜZERİNE ETKİSİ VE *Oryza sativa* ISLAHI İÇİN BİYOTEKNOLOJİK

YAKLAŞIMLAR

Dr. Serap DEMİREL

Dr. Fatih DEMİREL.....45

BÖLÜM 4

BİTKİSEL ÜRETİMDE BAL ARILARININ YERİ VE ÖNEMİ

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU.....67

BÖLÜM 5

BİTKİSEL ÜRETİMDE YENİLİKÇİ BİR YAKLAŞIM: ORGANOMİNERAL GÜBRELER

Dr. Öğr. Üyesi Bedriye BİLİR.....87

BÖLÜM 6

KAYSERİ İLİNDE YEM BİTKİSİ DESTEKLEMELERİNİN YEM BİTKİSİ YETİŞTİRİCİLİĞİ VE ÜRETİMİNE ETKİSİ

Zir. Yük. Müh. Şeyma Aksit ÖZER.....105

BÖLÜM 7

DENGELİ BİTKİ BESLEMEDE TEŞHİS ve ÖNERİ ENTEGRE SİSTEMİ (DRIS Metodu)

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk DEMİR.....129

BÖLÜM 8

YONCA (*Medicago sativa* L.)'DA STRESE DAYALI

ÇALIŞMALAR: YONCA BİTKİSİNİN TEPKİSİNİ ANLAMAK

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN.....151

CHAPTER 9

REUSE OF WASTEWATER IN AGRICULTURE IN TÜRKİYE

Res. Assist. Dr. Mualla KETEN

Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ

Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ

Biosystems Engineer Şuanur PAKSOY.....177

BÖLÜM 10

BUĞDAY VE MISIR ISLAHI İÇİN BİYOTEKNOLOJİK

ÇALIŞMALARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDEKİ ROLÜ

Dr. Fatih DEMİREL

Dr. Serap DEMİREL.....193

BÖLÜM 11

BİNGÖL İLİNDE TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNİN

MEVCUT DURUMU

Zir. Müh. Hazel GÖKDERE

Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN.....211

BÖLÜM 12

TÜRKİYE'DEKİ ETNOBOTANİK DEĞERİ OLAN

BİTKİLERİN SINIFLANDIRILMASI VE KULLANIM

ALANLARI

Arş. Gör. Dr. Pelin YILMAZ SANCAR.....227

BÖLÜM 13

SULAMA VE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ

Öğr. Gör. Cahide Sude TAŞ

Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU.....263

ÖNSÖZ

Değerli Okurlar,

Bitkisel üretim, insanoğlunun varoluşundan beri temel yaşam kaynağı olmuştur. Gıda, ilaç, enerji ve diğer pek çok ihtiyaç, bitkilerin üretimi ve işlenmesi yoluyla karşılanmaktadır. Bu kitap, bitkisel üretimin geniş yelpazesindeki önemli konulara odaklanmaktadır. Tarımın ve bitkisel üretimin günümüzde karşılaştığı zorluklar ve fırsatlar, sadece çiftçileri değil, aynı zamanda ekonomiyi, çevreyi ve insan sağlığını da etkilemektedir.

Kitabımızın bölümleri, farklı yönleriyle bitkisel üretimi ele almaktadır. Bal arılarının tozlaştırma faaliyetlerinden, modern tarım teknolojilerine; iklim değişikliğinin ürünlerimize etkisinden, atık yönetiminin yeşil teknolojiyle buluşmasına kadar geniş bir yelpazede konuları içermektedir. Her bir bölüm, uzman yazarlarımızın özenle hazırladığı içeriklerle bilgi ve deneyimlerini sizlerle paylaşmayı amaçlamaktadır.

Bu kitap, tarım alanındaki gelişmelerin izini sürmek isteyen akademisyenler, öğrenciler, çiftçiler, araştırmacılar ve endüstri profesyonelleri için bir rehber niteliğindedir. Her bir bölüm, güncel bilgileri sunarken aynı zamanda geleceğe yönelik stratejileri de ele almaktadır. Bu çaba, tarım sektörünün daha sürdürülebilir, verimli ve çeşitli hale gelmesine katkı sağlama amacını taşımaktadır.

Kitabın oluşumunda emeği geçen tüm yazarlarımıza, editörlerimize ve yayınevi ekibimize teşekkür ediyoruz. Ayrıca, kitabı okuyan her bir

bireyin, tarım ve bitkisel üretim alanındaki farkındalığın artmasına katkı sağlayacağına inanıyoruz.

Bu kitap, bitkisel üretimin evrimsel ve geleceğe dönük yolculuğunu anlamak isteyen herkes için bir kaynak olarak tasarlanmıştır. Umarız ki bu kitap, bitkisel üretimin karmaşıklığını ve önemini daha iyi anlamanıza yardımcı olur.

Saygılarımla,

Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN

Dr. Öğr. Üyesi Hava Şeyma İNCİ

BÖLÜM 1

TARIMSAL ATIKLARIN YEŞİL TEKNOLOJİ İLE BİYOAKTİF İÇERİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Öğr. Gör. Merve MACİT¹, Prof. Dr. Aliye ARAS²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256624>

¹ Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bingöl, Türkiye ORCID: 0000-0001-9648-4799 mmacit@bingol.edu.tr

² İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Botanik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye ORCID: 0000-0002-2188-4031 aaras@istanbul.edu.tr

GİRİŞ

Tarımsal üretimin yeri geçmişten günümüze değerini koruyarak gelmiştir ve halen değerini korumaktadır. Nüfusun artmasıyla beraber artan taleplerin karşılanması da bununla doğru orantılı olarak giderek zorlaşmaktadır. Özellikle gıda, ilaç, kozmetik gibi sektörlerde tarımsal ürünlerin kullanımları çok fazla çeşitlilik göstermekte ve talebi karşılayamaz hale gelmektedir. Kullanılan tarımsal ürünlerin işlenme sırasında kalan kısımlarının göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Atık olarak görülen tohum, kabuk, sap vd. gibi bitki kısımlarının biyoaktif bileşikler açısından yüksek içeriğe sahip oldukları çalışmalarca ortaya konmaktadır. Geleneksel yöntemlere alternatif olarak geliştirilen yeşil teknolojilerle beraber hem çevre dostu hem az enerji ihtiyacı olan yöntemlerin kullanımları oldukça yaygınlaşmaktadır. Tarımsal atıklardaki biyoaktif bileşiklerin geri kazanımı için de bu yeşil teknoloji yöntemlerinin kullanımı çok önem arz etmektedir. Bu bölümde tarımsal atıklardaki biyoaktif bileşiklerin yeşil teknoloji yöntemleriyle değerlendirilmesi üzerinde durulmaktadır.

Tarımsal atıkların önemi

Yapılan tahminlere göre, ilerleyen nüfus artışına yeterli ve dengeli beslenme kaynakları sağlamak için gıda ve tarımsal üretimin 2050 yılına kadar üçte iki oranında artırılması gerekmektedir (Mason-D’Croz ve ark., 2019; Bai ve ark., 2019). Bu ihtiyacın iklim değişikliğine karşı hassas olan tarımsal üretim üzerindeki baskısı nedeniyle, tarımsal atık ve yan ürünlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen çıktıların yeniden kullanılması konularına yönelik yenilikçi teknolojiler ve etkili

iş planları kullanılarak döngüsel bir ekonomi modelinin geliştirilmesi zorunluluk arz etmektedir (Asa ve ark., 2016; Aşkın Uzel, 2023).

Tarımsal atıklardan ve gıda atıklarından geri kazanılan biyoaktif bileşikler; yağlar, pektin, flavonoidler, diyet lifleri ve daha fazlası gibi bileşenler açısından iyi bir potansiyele sahiptirler. Yeni biyoremediasyon yaklaşımları, gıda atıklarından, özellikle tarımsal atıklardan çok çeşitli değerli kimyasallar üretmeyi amaçlamaktadır (Oltjen ve ark., 1977; Mueller, 1999; Shirkhan ve ark., 2022).

Tarımsal atık; tohum ekme veya hayvan yetiştirme gibi çiftçilik faaliyetlerinde yan ürün olarak üretildiğinden satılamayan veya hiçbir şekilde kullanılmayan herhangi bir üründür (Tu Nguyen ve ark, 2022; Rani ve ark, 2023). Tarımsal üretimden sonra kullanılan bitkilerden kaynaklanan atıklar; patates kabuğu, portakal kabuğu, yer fıstığı küspesi ve soya küspesi gibi ticari olarak işlenmiş tarımsal atıklar şeklinde örneklendirilebilir. Bu tarımsal atıklar elde edilme yöntemlerine göre gruplandırılabilir. Bunlardan bazıları; tarla atıkları (gövdeler, saplar, tohumlar vb.) ve işlem atıklarıdır (kabuk, küspe vb.) (Sadh ve ark., 2018).

Dünyada gıda sanayisinde her yıl milyarlarca ton tarımsal ürün atığı meydana gelmektedir ve en bol miktarda bulunan atıklar yenilenebilir ve ucuz kaynaklardır (Valdés ve ark., 2015; Öztürk ve Gülден, 2017).

Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre; dünyada insanların tüketimi için üretilen tüm gıdaların yaklaşık üçte biri kaybolmakta veya israf edilmektedir ki bu da yılda yaklaşık 1,6 milyar tona eşdeğerdir. Bu

miktarda atığın %54'ü üretim adımlarında, hasat sonrası işleme ve depolamada ortaya çıkmaktadır. Diğer %46'sı ise endüstriye girişin aşağısındaki aşamalardan, yani işleme, dağıtım ve tüketimden kaynaklanmaktadır. Ağırlık bakımından tahılların yaklaşık %30'u; kök mahsullerin, meyve ve sebzelerin %40-50'si; yağlı tohumların, et ve süt ürünlerinin %20'si; balığın da %35'i atık olarak meydana gelmektedir (FAO, 2013; FAO, 2014; Vigano ve ark., 2015).

Günümüzde dünya nüfusunun artması ve doğal kaynak rezervlerinin azalmasıyla birlikte gıda üretiminin sürdürülebilir şekilde optimizasyonunu sağlamak bir gereklilik haline gelmiştir. Bu sebeple, bol miktarda atık doğal gıda kaynaklarının kullanılması bir çözüm oluşturabilir. Çünkü gıda maddeleri yalnızca beslenmeyi sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sağlık açısından büyük bir potansiyel olarak da kullanılmaktadır (Patel, 2015).

Kozmetik, gıda ve ilaçlarda kullanılan birçok fitokimyasal, çeşitli meyve, sebze ve mahsullerin meyve kabuklarında, tohum kabuklarında, sert dış kabuklarında, yapraklarında ve köklerinde tespit edilmiştir (Yusuf, 2017; Shirahigue ve Antonini, 2020; Usmani ve ark., 2020). Flavonoidler, tanenler, antosiyaninler ve alkaloidler gibi polifenoller de bitkilerin atık kısımlarında yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Bitkilerde bulunan biyoaktif bileşiklerden olan fenolik bileşikler gıda koruyucu olarak da kullanılmaktadır (Quinto ve ark., 2019; Singh ve ark., 2021).

Yeşil Teknoloji

Organik çözücülerin çoğu zehirli etkiye sahip, tehlikeli ve çevreye zarar vermektedir. Bundan dolayı, bitkilerde ekstraksiyonu oluştururken uygun bir çözücünün seçilmesi, çevreye olan etkisi tahmin edilemediğinden araştırma topluluğu için büyük bir zorluk meydana getirmektedir. Bu sorunu çözebilmek için, son otuz yılda çeşitli sayıda daha yeşil ve sürdürülebilir çözücüler tanımlanmış ve oluşturulmuştur (Nanda ve ark., 2021).

Tarım-gıda atıkları işlenebilir ve geri kazanılabilir özellikte olup, bu atıkların geri kazanım sonrasında farklı şekillerde kullanımları mevcuttur. Atıkları işleme teknikleri belirli bir alanla ilişkilendirilebilir veya farklı alanların multidisipliner bir çalışması haline gelebilir (Nwankwegu ve ark., 2022). Bu alandaki çalışmalar değerlendirildiğinde; gıda atık maddesinden besin değeri yüksek bileşenlerin elde edilmesi için çoğunlukla çevre dostu teknikler tercih edilmektedir (Appolloni ve ark., 2022).

Düşük verimle birlikte çözücülerin toksisitesi ve oluşan ekstraktlarda çözücü kalıntılarının varlığı gibi güvenlik risklerinin olması; organik çözücülerin kullanımını en aza indirebilen veya ortadan kaldıracı temiz veya yeşil teknolojiler gibi diğer ekstraksiyon teknolojilerinin gelişimini desteklemektedir (Tiwari, 2015; Soquetta ve ark., 2018).

Ekstraksiyon işlemi; biyoaktif bileşiklerin bitki materyalinden elde edilebildiği temel işlem olarak tanımlanmaktadır. Ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmekteki temel amaç, elde edilmeye çalışılan bileşiği en

yüksek biyolojik aktivitede ve miktarda elde edebilmektir (Truong ve ark., 2019).

Son yıllarda, bitkilerden elde edilen fitokimyasalların ekstraksiyonu için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Enerji tüketimini ve çözücü kullanımını azaltmak, başlıca ekonomik ve çevresel zorlukları meydana getirmektedir (Capanoglu ve ark., 2022; Alwazeer ve ark., 2023). Araştırmacılar, geleneksel yöntemlere alternatif olarak son yıllarda enzim ekstraksiyonu, süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu, ultrason ve mikrodalga destekli ekstraksiyon gibi ‘yeşil’ olarak adlandırılan uygulamalara yönelim göstermişlerdir (Ashraf ve ark., 2022; Cerit ve ark., 2023).

Ekstraksiyon tekniklerinde enerji tüketimini azaltan ve ayrıca tıbbi bitki ekstraktının güvenliğini ve yüksek kalitesini artıran alternatif çözücüler kullanılırsa oluşan bu ekstraktlar ‘yeşil’ olarak tanımlanır. Yeşil ekstraksiyon yöntemlerinde yüksek kaliteli ve güvenli ekstraktlar oluşmaktadır. Bunun yanında tehlikesi olmayan alternatif çözücü kullanımı, yenilenebilir doğal ürünlerin meydana gelmesi, yeni ekstraksiyon uygulamalarının keşfi ve tasarımına yönelimler artmaktadır (Chemat ve ark., 2012; Da Silva ve ark., 2016). Son on yılda, ‘yeşil’ ekstraksiyon teknikleri, toksik maddelerin ve uçucu organik çözücülerin ortadan kaldırılmasını teşvik etmeleri bakımından oldukça dikkat çekmektedir (Lorenzo-Parodi ve ark., 2019). Yeşil teknoloji olarak çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılanları Tablo 1’de belirtilmektedir (Soquetta ve ark., 2018).

Yeşil teknoloji olarak çok yaygın kullanımı olan, süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE), bir matristen çözünen maddeleri çıkarmak için çözücü olarak süperkritik bir sıvı (genellikle CO₂) kullanılan bir işlemdir. Süperkritik sıvı ekstraksiyonun, kısa ekstraksiyon süresi, minimum organik çözücü kullanımı, daha yüksek ekstraksiyon verimliliği ve geri kazanım oranları, otomasyon özellikleri ve çevrimiçi birleştirme yeteneği gibi farklı avantajlar sağlaması sebebiyle geniş çapta araştırması yapılmaktadır (Zougagh ve ark., 2004; Alwazeer ve ark., 2023).

Tablo 1: Yeşil teknoloji yöntemleri (Soquetta ve ark., 2018).

Süperkritik sıvı ekstraksiyon	Gazı süperkritik sıvıya dönüştüren sıcaklık ve basınçtaki değişikliklerle karakterize edilmektedir.	(Silva ve ark., 2016).
Basınçlı sıvı ile ekstraksiyon	Yüksek basınçlarda gerçekleşir. Bu nedenle çözücü, kaynama noktalarının çoğundaki sıcaklıklarda alındığında bile sıvı halde kalabilmektedir.	(Machado ve ark., 2015).
Ultrason destekli ekstraksiyon	Ultrason; 20 kHz ila 100 MHz'lik bir ses dalgasıdır. Bu süreç, organik bileşiklerin ve inorganik bitki matrisinin süzülmesini kolaylaştıran gözenekler oluşturmak için kabarcıkların üretimi, büyümesi ve çökmesi anlamına gelen kavitasyon adı verilen bir olgu meydana getirmektedir.	(Vinatoru, 2001; Azmir ve ark., 2013; Rajha ve ark., 2015).
Mikrodalga destekli ekstraksiyon	Mikrodalgalar; 300 MHz ila 300 GHz aralığındaki elektromanyetik alanlardır. Çözücü katı matrise difüzyonla nüfuz etmektedir ve çözünen, katı özelliklerle sınırlı bir konsantrasyona ulaşmak için çözülmemektedir.	(Li, ve ark., 2013; Angiolillo ve ark., 2015).
Darbeli elektrik alan destekli ekstraksiyon	Malzeme iki elektrot arasına yerleştirilir. Darbe genliği 100–300 V/cm ila 20–80 kV/cm arasında değişmektedir. İşlem oda sıcaklığında veya biraz daha yüksek bir sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir	(Parniakov ve ark., 2014; Barba ve ark., 2016)

Yüksek voltajlı elektrik deşarjları	Hücre yapısına zarar vermeden ve değerli hücresel bileşiklerin ekstraksiyonunda etkili bir yöntemdir. İlk adım olarak, bir iğne elektrot bobininin oluşumu ve yayılması ve gazlı boşlukların oluşmaktadır. İkinci aşama, flama elektrot plakasına ulaştığında faz ayrışması gerçekleşmektedir.	(Barba ve ark., 2015; Brianceau ve ark., 2016)
Yüksek hidrostatik basınç	Bu teknolojiye, kısa bir süre içerisinde 0°C'den 100 °C'nin altına çok yüksek basınçlar (100–1000 MPa) uygulanmaktadır.	(Briones-Labarca ve ark., 2015; Andrés ve ark., 2016)

Biyoaktif bileşikler

Karotenoidler, yağ asitleri, flavonoidler, izoflavonlar, izosiyanatlar, fenolik asitler, fitoöstrojenler, çözünür diyet lifleri, polifenoller, bitki staroller, vesteroller, polioller, probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotikler “biyoaktif bileşenler” olarak tanımlanmaktadır (Ashwell, 2002; Karadağ ve ark., 2022).

Doğal kökene sahip biyoaktif bileşikler; bitkiler, gıdalar, meyveler, algler ve biyoatıklar gibi doğal kaynaklarda bulunan ikincil (sekonder) metabolitlerdir. Bu ikincil metabolitlerin başlıca örneklerini; flavonoidler, amino asitler, fenolik bileşikler, proteinler, terpenler, tanenler ve alkaloidler oluşturmaktadır. Son zamanlarda doğal biyoaktif bileşiklerin farmasötik, kozmetik ve nutrasötiklerde uygulanmasına olan talep giderek artmaktadır (Bubalo ve ark., 2018).

Esas olarak doğal kaynaklardan üretilen karotenoidler, yağ asitleri, fenolik bileşikler ve terpenoidler gibi biyoaktif bileşikler tıp, gıda, kozmetik ve farmasötiklerde oldukça yaygın kullanıma sahiptirler.

Karotenoidler; meyvelerin, sebzelerin ve çiçeklerin turuncu, kırmızı ve sarı renklerinden sorumlu olan en büyük pigment grubunu oluşturmaktadır. Karotenoidlerin kardiyovasküler hastalıklar üzerine etkileri mevcuttur. Çeşitli renkleri oluşturan b-Karoten ve likopen yaygın kullanılan gıda bileşenleri arasındadır. Yapısal özelliklerinden dolayı yeşil teknolojinin içerisindeki süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, doğal kaynaklardan ekstraksiyonlar için kullanılan en yaygın yöntemdir. Tokoferoller ve tokotrienoller, antioksidan ve antikanser özellikleri sebebiyle kozmetik, gıda ve farmasötiklerde kullanılmak üzere yeşil teknoloji sayesinde uygun biyoaktif bileşikler haline getirilmektedir. Bu fitokimyasal grubu temelde bitkisel yağlardan elde edilmektedir (Rostagno ve Prado, 2013; Del Pilar Sanchez-Camargo ve ark., 2019; Hashemi ve ark., 2022). Mikrodalga veya ultrason destekli ekstraksiyon gibi yeşil teknolojileri de kullanarak fenolik bileşiklerin eldesi mümkündür (Panzella ve ark., 2020).

Biyoaktif bileşiklerin, antioksidan özelliklerinden dolayı gıda katkı maddesi olarak kullanımları yaygındır. Antioksidan, gıdalardaki oksidatif stresi azaltan maddelere verilen genel addır. Sentetik antioksidanlar, kararlılıkları ve yaygın olarak bulunmalarından dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak mutajenik ve kanserojen etkilere sahip olmaları, bitki matrikslerinden ekstrakte edilen antioksidanların daha fazla araştırılmasına yol açmaktadır (Soquetta ve ark., 2016).

Meyve ve sebze atıklarında da fazla miktarlarda bulunan bu sağlığı geliştirici biyoaktif bileşikler; antikanser, antioksidan, antimutajenik,

antiviral, antitümör aktiviteleri sebebiyle ve kardiyometabolik hastalık risklerini azaltmaları bakımından önemli bir role sahiptir. Ayrıca, fitokimyasallara odaklanan son çalışmalar da; tohumlar, kabuklar, posa veya ezilen kısımlar gibi bitki kaynaklarından elde edilen polifenollerin yüksek antioksidan özelliklerinin sağlık açısından önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir (Thakur ve Borah, 2021; Capanoglu ve ark., 2022).

Bazı önemli tarımsal atıkların biyoaktif bileşiklerinin değerlendirilmesi

Çayın hammaddesinin ayrıştırılması sonucunda, sap ve lif atık kısımlarından kafeinin ekonomik ve ticari olarak değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu yöntemiyle Türkiye'deki siyah çay fabrikalarının sap ve lif atıkları üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada; çay sapı atıklarından ve lif atıklarından maksimum kafein verimi sırasıyla 14,9 mg/g çay sapı ve 19,2 mg/g çay lifi olmuştur. Çay sapı ve lif atıklarının kloroform ekstraksiyonuna göre, süperkritik CO₂ ekstraksiyonunda verim artışı sırasıyla %61,9 ve %65,5 olarak tespit edilmiştir (İçen ve Gürü, 2009).

Düşük çevresel etkiye sahip temiz teknolojiler kullanarak tarımsal budama kalıntılarında çay yapraklarının değerlendirilmesinin ele alındığı bir çalışmada; biyoaktif bileşikleri geri kazanma verimliliğini karşılaştırmak için yeşil teknolojilerin bir kombinasyonu üzerinde çalışılmıştır. Belirlenen 3 yöntemden ilki mikrodalga hidrodifüzyon ve yerçekimi (MHG) ile otohizoliz (AH) kombinasyonu, ikincisi MHG ve US kombinasyonu (ultrason destekli ekstraksiyon) ve üçüncüsü üç

teknolojinin (MHG, US ve AH) bir kombinasyonudur. Yaprak atıklarının, sıralı kombinasyonda maksimum toplam fenolik değeri biyoaktif bileşiklerde pozitif sonuçlar göstermiştir. Antioksidan kapasitesi 0,3 ila 0,9 g Trolox/g arasında değişmiştir. Bu çalışma sonucunda yeşil özütleme teknolojilerinin kombinasyonu ile biyoaktif bileşiklerin verimli bir şekilde geri kazanıldığı gösterilmiş ve gelecekte atıklardan yeni ürünlerin elde edilebilmesinin mümkün olduğu ortaya konulmuştur (Sanz ve ark., 2020).

Citrus cinensis L. narenciye atıklarının işlenmesine yönelik özgün ve yeşil bir prosedür uygulanan bir çalışmada; karotenoidleri geri kazanmak için biyo-rafineri kavramı, yenilikçi tekniklerden "ultrason" ve "mikro dalga" ve yeşil bir çözücü "limonen" kullanılmıştır. Uçucu yağ ekstraksiyonu, çözücü olmadan mikrodalga ekstraksiyonu (SFME) ile gerçekleştirilmiş ve buhar damıtma (SD) ile karşılaştırılmıştır. Uçucu yağ verimleri her iki işlem için karşılaştırıldığında mikrodalga ekstraksiyonu (SFME) için $4,02 \pm 0,23$ ve buhar damıtma (SD) için $4,16 \pm 0,05$ olarak tespit edilmiştir. Geleneksel ekstraksiyona kıyasla ultrasonik ekstraksiyon yönteminin (UAE), karotenoid içeriğinde %40'lık bir artış sağladığı belirlenmiştir (Boukroufa ve ark., 2017).

Yapılan bir diğer çalışmada; bir fabrikadan temin edilen domates atığından karotenoid ekstraksiyonunda geleneksel ve ultrason destekli yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca ekstraksiyon parametrelerinin optimizasyonu için Box-Behnken tasarımı uygulanmıştır. En yüksek likopen ve β -karoten verimi çözücü oranının 1:50, sürenin 35 dk ve gücün 60 W olduğu koşullarda elde edilmiştir. Ultrason uygulamasının

karotenoid ekstraksiyonunda kullanımının, zaman ve enerjiden tasarruf sağladığı ama yüksek verim elde edebilmek için uygun parametre seçiminin önemli olduğu sonucuna varılmıştır (Cerit ve ark., 2023).

Kereviz kökü kabuğu atıklarının değerlendirildiği bir çalışmada; besin değeri yüksek ve sağlıklı beslenme için faydalı olan kereviz kökü kabuğu atıklarının ayran üzerinde yeniden formüle edilmiştir. Tarımsal-gıda atıklarının sürdürülebilir yeşil teknoloji yöntemleri kullanılarak geri kazanımı ve araştırma çıktılarının yeni fonksiyonel içeceklerin geliştirilmesinde kullanılması incelenmiştir. Kereviz kökü kabuğundan istenilen biyoaktif bileşenleri elde etmek için bitki hücre duvarının parçalanmasını sağlayan ve kütle transferini hızlandıran ultrason destekli ekstraksiyon (UAE) tekniği kullanılmıştır. Kereviz kökü kabuğu atığında da bolca bulunan pektin, gıda endüstrisinde genellikle jelleştirici, koyulaştırıcı, stabilize edici ve emülsifiye edici bir madde olarak kullanılır. Pektin oranının da yüksek olduğu bu atık üzerinde yapılan testler ve değerlendirmeler sonucunda gıda atığı ekstraktının yeni fonksiyonel içeceğe tat ve yapısal sağlamlık açısından fayda sağladığı kanıtlanmış olup yüksek miktarlarda pektin elde edilerek bu atığın ayranda raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir (Aşkın Uzel, 2023).

Muz kabuğu atıklarından yapılan bir çalışmada; süper kritik karbon dioksit (Sc-CO₂) ekstraksiyonu kullanılarak özü geri kazanmak için yeniden kullanılabilir bir biyolojik kaynak olarak kullanılmıştır. Süperkritik CO₂ ekstraksiyonu kullanılarak muz kabuklarından yağ başarılı bir şekilde ekstrakte edilmiştir. Ekstraktan kuersetin, beta-

karoten ve gallik asit olmak üzere üç biyoaktif bileşiği kantitatif olarak izole etmek için Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. En yüksek muz ekstraktında kuarsetin miktarı 4,6841 mg/g olarak tespit edilmiştir. Elde edilen ekstraktın, farmasötikte yararlı olabilecek önemli miktarda hedeflenen biyoaktif bileşikler (kuarsetin, gallik asit ve beta-karoten) içerdiği belirlenmiştir (Bello ve ark., 2023).

Nar posasıyla yapılan bir çalışmada enzimatik proteaz “yeşil” ekstraksiyon yöntemi uygulanarak posadan %22,9 geri kazanılmış yağ elde edilmiştir (Talekar ve ark., 2018; Özkan ve ark., 2022).

Başka bir araştırmada, üzüm atıklarından, daha kısa ekstraksiyon süreleri ve daha düşük çevresel etki ile yüksek proses verimliliği elde etmek için mikrodalga destekli ekstraksiyon uygulanmıştır. Çalışma sonucunda; mikrodalga destekli ekstraksiyonun polifenollerin geri kazanım etkinliğini ve antioksidan kapasitesini %85'e kadar artırdığı tespit edilmiştir (Alexandru ve ark., 2014).

Atık soğan kabukları üzerinde yapılan bir çalışmada mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemiyle kuarsetin miktarı 209 mg/100g olarak tespit edilmiştir (Kumar ve ark., 2014). Diğer bir soğan kabuğu atığıyla yapılan çalışmada süperkritik ekstraksiyon yöntemiyle kuarsetin miktarı 0.024 g/kg olarak belirlenmiştir (Martino ve Guyer, 2004). Bir başka soğan atık kabuğu çalışmasında ise ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle kuarsetin miktarı 785 mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Bordin Viera ve ark., 2021).

SONUÇ

Yapılan çalışmalara bakıldığında; tarımsal etkinlikler sonucunda ortaya çıkan atıkların çok farklı alanlarda kullanılabileceği görülmektedir. Atık olarak görülen bitki kısımlarının içerisindeki biyoaktif bileşiklerin geri kazanımı için geleneksel yöntemlerin dışına çıkılarak yeşil teknoloji yöntemlerinin yaygınlaştırılması gıda ve çevre güvenliği açısından sürdürülebilir bir üretim ekosistemi sağlayacaktır. Yeşil teknolojiyle elde edilen ekstraktlarda, ekstraksiyon veriminin de daha yüksek olduğu görülmektedir. Gıda katkı maddesi, kozmetik, bitkisel yağlar, fonksiyonel gıda, ilaç sanayisi gibi sektörlerde atık kısımlardan elde edilen biyoaktif bileşiklerin kullanımı temiz ve sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Alexandru, L., Binello, A., Mantegna, S., Boffa, L., Chemat, F., Cravotto, G. (2014). Efficient green extraction of polyphenols from post-harvested agro-industry vegetal sources in Piedmont. *Comptes Rendus Chimie*, 17(3), 212–217.
- Alwazeer, D., Elnasanelkasim, M. A., Çiçek, S., Engin, T., Çiğdem, A., Karaoğul, E. (2023). Comparative study of phytochemical extraction using hydrogen-rich water and supercritical fluid extraction methods. *Process Biochemistry*, 128, 218-226.
- Andrés, V., Mateo-Vivaracho, L., Guillamón, E., Villanueva, M. J., Tenorio, M. D. (2016). High hydrostatic pressure treatment and storage of soy-smoothies: Colour, bioactive compounds and antioxidant capacity. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 123–130.
- Angiolillo, L., Del Nobile, M. A., Conte, A. (2015). The extraction of bioactive compounds from food residues using microwaves. *Current Opinion in Food Science*, 5, 93–98.
- Appolloni, A., Jabbour, C.J.C., D’Adamo, I., Gastaldi, M., Settembre-Blundo, D. (2022). “Green recovery in the mature manufacturing industry: the role of the green-circular premium and sustainability certification in innovative efforts”, *Ecological Economics*, Vol. 193, 107311.
- Asa, S., Carl, J., Tom, Q., Graham, M. (2016), “Estimates of European food waste levels”, *FUSIONS Reducing Food Waste Through Social Innovation Project Report*, pp. 1-80.
- Ashwell, M. (2002). Concepts of Functional Foods. *ILSI Europe Concise Monograph Series*. https://ilsi.eu/wp-content/uploads/sites/3/2016/06/C2002Con_Food.pdf.
- Ashraf, W., Latif, A., Lianfu, Z., Jian, Z., Chenqiang, W., Rehman, A., ... Karim, A. (2022). Technological advancement in the processing of lycopene: a review. *Food Reviews International*, 38(5): 857-883.
- Aşkın Uzel, R. (2023). Sustainable green technology for adaptation of circular economy to valorize agri-food waste: celery root peel as a case

- study. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(4), 1018-1034.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426–436.
- Bai, Y., Deng, X., Gibson, J., Zhao, Z., Xu, H. (2019). “How does urbanization affect residential CO2 emissions An analysis on urban agglomerations of China”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 209, pp. 876-885.
- Barba, F. J., Boussetta, N., Vorobiev, E. (2015). Emerging technologies for the recovery of isothiocyanates, protein and phenolic compounds from rapeseed and rapeseed press-cake: Effect of high voltage electrical discharges. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 31, 67–72.
- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., de Souza Sant’Ana, A., Orlie, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 96–109.
- Bello, U., Amran, N. A., Samsuri, S., Ruslan, M. S. H. (2023). Kinetics, thermodynamic studies, and parametric effects of supercritical CO2 extraction of banana peel wastes. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 31, 100912.
- Brianceau, S., Turk, M., Vitrac, X., Vorobiev, E. (2016). High voltage electric discharges assisted extraction of phenolic compounds from grape stems: Effect of processing parameters on flavan-3-ols, flavonols and stilbenes recovery. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 35, 67–74.
- Briones-Labarca, V., Plaza-Morales, M., Giovagnoli-Vicuña, C., Jamett, F. (2015). High hydrostatic pressure and ultrasound extractions of antioxidant compounds, sulforaphane and fatty acids from Chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) seeds: Effects of extraction conditions and methods. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 525–534.
- Bordin Viera, V., Piovesan, N., Mello, R. D. O., Barin, J. S., Fogaça, A. D. O., Bizzi, C. A., De Moraes Flores, É. M., Dos Santos Costa, A. C., Pereira, D. E., Soares,

- J. K. B., Hashime Kubota, E. (2021). Ultrasonic _assisted extraction of phenolic compounds with evaluation of red onion skin (*Allium cepa* L.) antioxidant capacity. *Journal of Culinary Science & Technology*, 00(00), 1–17.
- Boukroufa, M., Boutekedjiret, C., Chemat, F. (2017). Development of a green procedure of citrus fruits waste processing to recover carotenoids. *Resource-Efficient Technologies*, 3(3), 252-262.
- Bubalo, M. C., Vidović, S., Redovniković, I. R., Jokić, S. (2018). New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents. *Food and Bioproducts Processing*, 109, 52-73.
- Capanoglu, E., Nemli, E., Tomas-Barberan, F. (2022). Novel approaches in the valorization of agricultural wastes and their applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(23), 6787-6804.
- Chemat, F., Vian, M.A. ve Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: concept and principles, *Int. J. Mol. Sci.* 13 (7) 8615–8627.
- Cerit, İ., Erdem, E. N., Yıldırım, M., Dursun, M. E., Tekgöl, S., Kaya, Z., Demirkol, O. (2023). Endüstriyel Domates Atıklarından Karotenoid Ekstraksiyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi İle Optimizasyonu. *Gıda*, 48(2), 459-470.
- Da Silva, R.P.F.F., Rocha-Santos, T.A.P. ve Duarte, A.C. (2016). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds, *TrAC e Trends Anal. Chem.* 76, 40e51.
- Del Pilar Sanchez-Camargo, A., Gutierrez, L. F., Vargas, S. M., Martinez-Correa, H. A., Parada-Alfonso, F., Narvaez-Cuenca, C. E. (2019). Valorisation of mango peel: Proximate composition, supercritical fluid extraction of carotenoids, and application as an antioxidant additive for an edible oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104574.
- FAO. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources, FAO, Roma, pp. 61.
- FAO. (2014). Save Foods: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction, FAO, <http://www.fao.org/docrep/015/i2776e/i2776e00.pdf>.

- Hashemi, B., Shiri, F., Švec, F., Nováková, L. (2022). Green solvents and approaches recently applied for extraction of natural bioactive compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 116732.
- İçen, H., Gürü, M. (2009). Extraction of caffeine from tea stalk and fiber wastes using supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, 50(3), 225-228.
- Karadağ, G., Karaman, A. D., Öğüt, S. (2022). Meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri. *Toros University Journal of Food, Nutrition and Gastronomy*, 1(1), 77-90.
- Kumar, B., Smita, K., Kumar, B., Cumbal, L., Rosero, G. (2014). Microwave-assisted extraction and solid-phase separation of quercetin from solid onion (*Allium cepa* L.). *Separation Science and Technology*, 49(16), 2502-2509.
- Li, Y., Fabiano-Tixier, A. S., Vian, M. A., Chemat, F. (2013). Solvent-free microwave extraction of bioactive compounds provides a tool for green analytical chemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 47, 1–11.
- Lorenzo-Parodi, N., W. Kaziur, N. Stojanovi'c, M.A. Jochmann, T.C. (2019). Schmidt Solventless microextraction techniques for water analysis, *TrAC e Trends Anal. Chem.* 113, 321–331.
- Machado, A. P. D. F., Pasquel-Reátegui, J. L., Barbero, G. F., Martínez, J. (2015). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: A comparison with conventional methods. *Food Research International*, 77, 675–683.
- Martino, K. G., Guyer, D. (2004). Supercritical fluid extraction of quercetin from onion skins. *Journal of Food Process Engineering*, 27, 17–28.
- Mason-D’Croz, D., Bogard, J.R., Sulser, T.B., Cenacchi, N., Dunston, S., Herrero, M., Wiebe, K. (2019), “Gaps between fruit and vegetable production, demand, and recommended consumption at global and national levels: an integrated modelling study”, *The Lancet Planetary Health*, Vol. 3 No. 7, pp. 318-329.
- Mueller, C. (1999). The regulatory status of medical foods and dietary supplements in the United States. *Nutrition*, 15, 249-251, [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(98\)00186-5](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(98)00186-5).

- Nanda, B., Sailaja, M., Mohapatra, P., Pradhan, R. K., Nanda, B. B. (2021). Green solvents: A suitable alternative for sustainable chemistry. *Materials Today: Proceedings*, 47, 1234-1240.
- Nwankwegu, A.S., Zhang, L., Xie, D., Onwosi, C.O., Muhammad, W.I., Odoh, C.K., Sam, K., Idenyi, J.N. (2022), "Bioaugmentation as a green technology for hydrocarbon pollution remediation. Problems and prospects", *Journal of Environmental Management*, Vol. 304, pp. 114313-114325.
- Oltjen, R.R., Rumsey, T.S., Fontenot, J.P., Bovaid, K.P., Priode, B.M. (1977). Supplementation of Apple Pomace with Nonprotein Nitrogen for Gestating Beef Cows. III. Metabolic Parameters. *J. Anim. Sci.*, 45, 532- 542, <https://doi.org/10.2527/jas1977.453532x>.
- Özkan, G., Subaşı, B. G., Beştepe, S. K., Güven, E. Ç. (2022). Sürdürülebilir Gıda ve Tarımsal Atık Yönetimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 23(2), 145-160.
- Öztürk, E., Gülден, O. V. A. (2017). Yağlı tohum kabuklarının biyoaktif bileşen potansiyeli ve gıdalarda kullanımı. *Akademik Gıda*, 15(3), 315-321.
- Panzella, L., Moccia, F., Nasti, R., Marzorati, S., Verotta, L., Napolitano, A. (2020). Bioactive phenolic compounds from agri-food wastes: An update on green and sustainable extraction methodologies. *Frontiers in nutrition*, 7, 60.
- Parniakov, O., Barba, F. J., Grimi, N., Lebovka, N., Vorobiev, E. (2014). Impact of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges on extraction of high-added value compounds from papaya peels. *Food Research International*, 65, 337–343.
- Patel, S. (2015). Emerging bioresources with nutraceutical and pharmaceutical prospects. *Emerging Bioresources with Nutraceutical and Pharmaceutical Prospects*.
- Quinto, E.J., Caro, I., Delgado, L.H.V., Mateo, J., Silleras, B.D.M., Río, M.P.R.D. (2019). Food safety through natural antimicrobials. *Antibiotics* 8:208–238.
- Rajha, H. N., Boussetta, N., Louka, N., Maroun, R. G., Vorobiev, E. (2015). Effect of alternative physical pretreatments (pulsed electric field, high voltage electrical discharges and ultrasound) on the dead-end ultrafiltration of vine-shoot extracts. *Separation and Purification Technology*, 146, 243–251.

- Rani, G. M., Pathania, D., Umapathi, R., Rustagi, S., Huh, Y. S., Gupta, V. K., ... Chaudhary, V. (2023). Agro-waste to sustainable energy: A green strategy of converting agricultural waste to nano-enabled energy applications. *Science of The Total Environment*, 875, 162667.
- Rostagno, M. A., Prado, J. M. (2013). Natural Product Extraction Principles and Applications, *e Royal Society of Chemistry. London, UK*.
- Sadh, P.K., Duhan, S., Duhan, J.S. (2018). Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour Bioprocess*.
- Sanz, V., Flórez-Fernández, N., Domínguez, H., Torres, M. D. (2020). Clean technologies applied to the recovery of bioactive extracts from *Camellia sinensis* leaves agricultural wastes. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 214-221.
- Shirahigue, L.D., Antonini, S.R.C. (2020). Agro-industrial wastes as sources of bioactive compounds for food and fermentation industries. *Ciência Rural* 50:1–17.
- Shirkhan, F., Mostafidi, M., Tamaskani Zahedi, M., Ziarati, P., Vambol, V., Vambol, S. (2022). Green technologies and environmental management: A new understanding and approach to the use of agricultural waste. *Lett. Appl. NanoBioSci*, 11, 3065-3075.
- Silva, R. P. F. F., Rocha-Santos, T. A. P., Duarte, A. C. (2016). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds. *Trac Trends in Analytical Chemistry*, 76, 40–51.
- Singh, R., Das, R., Sangwan, S., Rohatgi, B., Khanam, R., Peera, S. P. G., ... Misra, S. (2021). Utilisation of agro-industrial waste for sustainable green production: a review. *Environmental Sustainability*, 4(4), 619-636.
- Soquetta, M. B., Stefanello, F. S., da Mota Huerta, K., Monteiro, S. S., da Rosa, C. S., Terra, N. N. (2016). Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). *Food chemistry*, 199, 471-478.

- Soquetta, M. B., Terra, L. D. M., Bastos, C. P. (2018). Green technologies for the extraction of bioactive compounds in fruits and vegetables. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 400-412.
- Talekar, S., Patti, A. F., Singh, R., Vijayraghavan, R., Arora, A. (2018). From waste to wealth: High recovery of nutraceuticals from pomegranate seed waste using a green extraction process. *Industrial Crops and Products*, 112, 790–802.
- Thakur, J., Borah, A. (2021). Microcapsules of bioactive compounds from fruits and vegetables waste and their utilization: A review. *Pharma Innovation*, 10 (5), 151–157.
- Tiwari, B. K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 100–109.
- Truong, D.H., Nguyen, D.H., Anh Ta, N.T., Bui, A.V., Ha Do, T., Nguyen, H.C. (2019). Evaluation of the use of different solvents for phytochemical constituents, antioxidants, and in vitro antiinflammatory activities of *Severinia buxifolia*. *Journal of Food Quality*, 1-9.
- Tu Nguyen, M., Binh Nguyen, T., KhoiDang, K., Luu, T., Hung Thach, P., Lan Phuong Nguyen, K., Quan Nguyen, H. (2022). Current and potential uses of agricultural by-products and waste in main food sectors in vietnam—a circular economy perspective. *Circular Economy and Waste Valorisation*. Springer, pp. 131–151.
- Usmani, Z., Sharma, M., Sudheer, S., Gupta, V.K., Bhat, R. (2020). Engineered microbes for pigment production using waste biomass. *Curr Genom* 21:80–95
- Valdés, A., Beltrán, A., Garrigós, M.C., 2015. Potential use of nut agricultural by-products in polymer materials: A review, *Agricultural Wastes: Characteristics. Types and Management*, 87-106.
- Vigano, J., Da Fonseca Machado, A. P., Martinez, J. (2015). Sub-and supercritical fluid technology applied to food waste processing. *The Journal of Supercritical Fluids*, 96, 272-286.
- Vinatoru, M. (2001). An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8(3), 303–313.

- Yusuf, M. (2017). Agro-industrial waste materials and their recycled value-added applications: review. In: Martínez LMT (ed) Handbook of ecomaterials. *Springer International Publishing*, pp 1–11.
- Zougagh, M., Valcárcel, M., Ríos, A. (2004). Supercritical fluid extraction: a critical review of its analytical usefulness. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 23(5), 399-405.

BÖLÜM 2

BİTKİSEL ÜRETİMDE AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIMI

Öğr. Gör. Dr. Selim ÖZDEMİR^{1*}

Öğr. Gör. Ahmet Hakan ÜRÜŞAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256661>

¹ *Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tarla Bitkileri Programı, Bingöl, sozdemir@bingol.edu.tr, Orcid NO: 0000-0003-1840-9907

² Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bahçe Tarımı Programı, Bingöl, ahurusan@bingol.edu.tr, Orcid NO: 0000-0002-6726-1008

GİRİŞ

Dünya nüfusunun sürekli olarak artması, gıda ihtiyacının da artmasına neden olmaktadır. Önümüzdeki yıllarda dünya nüfusunun giderek büyümesi gıda talebinin daha da artacağı anlamına gelir. Gıda ihtiyacının artışı, tarım sektöründe daha verimli ve sürdürülebilir yöntemlerin benimsenmesini gerektirir. Bu süreçte, tarım sektörünün sürdürülebilirliğini ve gıda güvencesini sağlamak için bir dizi önlemler alınması gerekmektedir. Bunlar arasında verimli tarım uygulamalarının teşvik edilmesi, kaynakların etkili kullanımı, su yönetimi, toprak koruması, iklim değişikliğiyle uyumlu tarım yöntemlerinin benimsenmesi ve yenilikçi tarım teknolojilerinin kullanımına yer verilmelidir (Gupta ve ark., 2020).

Günümüzde tarım sektörü, teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesiyle birlikte önemli bir dönüşüm süreci yaşamaktadır. Akıllı tarım uygulamaları, tarımsal faaliyetlerde teknolojinin kullanımıyla verimliliği artırmayı, kaynakları daha verimli kullanmayı ve tarımsal süreçleri iyileştirmeyi amaçlayan çözümler sunmaktadır. Tarım, geleneksel olarak tarla işleri, sulama, gübreleme, hasat gibi işlemlerin insan gücüyle gerçekleştirildiği bir sektör olarak bilinirken, bugün dijital çağın etkisiyle birlikte tarım da dijitalleşmeye adım atmaktadır. Akıllı tarım uygulamaları, çiftçilere, tarım süreçlerini daha verimli, hassas ve sürdürülebilir hale getirecek yeni imkanlar sunmaktadır (Rajasekaran ve Anandamurugan, 2019).

Akıllı tarım uygulamaları, çiftçilerin daha verimli kararlar almasına yardımcı olurken, aynı zamanda tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini

artırmayı hedefler (Campbell ve ark., 2014; Lipper ve ark., 2014). Bu uygulamalar, doğal kaynakların etkin kullanımını teşvik ederek suyu ve gübreyi daha verimli bir şekilde kullanır. Böylece çevresel etki azalırken, tarımsal üretim artırılarak gıda güvenliği sağlanır. Sonuç olarak, akıllı tarım uygulamaları tarım sektöründe devrim niteliğinde bir dönüşüm yaratmaktadır.

AKILLI TARIM TEKNOLOJİLERİNİN SAĞLADIĞI FAYDALAR

- **Verimlilik artışı:** Akıllı tarım teknolojileri, tarım süreçlerini otomatikleştirir ve optimize eder. Bu da tarım verimliliğini artırır. Örneğin, otomatik sulama sistemleri, bitkilerin su gereksinimlerini daha iyi yönetir ve su tasarrufu sağlar. Benzer şekilde, otomatik gübreleme sistemleri bitki besleme süreçlerini optimize eder. Bu tür teknolojiler sayesinde tarımsal üretim artar.
- **Kaynakların etkin kullanımı:** Akıllı tarım teknolojileri, tarımsal kaynakların (su, enerji, gübre vb.) daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. Sensörler ve otomatik kontrol sistemleri, bitkilerin gerçek ihtiyaçlarına göre sulama ve gübreleme yapılmasını sağlar. Bu da israfı azaltır ve kaynakları verimli bir şekilde kullanır.
- **Hastalık ve zararlıların kontrolü:** Akıllı tarım sistemleri, bitki hastalıkları ve zararlıları hakkında erken uyarı sistemleri içerir. Sensörler, bitkilerdeki belirli değişiklikleri izleyerek

hastalık ve zararlıların erken tespitini sağlar. Bu sayede, hızlı önlem alınabilir ve hasarın yayılması önlenir.

- **Veri analizi ve karar destek:** Akıllı tarım teknolojileri, tarımsal verilerin toplanması, depolanması ve analiz edilmesi için kullanılır. Bu veriler, tarım işletmelerine daha iyi kararlar almak için önemli bilgiler sağlar. Örneğin, hava durumu verileri, tarım faaliyetlerini planlamak için kullanılabilir. Tarımsal verilerin analizi, daha iyi üretim stratejileri geliştirme ve maliyetleri azaltma konusunda yardımcı olur.
- **İşletme yönetimi kolaylığı:** Akıllı tarım sistemleri, tarım işletmelerinin yönetimini kolaylaştırır. Otomatik takip sistemleri, envanter yönetimi, üretim planlaması ve işgücü yönetimi gibi işletme süreçlerini optimize eder. Bu da işletmelerin daha verimli çalışmasını sağlar.
- **Çevresel sürdürülebilirlik:** Akıllı tarım teknolojileri, çevresel sürdürülebilirliği destekler. Su ve enerji tasarrufu sağlar, kimyasal kullanımını azaltır ve toprak erozyonunu önler. Bu da doğal kaynakların korunmasına ve tarımın çevresel etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunabilir.
- **İnsan sağlığı ve gıda güvenliği:** Akıllı tarım teknolojileri, tarım üretiminde kullanılan kimyasal maddelerin ve zararlı kalıntıların azaltılmasına yardımcı olur. Bu da daha sağlıklı ve güvenli gıda üretimini destekler. Ayrıca, erken hastalık tespiti

ve kontrolü sayesinde bitki hastalıklarının insan sağlığına etkisi azaltılabilir.

- **İklim değişikliği uyum sağlama:** Akıllı tarım teknolojileri, iklim değişikliğiyle başa çıkmak için tarım sektörünün uyum sağlamasına yardımcı olur. Hava durumu tahmini ve iklim verileri, üretim planlamasında ve tarım uygulamalarında önemli bir rol oynar. İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerini tahmin etmek ve buna göre önlemler almak, tarım sektörünün sürdürülebilirliğini artırır.
- **Uzaktan izleme ve kontrol imkanı:** Akıllı tarım teknolojileri, tarım faaliyetlerinin uzaktan izlenmesini ve kontrol edilmesini sağlar. Sensörler, kameralar ve otomatik sistemler aracılığıyla tarım alanları sürekli olarak izlenebilir ve gerektiğinde müdahale edilebilir. Bu, çiftçilerin uzaktan erişim sağlayarak işlerini daha etkili bir şekilde yönetmelerine olanak tanır.
- **İnovasyon ve sektörel gelişim:** Akıllı tarım teknolojileri, tarım sektöründe yenilikçiliği teşvik eder ve sektörel gelişimi destekler. Yeni sensörler, robotik sistemler, veri analizi algoritmaları gibi teknolojilerin kullanımı, tarımın geleceğini şekillendirir. Bu da daha verimli, sürdürülebilir ve yenilikçi tarım uygulamalarının ortaya çıkmasını sağlar.

Akıllı tarım teknolojileri, tarım sektörünün daha verimli, sürdürülebilir ve karlı hale gelmesine yardımcı olur. Kaynakların etkin kullanımı,

hastalık kontrolü, veri analizi, çevresel sürdürülebilirlik gibi avantajlar, tarımın geleceğinde önemli bir rol oynamaktadır.

AKILLI TARIM UYGULAMALARI

Akıllı tarım, tarım sektöründe teknolojik yeniliklerin kullanımıyla tarım süreçlerinin verimliliğini artıran ve sürdürülebilirlik sağlayan bir yaklaşımdır (Wolfert ve ark., 2016). Bu yaklaşım, tarım faaliyetlerindeki verimliliği, üretkenliği ve karlılığı artırmak amacıyla otomasyon, sensör teknolojileri, veri analitiği, yapay zeka ve diğer ileri teknolojilerin kullanımını içerir.

Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel nesnelerin internete bağlanması ve birbirleriyle iletişim kurmasıdır. Bu nesneler, sensörler, yazılım ve ağ bağlantılarıyla donatılan, veri toplama, paylaşma ve analiz etme yeteneğine sahiptir. IoT, nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla etkileşim kurmasını sağlar, böylece daha akıllı, verimli ve bağlantılı bir dünya yaratır.



Şekil 1. Bitkisel Üretimde Nesnelerin İnterneti (IoT) Çalışma Prensibi (Anonim, 2020)

IoT teknolojisi ile kullanılan akıllı cihazlar, birbirleriyle iletişim kurma, kendilerini tanıma, veri toplama, veri depolama ve veri gönderme özelliğine sahiptirler (Miorandi ve ark., 2012; Ercan ve Kutay, 2016).

Bitkisel üretimde, IoT teknolojisi, tarımsal yönetimde önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Bu teknoloji sayesinde sulama ve gübreleme faaliyetlerinde kullanılan tüm tarımsal cihaz ve ekipmanların birbirine entegre bir biçimde çalışmasını sağlamaktadır (Kumar ve Periasamy, 2021).

Akıllı tarım uygulamaları sayesinde çiftçiler, mobil uygulamalar ile tablet veya telefonlarıyla sulama, toprak nemi, sıcaklık gibi birçok işlemi uzaktan takip edebilmektedir (Uzun ve ark., 2018). IoT teknolojisinin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte sulama suyundan tasarruf ve elde edilen ürünlerde verim artışı gibi iki temel fayda sağlamaktadır (Yetik ve Aşık, 2021). IoT teknolojisi sayesinde bitkisel üretim faaliyetlerinin takibi, sulama yönetimi, uzaktan kontrollü gübre uygulaması, hastalık ve zararlı takibi, meteorolojik verilerin takibi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Ahmed ve ark., 2018).

Sürücüsüz Traktörler ve Otonom Tarım Araçları

Sürücüsüz traktörler ve otonom tarım araçları, tarım sektöründe giderek daha fazla kullanılan teknolojik yeniliklerdir. Bu araçlar, tarım faaliyetlerini otomatikleştirmek ve verimliliği artırmak için tasarlanmıştır.

Sürücüsüz traktörler, traktörlerin tarlada veya çiftlikte otomatik olarak çalışmasını sağlayan araçlardır. Bu traktörler, genellikle sensörler,

GPS, görüntü işleme teknolojisi ve yapay zeka gibi ileri teknolojileri kullanır. Sensörler, çevrelerini algılamak için kullanılırken, GPS, traktörün konumunu belirlemek için kullanılır. Görüntü işleme teknolojisi ve yapay zeka, tarım faaliyetlerini optimize etmek ve traktörün çevresindeki nesnelere tanımlama için kullanılır. Sürücüsüz traktörler, tarlanın işlenmesi, tohum ekimi, ot biçme, gübreleme, ilaçlama gibi tarım işlemlerini gerçekleştirebilir.



Şekil 2. Sürücüsüz Traktörle Tarlanın İşlenmesi (Anonim, 2022)

Sürücüsüz traktörlerin çalışma prensibi, çeşitli ileri teknolojilerin bir araya gelmesiyle sağlanır.

- **Sensörler ve Algılama:** Sürücüsüz traktörler, çevrelerini algılamak için çeşitli sensörler kullanır. Bu sensörler arasında lazer tarayıcılar (Lidar), radarlar, kameralar ve ultrasonik sensörler bulunabilir. Bu sensörler, traktörün etrafındaki nesnelere ve engelleri algılar ve verileri işler.
- **Konumlandırma Sistemleri:** Sürücüsüz traktörler, GPS (Global Positioning System) veya GNSS (Global Navigation Satellite System) gibi konumlandırma sistemlerini kullanır. Bu sistemler, traktörün hassas bir şekilde konumunu belirlemek

için uydu sinyallerini kullanır. Böylece traktör, tarlada veya çiftlikte doğru bir şekilde hareket edebilir.

- **Haritalama ve Yol Planlama:** Sürücüsüz traktörler, tarlaların veya çiftlik alanlarının haritalarını oluşturmak için önceden toplanmış verileri kullanır. Bu haritalar, traktörün rotasını belirlemek ve optimize etmek için kullanılır. Traktör, bu haritalarla uyumlu olarak ilerler ve tarım işlemlerini gerçekleştirir.
- **Yapay Zekâ ve Kontrol Sistemleri:** Sürücüsüz traktörlerde bulunan yapay zeka ve kontrol sistemleri, traktörün çevresindeki nesnelere tanıyarak kararlar verir ve traktörün hareketini kontrol eder. Bu sistemler, traktörün güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için çevresel koşulları analiz eder ve engellerden kaçınmak için gereken manevraları yapar.
- **İşlem ve Görev Yönetimi:** Sürücüsüz traktörler, programlanabilir görevleri yerine getirebilir. Çiftçi veya operatör, traktörün hangi işlemleri yapacağını belirleyen bir kontrol merkezi veya arayüz aracılığıyla traktörün görevlerini programlar. Traktör, belirlenen görevleri otomatik olarak gerçekleştirir.

Sürücüsüz traktörler, bu temel prensipler ve ileri teknolojilerin entegrasyonu ile çalışır. Sensörlerle çevreyi algılar, konumlandırma sistemleriyle doğru yolu bulur, yapay zeka ve kontrol sistemleriyle çevresel koşulları değerlendirir ve görevleri gerçekleştirir. Bu sayede

tarımsal işlemler otomatik bir şekilde ve insan müdahalesine ihtiyaç duymadan gerçekleştirilebilir.

Otonom tarım araçları, tarım sektöründe çeşitli görevleri yerine getiren sürücüsüz makinelerdir. Bunlar, sürücüsüz traktörlerin yanı sıra çeşitli diğer araçları da içerebilir. Örneğin, ot biçme makineleri, gübreleme makineleri, sulama sistemleri ve hasat makineleri gibi otonom tarım araçları mevcuttur. Bu araçlar, tarım işlemlerini daha verimli hale getirmek ve insan gücünü serbest bırakmak amacıyla tasarlanmıştır.



Şekil 3. Otonom tarım araçlarının farklı kullanım alanları (Anonim, 2023a)

Tarımsal Drone'lar

Tarımsal üretimin birincil amacı, bitkisel ve hayvansal üretimde ekonomik olarak karlı bir işletme oluşturmak, sürdürülebilirlik ilkesine uygun olarak doğal kaynakları korumak ve verimliliği artırmaktır. Tarımsal üretimin bu temel hedefleri, tarım sektörünün gelişimi, gıda güvenesi ve ekonomik kalkınma için büyük öneme sahiptir. Tarımda teknoloji kullanımı, tarımsal işlemlerin daha kolay ve etkili bir şekilde

gerçekleştirilmesine yardımcı olurken, aynı zamanda karşılaşılan sorunlara çözümler sunar ve iyileştirmeler sağlar (Özgüven, 2018).

Drone'lar, tarım sektöründe verimlilik, sürdürülebilirlik ve karlılık sağlama potansiyeline sahip çok yönlü araçlar olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin gelişmesiyle birlikte tarım süreçleri daha etkili ve optimize edilmiş hale gelebilir.

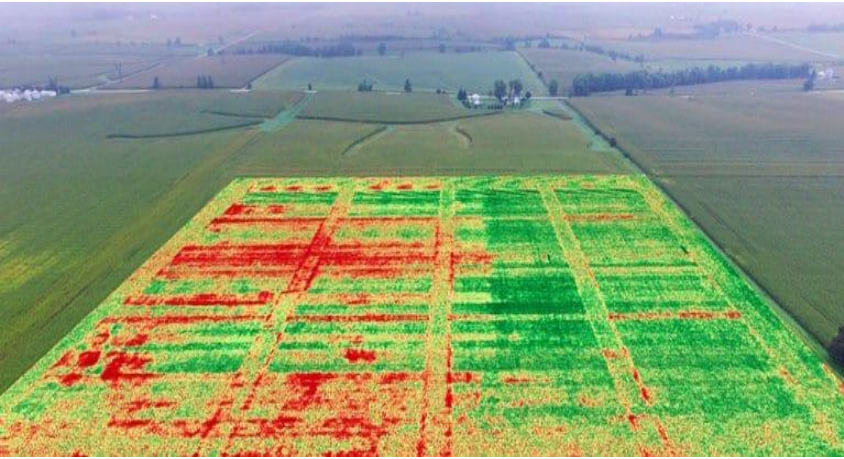
Tarımsal dron kullanımı, modern tarım uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Tarımsal dronların kullanım alanlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- **İlaçlama ve pestisit uygulaması:** Dronlar, tarlalarda zararlı böceklerin ve hastalıkların kontrol altına alınması için kullanılan ilaçlama ve pestisit uygulamalarını kolaylaştırır. Dronlar, hassas sensörler ve hedeflenmiş püskürtme sistemleriyle doğru miktarlarda ilaçları belirli bölgelere püskürtme yeteneğine sahiptir. Bu, kimyasalların optimum şekilde kullanılmasını sağlar ve çevreye verilen zararları azaltır.



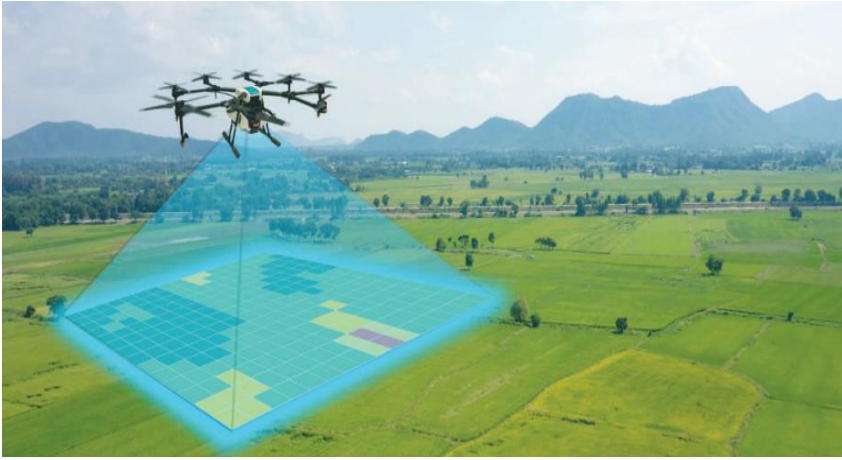
Şekil 4. Drone ile Zirai İlaçlama (Anonim, 2023b)

- **Bitki izleme ve sağlık değerlendirmesi:** Dronlar, yüksek çözünürlüklü kameralarla donatılmıştır ve tarlalardaki bitkilerin izlenmesi ve sağlık durumlarının değerlendirilmesi için kullanılır. Bitkilerin büyüme durumu, hastalık veya zararlı böcek belirtileri gibi faktörlerin erken tespiti, tarımsal üretimde verimliliği artırabilir ve müdahale süreçlerini optimize edebilir.



Şekil 5. Drone ile bitki izleme (Anonim, 2023b)

- **Haritalama ve analiz:** Dronlar, tarım arazilerinin ayrıntılı haritalarını oluşturmak için kullanılır. Yüksek çözünürlüklü görüntülerden elde edilen veriler, tarla topografyası, bitki yoğunluğu, nem seviyeleri ve diğer önemli parametrelerin analizine olanak sağlar. Bu bilgiler, tarımsal faaliyetlerin planlanması, kaynakların verimli kullanılması ve toprak yönetimi gibi konularda karar verme süreçlerine yardımcı olur.



Şekil 6. Drone ile haritalandırma (Anonim, 2023c)

- **Sulama yönetimi:** Dronlar, tarla alanlarının sulama gereksinimlerini belirlemek ve yönetmek için kullanılır. Dronlar, sensörler ve termal kameralar kullanarak bitki stresini, nem seviyelerini ve su ihtiyacını analiz edebilir. Bu bilgiler, sulama programlarının optimize edilmesine ve su kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olur.

- **Veri toplama ve analitiği:** Dronlar, tarlalardan büyük miktarda veri toplamak için etkili bir araçtır. Toplanan veriler, yapay zeka ve veri analitiği teknikleri kullanılarak analiz edilebilir. Bu analizler, tarımsal faaliyetlerin performansını değerlendirmek, karar alma süreçlerini desteklemek ve gelecekteki tarım stratejilerini geliştirmek için kullanılabilir

SONUÇ

Gelişen yeni teknolojiler tarım sektöründe üretkenliği artırma ve arazi yönetimini daha ileri bir seviyeye taşıma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler, tarım uygulamalarını daha verimli, sürdürülebilir ve karlı hale getirmek için çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Akıllı tarım teknolojileri bitkisel üretimde birçok avantaj sunmaktadır. Verimlilik artışı, kaynak tasarrufu, hastalık ve zararlıların kontrolü, daha iyi hasat tahminleri ve daha sağlıklı bitkiler gibi faktörler, tarım sektörünün sürdürülebilirlik ve karlılık açısından daha ileriye gitmesine yardımcı olmaktadır. Akıllı tarım teknolojilerinin daha da geliştirilmesi ve yaygınlaşması, gelecekte tarım sektöründe daha büyük bir rol oynaması beklenmektedir. Tarım sektörünü iyileştirmek için yeni teknolojilerin uygulanması, gelişen dünya ülkelerinde ulusal ekonomiye önemli katma değer sağlayacaktır. Yüksek verimlilik, artan üretim miktarı, katma değerli ürünlerin üretimi ve istihdam olanaklarının genişlemesi, tarım sektörünün milli gelire olan katkısını artırır. Bu nedenle, ülkelerin tarım sektöründe teknolojik yeniliklere yatırım yapması, ekonomik büyümeyi destekleyerek sürdürülebilir kalkınmayı destekleyecektir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, N., De, D., Hussain, I. (2018). Internet of Things (IoT) for smart precision agriculture and farming in rural areas. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 4890-4899.
- Anonim, (2020). <https://www.tarimsalteknoloji.com> (Erişim tarihi: 09.07.2023).
- Anonim, (2022). <https://www.hdcotomasyon.com.tr/surucusuz-traktorler-ile-modern-tarim/> (Erişim Tarihi:08.07.2023)
- Anonim, (2023a). <https://www.populertarim.com/2021-ve-sonrasi-icin-cigir-acan-8-tarim-teknolojisi> (Erişim Tarihi: 08.07.2023)
- Anonim (2023b). <https://mriha.com/tarimda-ihalar-ile-mahsul-analizi/> (Erişim Tarihi:08.07.2023)
- Anonim, (2023b). <https://sglobaltr.com> (Erişim Tarihi: 08.07.2023).
- Anonim, (2023c). <https://sglobaltr.com> (Erişim Tarihi: 08.07.2023).
- Campbell, B. M., Thornton, P., Zougmore, R., Van Asten, P., Lipper, L. (2014). Sustainable intensification: What is its role in climate smart agriculture? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 39-43.
- Ercan, T., Kutay, M. (2016). Endüstride nesnelerin interneti (IoT) uygulamaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3), 599-607.
- Gupta, M., Abdelsalam, M., Khorsandroo, S., & Mittal, S. (2020). Security and privacy in smart farming: Challenges and opportunities. *IEEE Access*, 8, 34564-34584.
- Kumar, T.U., & Periasamy, A. (2021). IoT Based Smart Farming (E-FARM)'S. *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Topics*, 2(4), 85-87.
- Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B.M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., Caron, P., Cattaneo, A., Garrity, D. Henry, K., Hottle, R., Jackson, L., Jarvis, A., Kossam, F., Mann, W., McCarthy, N., Meybeck, A., Neufeldt, H., Remington, T., Sen, P.T., Sessa, R., Shula, R., Tibu, A., Torquebiau, E.F., (2014). Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 4 (12), 1068-1072.

- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.
- Rajasekaran, T., Anandamurugan, S. (2019). Challenges and applications of wireless sensor networks in smart farming-a survey. *Advances in Big Data and Cloud Computing*, 353-361.
- Uzun, Y., Bilban, M., & Arıkan, H. (2018). Tarım ve Kırsal Kalkınmada Yapay Zeka Kullanımı, VI. *Uluslararası KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, 26, 27.
- Yetik, A. K., Aşık, M. (2021). Toprak nem içeriğinin izlenmesi ve tayininde kullanılan yöntemler. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 484-496.

BÖLÜM 3

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN PİRİNÇ ÜRETİMİ ÜZERİNE ETKİSİ VE *Oryza sativa* ISLAHI İÇİN BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR

Dr. Serap DEMİREL¹

Dr. Fatih DEMİREL²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256697>

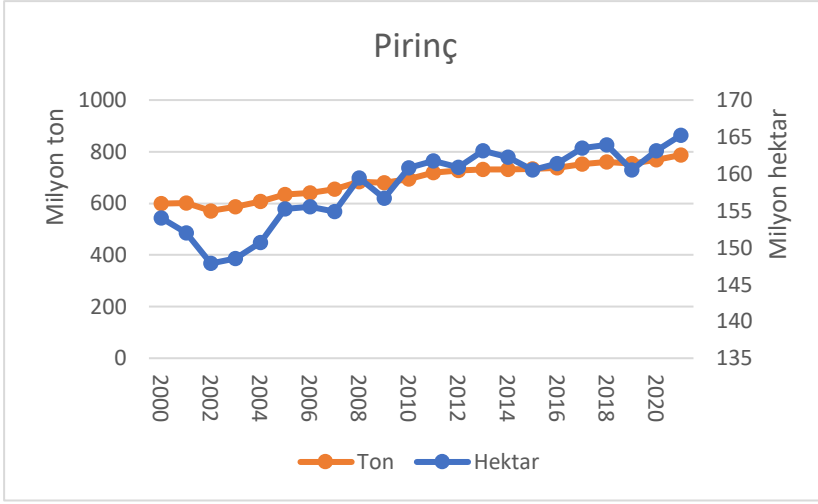
¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Van, Türkiye, ORCID 0000-0002-1877-0797, serapdemirel@yyu.edu.tr

² Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır, Türkiye, ORCID 0000-0002-6846-8422, drfdemirel@gmail.com

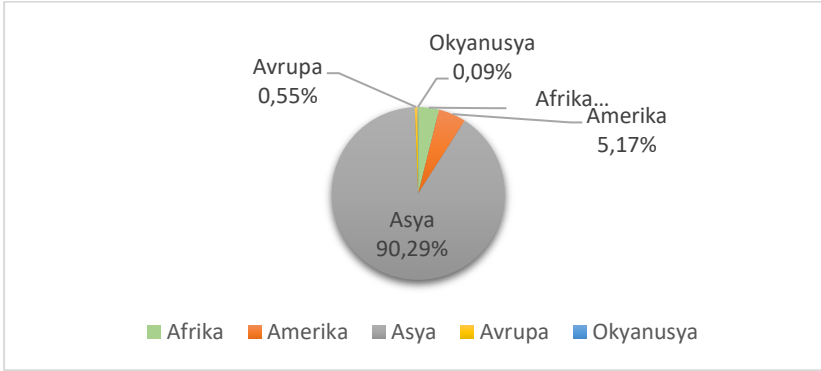
1. GİRİŞ

İklim değışikliğinin tarımsal gıda sistemleri üzerinde tarladan pazara kadar uzanan önemli etkileri bulunmaktadır. Hükümetler arası iklim değışikliği panelinin (IPCC) 6. iklim değışikliği değerdendirme raporundaki yüksek emisyon senaryoları kapsamında, řu anda başlıca mahsuller için uygun olan alanın yüzde onunun yüzyılın ortasına kadar iklimsel olarak uygun olmayacağı tahmin edilmektedir (Anonim, 2023a). Artan iklim olayları, gıda üreten bölgelerdeki eş zamanlı kayıpları periyodik olarak artıracığı düşünölmektedir (Anonim, 2023b). Dünyanın düşük gelirli nüfusunun %70'inden fazlası geçimlerini tarıma ve doğal kaynaklara bağlamaktadır. Küresel nüfusun 2050 yılına kadar yaklaşık 10 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Anonim, 2023c). Bununla birlikte tahılların gıda talebinde artış olacağı beklenmektedir (İslam ve Karim, 2019).

Pirinç ürününün 2000-2021 yılları arasındaki istatistik verileri sıralanmıştır; Şekil 1'de pirincin küresel üretimi ve ekili alan istatistiklerini, Şekil 2'de ise bölgelere göre pirincin üretim payı detaylandırılmıştır. Dünya çapında pirinç milyarlarca insanın tükettiği ve hayatta kalması için kritik öneme sahip temel besin kaynaklarından olduğu bilinmektedir (Paçacı, 2019).



Şekil 1. Pirincin Küresel Ekim Alanı ve Üretim Miktarı



Şekil 2. Pirincin Bölgelere Göre Üretim Payı

2100 yılına kadar sera gazı emisyonlarındaki artış nedeniyle Dünya'nın sıcaklığının yükseleceği tahmin edilmektedir. Artan atmosferik CO₂ seviyesi, bitkiler tarafından verimsiz bir net karbon alımına neden olabilir ve bu da daha düşük karbon emisyonlarına neden olabilir. Dolayısıyla, mahsul veriminin yetersiz kalması da gelecekte gıda

güvenliği sorularını tetikleyebilir (Wang ve ark., 2018). İklim değişikliğinin çevre üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır, örneğin biyoçeşitlilik kaybı, topraktaki değişiklikler ve su kıtlığı, artan nüfus için sürdürülebilir gıda üretimini zorlaştırmaktadır. Hükümetler arası iklim değişikliği paneli (IPCC), bazı ülkelerde mahsul üretiminin gelecekte iklim değişikliğinden sürekli ve olumsuz etkileneceğine, iklim değişikliğinin ise kuzey enlemlerde olumlu veya olumsuz etkileri olabileceğine dair önemli tahminleri bulunmaktadır (Anonim, 2023a). En yüksek ısınma senaryosu altındaki iklim modellerine dayanarak, buğday ve pirinç veriminin, değişmeyen bir iklim senaryosuna göre 2050 yılına kadar küresel olarak yüzde 17 oranında düşebileceği tahmin edilmektedir (Anonim, 2023d). Bu sorunla başa çıkmak için, mevcut kaynakları verimli kullanmak ve gelecekte hakim olacak iklim riskleriyle başa çıkmak için tarımsal üretime ilişkin zorunlu eylemleri belirlemek bugün acil bir ihtiyaçtır (Abelson, 1992). IPCC'ye göre uyum önlemleri, iklim değişikliği ile ilişkili zararlı etkileri azaltmak için doğal sistemlerde yapılan değişiklikler/düzenlemeler olarak tanımlanmaktadır (White ve ark., 2009). IPCC tarafından ifade edildiği gibi, farklı bölgeler, iklim değişikliğinin ürün verimi üzerindeki etkisinin farklı düzeylerdeki etkisi ile karşı karşıya kalabilir. Bu nedenle araştırmacılar, farklı emisyon senaryoları altında farklı ürün modelleri ve iklim modelleri kullanarak iklim değişikliğinin farklı bölgelerdeki çeşitli ürünler üzerindeki etkilerini araştırmaktadır (Chari ve Ngcamu, 2022). Bu araştırmaların ana hedefleri, dünya çapındaki iklim değişikliğinin mahsul üretimi üzerindeki etkisini değerlendirmek ve bu

ürünleri üretmek için uyum eylemlerinin evrensel etkilerini analiz etmektedir.

İklim değişikliğinin etkileri ve uyum planı

İklim değişikliği ve küresel ısınma ile ilgili artan sorunlarla birlikte, mahsuller, bitki verimini tehlikeye atan hem abiyotik hem de biyotik streslerin ciddi etkisiyle karşı karşıya kalmaktadır (Kumar ve ark., 2020). Önceleri, CO₂ zenginleştirmenin bitki büyümesini olumlu yönde etkilediği yaygın olarak kabul edilmekteydi. Birçok çalışma aksini kanıtlamıştır. Mahsullerin tepkileri, CO₂ seviyeleri doyuma ulaştığında bir platoya ulaşmaktadır. CO₂ konsantrasyonundaki bir artışın buğdaydaki Ca, Mg, S ve N içeriğini düşürürken *Oryza sp.* (pirinç)'da glikoz içeriğini etkileyerek, yaprakları böcek saldırılarına karşı daha savunmasız hale getirmektedir (Shimono ve ark., 2010). Yüksek CO₂ seviyeleri, soya fasulyesinin böcek patojenlerine duyarlılığını arttırmaktadır (Zavala ve ark., 2008).

2007'de sıcaklıktaki 3–4 °C'lik bir artışın, yetiştiriciliği yapılmakta olan birçok bitkide verimi etkilediği, Afrika ve Asya'da %15–35 ve Orta Doğu'da %25–35 oranlarda bitki verimini azalttığı bildirilmiştir (Dwivedi ve ark., 2013). Sıcaklık stresi nedeniyle dünyanın başlıca mahsullerinin veriminde önemli bir düşüş yaşanmaktadır. Ayrıca, ılıman ve alt-tropikal bölgelerdeki bitkilerin, verim kaybına daha yatkın olduğu raporlanmıştır (Lobell ve Gourdjı, 2012; Teixeira ve ark., 2013).

Suyun %70'i tarım için kullanıldığı için gıda talebindeki artış su mevcudiyeti için sorun yaratabilir. Çalışmalar, azalan su mevcudiyetinin verimi azalttığını ve toprak nem eksikliğini artırdığını, böylece tarımsal ekilebilir alanları azalttığını ortaya koymaktadır (Dunne ve ark., 2013). Yeraltı suyu tuzlanması küresel ısınma ile arttığı düşünülmektedir. İklim değişikliğinin, deniz seviyelerini yükseltirken, 2050 yılına kadar tuzla kirlenmiş alanların miktarını ikiye katlaması beklenmektedir (Kogo ve ark., 2021).

Pirincin iklim değişikliğine uyumu için biyoteknoloji

Tarım, küresel sera gazı emisyonlarının %10-14'ünden fazlasına katkıda bulunarak iklim değişikliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Verchot ve ark., 2007; Cojoc ve ark., 2016; Jantke ve ark., 2020). Biyoçeşitlilik, tarım amaçlı arazilerin açılması ve habitatların parçalanması nedeniyle halihazırda tehdit altındadır (McCouch ve ark., 2013; Arora, 2019). Bu nedenle, küresel gıda üretimini artırmak için tarımsal açılımlar her zaman mümkün görünmemektedir. Şu anda, bir kişinin yeterli ve besleyici gıdaya erişim hakkının korunması da büyük önem taşımaktadır.

Kültür bitkilerinin genetik olarak iyileştirilmesi, gıda krizi için olası bir çözüm olarak görülmektedir. Üstün alellerin veya haplotiplerin tanımlanması, mahsul iyileştirme yöntemleri için çok önemlidir. Tüm dünyada yaklaşık 3400 bahçede korunan 80.000'den fazla bitki türü ve dünya çapında bitki genetik kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı ile uğraşan 17.000'den fazla enstitü bulunmaktadır (Munaweera ve ark., 2022). Şu anda, 90 ülkedeki yaklaşık 711 gen

bankası, 16 bölgesel merkez, mahsul türlerinin, bunların yabancı akrabalarının, kültürlerinin ve yetiştirme materyallerinin korunması için 7051'den fazla türden 5,4 milyondan fazla girişi elinde tutuyor (Arora, 2019). Gen bankalarında depolanan bitkiler abiyotik ve biyotik stres toleransı, yüksek verim gibi önemli özellikleri barındıran genotipleri belirlemek için kullanılabilir (Nadeem ve ark., 2012; Khan ve ark., 2012). Bu tür genler, bitkinin yabancı akrabalarında tanımlanabilir ve verimli bir şekilde birkaç bitkiye aktararak onlar iklim için hazır hale getirebilir (Khan ve ark., 2012; Arora, 2019).

Yüksek heterozigotluk, kendine uyumsuzluk, uzun yaşam döngüleri ve uzamış gençlik dönemleri, geleneksel üremeyi yavaş ve zor bir süreç haline getiren nedenlerden biridir (Limer ve ark., 2017). Bitki genomları, RNA aracılı gen susturma, genom düzenleme gibi birkaç yeni biyoteknolojik yaklaşım ve yeni nesil dizileme gibi teknikler kullanılarak manipüle edilebilmektedir, böylece, biyoteknolojik araçların daha verimli ve sağlam genetik iyileştirme sağladığı düşünülmektedir (Lusser ve ark., 2012).

Gelişmekte olan birçok ülkede temel gıda ürünü olan pirinç, araştırma çalışmalarında kullanılan önemli bir bitkidir. Düzgün şekilde sulanan 227 çiftliği temel alan bir çalışmanın sonucu, beklenen ısınma koşulları nedeniyle pirinç verimi üzerinde önemli bir olumsuz etki olabileceği raporlanmıştır (Welch ve ark., 2010). Bu nedenle, çeşitli stres koşulları altında daha iyi performansa yol açan iklime hazır karakterlerle pirinç bitkilerini zenginleştirmek için çaba gösterilmiştir.

Kurağa dayanıklılık özelliklerinin geliştirilmesi açısından, bitkinin büyüme ve üreme aşamalarında kuraklığa tolerans gösterdiği bilinen *Capsicum annum* metiyonin sülfoksit redüktaz B2 (*CaMsrB2*) genini eksprese eden transgenik pirinç (Dhungana ve ark., 2015) bunlardan biri olarak kabul edilmektedir. Pirincin kuraklıkla indüklenebilir gen promotörü OsHOX24'ün aşırı ekspresyonu, transgenik *Arabidopsis*'te abiyotik streslere karşı daha yüksek bir hassasiyet gösterirken aynı zamanda su eksikliği stresine karşı artan bir duyarlılık göstermektedir. Diğer OsHOX24 pirinç transgenikleri, kendisini abiyotik stres tepkilerinin bir modülatörüne dönüştürerek, bozulmuş stoma kapanma yeteneğine sahip olabilmıştır (Bhattacharjee ve ark., 2021). Benzer şekilde, birkaç transkripsiyon faktörünün bitkilerde abiyotik stres tepkileri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Raza ve ark., 2022). Bitkiler soğuk, kuraklık ve tuzluluk gibi stres faktörlerine maruz kaldıklarında bünyelerine birkaç toksik aldehit birikebilir (Sevanthi ve ark., 2021). Metilglioksal, stres koşullarında bitkilerde biriken sitotoksik bir metabolit olarak bilinir. Metilglioksal birikiminin önlenmesiyle, pirincin özellikle düşük sıcaklık, tuzluluk, ağır metaller ve kuraklık gibi stres koşullarına karşı toleransını iyileştirdiği bulunmuştur. Bu nedenle, glioksilat yollarının genetik manipülasyonu, biyotik ve abiyotik streslere dirençli pirinç yapımında başarıyla kullanılmıştır (Dixit ve ark., 2017). Düzenleyici genler çoğunlukla stres toleransını artırmak için hedeflenir. Aktive edilmiş C-kinaz 1 (RACK1) reseptörü, bitki büyümesinde önemli olduğu kanıtlanmış yüksek oranda korunmuş bir protein yapı iskelesi olan böyle bir hedeftir. Pirinçte RACK1 gen ekspresyonunu susturmak için

RNAi tekniği kullanılmış ve RACK1'in kuraklık yanıtlarındaki rolü tanımlanmıştır (Li ve ark., 2009). Karnabahar mozaik virüsü 35S-CaMV promotörünün, kuraklık koşulları sırasında yukarı regüle edildiği ve transgenik pirinç bitkilerinde kuraklık stresiyle ilgili birkaç strese duyarlı geni düzenlediği bilinmektedir (Singha ve ark., 2017). PDH47 transkriptlerinin, kuraklık koşullarında yapraklarda ve kök dokularında yukarı doğru düzenlendiği ve bitkide osmolitlerin birikmesi ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu nedenle, PDH47'nin heterolog ifadesinin, kuraklık koşulları sırasında pirinçte birkaç endojen strese duyarlı geni düzenlediği düşünülmektedir (Singha ve ark., 2020). qSOR1 gibi DRO1 homologlarının tanımlanması ve bunların uygun karakterizasyonunun (Kitomi ve ark., 2020), çevresel strese dayanıklı pirinç çeşitlerinin gelişimini hızlandırdığı düşünülmektedir (Uga ve ark., 2013). Çeşitli stres koşulları arasında, ısı stresinin metabolik aktiviteleri ve tohum oluşumu, polen canlılığı ve bitki büyümesi gibi diğer biyolojik süreçleri engelleyerek pirinç bitkilerine zarar verdiği düşünülmektedir (Zhang ve ark., 2010; Ye ve ark., 2015; Zafar ve ark., 2017). Çinko parmak proteinleri (ZFP) ve OsWRKY11 gibi genler, bitki ısı toleransı ile ilgilidir ve bu genetik mühendisliği pirinç çeşitleri geliştirmek için kullanılır. ZFP'lerin büyük bir çeşitliliğe sahip olduğu bilinmektedir (Li ve ark., 2014) ve bitki büyümesinde ve gelişmesinde önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir. Ayrıca, bitkilerde çevresel stresin düzenlenmesinde oldukça yer aldığı bulunmuştur. MeDIP-chip gibi yüksek verimli teknikler kullanılarak, pirinç bitkilerinde özel olarak C₂H₂ tipi ZFP'lerin çeşitli ekspresyon seviyeleri tanımlanmıştır (Ahmad ve ark., 2019). Pirinç ZFP genlerinin

fonksiyonel karakterizasyonu hala araştırılmakta olsa da *Oryza sativa* kuraklığa duyarlı çinko parmak proteini 1'in (OsDRZ1) stres koşullarını pozitif olarak düzenlediği bulunmuş ve kuraklığa dayanıklı transgenik pirinç bitkilerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır (Yuan ve ark., 2018).

Yeni stresle ilişkili proteinlerin stres koşullarındaki rolü çeşitli çalışmalarda (Dixit ve ark., 2018; Lai ve ark., 2020) analiz edilmiş olsa da bitki büyüme ve gelişmesindeki rolü hala tam olarak açıklanamamıştır. WRKY, abiyotik stres toleransına katılan birkaç transkripsiyon faktörünü kodladığı bilinen genlerden biridir. WRKY'yi aşırı eksprese eden pirinç bitkilerinin daha yüksek hayatta kalma oranı gösterdiği ve pozitif yönde bir büyüme sergilediği gösterilmiştir (Khan ve ark., 2019; Martignago ve ark., 2020).

Küresel ısınma nedeniyle su taşkınların sıklığı ve yoğunluğu artmakta ve bu nedenle su basmasına ve/veya uzun süreli su altında kalma koşullarına dayanabilen tahıl mahsullerinin üretimi önemli bir konu haline gelmektedir. Pirinçte, IR72'den SUB1 olmayan üç QTL tanımlanmıştır, bu da SUB1 geninin etilene bağlı yolundan bağımsız olarak alternatif yolların var olabileceğini düşündürmektedir (Oladosu ve ark., 2020). SalTol olarak adlandırılan pirinç kromozomu 1'deki tuzluluk toleransı için ana QTL haritalanmış ve şimdiye kadar BR23, BRRI dhan40, BRRI dhan41, BRRI dhan53 ve BRRI dhan54 gibi birkaç tuza dayanıklı pirinç çeşidi piyasaya sürülmüştür (Septiningsih ve ark., 2012). Tuz toleransı açısından, bitkilerde mineral taşınmasındaki değişiklikler hedeflenerek bu tür pirinç çeşitleri

geliştirilmiştir (Gregorio ve ark., 2013). Tuza dayanıklı Pokkali ve tuza duyarlı IR64, tuza dayanıklı proteinlerin varlığı ve yokluğuna bağlı olarak tuzluluk stresine zıt tepkiler gösteren iki pirinç genotipi olarak tanımlanmıştır ve hassas/tolerans genlerin araştırılmasında bu iki bitkiden faydalanılabileceği belirtilmiştir (Plett ve ark., 2010). Tuzluluğa toleranslı rekombinant hatlar, geleneksel yetiştirme yaklaşımları ve markör destekli ıslah yöntemleri kullanılarak Bangladeş'teki IR29/Pokkali'den türetilmiştir. CRISPR tekniği, *gs3* ve *dep1* genlerinin mutantlarını oluşturmak için, özellikle diğer çeşitli abiyotik streslerle birlikte tuzluluk koşullarına toleransı arttırmak için kullanılmıştır (Patishtan ve ark., 2018; Lakra ve ark., 2018; Cui ve ark., 2020).

Böceklere dayanıklı bitkilerin, 2017'de 23,3 milyon hektar olan dünyanın en büyük ikinci ekim alanına sahip olduğu kabul edilmektedir (Ma ve ark., 2017). Biyotik streslere direnç açısından, birkaç ülkede *Bacillus thuringiensis*'ten Bt genini içeren genetiği değiştirilmiş pirinç hatları tasarlanmıştır (Wang ve ark., 2018). Sonuçlar, Asya'da lepidopteran haşerelere bağlı kayıpları en aza indirmede genetik iyileştirme yeteneğini (High ve ark., 2004), Çin'de (Chen ve ark., 2011), Pakistan'da (Rahman ve ark., 2007) ve Akdeniz bölgelerinde (Breitler ve ark., 2004) yürütülen çalışmalar ile böcek direncini artırdığını göstermişlerdir ve Bt proteinlerinin insanlara, hedef olmayan diğer hayvanlara karşı potansiyel etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu bildirilmiştir. İzole edilmiş geniş Bt gen dizisi arasında, CryIA(a) ve CryIA(c) proteinleri en çok Lepidoptera'ya dirençli

transgenik bitkilerin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Cry2Aa ve Cry2Ac'nin kimerik ifadesinin, pirinç bitkilerinde rice leaf folder'e karşı etkili olduğu bulunmuştur (Manikandan ve ark., 2014). *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) ve *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola* (Xoc) gibi gram negatif bakteriler, bakteriyel yanıklığa ve bakteriyel yaprak çizgilerine neden olarak dünya çapında pirinç üretimini etkilediği düşünülmektedir. CRISPR, ERF transkripsiyon faktörü geni OsERF922'yi susturarak hem fide hem de kardeşlenme aşamalarında çeltik patlamasına direnç kazandırmada kullanılmıştır (Perlak ve ark., 1991). Bunun dışında, CRISPR, *Xanthomonas oryzae* (xoo) enfeksiyonuna dirençli hale getiren pirinçteki Os8n3 veya xa1 genini baskılamak için başarıyla kullanılmıştır (Yang ve ark., 2006).

Bitki biyolojik süreçleri açısından, CRISPR genom düzenlemesi, pirincin erken tohum gelişimi için önemli olan MADS78 ve MADS79 geni için MADS-box transkripsiyon faktörlerinde kullanılmıştır (Paul ve ark., 2020). Bugüne kadar, pirinç verimini etkilemek için salkım uzunluğundan sorumlu OsPIN5b ve tane boyutundan sorumlu GS3 gibi tanımlanmış birkaç gen bulunmaktadır. Normalde sitokinin pirinç çiçeklenmesinde bozulur ve bu mekanizma bozulursa sitokinin seviyeleri yükselebilir. Bu tür koşullar, bitkiler stres koşullarında olsa bile daha dolu pirinç taneleri üretmeyi başarmıştır (Paul ve ark., 2020). CRISPR aracılı gna1a, dep1 ve gs3 genlerinin yok edilmesinin, iklime uygun pirincin geliştirilmesinde rol oynadığı bulunmuştur (Li ve ark., 2016). Hint pirinci Habataki'deki GRAIN NUMBER 1a (Gn1a) aleli, sitokinin kodlayan gende (OsCKX2) bir mutasyona sahiptir. Bunun

sonucunda çiçeklenmede sitokin birikiminin bitkinin tane üretimini arttırdığı raporlanmıştır (Wang ve ark., 2020; joshi ve ark., 2018). Benzer şekilde yoğun ve dik salkım geninin (dep1), artan verimle birlikte yoğun ve dik bir salkımla sonuçlandığı bulunmuştur. Tane özellikleri için önemli bir QTL ile aynı yerde bulunan gen olan tane boyutundaki (GS3) bir mutasyonun da uzun tanelere ve bunun sonucunda tane ağırlığında bir artışa neden olduğu bulunmuştur. Kök büyümesini, kardeş sayısını ve verimi etkileyen pirinç sitokin-aktivasyon enzimi benzeri genin OsLOG5 kodlama dizisinin 3' ucunun CRISPR baskısı, kuraklık koşullarında tane veriminde başarılı bir artışla sonuçlanmıştır (Li ve ark., 2016). Pirincin sitokin homeostaz mekanizması, tane verimini artırmak için kullanılmaktadır (Cui ve ark., 2020).

2. SONUÇ

Değişen iklim koşullarına karşı tarımın yeniden uyarlanmasının, küresel gıda talebini karşılamak için tarımsal üretkenlikte sürdürülebilir bir artış sağladığı düşünülmektedir. Bu inceleme, tarım alanında iklim değişikliğine uyum sağlamaya olumlu bir katkı olarak bitki biyoteknolojisinin geliştirilmesi ve uygulanmasına genel bir bakış sunmaktadır. Tarımsal biyoteknoloji teknikleri ve yaklaşımları, değişen küresel iklim şartlarına rağmen bitki ıslahı için hızlı çözümler sunabilmektedir.

3. KAYNAKLAR

- Abelson, P.H. (1992). Agriculture and climate change. *Science* 257 (5066): 9-9.
- Ahmad, F., Farman, K., Waseem, M., Rana, R.M., Nawaz, M.A., Rehman, H. M., Abbas, T., Baloch, F.S., Akrem, A., Huang, J., Zhang, H. (2019). Genome-wide identification, classification, expression profiling and DNA methylation (5mC) analysis of stress-responsive ZFP transcription factors in rice (*Oryza sativa* L.). *Gene* 718 (15): 144018.
- Anonim (2023a). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>, (Erişim tarihi: 19.06.2023)
- Anonim (2023b). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0425en>, (Erişim tarihi: 19.06.2023)
- Anonim (2023c). United Nations (UN), <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>, (Erişim tarihi: 19.06.2023)
- Anonim (2023d). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), <https://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf>, (Erişim tarihi: 19.06.2023)
- Arora, N.K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability* 2 (2): 95-96.
- Bhattacharjee, A., Srivastava, P.L., Nath, O., Jain, M. (2021). Genome-wide discovery of oshox24-binding sites and regulation of desiccation stress response in rice. *Plant Molecular Biology* 105: 205-214.
- Breitler, J.C., Vassal, J.M., Del Mar Catala, M., Meynard, D., Marfà, V., Melé, E., Royer, M., Murillo, I. ... Messeguer, J. (2004). Bt rice harbouring cry genes controlled by a constitutive or wound-inducible promoter: protection and transgene expression under Mediterranean field conditions. *Plant Biotechnology Journal* 2 (5): 417-430.
- Chari, F., Ngcamu, B.S. (2022). Climate change and its impact on urban agriculture in Sub-Saharan Africa: A literature review. *Environmental and Socio-economic Studies* 10 (3): 22-32.

- Chen, M., Shelton, A., Ye, G.Y. (2011). Insect-resistant genetically modified rice in China: from research to commercialization. *Annual Review of Entomology* 56: 81-101.
- Cojoc, E.I., Postolache, C., Olariu, B., Beierkuhnlein, C. (2016). Effects of anthropogenic fragmentation on primary productivity and soil carbon storage in temperate mountain grasslands. *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 1-10.
- Cui, Y., Jiang, N., Xu, Z., Xu, Q. (2020). Heterotrimeric G protein are involved in the regulation of multiple agronomic traits and stress tolerance in rice. *BMC Plant Biology* 20: 1-13.
- Dhungana, S.K., Kim, B.R., Son, J.H., Kim, H.R., Shin, D.H. (2015). Comparative study of CaMsrb2 gene containing drought-tolerant transgenic rice (*Oryza sativa* L.) and non-transgenic counterpart. *Journal of Agronomy and Crop Science* 201 (1): 10-16.
- Dixit, A., Tomar, P., Vaine, E., Abdullah, H., Hazen, S., Dhankher, O.P. (2018). A stress-associated protein, AtSAP13, from *Arabidopsis thaliana* provides tolerance to multiple abiotic stresses. *Plant, Cell and Environment* 41 (5): 1171-1185.
- Dixit, S., Singh, A., Sandhu, N., Bhandari, A., Vikram, P., Kumar, A. (2017). Combining drought and submergence tolerance in rice: marker-assisted breeding and QTL combination effects. *Molecular Breeding* 37: 1-12.
- Dunne, J.P., Stouffer, R.J., John, J.G. (2013). Reductions in labour capacity from heat stress under climate warming. *Nature Climate Change* 3 (6): 563-566.
- Dwivedi, S., Sahrawat, K., Upadhaya, H., Ortiz, R. (2013). Chapter One Food, nutrition, and agrobiodiversity under global climate change. *Advances in Agronomy* 120: 1-128.
- Gregorio, G.B., Islam, M.R., Vergara, G.V., Thirumeni, S. (2013). Recent advances in rice science to design salinity and other abiotic stress tolerant rice varieties. *Sabrao Journal Breeding Genetic* 45 (1): 31-41.
- High, S.M., Cohen, M.B., Shu, Q.Y., Altosaar, I. (2004). Achieving successful deployment of Bt rice. *Trends in Plant Science* 9 (6): 286-292.

- Islam, S.M.F., Karim, Z. (2019). World's demand for food and water: the consequences of climate change. in desalination—challenges and opportunities, IntechOpen, London, UK.
- Jantke, K., Hartmann, M.J., Rasche, L., Blanz, B., Schneider, U.A. (2020). Agricultural greenhouse gas emissions: Knowledge and positions of German farmers. *Land* 9 (5): 130.
- Joshi, R., Sahoo, K.K., Tripathi, A.K., Kumar, R., Gupta, B.K., Pareek, A., Singla-Pareek, S.L. (2018). Knockdown of an inflorescence meristem-specific cytokinin oxidase—OsCKX2 in rice reduces yield penalty under salinity stress condition. *Plant, Cell and Environment* 41 (5): 936-946.
- Khan, S., Al-Qurainy, F., Nadeem, M. (2012). Biotechnological approaches for conservation and improvement of rare and endangered plants of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19 (1): 1-11.
- Khan, S., Anwar, S., Ashraf, M.Y., Khaliq, B., Sun, M., Hussain, S., ... Alam, S. (2019). Mechanisms and adaptation strategies to improve heat tolerance in rice. A review. *Plants* 8 (11): 508.
- Kitomi, Y., Hanzawa, E., Kuya, N., Inoue, H., Hara, N., Kawai, S., ... Uga, Y. (2020). Root angle modifications by the DRO1 homolog improve rice yields in saline paddy fields. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117 (35): 21242-21250.
- Kogo, B.K., Kumar, L., Koech, R. (2021). Climate change and variability in Kenya: a review of impacts on agriculture and food security. *Environment, Development and Sustainability* 23: 23-43.
- Kumar, S., Srivastava, R., Koh, J. (2020). Utilization of zeolites as CO₂ capturing agents: Advances and future perspectives. *Journal of CO₂ Utilization* 41: 101251.
- Lai, W., Zhou, Y., Pan, R., Liao, L., He, J., Liu, H., ... Liu, S. (2020). Identification and expression analysis of stress-associated proteins (SAPs) containing A20/AN1 zinc finger in cucumber. *Plants* 9 (3): 400.
- Lakra, N., Kaur, C., Anwar, K., Singla-Pareek, S.L., Pareek, A. (2018). Proteomics of contrasting rice genotypes: identification of potential targets for raising crops for saline environment. *Plant, Cell and Environment* 41 (5): 947-969.

- Li, D. H., Hui, L.I.U., Yang, Y.L., Zhen, P.P., Liang, J.S. (2009). Down-regulated expression of RACK1 gene by RNA interference enhances drought tolerance in rice. *Rice Science* 16 (1): 14-20.
- Li, M., Li, X., Zhou, Z., Wu, P., Fang, M., Pan, X., ... Li, H. (2016). Reassessment of the four yield-related genes Gn1a, DEP1, GS3, and IPA1 in rice using a CRISPR/Cas9 system. *Frontiers in Plant Science* 7: 377.
- Li, W.T., Chen, W.L., Yang, C., Wang, J., Yang, L., He, M., ... Chen, X.W. (2014). Identification and network construction of zinc finger protein (ZFP) genes involved in the rice-'Magnaporthe oryzae'interaction. *Plant Omics* 7 (6): 540-548.
- Limera, C., Sabbadini, S., Sweet, J.B., Mezzetti, B. (2017). New biotechnological tools for the genetic improvement of major woody fruit species. *Frontiers in Plant Science* 8: 1418.
- Lobell, D.B., Gourdji, S.M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiology* 160 (4): 1686-1697.
- Lusser, M., Parisi, C., Plan, D., Rodríguez-Cerezo, E. (2012). Deployment of new biotechnologies in plant breeding. *Nature Biotechnology* 30 (3): 231-239.
- Ma, X., Smale, M., Spielman, D.J., Zambrano, P., Nazli, H., Zaidi, F. (2017). A question of integrity: variants of bt cotton, pesticides and productivity in Pakistan. *Journal of Agricultural Economics* 68 (2): 366-385.
- Manikandan, R., Sathish, S., Balakrishnan, N., Balasubramani, V., Sudhakar, D., Udayasuriyan, V. (2014). Agrobacterium mediated transformation of indica rice with synthetic cry2AX1 gene for resistance against rice leaf folder. *Journal Pure Applied Microbiology* 8 (4): 3135-3142.
- Martignago, D., Rico-Medina, A., Blasco-Escámez, D., Fontanet-Manzaneque, J.B., Caño-Delgado, A.I. (2020). Drought resistance by engineering plant tissue-specific responses. *Frontiers in Plant Science* 10: 1676.
- McCouch, S., Baute, G.J., Bradeen, J., Bramel, P., Bretting, P.K., Buckler, E., ... Zamir, D. (2013). Feeding the future. *Nature* 499 (7456): 23-24.
- Munaweera, T.I.K., Jayawardana, N.U., Rajaratnam, R., Dissanayake, N. (2022). Modern plant biotechnology as a strategy in addressing climate change and attaining food security. *Agriculture and Food Security* 11 (1): 1-28.

- Nadeem, M., Ram, M., Alam, P., Ahmad, M.M., Mohammad, A., Al-Qurainy, F., ... Abdin, M.Z. (2012). *Fusarium solani*, P1, a new endophytic podophyllotoxin-producing fungus from roots of *Podophyllum hexandrum*. *African Journal Microbiology Research* 6 (10): 2493-2499.
- Oladosu, Y., Rafii, M.Y., Arolu, F., Chukwu, S.C., Muhammad, I., Kareem, I., ... Arolu, I.W. (2020). Submergence tolerance in rice: Review of mechanism, breeding and, future prospects. *Sustainability* 12 (4): 1632.
- Patisthan, J., Hartley, T.N., Fonseca de Carvalho, R., Maathuis, F.J. (2018). Genome-wide association studies to identify rice salt-tolerance markers. *Plant, Cell and Environment* 41 (5): 970-982.
- Paul, P., Dhatt, B.K., Miller, M., Folsom, J.J., Wang, Z., Krassovskaya, I., ... Walia, H. (2020). MADS78 and MADS79 are essential regulators of early seed development in rice. *Plant Physiology* 182 (2): 933-948.
- Perlak, F.J., Fuchs, R.L., Dean, D.A., McPherson, S.L., Fischhoff, D.A. (1991). Modification of the coding sequence enhances plant expression of insect control protein genes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 88 (8): 3324-3328.
- Plett, D., Safwat, G., Gilliham, M., Skrumsager Møller, I., Roy, S., Shirley, N., ... Tester, M. (2010). Improved salinity tolerance of rice through cell type-specific expression of AtHKT1; 1. *PLoS one* 5 (9): e12571.
- Rahman, M.U., Rashid, H., Shahid, A.A., Bashir, K., Husnain, T., Riazuddin, S. (2007). Insect resistance and risk assessment studies of advanced generations of basmati rice expressing two genes of *Bacillus thuringiensis*. *Electronic Journal of Biotechnology* 10 (2): 241-251.
- Raza, H., Khan, M.R., Zafar, S.A., Kirch, H.H., Bartles, D. (2022). Aldehyde dehydrogenase 3I1 gene is recruited in conferring multiple abiotic stress tolerance in plants. *Plant Biology* 24 (1): 85-94.
- Septiningsih, E.M., Sanchez, D.L., Singh, N., Sendon, P.M., Pamplona, A.M., Heuer, S., Mackill, D.J. (2012). Identifying novel QTLs for submergence tolerance in rice cultivars IR72 and Madabar. *Theoretical and Applied Genetics* 124: 867-874.

- Sevanthi, A.M., Sinha, S.K., Rani, M., Saini, M.R., Kumari, S., Kaushik, M., ... Mandal, P.K. (2021). Integration of dual stress transcriptomes and major QTLs from a pair of genotypes contrasting for drought and chronic nitrogen starvation identifies key stress responsive genes in rice. *Rice* 14 (1): 1-28.
- Shimono, Y., Takiguchi, Y., Konuma, A. (2010). Contamination of internationally traded wheat by herbicide-resistant *Lolium rigidum*. *Weed Biology and Management* 10 (4): 219-228.
- Singha, D.L., Sarma, S., Singh, S. (2020). Understanding the mode of regulation of proline biosynthesis for drought tolerance in transgenic rice overexpressing PDH47 gene. *NIScPR Online Periodicals Repository* 19 (2): 73-81.
- Singha, D.L., Tuteja, N., Boro, D., Hazarika, G.N., Singh, S. (2017). Heterologous expression of PDH47 confers drought tolerance in indica rice. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 130: 577-589.
- Teixeira, E.I., Fischer, G., Van Velthuizen, H., Walter, C., Ewert, F. (2013). Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology* 170: 206-215.
- Uga, Y., Yamamoto, E., Kanno, N., Kawai, S., Mizubayashi, T., Fukuoka, S. (2013). A major QTL controlling deep rooting on rice chromosome 4. *Scientific Reports* 3 (1): 3040.
- Verchot, L.V., Van Noordwijk, M., Kandji, S., Tomich, T., Ong, C., Albrecht, A., ... Palm, C. (2007). Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 901-918.
- Wang, C., Wang, G., Gao, Y., Lu, G., Habben, J. E., Mao, G., ... Greene, T.W. (2020). A cytokinin-activation enzyme-like gene improves grain yield under various field conditions in rice. *Plant Molecular Biology* 102 (4-5): 373-388.
- Wang, J., Vanga, S.K., Saxena, R., Orsat, V., Raghavan, V. (2018). Effect of climate change on the yield of cereal crops: a review. *Climate* 6 (2): 41.
- Wang, X., Liu, Q., Meissle, M., Peng, Y., Wu, K., Romeis, J., Li, Y. (2018). Bt rice could provide ecological resistance against nontarget planthoppers. *Plant Biotechnology Journal* 16 (10): 1748-1755.

- Welch, J.R., Vincent, J.R., Auffhammer, M., Moya, P.F., Dobermann, A., Dawe, D. (2010). Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107 (33): 14562-14567.
- White, P., Hilario, F.D., de Guzman, R.G., Cinco, T.A. (2009). A review of climate change model predictions and scenario selection for impacts on Asian aquaculture. Kasetsart University: Bangkok, Thailand, 1-29.
- Yang, B., Sugio, A., White, F.F. (2006). Os8N3 is a host disease-susceptibility gene for bacterial blight of rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (27): 10503-10508.
- Ye, C., Tenorio, F.A., Argayoso, M.A., Laza, M.A., Koh, H.J., Redoña, E.D., ... Gregorio, G.B. (2015). Identifying and confirming quantitative trait loci associated with heat tolerance at flowering stage in different rice populations. *BMC Genetics* 16: 1-10.
- Yuan, X., Huang, P., Wang, R., Li, H., Lv, X., Duan, M., ... Huang, J. (2018). A zinc finger transcriptional repressor confers pleiotropic effects on rice growth and drought tolerance by down-regulating stress-responsive genes. *Plant and Cell Physiology* 59 (10): 2129-2142.
- Zafar, S.A., Hameed, A., Khan, A.S., Ashraf, M. (2017). Heat shock induced morpho-physiological response in indica rice (*Oryza sativa* L.) at early seedling stage. *Pak. Journal Botany* 49 (2): 453-463.
- Zavala, J.A., Casteel, C.L., DeLucia, E.H., Berenbaum, M.R. (2008). Anthropogenic increase in carbon dioxide compromises plant defense against invasive insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (13): 5129-5133.
- Zhang, H., Feng, X., Larssen, T., Shang, L., Li, P. (2010). Bioaccumulation of methylmercury versus inorganic mercury in rice (*Oryza sativa* L.) grain. *Environmental Science and Technology* 44 (12): 4499-4504.

BÖLÜM 4

BİTKİSEL ÜRETİMDE BAL ARILARININ YERİ VE ÖNEMİ

Öğr. Gör. Mehmet Ali KUTLU¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256718>

¹ Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl, Türkiye. ORCID: 0000-0003-0862-9690
Kutlular@hotmail.com

GİRİŞ

Bal arısı (*Apis mellifera* L.), arıcılık ürünlerinin (bal, polen, arı sütü, propolis, perğa, arı zehiri, apilarnil, balmumu,) üretimi ve bitkilerin pollinasyonunda kullanılan bir canlıdır (Atkins, 1992). Arıcılık ürünleri, insan beslenmesinin yanı sıra, bileşiminde bulunan birçok biyolojik aktif özelliğe sahip maddeler sebebiyle tıp biliminin gelişmediği dönemlerde hastalıkların tedavisinde yoğun olarak kullanılmıştır. Bal, arıcılığın en önemli çıktısını oluşturmakta olmasının yanı sıra ekonomik öneme sahip olup dünya pazar gücünü koruyan yegâne arıcılık ürünüdür.

Yapılan arkeolojik çalışmalara bakıldığında arıcılığın bundan 6000-7000 yıl öncesine dayandığı ve arıcılık faaliyetlerinin bu yıllardan günümüze kadar gelişerek yapıldığı görülmektedir (Akbay, 1986; Genç, 1993). Ülkemizde de arıcılık faaliyetleri çok eskilere dayanmaktadır. Bunun en güzel göstergesi Anadolu'nun farklı alanlarında farklı farklı iptidai kovanların bulunması ve hala günümüzde az da olsa bu kovanların üretimde kullanılmasıdır.

Yapılan çalışmalarda M.Ö. 1300 yıllarına ait olduğu düşünülen ve Boğazköy'de bulunan Hititler devrinden günümüze yansıyan bir yapıt üzerinde Osmanlının arıcılığı ile ilgili yasa ve yönetmeliğin bulunduğu kanıtlarına rastlanmıştır (Sönmez, 1984; Genç, 1993). Osmanlı padişahlarından Fatih Sultan Mehmet, Yavuz Sultan Selim ve Kanuni Sultan Süleyman dönemlerinde arıcılık faaliyetleri ile ilgili yasa ve

yönetmeliklerin bulunması ve bu yönetmeliklerde balın bir ilaç gibi hangi hastalıklara ne şekilde önerildiği görülmektedir (Genç, 1993).

Türkiye’de Tablo 1’de görüldüğü gibi arı varlığı ve üretilen bal miktarı olarak birçok ülkeyi geride bırakarak Hindistan ve Çin’den sonra 8,179.085 kovan varlığı ile dünya sıralamasında üçüncü ülke konumundadır. Bu büyük potansiyele rağmen birim kovandan elde edilen bal miktarı, ürün çeşitliliğini ve dünya pazarında istenilen başarıyı sağlayamamaktadır. Kırsal alanda var olan kaynaklardan alınması gereken verimin alınmadığı görülmektedir (FAOSTAT, 2022; İnci ve ark., 2022).

Bal arıları tüm canlılarda olduğu gibi yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için karbonhidrat, protein, yağ, mineraller, vitaminler ve suya ihtiyaç duymaktadırlar. Enerji kaynağı olan karbonhidratın kaynağını salgı ve çiçek nektarları oluştururken, neslin devamlılığının sağlanması için de protein kaynağı gerekli olup bu ihtiyacı polenden karşılanmaktadır.

Bitkilerin büyük bir kısmı neslini devam ettirebilmesi açısından tozlaşmaya gereksinim duyarlar. Neslinin devamı için kokulu nektar salgılar ve bu nektara gelen bal arıları nektarı alırken bitkiyi de polline ederek neslin devamını sağladıkları gibi insanların beslenmesine katkı sunarlar. Tozlayıcı böceklerin %90’ını bal arıları oluşturmaktadır (Free, 1993). Bal arılarının esas önemi arıcılık ürünleri üretiminden ziyade bitki polinasyonundaki rolleridir.

Tablo 1: Dünya kovan varlığı ve üretimdeki oranlar

Sıra	Ülke	Kovan varlığı	Dünya koloni varlığındaki payı (%)
1	Hindistan	12.203.361	13.5
2	Çin	9.377.850	10.4
3	Türkiye	8.179.085	9
4	İran	7.140.561	7.9
5	Etiyopya	6.986.100	7.7
6	Tanzanya	3.003.126	3.3
7	Arjantin	2.983.247	3.2
8	Rusya	2.982.452	3.2
9	ABD	2.706.000	2.9
10	Kore	2.162.250	2.3

Kaynak: FAOSTAT, 2022

Polinasyon biyolojisi

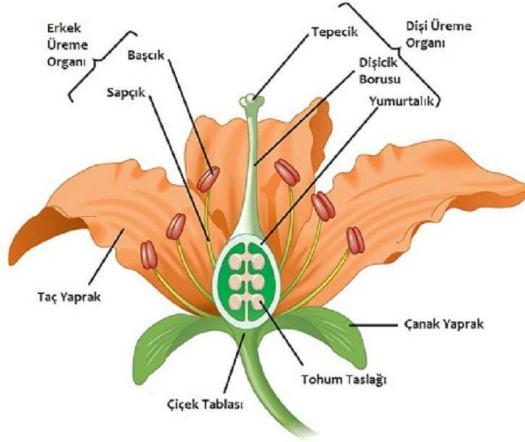
Arıcılık, tarla tarımının ve bitkisel üretimin en önemli ögesi olmasıyla beraber arısız tarım düşünülmemelidir. Arılar bitkiler için gübre ve su kadar önemli varlıklardır. Bitkinin tohum bağlayıp meyveye dönüşebilmesi için arının polinasyonuna ihtiyacı vardır. Doğada bitkilerin polinasyonu rüzgâr, su ve böcekler tarafından sağlanmaktadır. Polinasyon; bitkinin erkek organında bulunan polen taneciklerinin bitkinin dişi organına aktarılma işlemidir. Anter, Şekil 1'de de gösterilen çiçeğin erkek üreme organının en üst kısmını

oluşturur. Anter normal olarak dört polen kesesinden oluşmaktadır. Burada üretimi yapılan polen serbest bırakılma veya böceklerin etkisiyle dişi üreme organının üst kısmı olan stiğmaya (tepecik) taşınır. Bitkinin stigmasında bulunan yapışkan madde ile polen birleşir ve buradan da yumurtalığa iner.

Genelde polenin taşınması rüzgâr, su, yerçekimi, kuşlar, yarasalar ve böcekler tarafından gerçekleştirilir. Bazı polenler yapışkan olup taşınmasında böcekler görev alır. Bu tür polenler (örn; incir) böceklerin ağız parçaları ile alınarak taşınması gerçekleştirilir. Bazı bitkilerde ise bal arısı bitkiye girer vücudunu bitkinin poleni ile bulaşık hale getirir ve buradan da aynı bitki veya başka bitkinin stigmasına aktarır. Bazı polenler vardır ki örneğin söğüt polenleri bunlarda toz şeklinde olup rüzgârda uçarak taşınma işlemi gerçekleşir.

Doğada her canlı yaşamını sürdürebilmek için bir başka canlıya veya etmene gereksinim duymaktadır. Bal arıları da neslin devamlılığı ve yaşamsal faaliyetlerini doğrudan veya dolaylı olarak ekolojideki bitkilerle gerçekleştirmektedirler. Bitkilerin büyük bir kısmı da neslin devamlılığı için böceklere ve büyük oranda bal arılarına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu ilişki polinasyon olarak adlandırılmakta olup, bitki tohum bağlama öncesi kokulu bir salgı (nektar) salgılamaktadır. Kokuyu hisseden arı besin madde temini için bitkiye yönelmekte, bu işlevi yaparken de bitkinin polinasyonunu gerçekleştirmektedir. Çiçekli bitkilerin büyük bir kısmının polinasyonunda böcekler tarafından sağlanırken bu böcekler arasında en büyük pay bal arılarınınındır.

Dünyada yayılış gösteren 250 binden fazla çiçekli bitki türü arasında yaklaşık 20 bininin arılar tarafından ziyaret edildiği bilinmektedir.



Şekil 1: Çiçeğin yapısı

Arıların arıcılık ürünlerinden ziyade bitkisel üretime olan katkıları söz konusu olduğunda tarım sektöründe ve ülke ekonomisindeki etkisi belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Dünya genelinde ekonomik bir girdi olan bal arısı aynı zamanda bitkisel üretimde (badem, elma, kiraz, kabak, domates vs. gibi birçok endüstri bitkisinin) önemli tozlayıcılar olarak görev yapmaktadır (Garibaldi ve ark., 2014). Dünya ticaretine söz konusu olan tarımsal ürünlerin %75'i böcek ve arıların polinasyonu ile sağlanmaktadır (Classen ve ark., 2014). Bir başka çalışmada tozlayıcı böceklerin %90'ının bal arıları olduğu belirtilmektedir (Free, 1993). Bal arıları polinasyon hizmeti bakımından diğer böcekler ve arılar arasında en etkin polinatör olarak yer almaktadır (Winfrey ve ark.,

2007, Rader ve ark., 2016). Bitki polinasyonuna arıların dışında böcekler başta olmak üzere kuşların, sineklerin, kelebeklerin de önemli oranda katkı sağladığı bilinmektedir (Ollerton ve ark., 2014). Uygun olmayan iklim koşullarında veya yeterli arı popülasyonunun olmadığı bitki alanlarında yetersiz tozlaşma söz konusu olmakta ve verimde %40'lara kadar azalma meydana gelmektedir (Aizen ve ark., 2009).

Bal arılarının gelişmiş ülkelerdeki öncelikli görevi bitki tozlaşması olup, 1993 yılı verilerine göre Amerika Birleşik Devletleri ekonomisine katkısı 15,6 milyon hektarlık arazinin 13,1 miktarının polinasyonu bal arılarınca sağlandığı ve arı etkinliğinin bu alandaki etkisinin %84 olduğu belirtilmiştir (Free, 1993). Bir başka çalışmada yine Amerika Birleşik Devletleri ekonomisine katkısı yıllık 14,6 milyar olmuştur (Michener, 2007). Benzer çalışmalarla böcek tozlaşması ile yıllık dünya ekonomisine 175 milyar dolar değerinde katkı sağlandığı belirtilmektedir (Calderone, 2003; Döner ve İnci, 2021).

Arıların bitki tercihlerinde etkili olan faktörler

Bal arıları sosyal böcekler olup yaşamsal faaliyetlerini koloni içi hizmetler ve koloni dışı yani tarlacılık faaliyetleri olarak gerçekleştirirler. Tarmacılık faaliyetleri koloniye nektar, polen, propoli ve su taşınma işlemlerinden oluşmaktadır. Yapılan çalışmalara bakıldığı zaman; Afik ve ark., (2006)'a göre bal arılarının farklı bitkisel kaynaklardaki nektarları ayırt edebildiklerini, Rabinowitch ve ark., (1993)'nın yapmış olduğu çalışmada arının bitki tercihinde bitkinin nektar miktarı, nektarın şeker konsantrasyonu ve bitkide bulunan her

bir çiçeğin şeker miktarının etkili olduğu belirtilmiştir. Arıların tarlacılık faaliyetlerinde bitkinin nektar salgısı, nektarın şeker oranı ve kaynağın koloniye uzaklığı en önemli kriter olduğu belirtilmektedir (Kleber, 1935; Butler, 1945).

Arılar nektar ziyaretine çıktıklarında genele yönelir fakat bazı kaynakların cezbedici özellikleri nedeniyle daha fazla sürede bu kaynaklarda kalmaktadırlar (London-Shafir ve ark., 2003). Bir başka çalışmada bölgede yeterli miktarda nektar kaynağının bulunması ve bu kaynağın tarlacı arılar tarafından kovan içindeki koloni bireyelerine kaynakla ilgili bilginin arı dansı ile verilmesi ve iknası gerekmektedir (Greenleaf, 2007).

Arıların bitki tercihlerinde türler arası farklılıklar etkili olup yüksek kalitede nektar ve polen içeren bitkiler arılar için tercih nedeni olurken bazıları tercih edilmemektedir (Waser ve Ollerton, 2006; Molly ve ark., 2016). Nektar faaliyetine çıkan bir arının hareketliliğini sınırlayan etmenlerden birisi de alanındaki kaynaklar arasında seçim yapıyor olmasıdır (Greenleaf, 2007). Arıların aynı tür ziyareti arasında çiçek boyutunun büyük olduğu çiçeği tercih ettiği bunun da nedeni bu bitkide daha fazla nektar bulunmasının olduğu belirtilmiştir (Martin, 2004). Benzer bir çalışmada ise çiçeğin yapısı, taç yaprakların rengi, nektar miktarı, nektardaki şeker oranı ve aminoasit kompozisyonu gibi faktörlerin etkili olduğu (Corbet ve ark., 1984), bazı bitkilerde ise tercih nedeninin nektarda bulunan iz elementlerin etkili olduğu ifade edilmiştir (Gardener ve Gillman, 2002).

Nektarın şeker oranı yaklaşık %50 oranında olup içerisinde sakkaroz, fruktoz ve glikoz bulunmaktadır. Nektarlar içerdiği şeker oranına göre gruplandırılır. Bu gruplandırmaya istinaden fazla sakkaroz içeren nektarlar, fruktozu ve glikozu fazla olan nektarlar ve üç şekerini de eşit olarak bünyesinde bulunduran nektarlar olmak üzere üçe ayrılırlar. Arılar nektar tercihlerini nektardaki şeker oranına göre yaparlar ve en fazla dengeli şeker hangi nektarda ise ona yönelirler (Doğaroğlu, 2004). Bunun yanında bal arıları nektardaki sakkaroz içeriği fazla olan tatlı üçgülü; melez üçgül, kırmızı üçgül ve yoncaya oranla daha fazla tercih etmektedirler (Genç ve Dodoloğlu, 2002)

Bazı bitkilerde arı etkinliği

Bingöl ilinde yemlik kolzada yapılan bir çalışmada ayında 5 dakikalık süre içinde m² birimde bulunan arı sayısı 10.9 adet, bir arının ortalaması olarak çiçekte kalma süreleri ise 5.4 saniye olarak gerçekleşmiştir (Çaçan ve ark., 2022). Bir başka kaynakta da tozlaşmaya gereken önem verildiğinde sağlanan ürün artışının ayçiçeğinde %40-45, elma ve armutta %50-60, hıyarda %75-90, kavun ve karpuzda %95-100, domates ve üzümde %25-30, korunga, yonca ve fiğde %35-40 olduğu belirtilmektedir (Genç, 1993). Bal arılarının; elmada üretimin polinasyondaki koloni sayısına bağlı olarak arttığı (Morse ve Calderone, 2000), kivi, çilek ve üzüksü meyvelerin ziyareti sonucu verim artışının yanı sıra şekil olarak düzgün meyve oluşumu görülmüştür (Blanchet ve ark., 1991; Svensson, 1991).

Bingöl ilinde yapılan çalışmada elma bal arısı polinasyonunda elma verimi, ortalama tohum miktarı ve tozlaşan tohumların yaşayabilme kapasiteleri üzerine yapılan araştırma sonucunda; kafes dışında bulunan elma dallarında ki ortalama çiçek sayısının 10.18 ± 0.53 ile 278.43 ± 0.73 arasında değiştiği, kafes içerisine alınan polinasyona kapalı elma dallarında ki ortalama çiçek sayısının 8.07 ± 1.19 ile 127.05 ± 0.057 aralığında olduğu, polinasyona açık elma dallarında ki arının bir çiçekte ortalama kalma süresinin 3.66 ± 0.09 saniye ile 8.64 ± 0.07 saniye aralığında olduğu tespit edilmiştir (Kutlu ve ark., 2019). Ordu ilinde elmalarda yetersiz polinasyon sonucu genel olarak çekirdek oluşumu yetersizliği, şekil bozuklukları ve gelişmediği gözlenmiştir (Karadeniz ve ark., 2019).

Erik bitkisinde yapılan çalışmada polinasyona açık erik dallarındaki ortalama çiçek sayısının 45,33 adet, daldaki çiçekleri 5 dakika süre ile ziyaret eden arıların sayılarının ortalaması 23,33 adet olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada arıların çiçekte kalma sürelerinin 6,22 saniye olduğu arı ziyaretine açık çiçeklerdeki tohum oluşumu kapalı çiçeklere göre %340 gibi farkla yüksek bulunmuştur (Kutlu ve ark., 2021). Bingöl ilinde Macar fiğinde yapılan bir çalışmada ayında 5 dakikalık süre içinde m^2 birimde bulunan arı sayısı 14,9 adet, bir arının ortalaması olarak çiçekte kalma süreleri ise 9,0 saniye olarak gerçekleşmiştir (Kutlu ve ark., 2022).

Greenleaf ve ark., (2006)'a göre bal arıları hibrit ayçiçeği üzerindeki bal arılarının tozlaşma etkinliğini 5 kata kadar artırdığını ve ortalama tarlada bal arısı tozlaşma hizmetlerini etkili bir şekilde ikiye

katlanmaktadır. Pakistan'da yapılan bir çalışmada ayçiçeğinin %5 ila %10 çiçeklenmede *A. mellifera*'nın en baskın tozlayıcı %17.11'ler ile ilk sırada yer aldığı bunu sırası ile *A. cerana*'nın (%3.46) geldiğini ve *A. dorsata* popülasyonunun minimum (%2.12) olduğunu Ayrıca, agronomik parametreler (tohum bitki sayısı-1, 100 tohum ağırlığı (g) ve ekonomik verim, daha fazla kovanla tozlanan tarlalarda, daha az kovana kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olmuştur (Khalida ve ark., 2021). *Apis mellifera* L.'nin ayçiçeği genotiplerinin (açık tozlaşma ve kısıtlı tozlaşma) tohum verimi üzerindeki tozlaşma etkinliğinde çiçek başına 2.28 arı olup diğer tozlayıcılara oranla ziyaret edilen ayçiçeği bitkilerinin tohum verimi, tozlayıcılarla sınırlı bitkilerle karşılaştırıldığında %43 daha yüksek ($p \leq 0.05$) bulunmuştur (Chambó ve ark., 2011).

Brezilya'daki konvansiyonel ve organik çiftliklerde pamuk üretiminde arı tozlaşması sonucu çiçekler daha yüksek ortalama koza ağırlığına, lif ağırlığına ve tohum sayısına sahip olduğu, pamuk üretimini lif ağırlığı için %12'den fazla ve tohum sayısı için %17'nin üzerinde arttırdığı belirtilmektedir (Cusser ve ark., 2021). Bir çalışmada pamuk tohumu olarak arı ziyaretine açık parsellerde kafesle alanı belirlenen kapalı parsellere oranla %16,5 oranında elde edilmiş, pamuğun lif kalitesinde ise önemli değerler elde edilmiştir (Rhodes, 2002). Kafeste tutulan ve arılara maruz bırakılan çiçeklerden elde edilen pamuk kozalarının incelenmesi sonucu kapalı alanlarda bitki bazında %12 ila %15'lik ve doğrudan arı ziyaretine maruz bırakılan çiçeklerden üretilen kozalarda

%24'e varan bir genel verim artışı görülmüştür (Esquivel ve ark., 2020).

Narenciye bitkilerinde yapılan bir çalışmada *Apis mellifera* L., %51,1 Göreceli Frekans (RF) ile daha fazla sayıda bireyle çiçekli bir ziyaret ettiği ve *A. mellifera* arılarının, Recôncavo Baiano bölgesindeki koşullarda bu meyvenin potansiyel tozlayıcıları olduğu belirlenmiştir (Ribeiro, 2017). Malerbo-Souza (2004) çalışmasında *Citrus sinensis* L. Osbeck üzerindeki böceklerin sıklığını ve davranışını, bunların meyve üretiminin (nicelik ve kalite bakımından), nektar ve polen toplama üzerindeki etkilerini ve farklı cezbedicilerin etkinliğinin incelenmiştir. Buna göre en sık gelen ziyaretçinin *A. Mellifera* olduğu, açık alanlarda kapalıya oranla meyve üretimi %35,30'den daha fazla meyve üretiminin olduğu görülmüştür.

Çileğin bal arısı *Apis mellifera* tarafından tozlanması etkinliği üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Buna göre çiçek başına bal arısının 11 kez ziyaret gerçekleştirdiği ve dölleme oranının %87 olarak gerçekleştirildiği tespit edilmiştir (Kakutani ve ark., 1993). Bal arıları ve yabani arılar, ziyaret edilen çiçek başına aynı miktarda polen bırakmıştır. Ancak yabani arıların ziyaret ettiği çiçeklerden gelişen çilekler, bal arılarının ziyaret ettiği çiçeklerden daha ağır ve düşük verimle sonuçlandığını görülmüştür (MacInnis ve ark., 2019).

Yine başka bir araştırmaya göre, bal arısı polinasyonunun Yeni Zelanda ülkesindeki ekonomiye katkısının 140 milyon dolar olduğunu ifade etmiştir. Bu katkının oransal dağılımına bakıldığında bahçe bitkileri

üretimindeki artıştan 79,7 milyon dolar, damızlık tohum yetiştiriciliğinden 10 milyon dolar ve büyükbaş hayvanların otladıkları alanlarda üretimini yaptıkları yonca bitkisinin bünyesinde bulunan azot kimyasalının toprağa bağlanması ile yapılan katkının 17.46 milyon dolarlık suni gübreye eş değerde olduğu görülmektedir (Free, 1993).

SONUÇ

Sonuç olarak, mevcut şartlar içerisinde bitkisel üretimi yükseltmenin yolu, bitkilerde polinasyon aktivitesini artırmaktan geçer. Bal arıları (*Apis mellifera* L.) diğer tozlayıcılara oranla bitkisel üretimi arttırıp azaltabilir (Dick, 2001). Sürdürülebilir bir arıcılık için ivedilikle; bitkilerin polinasyon tercihlerinin iyi bilinmesi, bitkiye özgü belirli bir alanda bulundurulması, gerekli koloni sayısının belirlenmesi çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Atkins, E.L. (1992). Injury to honey bee by poisoning J.E. Graham (Ed.), *The Hive and the Honey Bee*, Dadant and Sons, Hamilton pp., 1153-1208.
- Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A., Klein, A.M. (2009). Tarım ne kadar tozlayıcılara bağlı bitkisel üretimdeki uzun vadeli eğilimlerden dersler. *Ann. Bot.-London*, 103 , 1579–1588.
- Afik, O., Yeselson, Y., Schaffer, A., Shafir, S. (2006). Physical, chemical and palynological characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) honey in Israel. *Int. J. Food Sci. Tech.* 41, 387–394.
- Akbay, R. (1986). Arı ve İpekböceği Yetiştirme. Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi Ders kitabı S152.
- Blanchet, P., Douault, P., Pouvreau, A. (1991). Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Chev.) pollination: Honey-bee behaviour and its influence on the fruit. The 6th International Symposium on Pollination. *Acta Horticulturae*, Tilburg, The Netherlands, 288: 376- 381.
- Butler, C. G. (1945). Influence of various physical and biological factors of the environment on honeybee activity. An examination of the relationship between activity and nectar concentration and abundance. *J. Exp. Biol.* 31, 5—12.
- Çaçan, E., Kutlu, M. A., Uçar, R., Özdemir, S., Ekmekçi, M., Mokhtarzadeh, S., Kökten, K. (2022). Yemlik Kolzanın Farklı Ekim Normlarının Bazı Verim Özelliklerine Etkisi ve Arı Merası Olarak Değerlendirilmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi.* 22(1): 5-15.
- Calderone, N.W. (2003). Insect pollinated crops, insect pollinators and us agriculture: Trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. *PLoS ONE* 2012, 7, e37235. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- Classen, A. (2014). Zararlı avcılar ve tozlayıcılar tarafından sağlanan tamamlayıcı ekosistem hizmetleri, kahve veriminin miktarını ve kalitesini artırır. *Proc. R. Soc. B*. 281 , 20133148, <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3148>

- Corbet, S.A., Kerslake, J.C., Brown D., Morland, N.E. (1984). Can Bees Select Nectar Rich Flowers in a Patch, *Journal of Apic. Res.*, 23(4):234-242.
- Chambó, E. D., Garcia, R. C., Oliveira, N. T. E. D., Duarte-Júnior, J. B. (2011). Honey bee visitation to sunflower: effects on pollination and plant genotype. *Scientia Agricola*, 68, 647-651.
- Cusser, S., Haddad, N. M., Jha, S. (2021). Unexpected functional complementarity from non-bee pollinators enhances cotton yield. *Agriculture, ecosystems & environment*, 314, 107415.
- Doğaroğlu, M. (2004). Trakya Arıcılığı, Sorunları ve Çözüm Yolları. Trakya Bölgesi 1. Hayvancılık Sempozyumu (8-9 Ocak 1992). 165-176. Tekirdağ.
- Döner, Ö., İnci, H. (2021). Bingöl İlinin Farklı Bölgelerinden Elde Edilen Propolislerin Protein Oranı Ve Kül Miktarı Açısından Karsılaştırılması. *Ispen Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(2), 372- 380., Doi: 10.46291/Ispenjasvol5iss2pp 372-380
- Dick, C.W. (2001) Genetic rescue of remnant tropical trees by an alien pollinator. *Proc. R. Soc. Lond. B* 268, 2391 – 2396. (doi:10.1098/rspb.2001.1781)
- Esquivel, I. L., Coulson, R. N., Brewer, M. J. (2020). A native bee, *Melissodes tepaneca* (Hymenoptera: Apidae), benefits cotton production. *Insects*, 11(8), 487.
- FAOSTAT. (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Free, J. B. (1993). Insect pollination of crops (No. Ed. 2). *London: Academic pres.*
- Garibaldi, L.A. ve ark., (2014). Araştırmadan eyleme: Yabancı tozlayıcılar yoluyla ekin verimini artırmak. *Ön. ekol. çevre*. 12 , 439–447 .
- Gardener, M. C., Gillman, M. P. (2002). The taste of nectar—a neglected area of pollination ecology. *Oikos*, 98(3), 552-557.
- Greenleaf, S. S., Kremen, C. (2006). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(37), 13890-13895.

- Greenleaf, S.S. , Williams, N., Winfree, R., Kremen, C. (2007). Arı yiyecek arama aralıkları ve bunların vücut büyüklüğü ile ilişkisi . *Oecologia* , 153 , 589 – 596 .
- Genç, F., Dodoloğlu, A. (2002). Arıcılığın Temel Esasları. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları*. No:166, 338 s, Erzurum.
- Genç, F. (1993). Arıcılığın Temel Esasları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No:149, Erzurum.
- Karadeniz, T., Canverdi, P. (2019). Elma Yetiştiriciliğinde Meyve Kalitesi Üzerine Polinasyonun Etkisi. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1 (1) , 1-6 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/uazimder/issue/45007/560973>.
- Kutlu, M. A., Kılıç, Ö. (2021).Erik ağaçlarında (PRUNUS SP) bal arısı ile gerçekleşen tozlaşmanın meyve ve tohum verimine etkisi ADYÜTAYAM Cilt 9, Sayı 2: 129-134.
- Kutlu, M.A., Özdemir. F.A., Gül. A. (2019). Investigation of The Effect of Honey Bee Pollination for Apple (*Malus sylvestris* (L.)Mill.) on Fruit Yield, Seed Number and Seed Germination Capacity. *KSU J. Agric Nat* 22(6): 830-836. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.547450
- Kutlu, M.A., Uçar, R., Özdemir, S., Ekmekçi, M., Mokhtarzadeh, S., Kökten K., Çağan, E. (2022). Determination of Some Yield Characteristics of Hungarian Vetch Varieties and their Evaluation as Bee Pasture Bee Studies, 14(1), 1-7.
- Kakutani, T., Inoue, T., Tezuka, T., Maeta, Y. (1993). Pollination of strawberry by the stingless bee, *Trigona minangkabau*, and the honey bee, *Apis mellifera*: an experimental study of fertilization efficiency. *Researches on population ecology*, 35, 95-111.
- Khalida, H. A, Muhammad, J., Saboor, A., Hamed, A., Ghramh, C., Khalid, A.K., Muhammad, A.U., Dalal, M., Bushra, Z. (2021). Standardization of managed honey bee (*Apis mellifera*) hives for pollination of Sunflower (*Helianthus annuus*) crop Journal of King Saud University – *Science Volume* 33, Issue 8, December 101608.

- Kleber, E. (1935). Hat das Zeitgedachtnis der Bienen biologische Bedeutung, Z. vergl. Phytol. 33, 221-62.
- London-Shafir, I., Shafir, S., Eisikowitch, D. (2003). Amygdalin in almond nectar and pollen–Facts and possible roles. *Plant Syst. Evol.* , 238, 87–95.
- MacLeod, M., Genung, M.A., Ascher, J.S. ve Winfree, R. (2016). Bitki tozlayıcı ağlarında ortak seçiminin ölçülmesi: Yeniden kablolamayı ve doğruluğu şanstan ayırmak için boş modellerin kullanılması . *Ekoloji*. **97** , 2925 – 2931. <https://doi.org/10.1002/ecy.1574>
- Martin, R. A. (2004). Sense of humor and physical health: Theoretical issues, recent findings, and future directions.
- Michener, C.D. (2007). *The Bees of the World*, 2nd ed.; John Hopkins University Press: Baltimore, MD, USA; London, UK, 2007. [Google Scholar]
- Morse, R. A., Calderone, N.W. (2000). Thevalue of honeybees as pollinators of U. S. crops in 2000, *Cornell University*, Ithaca, New York.
- MacLeod, Molly, (2016). "Measuring partner choice in plant–pollinator networks: using null models to separate rewiring and fidelity from chance." *Ecology* 97.11 2925-2931.
- MacInnis, G., Forrest, J. R. (2019). Pollination by wild bees yields larger strawberries than pollination by honey bees. *Journal of Applied Ecology*, 56(4), 824-832.
- Malerbo-Souza, D. T., Nogueira-Couto, R. H., Couto, L. A. (2004). Honey bee attractants and pollination in sweet orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, var. Pera-Rio. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 10, 144-153.
- Ollerton, J., Erenler, H., Edwards, M., Crockett, R. (2014). Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science*, 346(6215), 1360-1362.
- Rabinowitch, H.D., Fahn, A., Meir, T. (1993). Flower and Nectar Attributes of Pepper (*Capsicum annum* L.) Plants in Relation To Pollination. *Annals of Applied Biology*, 123:226232.

- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P., Howlett, B. G., Winfree, R., ... Woyciechowski, M. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 146-151.
- Rhodes, J. (2002). Cotton pollination by honeybees. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42(4), 513-518.
- Ribeiro, G. S., ALVES, E., CARVALHO, C.A.L.D. (2017). Biology of pollination of Citrus sinensis variety 'pera rio'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39.
- Svensson, B. (1991). The importance of honeybee-pollination for the quality and quantity of strawberries in central Sweden. The 6th International Symposium on Pollination, Tilburg, The Netherlands, August 1990. *Acta Horticulturae* 288:260-264.
- Sönmez, R. (1984). Arıcılık. Ege Üniversitesi Ofset baskı Evi Bornova İzmir.
- Winfree, R., Williams, NM, Dushoff, J., Kremen, C. (2007). Yerli arılar, devam eden bal arısı kayıplarına karşı sigorta sağlar. *ekol. Letonya* 10 , 1105–1113.
- Waser, N. M., Ollerton, J. (2006). *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press.

BÖLÜM 5

BİTKİSEL ÜRETİMDE YENİLİKÇİ BİR YAKLAŞIM: ORGANOMİNERAL GÜBRELER

Dr. Öğr. Üyesi Bedriye BİLİR¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256818>

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şırnak, Türkiye, 0000-0002-0038-9509, bbilir@sirnak.edu.tr

Giriş

Dünya nüfusunun artmasına paralel olarak artan gıda ihtiyacını karşılamak amacıyla son yıllarda bitkisel üretim daha önemli bir konu haline gelmiştir. Birleşmiş Milletler tarafından yapılan son tahminlere göre dünya nüfusunun 2030'da yaklaşık 8.5 milyara, 2050'de 9.7 milyara ve 2100 yılında ise 10.4 milyara kadar çıkabileceği öngörülmektedir (Anonim, 2022). Tüm bu insanların yeterince beslenmesi için toplam gıda üretiminin %70 oranında artırılması gerekmektedir (Noel ve ark., 2015). Arazi varlığının sınırlı olduğu bölgelerde artan bu gıda ihtiyacının karşılanması için ilk hedef birim alandan kaliteli ve yüksek verim elde edebilmektir. Bunu sağlamak için kullanılan tarımsal girdilerden en önemlisi kimyasal gübrelerdir.

1960'lı yıllardan beri sentetik/kimyasal gübreler dünya çapında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır (Tilman, 1998). Kimyasal gübreler, bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarını doğrudan ve hızlı bir şekilde karşıladığı için bitkisel üretimde verimi artırmaktadır. Kimyasal gübreler, talepler doğrultusunda geliştirilen büyük pazarı sayesinde kolayca bulunabilmekte ve çiftçilerin özel ihtiyaçlarını karşılayacak besin elementlerinin farklı kombinasyonuna ulaşmalarını sağlamaktadır. Ayrıca kimyasal gübreler yüksek oranda suda çözündükleri için doğrudan bitkiler tarafından alınabilen besin maddelerini hızla serbest bırakabilirler. Fakat, kimyasal gübrelerden hızla salınan besin elementlerinin bitkiler tarafından zamanında kullanılmaması besin elementlerinin kaybına ve gübre kullanım etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır. Yavaş salımlı gübrelerin

kullanımı bu kayıpları azaltırken bu seferde maliyeti artırmaktadır (Shaviv ve Mikkelsen, 1993; Chandran ve ark., 2021). Kimyasal gübrelerin ham maddelerinin kısıtlı olması, artan üretim maliyetleri ve aşırı miktarlarda uygulanması sonucu çevre ve gıda güvenirliliği konusunda meydana getirdiği zararların şiddetlenmesi ciddi boyutlara ulaşmıştır (Baffes ve Koh, 2022).

Tarımsal üretimin etkinliği ve sürdürülebilirliği büyük ölçüde toprak, su, atmosfer, bitki ve hayvan ekosisteminin çevre içerisindeki etkileşimlerine bağlıdır. Modern tarım sistemleri, artan dünya nüfusuna karşılık bitkisel üretimde fayda sağlarken, özellikle yüksek girdili tarım sistemlerinde azotlu gübrelerin nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile meydana gelen kayıpları istenmeyen çevre sorunlarına yol açmıştır (Florio ve ark., 2016).

Yüksek girdili tarımsal üretim sistemlerindeki aşırı N, P ve K kayıplarının çevre ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerine ilişkin endişelerden dolayı gübre verimliliğini artırıcı yeni stratejiler geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle yapılan bir çok araştırma sonucunda verimliliği artırılmış gübreler olarak adlandırılan gübrelerin geliştirilmesi sağlamıştır (Timilsena ve ark., 2015). Geliştirilen bu gübrelerden organomineral gübreler hem organik hem kimyasal gübrelerden farklı olarak ayrı bir gübre sınıfı oluşturmaktadır.

Kimyasal Gübrelere Alternatif: Organomineral Gübre

Son yıllarda gübre fiyatlarındaki meydana gelen rekor artışlar kimyasal gübrelerin avantajlarını artık tartışılabilir hale getirmiştir (Baffes & Koh, 2022). Ayrıca, kimyasal gübrelerin yüksek konsantrasyonu sebebi ile fazla miktarlarda kullanımı sonucu bitkilere zarar verebilmekte (Martínez-Espinoza ve ark., 2009), besin dengesizliklerine yol açmakta, organik maddenin azalmasına, ağır metal birikimine (Geisseler ve Scow, 2014; Li ve ark., 2017; Reichel ve ark.,2021) ve toprakların fiziksel olarak bozulmasının yanı sıra besin elementlerinin gaz, erozyon veya yıkanarak kaybına neden olmaktadır (Ojeniyi ve ark., 2017; Iderawumi ve ark., 2021; Olutumise ve ark.,2023). Kimyasal gübrelerin istenmeyen bu olumsuzluklarını ortadan kaldırmak amacıyla organik madde tek başına veya kimyasal gübrelerle kombinasyon şeklinde uygulanabilir (Chen, 2006). Tamer ve ark. (2016) ise uygulanan kimyasal gübrelerden bitkinin yeterince faydalanabilmesi için toprakların yeterli organik maddeye sahip olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Türkiye topraklarının büyük bir kısmının organik madde içeriği tarımsal üretimde verimi sınırlandıracak boyuttadır. 2011-2014 yıllarında Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen çalışmada alınan 10 bin adet toprak örneğinin sonuçlarına göre tarım topraklarımızın %99'u organik maddece fakir (<%3) bulunmuştur (Gezgin, 2018). Bitkisel üretimde maksimum verim alabilmek için bitkinin ihtiyacı olan besin elementlerini gübre şeklinde vermeden önce topraklardaki mevcut

organik madde sorununun çözülmesi gerekmektedir (Tamer ve ark., 2016). Tarım topraklarımızın organik madde içeriğinin yetersiz olması bunun ise zamanla daha da azalması ülkemizde bulunan organik madde kaynaklarının kullanımı için yenilikçi bir yaklaşıma ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

21.yüzyılda artan tarımsal gelişmeler ile birlikte çiftçiler organik gübrelerin büyük faydalarını ve mineral gübrelerin avantajlarını birleştirerek yeniden kullanma döngüsüne girmeye başlamışlardır. Bununla birlikte, geniş alanlara büyük miktarlarda organik gübre uygulamanın ekonomik fizibilitesi düşüktür. Bu nedenle organik gübreye mineral bileşenlerin eklenmesi biyogübrenin zenginleşmesi ile uygulama miktarların azalmasını ve böylece maliyetin düşmesini sağlamaktadır (Moraes ve ark., 2018).

Kimyasal gübrenin zenginleştirilmesini sağlayacak olan hammaddenin kolay ulaşılabilir olması organomineral gübre için en önemli kazançlardandır. Ülkemizin sahip olduğu doğal leonardit kaynaklarının değerlendirilmesi ile elde edilen hümik asitler toprakların verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilir bir biçimde yönetimi için katkı sağlayabilecek niteliktedir (Engin ve Cöcen, 2012). Oksitlenmiş bir linyit olan leonardit organik maddece zengin (%50-75) (Akinremi ve ark., 2000) ve yüksek hümik asit içeriği (%30-80) sayesinde organik gübre veya toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaktadır (Ayuso ve ark., 1996). Türkiye, linyit yataklarınca zengin bir ülkedir ve leonarditin oluşum süreci göz önünde

bulundurulduğunda, her linyit yatağı potansiyel bir leonardit kaynağı olarak düşünülebilir (Engin ve Cöcen, 2012).

Bununla birlikte bitkisel üretimde ekonomik ve çevresel açıdan bakıldığında, organik atıkların gübre olarak kullanması da cazip bir seçenektir. Çiftçinin erişebileceği organik atıkların bitkisel üretimde kullanılması ile atıklarda bulunan besin maddelerinin geri dönüştürülmesi ve tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıkların bertarafından kaynaklanan çevresel zarar olasılığını azalttığı için pahalı geleneksel gübrelerin yerine geçebilir. Bu nedenle, çeşitli organik atıkların mineral gübrelerden bağımsız olarak veya mineral gübrelerle kombinasyon halinde değerlendirilebileceği sonucuna varılabilir. Organomineral gübrelere organik atıkların dahil edilmesiyle daha kalıcı etkiler, dengeli beslenme ve toprağın fizikokimyasal kalitesinde artışı garanti etmektedir. İki kaynağı birlikte kullanmanın sinerjik bir etkisi vardır ve nadir bulunan pahalı mineral gübrelere yapılan harcamaları azaltabilir. Bu ise yüksek tarımsal üretim ve toprak verimliliği sağlamak için sürdürülebilir yeni bir stratejidir (Abdulraheem ve ark., 2023).

Organomineral Gübre Nedir?

Organomineral gübreler; bir veya birden fazla organik ürünün tek mineral gübre veya kompoze (ikincil veya mikro bitki besin maddeli) kimyevi gübreler ile reaksiyonu veya karışımı ile elde edilen gübreleri ifade eder (Sancakbeyi, 2019). Magela ve ark. (2019) ise organik ve mineral kaynaklı gübrelerin tek bir formülasyon ile birleşmesi ve bitki

besin kaynaklarının etkinliğini artırdığı, besin elementlerinin kayıplarını azalttığı, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirdiği için organomineral gübreleri önemli bir gübre teknolojisi olarak ifade etmektedirler.

Organomineral gübreler 2018 yılında Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yayınlanan Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmeliğe göre ; N, N-P, N-K ve N-P-K olmak üzere katı ve sıvı organomineral gübreler olarak sınıflandırılmıştır.

Hazırlanan bu yönetmeliğe göre;

- Bir veya daha fazla inorganik N, P₂O₅, K₂O içeriği; katı organomineral gübrelere $\geq\%12$, sıvı organomineral gübrelere ise $\geq\%8$,
- Bir veya birden fazla organik materyal içeren katı organomineral gübrelere organik madde içeriği $\geq\%15$, sıvı organomineral gübrelere organik madde içeriği ise $\geq\%8$

şeklinde formülize edilmektedir (Anonim, 2023).

Smith ve ark. (2020) ise hayvan atıklarının yönetiminde kullanılan organomineral gübre tanımını hayvan gübresi ve kimyasal gübrelerin kombinasyonu ile elde edildiğini ifade etmektedir. Hayvan atıkları ile karıştırılarak elde edilen organomineral gübrelerin yüksek besin konsantrasyonuna sahip olmaları nedeniyle düşük miktarlarda uygulanması bile bitkisel üretimde yeterli olabilecektir.

Organomineral gübreler, yüksek organik madde içeriği ve makro-mikro besin elementi mevcudiyeti sebebi ile tek başına uygulanan kimyasal gübrelerden daha avantajlıdır. Genel olarak araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda organomineral gübrelerin verim ve bitki besin elementi alımı gibi bitki büyüme parametreleri üzerine hayvan gübresinin veya kimyasal gübrenin tek başına kullanımından daha etkili olduğunu vurgulamışlardır. Moraes ve ark. (2018) bunun organomineral gübrenin bitkinin büyüme dönemi boyunca kademeli olarak çözünmesi sebebi ile agronomik etkinliğinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Antille ve ark. (2014) organomineral gübre uygulaması ile P salınımının yavaşladığını bildirmişlerdir.

Son zamanlarda herhangi bir organik materyal içeren organomineral gübrelerin etkinliklerini karşılaştıran birçok çalışma yapılmıştır. Mairono ve ark. (2016) şeker kamışında doğru azotlu gübre kaynağını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada organomineral gübrenin toprak üstü biyokütlesi ve besin elementi içeriğinin kimyasal azotlu gübrelere oranla yüksek olduğunu bildirilmiştir. P verimliliği ile ilgili yapılan çalışmalarda kimyasal P kaynağı ve farklı organik materyallerin kullanılması ile fosforun spesifik adsorpsiyonunun azalması ile topraklardaki alınabilir P içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Moda ve ark., 2015; Vasconcelos ve ark., 2017; Borges ve ark., 2019). Rosolem ve ark. (2018) mısır ve soya fasulyesinde yürüttükleri çalışmada KCI uygulaması sonucu topraktan K yıkanma yoluyla kaybını kontrol altına almak amacıyla hümik asit ile kaplanmış KCI kullanmışlardır. KCI organik bileşikle kaplamanın hafif bünyeli

topraklarda K salınımını kontrol ederek yıkanma yoluyla K kayıplarının önlenebileceğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda organik materyal ve kimyasal gübrelerin birlikte uygulanması ile toprakların organik madde içeriğinin arttığı, su tutma kapasitesinin yükseldiği, besin elementi içeriğinin ve katyon değişim kapasitesini iyileştirdiği saptanmıştır (Sharma ve ark., 2022). Bununla birlikte Crusciol ve ark. (2020) şeker kamışı hasatı sonunda organomineral gübrenin kimyasal gübreye göre %7 daha karlı olduğunu bildirmişlerdir. Uzun vadede düşünüldüğünde organomineral gübrelerin tercih edilmesi ile besin kayıpları en aza indirilerek kullanılan kimyasal gübrenin etkinliği artırılmış olacaktır.

Organomineral gübreler kimyasal gübrelerle karşılaştırıldığında azotun volatilizasyonunu, P fiksasyonunu ve K gibi bazı besin maddelerinin kaybını azaltabildiği gibi organik gübrelerden ise bitkinin büyümesi için gerekli olan minerallerden bol miktarda bulunmaktadır (Aguilar ve ark. 2019; Abdurraheem ve ark. 2023). Organomineral gübrenin kullanılması ile besin elementleri toprağa bitkinin alabileceği şekilde dağıtılır. Bununla birlikte toprak mikroorganizmalarının sayısının ve faaliyetlerini artırarak organik bileşiklerin parçalanmasını hızlandıracaktır. Bunun sonucunda ürünün verimi ve kalitesi artacaktır. Böylelikle kimyasal gübre kullanım miktarı azalırken üretim maliyeti düşer ve dolaylı olarak gelir artışı sağlanmaktadır (Worthington, 2001).

Florio ve ark. (2016) geleneksel olarak uygulanan kimyasal gübrelemeye alternatif bir uygulama olarak organomineral (OM)

gübrelemenin, çavdar (*Lolium perenne*) bitkisinin azot (N) alımı ve kayıpları üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada kimyasal gübrelemeye kıyasla organomineral gübrenin toprakların toplam N içeriğinde bir artışa ve yıkanan nitrat miktarlarında ortalama %17.9 oranında azalma görülmüştür. Organomineral gübrenin toprağa uygulanması yeterli üretkenliği korurken ve N kayıplarını önemli ölçüde azaltmanın karşılığında N kullanım etkinliğini artırdığı sonucuna varılmıştır.

Du ve ark. (2013), kireçli bir toprakta fosforun hareketini ölçmek için hümik asit (HA) ve monokalsiyum fosfat (MCP) birlikte uygulanma ile laboratuvar koşullarında inkübasyon deneyi yapılmıştır. MCP (26.6 kg P ha⁻¹'e eşdeğer bir oranda) gübresi tek başına veya HA ile kombinasyon halinde (254.8 kg HA ha⁻¹) 150 mm yükseklik ve 50 mm iç çapına sahip silindirler içindeki toprak yüzeyine uygulanmış ve 7 ve 28 gün süreyle inkübe edilmiştir. Sonuç olarak MCP'ye HA eklenmesinin, HA ve MCP uygulanmasıyla fosforun hareket mesafesi ile birlikte suda çözünebilir, asitte çözünebilir ve alınabilir fosfor konsantrasyonunun arttığını bildirmişlerdir.

Afrika'da artan kimyasal gübre maliyetleri küçük çiftlik işletmelerini tarafından karşılanmaz hale geldiği için yapılan çalışmada üre ve hayvan gübresinin (sığır ve tavuk) kombine kullanımının pirinç verimi ve besin elementi alımına etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek tane verimi, bitki boyu, kardeş sayısı ve bin tane ağırlığında üre ile hayvan gübrelerinin karışımının daha verimli olduğunu göstermektedir (Ismael ve ark., 2021).

Sonuç olarak, geniş bir yelpazede incelendiğinde organomineral gübreler ile yeni bir gübre teknolojisinin geliştiği söylenebilir. Bununla birlikte Klyosov ve Orekhovskaya (2021) hayvansal atıklarla elde ettikleri organomineral gübrenin geleneksel organik ve ticari gübrelere göre avantajları şöyle sıralamaktadırlar;

- Bitkinin büyümesi için gerekli olan besin elementlerinin içermekte,
- Yabancı ot tohumlarını, patojen larva ve yumurtalarını içermemekte,
- Tarım makineleri ile uygulamaya uygun,
- Yapışmaz, kendiliğinden ısınmaz ve kendiliğinden tutuşmaz,
- Çevre dostudur, hoş olmayan güçlü bir kokusu yoktur,
- Toksik değildir, cilt ile teması halinde insan vücuduna zararlı bir etkisi yoktur.

Sonuç

Bitkisel üretimde toprağın kalitesi ve sürdürülebilirliği toprakların iyi fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilişkilidir. Günümüze değin kimyasal gübre uygulamalarının artması ile bitkisel üretimde verim artmıştır. Ancak, kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı üretim maliyetini artırırken, gıda güvenirliliğini olumsuz etkilemiş bunun yanı sıra kimyasal gübre ham maddelerinin kısıtlı olması ile artan alım fiyatları ve çevre üzerine olan zararları da şiddetlenmiştir. Son yıllarda bu problemler daha ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bitkisel üretimde yüksek verim elde edebilmek için kimyasal gübrelerin uygulanması

yanı sıra toprakların organik madde içeriklerinin iyileştirilmesi veya muhafaza edilmesi gerekmektedir. Kimyasal gübrenin zenginleştirilmesini sağlayacak olan hammaddenin kolay ulaşılabilir olması organomineral gübre için en önemli kazançlardandır. Sonuç olarak organomineral gübrelerin kullanımı gibi gelişmekte olan tarımsal uygulamaların benimsenmesi ile bitkisel üretimin sürdürülebilirliğinin yanı sıra yeni alternatif kaynakların ortaya çıkabilmesini sağlayan, çevre ile dost, hem verimlilik hem de uygulanabilirlik açısından ekonomik bir yaklaşım sağlanmaktadır. Güncel olarak yapılan bir çok çalışmada organomineral gübre kavramının bitkisel üretimde oldukça umut verici olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdulraheem, M. I., Hu, J., Ahmed, S., Li, L., Naqvi, S. M. Z. A. (2023). Advances in the Use of Organic and Organomineral Fertilizers in Sustainable Agricultural Production. *Organic Fertilizers*, DOI: 10.5772/intechopen.1001465.
- Aguilar, A.S., Cardoso, A. F., Lima, L. C., Luz, J. M.Q., Rodrigues, T., Lana, R. M. Q. (2019). Influence of organomineral fertilization in the development of the potato crop cv. Cupid. *Bioscience Journal*, 35(1):199-210.
- Akinremi, O.O., Janzen, R.L., Lemke, R.L., Larney, F.J. (2000). Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Canadian Journal of Soil Science*, 80(3), 437-443.
- Anonim (2022). United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3.
- Anonim, (2023). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından yayınlanan Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmeliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180223-.htm>.(Erişim Tarihi: 01.07.2023)
- Antille, D.L., Sakrabani, R., Godwin, R.J. (2014). Effects of biosolids-derived organomineral fertilizers, urea, and biosolids granules on crop and soil established with ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*.45(12):1605-1621.
- Ayuso, M., Hernandez, T., Garcia, C., Pascual, J.A. (1996). A comparative study of the effect on barley growth of humic substances extracted from municipal wastes and from traditional organic materials. *Science of Food and Agriculture*, 72:493-500.
- Baffes, J., Koh, W. C. (2022). Fertilizer prices expected to remain higher for longer. [WORLD BANK.ORG. https://blogs.worldbank.org/opendata/fertilizer-prices-expected-remain-higher-longer](https://blogs.worldbank.org/opendata/fertilizer-prices-expected-remain-higher-longer). (Erişim Tarihi:01.07.2023).

- Borges, B.M.M.N., Abdala, D.B., Souze, M.F., Viglio, L.M., Coelho, M.J.A., Pavinato, P.S., Franco, H.C.J. (2019). Organomineral phosphate fertilizer from sugarcane byproduct and its effects on soil phosphorus availability and sugarcane yield. *Geoderma*. 339:20–30.
- Chandran, V., shaji, H., Mathew, L. (2021). Chapter 5 - Methods for controlled release of fertilizers. *Environmental Science*, DOI:10.1016/b978-0-12-819555-0.00013-3.
- Crusciol, C.A.C., Campos, M.d., Martello, J.M., Alves, C.J., Nascimento, C. A. C., Pereira, J. C. S. R., Cantarella, H. (2020). Organomineral Fertilizer as Source of P and K for Sugarcane. *Scientific Reports*, 10, 5398.
- Chen, B., Zhou, D., Zhu, L. (2008). Transitional Adsorption and Partition of Nonpolar and Polar Aromatic Contaminants by Biochars of Pine Needles with Different Pyrolytic Temperatures. *Environmental Science & Technology*, 42(14), 5137-5143.
- Du, Z.Y., Wang, Q.H., Liu, F.C., Ma, H.L., Ma, B.Y., Malhi, S.S. (2013). Movement of phosphorus in a calcareous soil as affected by humic acid. *Pedosphere*, 23 (2): 229-235.
- Engin T, Cöcen İ, 2012. Leonardit ve Humik Maddeler Leonardite and Humic Matters. *Journal of Underground Resources*. 1(2); 13-20.
- Florio, A., Felici, B., Migliore, M., Dell'Abate, M.T., Benedetti, A. (2016). Nitrogen losses, uptake and abundance of ammonia oxidizers in soil under mineral and organo-mineral fertilization regimes. *Journal of Science Food Agriculture*, 96(7):2440-50.
- Geisseler, D., Scow, K. M. (2014). Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 54-63.
- Gezgin, S. (2018). Türkiye Topraklarının Organik Madde Durumu, Organik Madde Kaynaklarımız Ve Kullanımı. *Organomineral Gübre Çalıştayı*, 29 Eylül 2017, İstanbul, Türkiye.
- Iderawumi, A.M., Joshua, F., Abiodun, I. M. ve ark. (2021). Innovative techniques of operating school farm. *Farming and Management*, 6(1):21-28.

- Ismael, F., Ndayiragije, A., Fanguero, D. (2021). New fertilizer strategies combining manure and urea for improved rice growth in Mozambique. *Agronomy*. 11:783.
- Klyosov, D. N., Orekhovskaya, A. A. (2021). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 723.
- Li, X. G., Jia, B., Lv, J., Ma, Q., Kuzyakov, Y., Li, F.-m. (2017). Nitrogen fertilization decreases the decomposition of soil organic matter and plant residues in planted soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 112, 47-55.
- Magela, M.L.M., Camargo, R., Lana, R. M. Q., Miranda, M. C. C., Mota, R. P. (2019). Efficacy of organomineral fertilizers derived from biosolid or filter cake on early maize development. *Australian Journal of Crop Science*, 13(05):662-670.
- Mariano, E., Leite, J.M., Veira-Megda, M.X., Ciampitti, I. (2016). Biomass and Nutrient Content by Sugarcane as Affected by Fertilizer Nitrogen Sources. *Crop Science*. 56, 1-11.
- Martinez-Espinoza, A. D., Burpee, L. L., Waltz, C. (2009). Abiotic injuries and disorders of turfgrasses in Georgia. University of Georgia Cooperative Extension, College of Agricultural and Environmental Sciences, University of Georgia.
- Moraes, E.R., Mageste, J.G., Lana, R.M.Q., Silva, R.V., Camargo, R. (2018). Sugarcane: Organo-Mineral Fertilizers and Biostimulants. InTech. doi: 10.5772/intechopen.71493.
- Moda, L.R., Prado, R. M., Caione, G., Campos, E.C.S., Flores, R. A. (2015). Effect of sources and rates of phosphorus associated with filter cake on sugarcane nutrition and yield. *Australian Journal of Crop Science*, 9, 477-485.
- Noel, S., Mikulcak F., Etter, H., Stewart, N. (2015). Economics of Land Degradation Initiative: Report for policy and decision makers_ Reaping economic and environmental benefits from sustainable land management. Bonn, Germany: ELD Initiative and Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

- Ojeniye, S.O., Oyatoye, A., Abdulraheem, M.I. (2017). use of ash for soil fertility improvement: effect on Cowpea. *Nigeria Journal of Soil Science*, 27:216-221.
- Olutumise, A.I., Oladayo, T.O., Oparinde, L.O., Ajibefun, I.A., Amos, T.T., Hosu, Y.S., Alimi, I. (2023). Determinants of Health Management Practices' Utilization and Its Effect on Poultry Farmers' Income in Ondo State, Nigeria. *Sustainability*, 15, 2298.
- Reichel, R., Brüggemann, N., Rothardt, S., Kamau, C. W., Kumar, A., Temperton, V., Clayton, J. (2021). A more efficient use of nitrogen for a more sustainable agriculture. BONARES Newsletter. Retrieved 2022-06-14 from <https://newsletter.bonares.de/home/detail/60a363af86b55f1f44522397>
- Rosolem, C. A., Almeida, D. S., Rocha, K. F., Bacco, G. H. (2018). Potassium fertilisation with humic acid coated KCl in a sandy clay loam tropical soil. *Soil Research*. 56 (3), 244–251.
- Sancakbeyi, F. N. (2019). Organomineral Gübreler Kullanım Olanakları Dünyada Ve Ülkemizde Yapılan Çalışmalar. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s.
- Sharma, S., Rana, V.S., Rana, N., Sharma, U., Gudeta, K., Alharbi, K., Ameen, F., Bhat, S.A. (2022). Effect of Organic Manures on Growth, Yield, Leaf Nutrient Uptake and Soil Properties of Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Chev.) cv. Allison. *Plants*, 11(23), 3354.
- Shaviv, A., Mikkelsen, R. L. (1993). Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation - A review. *Fertilizer research*, 35(1), 1-12.
- Smith, W.B., Wilson, M., Pagliari, P. (2020). Organomineral Fertilizers and Their Application to Field Crops. *Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management*, 67, 229-243.
- Tamer, N., Başalma, D., Türkmen, C., Namlı, A. (2016). Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 11-20.

- Tilman, D. (1998). The greening of the green revolution. *Nature*, 396(6708), 211-212.
- Timilsena, Y.P., Adhikari, R., Casey, P., Muster, T., Gill, H., Adhikari, B. (2015). Enhanced efficiency fertilisers: a review of formulation and nutrient release patterns. *J Sci Food Agric* 95:1131–1142.
- Vasconcelos, R.L., De Almeida, H.J., De Mello Prado, R., Dos Santos, L. F. J., Júnior, J. M. P. (2017). Filter cake in industrial quality and in the physiological and acid phosphatase activities in cane-plant. *Industrial Crops and Products*, 105, 133–141.
- Worthington, V. (2001). Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *The Journal of Alternative & Complementary Medicine*, 7(2):161-173.

BÖLÜM 6

KAYSERİ İLİNDE YEM BİTKİSİ DESTEKLEMELERİNİN YEM BİTKİSİ YETİŞTİRİCİLİĞİ VE ÜRETİMİNE ETKİSİ

Zir. Yük. Müh. Şeyma Akşit ÖZER¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256847>

¹ Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, FBE
Doktora Öğrencisi, Kayseri, Türkiye. ORCID: 0000-0003-1517-3943.
seyma.aksitozer@tarimorman.gov.tr

1. GİRİŞ

Bir ülkedeki hayvansal ürünlerin kalitesini hayvanlara sağlanan kaba yemin nitelik ve niceliği belirler. Bu nedenle yem bitkileri ülkemiz mevcut hayvan varlığının ihtiyacı olan kaba yem açığının kapatılması açısından büyük bir öneme sahiptir. Hayvan beslenmesinde ortaya çıkan besin ihtiyacının büyük bir kısmı yem bitkilerinden karşılanmaktadır. Yem bitkileri arzının devamlılığı hayvan beslemede sürekliliği sağlar (Akman ve ark., 2006).

Kaba yemler hayvanların mide florası için gerekli olan besin öğelerini bünyelerinde barındırdıklarından hayvanlarda üreme gücünü artırmakta ve birçok hastalığın önlenmesinde rol oynamaktadır (Serin ve Tan, 2001a). Son zamanlarda nüfusun giderek artması sebebi ile hayvansal ürünlere olan talep de gün geçtikçe artan bir ivme kazanmış ve bu duruma paralel olarak entansif işletmelerin sayısında da artış meydana gelmiştir. Ortaya çıkan bu işletme türlerinde genellikle kapalı ortamda besleme usulü benimsendiğinden kaba yem ihtiyacı artmıştır (Yolcu ve Tan, 2008). Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de hayvan beslemede yem bitkilerine yer verilmesi ile hayvansal ürünlerde verim ve kalite artışı ortaya çıkmış olup, işletmelerin karlılığı artmaktadır. Özellikle hayvancılık yapan işletmelerin hayvan beslemede kullanacağı yem bitkilerini kendileri yetiştirmeleri karlılıklarının daha da artmasına neden olacaktır.

Hayvanlar için doğal beslenme kaynağı olan çayır ve meralarımız yetersiz yağış, bilinçsiz ve zamansız otlatma sebebi ile büyük oranda yeterliliğini kaybetmiş durumdadır. Bahsedilen konulardan kaynaklı

olarak meralarımızın verimsizleşmesi ve hayvancılığın giderek besi hayvancılığı üzerine yoğunlaşması sebebi ile ortaya çıkan kaba yem açığının yem bitkisi yetiştiriciliğinin ve veriminin artırılması ile kapatılması bir gerekliliktir (Yolcu ve Tan 2008). Yem bitkileri yetiştiriciliği ile meralarda ortaya çıkan otlatma baskısı da azalmış olacak ve meralar dinlenme için fırsat bulmuş olacaktır. İşletme giderlerinin neredeyse % 70' ini kapsayan beslenme masrafları hayvancılık endüstrisinin dengelenebilmesinde büyük bir role sahip olduğundan tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yem bitkisi desteklemeleri mevcuttur. Tarımsal desteklemelerin varlığı, miktarı ve yıllar içindeki değişimi gelecekte yapılacak olan desteklemeler ile yem bitkisi üretimine bölgesel çaptan başlayarak ülkesel çapta etkisi olacağı tartışılmaz bir gerçektir.

Kayseri ili, coğrafi konum itibariyle, toprak ve iklim koşullarının çeşitlilik göstermesi sulu ve kuru şartlara adapte olabilen bitkilerin çeşitliliğinin artmasının önünü açmaktadır. Genel olarak konvansiyonel tarım modeli benimsenmiştir. İl geneli ürün çeşitliliği mevcut olup büyük bir yem bitkisi üretim potansiyeli vardır. Bu kapsamda yem bitkilerinin yeterliliğinin, devamlılığın araştırılması ülkemiz bazında bir gereklilik olduğu gibi il bazında incelenmesi de bir gerekliliktir. Bu kapsamda profesyonel anlamda işletme sayısının gün geçtikçe arttığı bu durumla paralel olarak yem bitkisi ihtiyacının da arttığı Kayseri ilinde yem bitkileri mevcut durumunun incelenmesi yem bitkileri üretiminin sürdürülebilirliği açısından büyük bir önem arz etmektedir. Yüz ölçümü 1.697.513 ha olan Kayseri ili coğrafi konumu gereği farklı iklim ve

toprak özelliklerini bünyesinde barındırmaktadır. İl geneli toprak yapısı genellikle tarıma elverişli olup, ürün çeşitliliği mevcuttur. Tarım ve hayvancılık temel gelir kaynağı olarak birçok çiftçi tarafından benimsenmekte olup modern tarım teknikleri kullanılmaktadır. Ürün deseni genel olarak buğday, arpa, şeker pancarı, çerezlik ayçiçeği, çerezlik kabak, patates, baklagiller, yem bitkileri, elma, üzüm gibi ürünlerdir.

Kayseri ilinde genellikle sığır, manda, kıl keçisi, koyun yetiştiriciliği yapılmaktadır. Kayseri ili çayır mera alanının il geneli alanın %37'lik kısmını kapsaması hayvan işletme sayısının artmasına ve hayvancılığın gelişmesine etki etmiştir. Kayseri ilinde yaklaşık olarak 406.232 büyükbaş ve 946.118 küçükbaş hayvan bulunmaktadır. Bu hayvan varlığını besleyebilmek için yılda 2.285.104 ton kaliteli kaba yeme ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat il genelinde kaba yem üretimi 1.099.030 ton düzeyinde kalmaktadır. Kaba yem ihtiyacının kalan yarısını karşılamak için üreticiler girdi maliyeti yüksek hazır yeme yönelmekte, bu sebeple de hayvansal ürünler tüketiciye daha fazla fiyatla sunulmaktadır. Kaba yem üretiminin desteklenmesi ile bu fiyat dengesizliğinin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.

İl genelinde yıllık yağış miktarı 389.3 mm'dir. Bu yağış miktarı ve dağılımı ürün çeşitliliğini azaltmaktadır. Bu sebeple üreticiler arazilerini nadasa bırakmakta ve iki yılda bir ekim gerçekleştirmektedirler. Bu durum ülke ekonomisine zarar vermektedir. Kaliteli kaba yem ihtiyacını yeteri kadar sağlayamayan üreticiler,

mevcut bulunan ve %90'ının zayıf olduğu meralara yönelmekte, aşırı otlatma ile meralara zarar vermektedirler.

Hayvan beslemedeki öneminin yanı sıra yem bitkileri yetiştirildiği toprağa birçok açıdan olumlu etkisi olan iyi bir münavebe bitkileridir. Yem bitkilerinin münavebe sistemine dahil edilmesiyle nadasa bırakılan alanların üretime katılması sağlanarak, meralar üzerinde oluşan baskı azaltılabilir.

Ekim nöbetinde yem bitkilerinin etkinliği sıralanacak olursa toprağın organik madde açısından zenginleşmesine sebep olurlar, toprağın tekstürünü ve kimyasal özelliklerini düzenlerler, toprak erozyonunun oluşmasını engellerler, toprağın verimliliğini arttırırlar, tarım arazilerinin kullanımının etkinleştirilmesini sağlarlar, nadasa bırakılan alanlardan ekonomik gelir elde edileceği için ekonomik zararın önüne geçerler, toprakta sürekli aynı ürünlerin yetiştirilmesinden kaynaklı olan toprak yorgunluğunun önüne geçer ve hayvan besleme açısından çok kıymetli besin ögesidirler (Soya ve ark., 2004).

Yem bitkilerinin tüm bu özellikleri ve Kayseri İli'nin mevcut tarım ve hayvancılık durumu değerlendirildiğinde maliyetleri arttıran en önemli girdilerden biri olan kaba yem fiyat istikrarının sağlanması amacıyla desteklemeler önemli bir yere sahiptir. İl geneli son 5 yılda yem bitkileri üretimi, ekim alanı ve destekleme miktarları incelenmesi üretim ve maliyet paralelliğine ışık tutacaktır.

2. KAYSERİ İLİ ARAZİ KULLANIM DURUMU

Kayseri ili toplam arazi varlığı 5.381.536 da' dır. 382.450 da sebze alanı toplam arazi varlığının %7.107'sini, 3.841.501 da tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin alanı ise toplam arazi varlığının %71.383'ünü, 155.038 da meyveler, içecek ve baharat bitkileri alanı toplam alanın %2.881'ini 1.002.547 da nadas alanı toplam arazi varlığının %18.629'unu kapsamakta olup, il geneli nadas alanları kullanılmamakta ve bu alanlardan tarımsal gelir elde edilememektedir (Tablo 1). Yem bitkilerinin iyi bir münavebe bitkisi olma özelliğinden yararlanılarak nadasa bırakılan alanlar yem bitkisi ekimi ile değerlendirilebilir. İl genelinde en çok tahıl-nadas sistemi uygulanmaktadır. Özellikle tek yıllık baklagil yem bitkilerinin münavebeye dahil edilmesi, bu bitkilerin karışım halinde ya da tek olarak tarlaya ekilmesi durumunda tarlayı erken dönemde boşalttığı için kendinden sonra yetiştirilecek olan tahılın verimine olumlu katkı sağlayacağı araştırmalarda vurgulanmaktadır (Anonim, 1981). İl geneli nadas alanının fazla yer kaplıyor olmasının sebebi, yıl boyu düşen yağışın 300-500 mm arasında olmasıdır. Bu durumdan ötürü suyu ekonomik kullanan ürünlerin yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması bir gereklilik arz etmektedir. Bu doğrultuda yem bitkileri çok iyi bir alternatif olmaktadır. Bu sebeple nadasın fazlaca yapıldığı bölgede araziyi nadasa bırakmak yerine “tahıl-baklagil yem bitkisi” gibi iki yıllık ya da “tahıl-baklagil yem bitkisi-nadas” gibi üç yıllık ekim nöbeti sistemlerinin uygulanması ile nadas alanlarının üretime dahil edilmesi sağlanabilir (Kendir ve Tahtacıoğlu, 2001).

Meyvecilikte genel olarak elma, üzüm, kayısı gibi başlıca ürünler yetiştirilmektedir.

Çerezlik kabak, patlıcan, biber, domates gibi sebzeler Kayseri ilinde yapılan sebzeçiliğin temelini oluştururlar.

İl genelinde tahıl yetiştiriciliği önemli bir gelir kaynağıdır. Buğday, arpa, çavdar, patates, şeker pancarı tarımı yapılan önemli tarla bitkilerindedir. Yem bitkileri yetiştiriciliği de bu grup içinde önemli bir yere sahiptir. Bu bitkiler Tablo 3.'te belirtildiği gibi Adi fiğ, Macar fiği, yonca, korunga, silajlık mısır, sorgum, burçak, yulaf, yemlik çim ve yem bezelyesi gibi önemli yem bitkileridir.

Tablo 1: Kayseri İli Arazi Kullanım Durumu (TÜİK, 2022)

Ürünler	Ekim alanı (da)
Nadas Alanı	1.002.547
Sebze Alanı	382.450
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alanı	3.841.501
Meyveler, İçecek ve Baharat Bitkileri Alanı	155.038

3. KAYSERİ İLİ YEM BİTKİLERİ EKİLİŞ ALANLARI VE ÜRETİM MİKTARLARI

2018 yılında yem bitkileri ekim alanı toplam alan içindeki payı %5.32 iken 2022 yılında ise %5.72 olarak değişim göstermiştir. Yem bitkileri üretim miktarı ve ekim alanı olarak en yüksek değere 2019 yılında 333.187 da alandan 1.099.030 ton ile ulaşılmıştır (Tablo 2).

Bu dalgalanmaların en önemli sebebi çiftçilerin Kayseri ili iklim ve topoğrafik yapısından dolayı üretimde istikrarı sağlayamamış olmasıdır. Yağışın yetersizliği sebebi ile tahıl-nadas münavebe sisteminin çiftçiler tarafından fazlaca benimsenmiş olmasıdır. Bu alışkanlığın değiştirilmesi için bakanlık yem bitkileri üretimine olan desteklemeler yapmaktadır. Desteklemeler neticesinde tahıl-yem bitkisi münavebe sisteminin benimsetilmesi amaçlanmaktadır. Desteklemelere bağlı olarak da üretimde dalgalanmalar gerçekleşmektedir. Desteklemelerden faydalanabilen üreticiler üretime yönelmiş diğer kesim ise nadasa bırakmayı tercih etmiştir.

Kayseri ilinde bulunan kaba yem açığının kapatılabilmesi için üretimde istikrarın sağlanması en önemli konudur. Bu açığın kapatılabilmesi için yem bitkileri üretim alanlarının artırılması en büyük ihtiyaçtır. Bu konuda desteklemelerin artırılmasının önemli olduğu kadar yöreye uygun verimli çeşitlerin belirlenmesi de önemlidir. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar yem bitkileri ekim alanlarının artmasını hedeflenmesine rağmen artış beklenen hızda değildir. İl genelinde yem bitkileri üretiminin artırılmasının yolu yerleşmiş olan alışkanlıkların kırılması ve destekleme miktarlarının artırılmasından geçmektedir.

Tablo 2: Kayseri İli Toplam Yem Bitkileri Ekim Alanı ve Üretim Miktarı (TÜİK, 2022)

Yıllar	Toplam Alan (da)	Toplam Yem Bitkisi Ekim Alanı (da)	Üretim Miktarı (ton)
2018	5.762.232	306.573	1.016.767
2019	5.868.432	333.187	1.099.030
2020	5.718.089	294.910	1.011.175
2021	5.508.331	311.580	1.004.850
2022	5.381.536	307.845	1.006.345

4. KAYSERİ İLİNDE TARIMI YAPILAN YEM BİTKİLERİ

Kayseri ilinde yetiştiriciliği en çok yapılan yem bitkisi silajlık mısırdır. Silajlık mısır ekim alanı son beş yıl içinde 477.550 da ile 395.668 da arasında değişmiştir. Gelişme seviyesi düşük olan birçok dünya ülkesinde mısır insan beslenmesinde önemli bir kaynaktır ancak ülkelerin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak mısırın hayvan beslenmesine kullanılma oranı artmaktadır. Nitekim AB ülkelerinde mısır çoğunlukla hayvan beslenmesinde önemli bir yem kaynağıdır (Kün, 1997). Ülkemiz genelinde mısır insan beslenmesinde %45 oranında kullanılırken, hayvan beslenmesinde %41 oranında kullanılmaktadır (Turgut, 2002). Kayseri ili genelinde de hayvan beslenmesinde kullanılma oranı yüksektir. Bu durumun en önemli sebebi yeşil aksamının fazla olması, silaj yapmak için gerekli olan özellikleri fazlasıyla taşıyor olması, yetiştirme süresinin kısa olması,

sahip olduğu parametreler sebebi ile yüksek besleme değerine sahip olmasının yanı sıra hayvanların damak zevki için yüksek uygunluk göstermesidir (Yıldırım ve Baytekin).

Yonca ekim alanı son beş yılda 107.619 da alandan 120.261 da alana ulaşmıştır (Tablo 3). Değişik iklim koşullarında sergilediği yüksek performans, veriminin yüksek olması farklı iklim koşullarına karşı sergilediği uyum ve geniş çevre şartlarında veriminin ve yem kalitesinin yüksekliği sebebiyle yem bitkileri arasında önemli bir yere sahiptir (Dordas 2006; Berg ve ark. 2007; Zhang ve ark. 2008).

Yem bezelyesi yetiştiriciliği 2018 yılında Kayseri ilinde yapılmazken 2020 ve 2021 yılında 3958 da ve 2.126 da olmuştur (Tablo 3). Bu durumun en önemli sebebi il genelinde bakanlık projeleriyle yem bitkisi üretiminin desteklenerek tohum maliyetinin belli bir oranının bakanlık tarafından karşılanmasıdır. Girdi maliyetinde meydana gelen düşüş çiftçilerde yem bezelyesine olan ilgiyi bir nebze de olsa artırmış ve yem bezelyesi ekim alanının artmasına sebep olmuştur. Yem bezelyesi tek yıllık bir baklagil yem bitkisidir. Diğer tek yıllık yem bitkileri gibi bakanlık desteklemesi mevcut olan bir yem bitkisidir. Bütün hayvanların damak zevki için uygun ve beslenme oranı yüksek olan bir bitkidir. Özellikle taneleri hayvan besleme açısından oldukça değerlidir. Yem rasyonlarında protein oranını artırmak için kullanılabilir. Yem bitkisi olarak genellikle taneleri kullanılır bunun yanı sıra iyi bir yeşil gübre ve yem bitkisidir (Özkaynak, 1980).

Adi fiğ Kayseri ilinde yazlık olarak ekimi gerçekleştirilen ve hayvan besleme açısından değerli bir yem kaynağıdır. Son beş yıl içinde adi fiğ

ekim alanı 37.460 da alandan 43.389 da alana yükselerek (Tablo 3), il geneli üretimi yapılan tüm 2022 yılında yem bitkileri toplam alanının içinde %6.89'luk bir paya sahip olmuştur. Macar fiği kışa dayanımı daha yüksek bir yem bitkisi olması sebebiyle Kayseri ilinde yetiştiriciliği genellikle kışlık olarak yapılmaktadır. Fiğler bakanlık tarafından desteklenen ve yine bakanlık tarafından yapılan yem bitkisi projeleri kapsamında tohum maliyetinin belirli bir oranının karşılandığı bitkiler sınıfındadır. Bu sebeple hayvancılık işletmelerinde kaba yem üretimi esnasında girdi masraflarının belirli bir kısmı bakanlık tarafından karşılanmış olmaktadır. Bu sebeple Macar fiği ve adi fiğin Kayseri ilinde yetiştiriciliği süreklilik göstermektedir. Fiğler oldukça değerli yem bitkileridir. Fiğlerin yem bitkisi olarak kullanılmasındaki en büyük sorun sürünücü yapıda olmalarıdır. Bu durumu tersine çevrilmesi amacıyla buğdaygil yem bitkileri ile karışım halinde yetiştirilmelerinin faydalı olacağı ortaya koyulmuştur (Açıkgöz, 1991; Bakır ve ark.,1986). Hayvan beslemedeki öneminin yanı sıra fiğler baklagil yem bitkisi olması sebebi ile toprağa azot fiske etmeleri sebebi ile toprağın azot içeriğinin zenginleşmesine sebep olurlar. Adi fiğin gen merkezi Türkiye olmakla birlikte Doğu Anadolu ve Ege denizi arasındaki geniş bir coğrafyada doğal bitki örtüsü olarak yayılım göstermektedir (Avcıoğlu ve Soya, 1977).

Yulaf ve tiritikale kaba yem üretiminde kullanılmakta olup üretimi yıllara göre dalgalanma göstermektedir (Tablo 3). 2022 yılı toplam yem bitkisi ekim alanı içerisinde yulaf %2.77, tiritikale ise %0.07 'lik bir paya sahip olmuştur. Yulaf ve tiritikale Kayseri ilinde tek yıllık yem bitkisi

olarak yetiştirilmekte olup hayvan yemi rasyonlarında ve özellikle bazı tek yıllık baklagil yem bitkilerinin yetiştiriciliğinde karışım bitki olarak kullanılmaları sebebiyle önem arz etmektedirler.

Sorgum ekim alanı Kayseri ilinde son beş yılda 35 da alandan 60 da alana yükselerek %71.43 'lük bir artış göstermektedir (Tablo 3). Sorgum il genelinde sulanmayan alanlarda silajlık mısıra alternatif iyi bir silaj yem bitkisidir. Su kısıtı olan alanların değerlendirilmesi açısından çok değerli bir yem bitkisidir. Sulanabilen alanlarda verimi her biçimde 2-3 ton arasında olabilmekte ancak kurak alanlarda tek biçimdeki verimi 1.5 ton olmaktadır (Sabancı, 2013). Sorgumun yüksek beslenme değerinin yanında tek olumsuz yönü HCN zehirlenmesidir. HCN özellikle bitkinin erken gelişim evrelerinde yüksek oranda bulunur. Bu nedenle sorgum 70-100 cm boylanmadan hayvanlarca tüketilmemesi sağlanmalıdır (Avcıoğlu ve ark., 2009).

Burçak ekim alanı son beş yılda 400 da alandan 155 da alana gerilemiştir (Tablo 3). Bu durumun en önemli sebebi hasadının zor olması sebebi ile geniş alanlarda ekiminin yapılamaması ve veriminin diğer yem bitkilerine göre düşük olmasıdır. Bu özelliklerinin yanı sıra burçak baklagil bitkisi olup tane amaçlı üretimi yapılmaktadır, kurağa dayanımı yüksek olduğu için birçok bölgede doğal olarak bulunabilmektedir (Davis, 1969).

Ryegrass olarak da adlandırılan İtalyan çiminin il geneli ekim alanı 73 da ve 75 da alanda değişmektedir (Tablo 3). Genellikle Silaj yapımında ve yeşil otu için yetiştiriciliği yapılan İtalyan çimi, standart koşullarda ortalama 40 gün içinde ilk biçim seviyesine ulaşmaktadır. Biçim sıklığı

17-20 gün arasında değişmektedir. Yapılan her biçimde dekardan 1,5-3 ton yeşil ot elde edilebilmektedir. Veriminin yüksek olması sebebi ile ekiminin yaygınlaştırılması kapsamında projeler yürütülmektedir. Hayvan beslemedeki öneminin yanı sıra kök gelişiminin kuvvetli olması sebebiyle arazilerin ıslah çalışmalarında da kullanılabilir (Elçi, 2005).

Tablo 3: Kayseri İli Yetiştiriciliği Yapılan Yem Bitkileri ve Ekim Alanları.

Yıllar	Sorgum (da)	Adi fiğ (da)	Macar fiği (da)	Burçak (da)	Yonca (da)	Korunga (da)	Yulaf (da)	Tritikale (da)	Silajlık Mısır (da)
2018	35	37.460	29.817	400	107.619	33.085	7.263	515	477.550
2019	30	50.240	28.650	350	105.122	27.230	28.405	500	489.810
2020	30	39.665	25.880	350	108.498	21.178	13.130	500	453.915
2021	73	41.285	35.329	320	110.832	22.409	17.200	500	423.275
2022	60	43.389	28.757	155	120.261	21.690	17.435	450	395.668

5. KAYSERİ İLİNİN SON BEŞ YILDA TOPLAM DESTEKLEME TUTARI, DESTEKLENEN ALAN VE ÇİFTÇİ SAYILARINDA MEYDANA GELEN DEĞİŞİM

Yem bitkileri üretiminin hayvan beslemede ortaya çıkan kaba yem açığının kapatılabilmesi amacıyla artırılması gerekmektedir. Bu sebeple yem bitkileri üretiminin desteklenmesi ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ülkemiz genelinde yem bitkilerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar 1952 yılında Tarım Bakanlığı bünyesinde Çayır-Mera ve Yem Bitkileri Şubesinin kurulması ile ivme kazanmıştır.

1952 yılından bu tarafa yeni çeşit geliştirme çalışmalarının yanı sıra üreticilere yem bitkileri tohumu dağıtılarak üretimin artırılması sağlanmıştır. Bahsi geçen projeler kapsamında 1952-1975 yılları arasında bakanlık yem bitkileri üretimini belirli bir seviyeye çıkarmak amacıyla çeşitli teşviklerde bulunsa da altıncı ve yedinci beş yıllık kalkınma planlarında beklenenin oldukça gerisinde olmuştur. Ancak kaliteli hayvansal ürün elde etmenin şartı kaliteli ve verimli bir hayvan besleme rasyonudur. Bu sebeple günümüzde hala desteklemeler devam etmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2017 yılında başlatmış olduğu "Havza Bazlı Destekleme Modeli" kapsamında, ülkemizde arz açığı bulunan, stratejik açıdan önemli, bölgesel önem arz eden, insan beslenmesi - sağlığı ve hayvansal üretim açısından önemli 21 üründe (buğday, arpa, çavdar, çeltik, tane mısır, tritikale, yulaf, mercimek, nohut, kuru fasulye, pamuk, soya, yağlık ayçiçeği, kanola, aspir, çay, fındık, zeytinyağı, patates, soğan (kuru) ve yem bitkileri) mazot-gübre, sertifikalı tohumluk kullanım, fark ödemesi, yem bitkileri, fındık alan bazlı gelir destekleme uygulamaları yürütülmektedir. Bu desteklemelere ek olarak sertifikalı tohum kullanım desteği ve yem bitkileri destekleri kapsamında yeşile biçilen yem bitkilerine Tablo 5'te belirtilen desteklemeler yapılmaktadır. Güncel projelerden biri olan Kayseri İl Tarım ve Orman Müdürlüğü yem bitkileri üretiminin desteklenmesi amacıyla 2021 yılında Çayır Mera Yem Bitkilerinin Üretiminin Geliştirilmesi Projesi kapsamında 350 üreticiye 6.500 da alan için 25 ton korunga, 20 ton fiğ, 36 ton yulaf tohumu dağıtımını gerçekleştirmiştir. İl genelinde benzer projeler halen yürütülmektedir.

Tablo 4: Kayseri İli Yıllara Toplam Desteklenen Alan Ve Destekleme Miktarları

Yıllar	Desteğe Tabi Alan (da)	Çiftçi Sayısı	Destekleme Tutarı (TL)
2018	158.813	3.904	15.715.662,00
2019	186.477	4.678	14.606.104,00
2020	170.681	4.608	12.908.466,00
2021	189.575	4.633	14.724.060,82
2022	149.674	3.852	11.891.565,35

Desteğe tabi olan alan 2018 yılında 158.813 da iken 2022 yılında bu değer 149.674 da alana gerilemiştir. En yüksek değere isse 2021 yılında ulaşılmıştır. En yüksek destekleme tutarı ise 3.904 çiftçi ile 15.715.662,00 TL olarak 2018 yılında olmuştur (Tablo 4). Desteklemeler ülke genelinde yem bitkileri ekim alanlarında bir artış meydana getirmiş olsa da Kayseri genelinde yıllar içinde dalgalanmalara sebep olmuştur. Bu durum özellikle küçük çapta üretim yapan çiftçilerin desteklemelerden daha az faydalandığını göstermektedir. Meydana gelen bu dalgalanmaların diğer sebebi ise ürün-fiyat arasındaki dengenin korunamamasıdır. Kısacası çiftçilerin birim alandan elde ettikleri gelirin düşmesi çiftçilerin üretimden geri çekilmesine sebep olmaktadır (Dinler, 2000; Rehber, 2013). Ekim alanlarında meydana gelen dalgalanmanın diğer bir sebebi ise çiftçilerin süregelen alışkanları tahıl-nadas münavebe sisteminden vazgeçememeleri ve kar marjı daha yüksek ürünlere yönelmeleridir.

Tablo 5: Ürün Bazlı Destekleme Miktarları

Ürünler	Destekleme Miktarı (TL)
Yonca	90
Korunga	90
Silajlık Mısır	100
Tek Yıllık Yem Bitkileri (Fiğler, Yem Bezelyesi)	60
Yulaf (Yeşil Ot)	40
Tiritikale (Yeşil Ot)	40
Çavdar (Yeşil Ot)	40
İtalyan Çimi	60
Korunga, Yonca (Kuru Ekilişler)	40

6. KAYSERİ İLİNİN MEVCUT HAYVAN VARLIĞI VE KABA YEM İHTİYACI

İl geneli küçükbaş, büyükbaş ve at, eşek, katır gibi tek tırnaklıların yıllık toplam kaba yem ihtiyacı 2.291.952 ton olmaktadır (Yıllık kaba yem ihtiyacı hesaplanırken mera kanununun ilgili mevzuatında belirtildiği şekilde 1 HB (Hayvan Birimi) günlük kaba yem ihtiyacı 12,5 kg kuru ot olarak hesaplanmıştır) (Tablo 6). Ancak İlimizde bu hayvan varlığını beslemeye yetecek kadar kaba yem üretilmemekte bunun yarısı karşılanmaktadır. Kayseri ilinin hemen hemen her ilçesinde büyükbaş ve küçükbaş hayvan işletmeleri bulunmaktadır. Bu hayvan varlığının beslenme ihtiyacı en basit şekilde yem bitkilerinden karşılanabilmektedir. Kayseri ili hayvancılığı esasen ekstansif

hayvancılığa dayalı merada otlatma sistemidir. Meralardaki dejenerasyon sebebi ile hayvanların dengeli beslenmesine katkı sağlanması imkansızdır, bu duruma ek olarak son zamanlarda entansif hayvancılığa geçiş hızının artması ile kaba yem ihtiyacı da artmıştır. Araştırmacılar hayvansal ürünlerdeki yetersizliğin asıl sebebinin kaliteli kaba yem eksikliği olduğunu vurgulamışlardır (Ayan ve ark. 2006).

Kayseri'nin tüm ilçelerinde hayvancılık faaliyetleri yürütülmektedir. Birçok hayvan işletmesi üreticiler için birincil geçim kaynağıdır. Bu nedenle hayvansal üretimde sağlanacak olan teknik başarı işletmelerin kendi ekonomilerini oluşturmalarını sağlayacak ve üretimde karlılık sağlayacaktır (Demir ve ark., 2013; Tatar, 2007). Üretimde karlılık sağlayabilmenin en önemli adımı girdi maliyetlerinin düşürülmesidir. Girdi maliyetlerinde hayvan besleme büyük bir orana sahiptir. Yani kaba yem üretiminin desteklenmesi aslında işletmelerin karlılık oranı ile doğrudan ilişkilidir. İşletmelerin karlılığı arttırıldıkça üretimde süreklilik sağlanacaktır.

Tablo 6: Kayseri İli Mevcut Hayvan Varlığı (TÜİK, 2022).

İlçeler	Sığır	Buzağı	Manda	Koyun	Keçi	At	Katır	Eşek
		Dana						
Akkışla	6.749	1.962	0	76.602	2.550	15	0	261
Bünyan	30.750	11.246	8	69.630	5.437	47	25	108
Develi	47.260	16.935	302	60.663	12.278	143	5	956
Felahiye	4.176	1.153	0	16.780	1.667	3	0	48
Hacılar	5.733	1.313	479	12.711	1.832	467	0	110
Kocasinan	60.592	12.829	596	86.202	4.466	26	0	148
Melikgazi	26.877	5.013	270	20.964	2.766	43	0	54
Pınarbaşı	38.066	13.340	0	187.378	4.355	95	0	370
Sarıoğlan	10.913	3.151	14	43.349	1.190	3	0	0
Sarız	8.896	2.814	0	43.752	2.590	12	0	66
Talas	12.277	4.200	0	30.760	1.827	64	0	77
Tomarza	19.131	8.093	26	48.781	3.185	28	0	180
Yahyalı	12.770	2.177	0	46.034	19.340	52	198	163
Yeşilhisar	7.261	2.773	0	54.024	3.592	46	0	32
Özvatın	1.343	571	0	10.384	1.036	1	1	30
İncesu	17.408	5.884	881	59.199	10.804	68	1	238
Toplam	310.202	93.454	2.576	867.213	78.915	1.113	230	2.841

7.SONUÇ VE ÖNERİLER

Kayseri ili yem bitkisi üretimi açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu duruma rağmen 2018 ve 2022 yılları arasındaki ekim alanları ve üretim miktarları incelendiğinde önemli miktarlarda düşüşler göze çarpmasa da dalgalanmaların olduğu ve mevcut kaba yem ihtiyacının ancak yarısını karşılayabildiği gözlenmektedir. Bu durumun en önemli sebebi çiftçilerin yıllardır süregelen alışkanlıkları olan tahıl-nadas münavebe sisteminden vazgeçememiş olmalarıdır. Bu duruma ek olarak üreticilerin ortaya çıkan ürün fiyat dengesizlikleri mücadele

edemeyip üretimde geride durmalarıdır. İlçelerdeki göç oranından kaynaklı olarak üreticilerin birçoğunun işlerini babadan oğla aktaramamakta ve üretimde süreklilik sağlanamamaktadır.

Bütün bu sebepler incelendiğinde hayvan işletmelerinin girdi masraflarının düşürülmesi adına destekleme miktarlarının arttırılarak devam ettirilerek üretimde hedeflenen seviyeye çıkılarak süreklilik sağlanabilir.

İl geneli yem bitkisi yetiştirme potansiyelinin daha etkin kullanılabilmesi için demonstrasyon çalışmaları ile çeşitlerin yöreye uygunluğu ve verimliliği kanıtlanmalıdır. İl genelinde Macar fiği kışlık olarak ekilmektedir. Adi fiğ ve diğer tek yıllık yem bitkilerinin birçoğu yazlık olarak ekilmektedir. Yazlık ekimi gerçekleştirilen yem bitkileri tahıl-nadas münavebe sistemi için iyi bir alternatif oluşturmaktadır. Doğru çeşitlerin seçimi ile birim alandan elde edilen verim arttırılabilir.

Tablo 5 incelendiğinde destekleme miktarları yıllar içinde artmadığı halde üretimde artış ve azalışların olduğu gözlenmektedir. Bu durumun en önemli sebebi desteklemelerin sürekli olmasıdır. Desteklemelerdeki istikrar çiftçileri üretime dahil etmede teşvik edici olmuştur. Bu nedenle desteklemelerin aralıksız şekilde hayvansal üretimdeki desteklemelere birlikte zincir halinde arttırılarak devam etmesi çok önemlidir.

İl genelinde kaba yem açığının çok fazla olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Son beş yıllık veriler var olan destek politikalarının mevcut kaba yem açığını kapatmada etkili olmadığı ancak bir süreklilik sağladığını ortaya koymuştur. Mevcut üretim ile kaba yem açığının

kapatılması pek mümkün gibi görünmemektedir. Bu sebeple tarımsal üretimde yan ürün olarak adlandırılan saman, küspe gibi ürünlerin tüm dünyada olduğu gibi ilimizde de rasyonlara dahil edilmesi oldukça makul bir yoldur (Shaver ve Hoffman, 2010). Böylelikle kaba yem açığı da daha net bir şekilde belirlenebilir. Mevcut desteklerin gözden geçirilerek düzenlemelerin yapılması ilimiz hayvancılık endüstrisi için bir zorunluluk haline gelmiştir.

KAYNAKÇA

- Açıkğöz, E. (1991). Yem Bitkileri Ders Kitabı. U.Ü. Yayınları, No:7, Bursa
- Akman, N., F. Aksoy, O. Şahin, Ç. Y. Kaya ve G. Erdoğan. (2006). Cumhuriyetimizin 100. Yılında Türkiye'nin Hayvansal Üretimi. *Türkiye Damızlık Sığırcılık Yetiştiriciliği Birliği Yayınları* 4, 116 s
- Anonim (1981). Simpozyum Değerlendirmesi. Kuru tarım Bölgelerinde Nadas Alanlarından Yararlanma Simpozyumu. *TÜBİTAK Yayınları*. 28-30 Eylül, No: 593, Ankara, Türkiye.
- Avcıoğlu, R. ve H. Soya, (1977). Adi fiğ. *Ege Üniv. Zir. Fak. Zootekni Derneği Yayınları*, No: 5, İzmir
- Avcıoğlu, R., R. H. and Y., K. (2009). Yem bitkileri. Genel Bölüm. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Cilt 1, İzmir
- Ayan, İ., Z. Acar, U. Başaran, Ö. Önal Aşçı ve H. Mut. (2006). Samsun ekolojik koşullarında bazı burçak (*Vicia ervilia* L.) hatlarının ot ve tohum verimlerinin belirlenmesi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 21: 318-322.
- Bakır, Ö., Elçi, Ş., & Eraç, A. (1986). Yem bitkileri çayır mera tarımının geliştirilmesi. *GAP Tarımsal Kalkınma Sempozyumu*, 170, 188.
- Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Santini, J. B., & Volenec, J. J. (2007). The long-term impact of phosphorus and potassium fertilization on alfalfa yield and yield components. *Crop Science*, 47(5), 2198-2209.
- Davis P.H (1969). Flora of Turkey-3. Edinburgh University Press, Vol. 3, s:600.
- Demir, P., Aksu Elmalı, D., Işık, S., Tazegül, R., Ayvazoğlu, C. (2013). Kars ili süt sığırcılık işletmelerinde yem kullanımı ve hayvan besleme alışkanlıklarının ekonomik önemi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 8(3):229-236
- Dordas C. (2006). Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. *Agron. J.* 98: 907-913

- Elçi, Ş. (2005). Baklagil ve buğdaygil yem bitkileri. *T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları*: ISBN 975407189-6, İstanbul
- İnler, Z. (2000). Tarım Ekonomisi. Ekin Yayınları 5. Basım, Bursa.
- Kendir, H., Tahtacıoğlu L. (2001). Yem Bitkileri, Çayır ve Meralar. *Cumhuriyetimizin 100. Yılında Tarımın Hedefleri Sempozyumu*. Türk Ziraat Yüksek Mühendisleri Birliği. 30 Nisan-01 Mayıs. Türkiye
- Kün, E. (1997). Tahıllar II (Sıcak iklim tahılları). *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*, (1452).
- Özkaynak, I. (1980). Yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.) yerel çeşitleri üzerinde seleksiyon ıslahı çalışmaları. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yem Bitkileri*.
- Rehber E. (2013). Tarım Ekonomisi. Ekin Yayınları, Bursa. ISBN:978-605-5187-44-6.
- Sabancı, C., O (2013). Buğdaygil Yem Bitkileri. *Ahi Evran Üni. Ziraat Fak. Yay. No. 4. Ders Notları*. 3. Kırşehir. 257 s.
- Serin Y, M Tan (2001). Yem Bitkileri Kültürüne Giriş. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* 206: 217
- Shaver, R.,P. Hoffman (2010). Use of Straw in Dairy Cattle Diets. <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/DairyStrawFOF.pdf>, 13.12.2016.
- Soya, H., R. Avcıoğlu ve H. Geren (2004). Yem Bitkileri. Hasad Yayıncılık, 223 s.
- Tatar, A. M. (2007) *Ankara Ve Aksaray Damızlık Sığır Yetiştiricileri İl Birliklerine Üye Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yapısı ve Sorunları* (Doktora Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turgut, İ., (2002). Silajlık mısır yetiştiriciliği, Silaj bitkileri yetiştirme ve silaj yapımı (2. Bölüm). Hasad Yayıncılık Ltd Şti, s.11, İstanbul.
- TÜİK (2022). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>, (Erişim Tarihi: 24.06.2023).
- Yıldırım, Ö., Baytekin H. (2003). Mısırdaki Bitki Sıklığının Yeşil Ot Ve Tane Verimi İle Bazı Tarımsal Karakterlere Etkisi. *Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi*. 13-17 Ekim, Sayfa 448-452. Diyarbakır, Türkiye.

- Yolcu H, Tan M (2008). Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış. *Tarım Bilimleri Dergisi* 14 (3): 303-312.
- Zhang T, Wang X, Han J, Wang Y, Mao P, Majerus M (2008) Effects of between-row and withinrow spacing on alfalfa seed yields. *Crop Sci.* 48:794-803.

BÖLÜM 7

DENGELİ BİTKİ BESLEMEDE TEŞHİS ve ÖNERİ ENTEGRE SİSTEMİ (DRIS Metodu)

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk DEMİR¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256871>

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Avşar Yerleşkesi, 46100, Orcid id: 0000-0002-0636-5225 Onikişubat/K.Maraş

Giriş

Toprak analizleri, kimyasal ekstraktantlar ile besin elementlerinin topraktan ekstraksiyonunu temel alarak bitki köklerinin topraktan besin elementlerini alma mekanizmalarını taklit eden yöntemlerdir. Ölçülen analiz sonuçları birer indeks değeri olarak ele alınabilir. Yaprak analizleri ise doku elementel konsantrasyonlarının teşhisini doğrudan ortaya koyan kesin yöntemlerdir.

Güncel toprak ve bitki elementel analiz metotlarının çoğunlukla besin elementi miktarlarını etkin bir şekilde belirlediği söylenebilir. Burada temel tartışma verilerin değerlendirilmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Kritik değeri ve yeterlilik aralığı olarak bilinen klasik teşhis metotları, elde edilen tekil besin elementi konsantrasyonlarının, daha önceden sağlıklı bitkilerden alınan elementel konsantrasyonlarla kıyaslanması prensibine dayanmaktadır. Bitki elementel konsantrasyonlarının, dokuların olgunlaşması ile farklılaştığı dikkate alındığında, örnekleme zamanının kritik olduğu ve örnekleme zamanının hassasiyetinin de burada çok önemli olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda, bitki besin elementi konsantrasyonlarının da toprak ve iklim koşullarından etkilendiği düşünüldüğünde, bu koşullardan bağımsız çalışan yöntemlere olan ihtiyaç daha iyi anlaşılmaktadır. Robson ve Pitman (1983)'in da belirttiği gibi, benzer iyon çapı, valans değeri, elektron konfigürasyonu ve koordinasyon geometrisine sahip iyonlar arasında, toprak ve bitkide çeşitli ilişkiler bulunmaktadır. Mevcut yaklaşımlar, tekil konsantrasyonlar üzerinden teşhisler yaptığından,

bitki besin elementleri arasındaki antagonistik ve sinerjik etkileri göz ardı etmektedir.

Sayılan kısıtlılıkları ile birlikte kullanımı devam eden klasik yaklaşımların, eksikliklerini giderecek yeni teşhis metotları ile daha etkin teşhis yapılacağı varsayılmaktadır. Teşhis ve Öneri Entegre Sistemi (DRIS metodu), tekil elementel konsantrasyonlar yerine, elementler arası oranları kullanan, dengeli bitki beslemeyi hedef alan bir yaklaşım olarak klasik yöntemlerden ayrılmaktadır. Bitki doku olgunlaşması ile tekil elementel konsantrasyonlar arasında güçlü bir ilişki bulunmasına karşın, elementler arası oranların daha az hassas olması dolayısıyla metot, elementler arası oranları kullanmaktadır. Metot yüksek verimli popülasyonların sağlıklı beslendiğinden hareketle buradan elde edilen değerleri norm değerler olarak kabul etmekte ve ölçüm sonuçlarını bu referans değerler ile kıyaslamaktadır. Elde edilen, elementler arası oranlar üzerinden hesaplanan fonksiyonlar ile indisler belirlenmekte ve sonuç olarak besin elementi durumu sayısal bir skala üzerinde rakamsal olarak pozitif veya negatif indis değerler şeklinde ifade edilmektedir.

DRIS Metodu

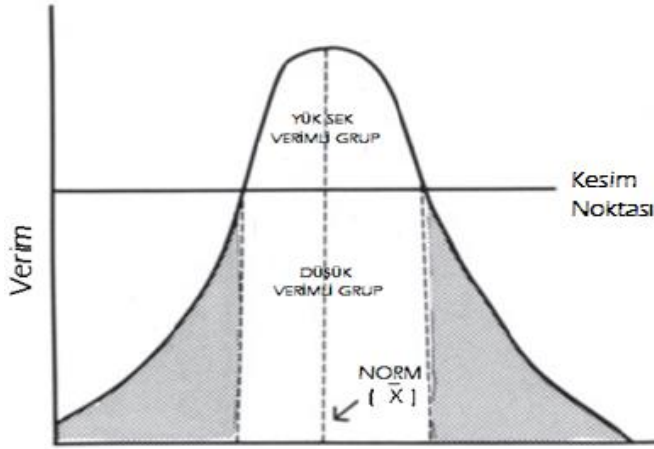
DRIS yöntemi optimum bitki beslemeye yüksek verimli popülasyona ait elementel oranlarla erişilebileceği varsayımından hareket etmektedir. Buradan hareketle, metot indis değerleri geliştirmek amacıyla muhtemel bütün elementler arası oranları kullanmaktadır (Paré ve ark., 1993). Metot, bitki doku olgunlaşması ve kökeninden bağımsız olarak, bitki dokusunda elementlerin bir sıralamasını vermek

ve dengeli bitki beslemenin önemini vurgulamak amacıyla geliştirilmiştir (Jones ve ark., 1990). Mourão Filho (2004)'ya göre i) bitki dokularındaki elementel oranlar bireysel konsantrasyonlara kıyasla bitki beslenme durumunu ifade etmek için daha etkilidir ii) bazı elementler arasındaki oranlar diğerlerine kıyasla daha önemlidir iii) yüksek verim elde etmek için sağlıklı bitkilerden elde edilmiş ideal elementel oranlara ulaşmak gerekmektedir iv) düşük verimli grupların varyansları yüksek verimli gruplara göre daha düşüktür v) DRIS indisleri besin elementi oranları ideal oranlar ile kıyaslanarak tekil olarak hesaplanabilir.

DRIS Normlarının Türetilmesi

Bitki beslenme durumlarının teşhisinde ilk aşama referans değerlerin elde edilmesidir. DRIS metodunun da uygulanabilmesi için referans popülasyonun net olarak tanımlanması ve buradan optimum oranların türetilmesine ihtiyaç vardır. Bu yaklaşımda, yüksek verimli gruplar referans popülasyon olarak değerlendirilmektedir (Letzsch ve Sumner, 1984). Yüksek verimli popülasyonların daha sağlıklı beslendikleri varsayılmaktadır. Bu nedenle, DRIS normları yüksek verimli gruplardan elde edilmektedir (Abd el Aal ve ark., 2011). Bu amaçla, veri seti yüksek ve düşük verimli popülasyonlar olacak şekilde iki alt gruba ayrılmaktadır (Beaufils, 1973; Beverly, 1991; Walworth ve Sumner, 1987). Şekil 1'de belirtilen yüksek verimli popülasyon, referans grubu temsil etmek üzere, verimi görece isteğe bağlı olarak karar verilen bir değer üzerinde olan normal bitkileri ifade ederken, düşük verimli popülasyon ise kötü koşullardan etkilenmiş ve verimi

belirlenmiş olan seviyenin altında olan anormal bitkilerdir. Referans popülasyon olarak belirlenen yüksek verimli gruplara ait parametreler DRIS normları olarak kullanılacaktır (Mourão Filho, 2004.)



Şekil 1. DRIS Normlarının Oluşturulmasının Şematik Gösterimi (Walworth ve Sumner, 1987).

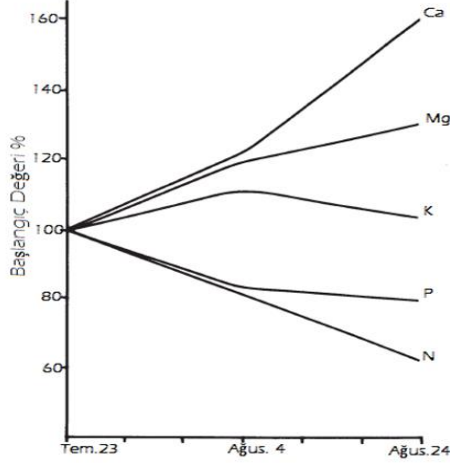
Sumner (1979), elde edilen DRIS normlarının evrensel olarak kullanılabilceğini belirtmesine karşın Dos Anjos Reis (2002) normların geliştirildikleri alanda kullanılmasının daha uygun olduğunu savunmuştur. İklim ve toprak faktörlerinin bitki gelişimi üzerine etkileri dikkate alındığında bölgesel olarak kalibre edilmiş normların daha yararlı olacağı düşünülmektedir. Ancak, bölgesel normların eksikliği durumunda, yüksek verimli grupların elementel konsantrasyonlarının benzer olması koşuluyla farklı bölgelerden elde edilen normların da uygulanabileceğini belirtilmiştir.

DRIS Metodunun Teorik ve Sayısal Temelleri

Bitkilerde elementel konsantrasyonlar ve doku olgunlaşması arasındaki ilişki dikkate değerdir. Bu durumla ilgili tarla ve bahçe bitkileri üzerine çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Genel olarak azot, fosfor, potasyum ve kükürt konsantrasyonlarının doku olgunlaşması ile birlikte düşüş gösterdiği, kalsiyum ve magnezyumun ise yükseliş eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Melsted ve ark. (1969)'nın mısırdaki olgunlaşma ile elementel konsantrasyonların değişimini gösterdiği çalışmada net olarak görülmektedir (Şekil 2). Aynı zamanda Terman (1974) da, mısır yapraklarında azot konsantrasyonunun % 29-59, fosfor konsantrasyonunun %24-32 ve potasyum konsantrasyonunun %28-72 arasında düşüş gösterdiğini, bu süreçte kalsiyum ve magnezyum miktarlarının ise arttığını belirlemiştir. Mineral konsantrasyonlarındaki bu dinamik durum elementel teşhisleri güçleştirmektedir. Klasik yaklaşımlar sağlıklı bitkilerden belirli bir gelişim evresinde alınan yaprak örnekleri üzerinden teşhisler sağlamaktadır. Bu durumda, bitki gelişim evrelerinin çok iyi tanımlanmış olması gerekmektedir (Mourão Filho, 2004).

Bireysel elementlerin konsantrasyonları bitki dokularının olgunlaşması ile önemli farklılıklar göstermesine karşın, elementel oranlar görece daha az hassastır. Beaufils (1971), mısır bitkisinde N, P ve K konsantrasyonları ile doku olgunlaşması arasında 0.41, 0.25 ve 0.55 r^2 değerleri belirlemesine karşın, N/P, N/K ve K/P oranları ile doku olgunlaşması arasında 0.00, 0.006 ve 0.001 r^2 değerlerini belirlemiştir.

Dolayısıyla, besin elementi çiftlerine ait oranların kullanılmasının tekil elementel konsantrasyonlara kıyasla daha makul olduğu görülmektedir.

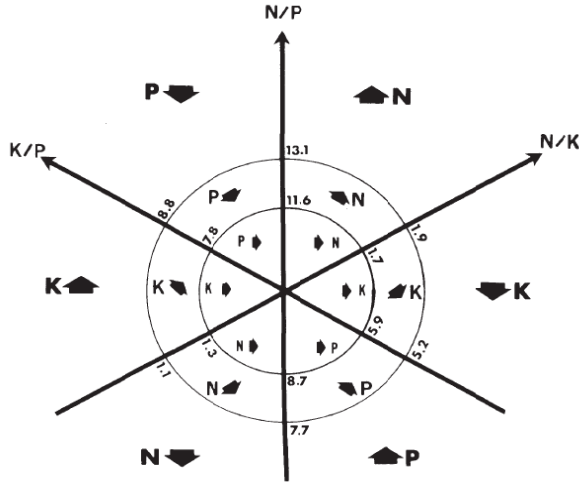


Şekil 2. Mısırdaki Elementel Konsantrasyon Doku Olgunlaşması İlişkisi Melsted ve ark. (1969)'dan akt. Walwort ve Sumner (1987)

Fizyolojik DRIS Grafiği

Fizyolojik DRIS grafiği, besin elementi çiftlerine ait oranlar üzerinden çizilen üç aksın kesişimi ve bu kesişim noktasını merkeze alan iç içe dairelerden oluşmaktadır (Şekil 3). Bu grafik üzerinden, pratik kullanım açısından yarı kantitatif teşhisler gerçekleştirilebilmektedir. Bu aks üzerinde yüksek verimli gruba ait optimum oranlar ($N/P=10.04$, $N/K=1.49$, $K/P=6.74$) kesişim noktası olarak kabul edilmiştir. Bu diyagram üzerinde teşhisi gerçekleştirilecek besin elementlerinin referans değerleri birbiri ile bu şekilde ilişkilendirilmektedir. Burada ifade edilmek istenen optimum oranlar aslında grafik üzerinde birinci dairenin iç kısmındaki alanı ifade eden esnek bir kavramdır. Bu dairenin

çapı, SD yüksek verimli grubun standart sapmasını ifade etmek üzere, $4SD/3$ olarak belirlenmiştir. Bu çemberin alanına giren elementel kompozisyon dengeli beslenmeyi ifade etmekte ve yatay okla (\rightarrow) gösterilmektedir. Merkezden uzaklaştıkça beslenme dengesizliği artmaktadır. Hafif dengesizliğin olduğu alanlar ise iki dairenin arasındaki alanlarda olmak üzere 45° 'lik yatay oklarla (\nearrow, \searrow) ifade edilmekte ve $8SD/3$ çapına sahip dairenin dışı ile çevrelenmektedir. Bu ikinci dairenin dışındaki alanlar ise önemli dengesizliklerin olduğu beslenme zonlarını belirten alanlar olup dikey oklarla (\uparrow, \downarrow) gösterilmektedir (Walworth ve Sumner, 1987).



Şekil 3. Mısırdaki N, P, K teşhisi için Fizyolojik DRIS Grafiği (Sumner, 1982)

DRIS İndisleri

DRIS yöntemi, diyagram üzerinden yarı kantitatif olarak beslenme durumlarını ifade eden fizyolojik DRIS grafiği ile teşhisler yapmakla birlikte, bitkinin beslenme durumunu sayısal bir skala üzerine pozitif veya negatif indisler olarak veren matematiksel bir teşhis tekniği de sağlamaktadır. Bu amaçla, çalışma alanından alınan verim değerleri temel alınarak popülasyon düşük ve yüksek verimli gruplar olacak şekilde ikiye bölünmekte ve istatistiksel hesaplar yapılmaktadır. Bu aşamada yüksek verimli popülasyona ait besin elementi çiftlerine ait ortalama değerler norm (a/b) olarak değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, varyasyon katsayıları (CV) içinde yüksek verimli popülasyon temel alınmaktadır. Hesaplamalarda kullanılacak formüller aşağıdaki eşitliklerde belirtilmiş olup, teşhis edilecek besin elementi oranının (A/B) referans değerden (a/b) büyük olduğu durumda *eşitlik 1*, referansın (a/b) teşhis edilecek örnekten büyük olduğu koşulda ise *eşitlik 2* kullanılmaktadır. Bu şekilde, besin elementi çiftlerine ait fonksiyonlar elde edildikten sonra ise *eşitlik 3, 4 ve 5* kullanılarak besin elementi indisleri hesaplanmaktadır. Son olarak *eşitlik 6* kullanılarak beslenme denge indisleri (NBI) belirlenerek besin elementi dengesizliğinin derecesi hesaplanmaktadır. Aynı zamanda, varyasyon katsayıları da formüllere dahil edilerek varyasyon çeşitliliğinin indisler üzerindeki göreceli etkisi eşitlenmektedir (Walworth ve Sumner, 1987).

$$A/B > a/b \text{ ise } F(A/B) = \frac{(A/B - 1) * 1000}{a/b \quad CV} \quad [1]$$

$$a/b > A/B \text{ ise } F(A/B) = \frac{(1 - a/b) * 1000}{A/B \quad CV} \quad [2]$$

$$\text{İndis A} = \left[\frac{f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) \dots + f(A/N)}{Z} \right] \quad [3]$$

$$\text{İndis B} = \left[\frac{-f(A/B) + f(B/C) + f(B/D) \dots + f(B/N)}{Z} \right] \quad [4]$$

$$\text{İndis N} = \left[\frac{-f(A/N) - f(B/N) - f(C/N) \dots - f(M/N)}{Z} \right] \quad [5]$$

$$NBI = | \text{İndis A} | + | \text{İndis B} | + | \text{İndis N} | \quad [6]$$

İndislerin Hesaplanması

Her bir oranın fonksiyonun değeri, bir indeks alt toplamına eklendiğinden ve ortalama alınmadan önce diğerinden çıkarıldığından, tüm indeksler sıfırda dengelenmek durumundadır. Bu nedenle, element indislerin toplam değeri sıfır olmalıdır. Bir indis değeri ne kadar negatif ise temsil ettiği element de teşhiste kullanılan diğer elementlere kıyasla o derece noksan demektir. Diğer yandan, yüksek bir pozitif indis de, nispeten karşılık gelen besin elementinin o denli fazla olduğunu belirtmektedir. Bu durumu bir örnek üzerinden açıklamak yerinde olacaktır. Durumun daha iyi açıklaması örneği için üç elementle (N, P ve K) sınırlandırılalım. Mısır yaprağına ait norm değerler ve varyasyon katsayıları aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Bir mısır yaprağı örneğine ait örnek değerler, kuru madde bazında %3.30 N, %0.20 P ve %1.20 K

İçeriyorsa, bu örneğin elementel oranları şu şekildedir: $N/P=3.30/0.20=16.5$, $N/K=3.30/1.20=2.75$ ve $K/P=1.20/0.20=6$. Aşağıdaki hesaplamalarda bu örneğe ait oranlar büyük harflerle temsil edilmektedir. (Walworth ve Sumner, 1987)

Çizelge 1. Referans popülasyona ait parametreler

Değer	Düşük Verimli Popülasyon			Yüksek Verimli Popülasyon			VO (L/H)
	Ort	%VK	Varyans (L)	Ort	%VK	Varyans (H)	
%N	2.86	20	0.326	3.06	18	0.303	1.075
%P	0.30	20	00036	0.32	22	0.0050	0.720
%K	2.32	27	0.392	2.12	33	0.238	1.647
N/P	9.88	18	3.158	10.04	14	1.996	1.582
N/K	1.39	28	0.150	1.49	21	0.101	1.485
K/P	6.94	29	4.000	6.74	22	2.222	1.800

$N/P > n/p$ olduğundan uygun değerler aşağıdaki eşitlikte olduğu gibi yerleştirilerek $f(N/P)$ değeri hesaplanır;

$$f(N/P) = \left(\frac{N/P}{n/p} - 1 \right) * \frac{1000}{CV} = [(16.5/10.04) - 1] * 1000/14 = 45.96$$

Benzer şekilde $N/K > n/k$ olduğundan yine $f(N/K)$ değeri aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$f(N/K) = \left(\frac{N/K}{n/k} - 1 \right) * \frac{1000}{CV} = [(2.75/1.49) - 1] * 1000/VK = 40.27$$

Ancak $k/p > K/P$ olduğundan $f(K/P)$ değeri $f(K/P) = 1 - [(k/p) / (K/P)] * 1000 / CV = [1 - (6.74/6)] * 1000/VK = -5.61$ şeklinde hesap edilir. Elde edilen fonksiyonlar üzerinden N, P ve K indisleri aşağıdaki eşitlikler üzerinden hesaplanır:

$$N \text{ index} = [f(N/P) + f(N/K)]/2 = (45.96 + 40.27)/2 = +43$$

$$P \text{ index} = [-f(N/P) - f(K/P)]/2 = (-45.96 + 5.61)/2 = -20$$

$$K \text{ index} = [-f(N/K) + f(K/P)]/2 = (-40.27 - 5.61)/2 = -23$$

İndislerin mutlak değerlerinin toplamı alındığında ise beslenme denge indisleri (NBI) yani bitkinin dengeli beslenme düzeyi ortaya çıkmaktadır. Bu değerın sıfıra yakınlığı bitkinin beslenmesinin dengeli olduğunu, sıfırdan uzaklığı ise dengeli beslenmediğini ifade etmektedir:

$$NBI = | +43 | + | -20 | + | -23 | = 86$$

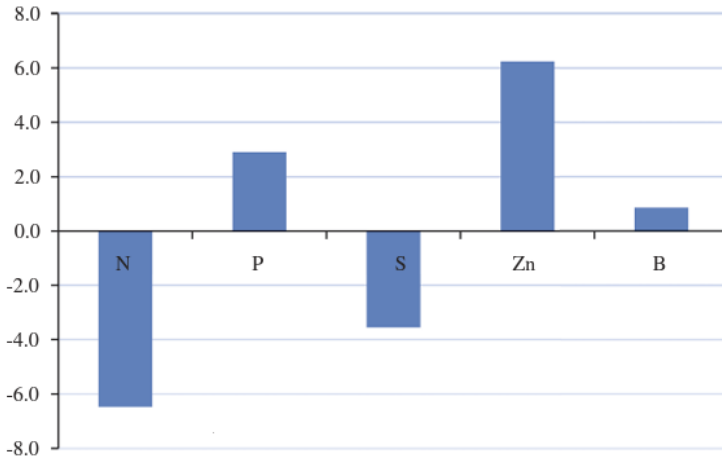
DRIS Uygulamaları

İlk olarak Vietnam'da kauçuk ağaçlarında geliştirilen metot, lateks verimini artırmak için kullanılmış (Beaufils, 1957), ardından bitki besin elementi oranlarının büyüklüğünü ve yönünü tanımlayan fizyolojik teşhis grafiği ortaya çıkmıştır (Beaufils, 1971, 1973). Aynı zamanda araştırmacı, metodu etkili bir bitki beslemenin gerçekleştirilebileceğini kanıtlamak için mısırdaki kullanmıştır. Sonrasında ise Sumner (1977a, 1977b, 1979, 1981) metodu birçok araştırma yayınlarak detaylı bir biçimde tartışmıştır. Elwali ve ark. (1985) mısır için DRIS sisteminin ilk teşhis normlarını geliştirirken, Escano ve ark. (1981a, b) ile Cornforth ve Steele (1981) lokal kalibrasyonlar ile daha hassas teşhis yapılabileceğini ortaya koymuştur. Walworth ve Sumner (1987) da bölgesel olarak türetilmiş normların evrensel olarak kullanımını konusunda uyarılarda bulunmuştur. Dolayısıyla, bölgesel olarak türetilmiş normların kullanımının daha etkili teşhisler için önemli olduğu bilinmelidir. Ancak, lokal olarak geliştirilmiş normların

eksikliği durumunda yüksek verimli popülasyonların benzer olması şartıyla evrensel olarak türetilen normların kullanımı uygundur.

Elwali ve ark. (1985), mısır bitkisinde yaklaşık 10000 gözlemden oluşan bir veri tabanı üzerinden DRIS normlarını geliştirmiştir. N, P ve K için bu norm değerler; n/p, n/k ve k/p oranları olacak şekilde sırasıyla 9.04, 4.46 ve 0.17 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, geliştirilen bu norm değerlerin mısır için kullanışlı referanslar olduğunu bildirmiştir.

Abebe ve ark. (2018), DRIS ile bitki beslenme durumlarını değerlendirmek için Vertisol ve Nitisol topraklarda 8 farklı gübre uygulaması ile buğday yetiştirmiştir. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar incelendiğinde, her iki toprakta da azotun verimi en çok sınırlandıran besin elementi olduğu, ve noksanlık sıralamasının N>S>B>P>Zn şeklinde olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Buğday yapraklarında DRIS indislerinin gösterimi (Abebe ve ark., 2018)

Anago ve ark. (2020), Benin’de pirinç yetiştiriciliğinde beslenme durumlarını DRIS normları ile incelemiş ve pirinçte DRIS indislerine

göre besin elementi gereksinimlerinin sıralamasını N>Fe>Zn>K>Mg>P>Ca şeklinde belirlemişlerdir (Şekil 4). Araştırmacılar, bir elementin eksikliği ya da fazlalığının diğer elementlerin mevcudiyeti ile ilişkili olduğunu, bu nedenle yapraklardaki elementel oranların besin elementi teşhisi bakımından tekil elementel konsantrasyonlardan daha kritik olduğunu belirtmiştir.

Metodun temel mekanizması ortaya konduktan sonra Caron ve Parent (1989) domateste, Sanchez ve ark. ((1991) marulda, Parent ve ark. (1994) havuçta, Caldwell ve ark. (1994) soğanda, Bhargava ve Raghupathi (1995) üzümde, Rodríguez ve ark. (1997) portakalda, Singh ve ark., 2000) elmada, Awasthi ve ark., 2000) şeftalide, Hundal ve ark. (2005) mangoda, Abebe ve ark. (2018) buğdayda DRIS tekniğini uygulamışlardır.

Gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, DRIS çalışmalarının i) normların geliştirilmesi ve ii) geliştirilen normlar kullanılarak teşhislerin yapılması şeklinde yürütüldüğü görülmektedir. Öncelikle DRIS metodunun kullanılabilmesi için teşhisi gerçekleştirilen bitkiye ait norm değerlerin geliştirilmesi ve kalibrasyonu gerekmektedir. Bu nedenle, çok sayıda bitkiye ait normlar geliştirilmiş olsa da iklim ve toprak faktörlerinin farklılıkları göz önünde bulundurularak normların geliştirilmesine devam edilmesinde yarar bulunmaktadır. Teşhis doğruluğu bakımından aynı iklim ve toprak koşullarında yetiştirilen bitkiler üzerinden elde edilen normların daha etkili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, ülkemizde de elementel oranlar

üzerinden teşhisler gerçekleştiren verim temelli yaklaşımların çalışılması ile referans değerlerin geliştirilmesi mümkün olacaktır.

Sonuç

Bitki beslemede yaşanan gelişmeler ile birlikte, çiftçiler önemli ölçüde gübre kullanmaktadır. Bu nedenle, günümüzde bitki besin elementlerinin görsel noksanlık semptomları ile nadir olarak karşılaşmaktadır. Geldiğimiz aşamada, dengeli bitki besleme uygulamalarına yönelmek daha gerçekçidir. DRIS metodu klasik yaklaşımlara kıyasla, verim temelli bir yaklaşım olarak, yüksek verimli popülasyonları referans alarak verimi sınırlandıran elementlerin bir sıralamasını vermektedir. Aynı zamanda, beslenme denge indisinin teşhisi ile beslenme durumunu ortaya koymaktadır. Diğer yandan, kritik değer veya yeterlilik aralığı yaklaşımları tekil elementler üzerinden değerlendirmeler yaptıklarından elementler arası ilişkiler göz ardı edilmektedir. DRIS yöntemi, besin elementi çiftlerine ait oranlar üzerinden çalıştığından beslenme durumlarını daha detaylı ve elementlerin karşılıklı etkileşimlerini de dikkate alarak belirlemektedir. Bu şekilde, günümüzde aşırı gübre kullanımları ve besin elementi dengesizliklerinden kaynaklı beslenme sorunlarının da teşhisi mümkün olmaktadır. Hem yüksek verimlere ulaşmak hem de kimyasal gübrelerin çevreye olası zararlarını minimize etmek bakımından da dengeli bitki besleme önemli bir kavramdır. Bunu önceleyen yaklaşımların kullanımı yoğun tarımsal uygulamaların çevreye olası zararlarının azaltılması açısından da önemlidir. Dolayısıyla, DRIS

metodunun alternatif veya yardımcı bir yöntem olarak değerlendirilmesinin yararları olacağı düşünülmektedir.

Açıklama

Bu araştırmanın bazı bölümleri Ömer Faruk DEMİR'in doktora tezinden alınmıştır.

Kaynaklar

- Abd El Aal, R.S., Salem, H.M., Hafez, H.S. (2011). Preliminary DRIS norms and DRIS indices for maize grown in Nubaria Region, Egypt. *Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences*, 6(1),131-151.
- Anago, F. N., Dagbenonbakin, G. D., Oussou, B. T., Agbangba, E. C., Saidou, A., & Amadji, G. L. (2020). Assessment of Nutritional Status of Rainfed Rice in Benin Using Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS).
- Abebe, A., Abera, G., & Beyene, S. (2018). Assessment of the limiting nutrients for wheat (*Triticum aestivum* L.) growth using Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(21), 2653-2663.
- Awasthi, R.P., Sharma, S.K., Bhutani, V.P. (2000). Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms for peach (*Prunus persica* L.) CV. July Elberta in Himachal Pradesh. *Indian Journal of Horticulture*, 57(4), 277-280.
- Beaufils, E.R. (1957). Research for rational exploitation of Hevea using a physiological diagnosis based on the mineral analysis of various parts of the plants. *Fertilite*, 3, 27-38.
- Beaufils, E. R. (1971). Physiological diagnosis-a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. *Fertilizer Society of South Africa Journal*, 1(1), 1-30.
- Beaufils, E.R. (1973). Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). *Soil Science Bulletin*, 1, 1-132.
- Bhargava, B.S., Raghupathi, H.B. (1995). Current status and new norms of nitrogen nutrition for grapevine (*Vitis vinifera*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 65, 165-169.
- Beverly, R.B., (1991). A practical guide to the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Athens-Georgia, Micro-Macro Publishing Inc., 87.
- Caldwell, J.O.N., Sumner, M.E., Vavrina, C.S. (1994). Development and testing of preliminary foliar DRIS norms for onions. *HortScience*, 29(12), 1501-1504.

- Caron, J., Parent, L.E. (1989). Derivation and assessment of DRIS norms for greenhouse tomatoes. *Canadian Journal of Plant Science*, 69(3), 1027-1035.
- Cornforth, I.S., Steele, K.W. (1981). Interpretation of maize leaf analyses in New Zealand. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 9(1), 91-96.
- Dos Anjos Reis, R. (2002). DRIS norms universality in the corn crop. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(5-6), 711-735.
- Elwali, A.M.O., Gascho, G.J., Sumner, M.E. (1985). Dris Norms for 11 Nutrients in Corn Leaves 1. *Agronomy Journal*, 77(3), 506-508.
- Escano, C.R., Jones, C.A., Uehara, G. (1981a). Nutrient diagnosis in corn grown on Hydric Dystrandepts: I. Optimum tissue nutrient concentrations. *Soil Science Society of America Journal*, 45(6), 1135-1139.
- Escano, C.R., Jones, C.A., Uehara, G. (1981b). Nutrient diagnosis in corn grown on Hydric Dystrandepts: II. Comparison of two systems of tissue diagnosis. *Soil Science Society of America Journal*, 45(6), 1140-1144.
- International Journal of Plant & Soil Science*, 32(1): 74-83, 2020.
- Hundal, H.S., Singh, D., Brar, J.S. (2005). Diagnosis and recommendation integrated system for monitoring nutrient status of mango trees in submountainous area of Punjab, India. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(15-16), 2085-2099.
- Jones, J.B.Jr, Eck, H.V., Voss, R. (1990). Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. *Soil Testing and Plant Analysis*, 3, 521-547.
- Letzsch, W.S., Sumner, M.E. (1984). Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 997-1006.
- Melsted, S.W., Motto, H.L., Peck, T.R. (1969). Critical plant nutrient composition value useful in interpreting plant analysis data. *Agronomy Journal*, 61(1), 17-20.
- Mourão Filho, F.D.A.A. (2004). DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. *Scientia Agricola*, 61(5): 550-560.

- Paré, D., Meyer, W.L., Camiré, C. (1993). Nutrient availability and foliar nutrient status of sugar maple saplings following fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 57(4), 1107-1114.
- Parent, L.E., Isfan, D., Tremblay, N., Karam, A. (1994). Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 420-426.
- Robson, A.D., Pitman, J.B. (1983). Interactions Between Nutrients in Higher Plants. In *Inorganic Plant Nutrition: Encyclopedia of Plant Physiology*, Vol. 1; Lauchli, A., Bielecki, R.L., Eds.; Springer-Verlag: New York, 147-180.
- Rodriguez, O., Rojas, E., Sumner, M. (1997). Valencia orange DRIS norms for Venezuela. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 28(15-16), 1461-1468.
- Singh, N.P., Awasthi, R.P., Sud, A. (2000). Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms for apple (*Malus×Domestica* Borkh. L. CV. Starking Delicious) in Himachal Pradesh. *Indian Journal of Horticulture*, 57(3), 196-204.
- Sumner, M.E. (1977a). Preliminary NPK foliar diagnostic norms for wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 8(2), 149-167.
- Sanchez, C.A., Snyder, G.H., Burdine, H. (1991). DRIS evaluation of the nutritional status of crisphead lettuce. *HortScience*, 26(3), 274-276.
- Sumner, M. E. (1977b). Application of Beaufils' diagnostic indices to maize data published in the literature irrespective of age and conditions. *Plant and Soil*, 46(2), 359-369.
- Sumner, M.E. (1979). Interpretation of foliar analyses for diagnostic purposes, *Agronomy Journal*, 71(2), 343-348.
- Sumner, M.E. (1981). Diagnosing the sulfur requirements of corn and wheat using foliar analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 45(1), 87-90.
- Terman, G.L. (1974). Yield nutrient concentration relationships in maize. Proc. 7th Int. Coll. Plant Anal. and Fert. Prob. 2, 447-58.

Walworth, J. L., Sumner, M.E. (1987). The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). In: Stewart B.A. (eds) Advances in soil science, Springer, New York, NY, 6, 149-188.

BÖLÜM 8

YONCA (*Medicago sativa* L.)'DA STRESE DAYALI ÇALIŞMALAR: YONCA BİTKİSİNİN TEPKİSİNİ ANLAMAK

Dr. Öğr. Üyesi Barış EREN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256917>

¹ Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır, Türkiye,
Orcid ID: 0000-0002-3852-6476, E-mail: bariseren86@gmail.com

1. GİRİŞ

Yonca (*Medicago sativa* L.) bitkisi, hayvanlara yüksek besin değeri sağlayan çok yıllık önemli bir baklagil yem bitkisidir (Radović ve ark. 2009). Yonca bitkisi hayvanların günlük protein ihtiyacını fazlasıyla karşılayan önemli bir yem bitkisidir. Yonca bitkisi yem bitkilerinin kraliçesi olarak adlandırılmaktadır. Yonca bitkisinin hayvan beslemesi dışında toprak verimliliğinin artırılmasında da önemli rolü bulunmaktadır. Özellikle azot eksikliği bulunan tarım arazilerinde azot miktarının artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bilindiği üzere bitkiler atmosferde bulunan azotu herhangi bir bağlantı olmadan kullanamamaktadır (Obaton, 1983). Ancak yonca bitkisi toprakta bulunan bazı bakteriler arasındaki simbiyotik yaşam ile toprağa azot bağlamaktadır (Shultze ve Kondorosi, 1998). Toprakta bulunan bu bakteriler havadaki serbest azotu yonca bitkisi ile olan simbiyotik yaşam aracılığıyla toprağa kazandırmaktadır (Kaçar ve ark., 2005). Yonca bitki ile rhizobium bakterileri arasındaki bu ilişki sayesinde verimsiz arazilerin ıslahı mümkün olmaktadır. Ayrıca bu ilişki ile toprakta bulunan besin ve minerallerin kimyasal ve fiziksel açıdan düzenlenmesinde de katkı sağlamaktadır (Sprent, 1999; Sulieman ve Schulze, 2010). Ayrıca yonca bitkisi uzun kök yapısı sayesinde toprağın derinliklerinde bulunan mineral maddelere ulaşarak toprağın havalanmasını sağlamaktadır (USDA, 1997). Ancak her bitki türünde olduğu gibi, yonca bitkisi büyümesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilecek çeşitli çevresel streslere maruz kalır. Son yıllarda araştırmacılar, yoncanın farklı stres faktörlerine nasıl tepki verdiğini

anlamak ve stres toleransını iyileştirmek için stratejiler geliştirmek amacıyla çok sayıda çalışma yürütmüştür.

Tarımsal üretimin önündeki en büyük engeller kuraklık, tuz, ağır metaller ve aşırı sıcaklıklar gibi abiyotik stres etkenlerinden kaynaklanmaktadır. Küresel iklimde öngörülen değişikliklerin doğrudan bir sonucu olarak, bu stres faktörlerinden bir veya daha fazlasına maruz kalmanın bir sonucu olarak ürün kaybı olasılığı artmaktadır (Haak ve ark., 2017). Bitki stresli koşullara maruz kaldığında, çimlenmeden tohum oluşumuna kadar bitki gelişiminin her aşaması risk altındadır. Bitkiler stresle başa çıkmak için hücre duvarının yeniden şekillenmesi, hücre içi iyon dengesinin yenilenmesi, ozmotik materyalin sentezi, anti-oksidasyon veya stres tepki sinyal yollarının aktivasyonu ve genomun modifikasyonu veya değişimi gibi çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal strateji geliştirir (Haak ve ark., 2017). Bunlar, bitkilerin stresle başa çıkmak için geliştirdiği fizyolojik ve biyokimyasal stratejilerden bazılarıdır. Evrim sürecinde, hayatta kalma şanslarını artırmak için çok çeşitli morfolojik ve fizyolojik adaptasyonlar üretilmiştir. Bu adaptasyonlar, üreyebilmeleri ve genlerini aktarabilmeleri için gerekli bir mekanizmadır. Yonca (*Medicago sativa* L.), dünyada en yaygın olarak yetiştirilen yemlik baklagil olmasına rağmen, abiyotik stresin etkileri nedeniyle hem üretimi hem de yetiştirme alanı kısıtlanmıştır. Fizyolojik, genetik ve moleküler düzeylerde yapılan çalışmalar, stres adaptasyonu ve toleransını koordine eden karmaşık düzenleyici yollar göstermiştir. Bu süreçler çeşitli farklı seviyelerde koordine edilmektedir. Yoncanın stres

tepkisini nasıl adapte ettiğinin daha mantıklı bir şekilde anlaşılması ürünün ıslah yoluyla nasıl geliştirilebileceğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yonca Bitkisinde Stres Türleri

Kuraklık, yonca üretimini etkileyen başlıca abiyotik streslerden biridir. Kuraklık stresi bitki dokularının morfolojisi, fizyolojisi, biyokimyası ve moleküler bileşiminde gözlemlenebilir değişikliklere neden olur (Hsiao,1973). Bu stres reaktif oksijen türleri (ROS)'un dinamik dengesini bozabilir, hücreye uyumlu çözünenleri değiştirebilir, fotosentezi baskılayabilir ve su verimliliğini azaltabilir, bunların hepsi bitki gelişiminin baskılanmasına, morfolojide değişikliklere ve verimde düşüslere neden olur (Møller ve ark. 2007; Farooq ve ark. 2009). Bu stres aynı zamanda hücre uyumlu çözünen maddeleri de değiştirebilir. Bitkiler kuraklıktan kurtulmak için bir dizi reaksiyondan geçer; bunlardan bazıları stoma kontrolü, ozmotik düzenleme ve antioksidan savunmanın kullanılmasını içerir (Gill ve Tuteja 2010; Joshi ve ark. 2016). Stomatal düzenleme stomaların yönetimini içerirken, ozmotik düzenleme ozmotik basıncın düzenlenmesini içerir. Araştırmacılar, kuraklık toleransında rol oynayan anahtar genleri ve mekanizmaları tanımlamak için yoncanın kuraklık stresine verdiği fizyolojik ve moleküler tepkileri incelemiş ve kuraklığa toleransını artırmada ozmotik ayarlamaların, antioksidan savunma sistemlerinin ve strese duyarlı genlerin düzenlenmesinin önemini ortaya koymuştur. Ayrıca, genetik mühendisliği ve moleküler ıslah yaklaşımlarının kullanımı

kuraklığa toleranslı yonca çeşitlerinin geliştirilmesinde umut vaat etmektedir.

Tuz stresi, özellikle bitkinin gelişiminin erken aşamalarında yonca tohumlarının çimlenmesi sırasında etkili olmaktadır. Tuz oranı arttıkça, çimlenme oranı, bağıl büyüme oranı ve radikül uzaması azalır (Li ve ark., 2010). Tuz stresi ya iyonik bir etkiye (iyonların metabolik dokulara özel zarar verdiği) ya da ozmotik bir etkiye (suyun mevcudiyetinin kısıtlandığı) sahip olabilir, her ikisi de tohum çimlenmesinin yanı sıra sürgün ve kök gelişimini sınırlayabilir veya geciktirebilir. Tuz stresinin yonca'da %89 daha az kök gelişimine neden olduğu gözlemlenmiştir (Li ve ark., 2010; Tilaki ve ark., 2009). Toprağın tuzluluğu arttığında kök ve sürgün uzunluğunun azaldığını tespit etmiştir (Zhanwu ve ark., 2011). Başka bir araştırmanın bulgularına göre (Khan ve ark., 1997), bitki 100 mM NaCl tuz stresine maruz kaldığında biyokütle üretimi engellenmiştir. Robinson ve ark. 2004' ün çalışmasının bulgularına göre, toprak tuzluluğundaki 15'ten 25 dS m⁻¹'e bir artış, yonca biyokütle üretiminde %54'lük bir düşüşe neden olmuştur. Nötr deterjan lif miktarı da benzer şekilde tuzluluktaki artışla birlikte azalmıştır. Artan toprak tuzu seviyeleri, daha önce yapılan çok sayıda çalışmada, tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve biyokütle üretim oranlarının azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Tuzluluk stresinin yonca büyümesi, fizyolojisi ve biyokimyası üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, iyon taşıyıcılar, ozmoprotektanlar ve antioksidan enzimler de dahil olmak üzere tuz tolerans mekanizmalarında yer alan spesifik genleri ve proteinleri tanımlamıştır.

Bu mekanizmaların anlaşılması, geleneksel ıslah veya genetik mühendisliği teknikleri yoluyla tuza toleranslı yonca çeşitlerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Isı stresi çalışmaları, hücrelerin ısı kaynaklı hasardan korunmasında önemli bir rol oynayan yoncadaki moleküler tepkileri ve ısı şoku protein ağlarını çözmeye odaklanmıştır. Soğuk stresi çalışmaları, yoncada soğuğa uyum ve donma toleransı mekanizmalarını araştırmış, antifriz proteinlerinin üretiminde ve soğuğa duyarlı yolların düzenlenmesinde yer alan anahtar genleri tanımlamıştır.

Yonca, abiyotik streslerin yanı sıra hastalıklar, zararlılar ve herbivor gibi çeşitli biyotik streslere karşı da hassas bir bitkidir. Araştırmacılar, hastalıklara dayanıklı yonca çeşitlerini belirlemek ve patojen saldırısı sırasında aktive olan savunma mekanizmalarını anlamak için çalışmalar yürütmüştür. Ayrıca, böcek zararlıları ve otçulluğa ilişkin araştırmalar, yoncanın savunma tepkisinde yer alan temel kimyasal bileşiklerin ve sinyal yollarının tanımlanmasına yol açarak, gelişmiş haşere yönetimi stratejilerinin önünü açmıştır. Son olarak araştırmacılar ayrıca yoncanın besin eksiklikleri, ağır metal toksisitesi ve oksidatif stres gibi diğer stres faktörlerine tepkisini de araştırmışlardır. Bu çalışmalar, yoncanın bu streslere verdiği yanıtın altında yatan fizyolojik ve moleküler mekanizmaları anlamamıza katkıda bulunmuş ve yoncanın besin alım verimliliğini ve metal toleransını iyileştirmeye yönelik stratejiler hakkında fikir vermiştir.

Yonca Bitkisinde Stres Şartlarında Morfolojik ve Fizyolojik Değişiklikler

Diğer birçok bitki türünde olduğu gibi, yonca bitkisinde abiyotik baskılara maruz kaldığında morfolojik değişimler görülmektedir. Bu değişiklikler öncelikle hücre çoğalması ve farklılaşması, yaprak genişlemesi ve kök sistemi gelişimi gibi süreçlerinde ortaya çıkmaktadır. Bu değişimlere ek olarak, abiyotik stresin yaygın olarak fark edilen etkilerinden biri de hücre duvarlarının yeniden şekillenmesidir. Bunun sonucunda hücrelerin yapısında, boyutunda ve içeriğinde değişiklikler görülmektedir. Örneğin, dirigent proteinleri, expansin ve casparian strip membran proteinlerini ve hücreye özgü (Ca^{2+}) geçicileri kodlayanlar da dâhil olmak üzere hücre duvarı modifikasyonunda yer alan bir dizi önemli genin tuz toleransına tepki vermekten sorumlu olduğu gösterilmiştir (Feng ve ark., 2018). Yoncada strese bağlı çeşitli gen ürünlerinin hücre duvarı şekline katkıda bulunduğu bilinmektedir. Bu gen ürünleri, selüloz veya monolignol üretimi ve polimerizasyonunda rol oynayanları içerir (Behr ve ark., 2015). Poliöl inositol, her ikisi de mevcut olması gereken ksilan ve pektin olarak bilinen hücre duvarlarının yapısal bileşenlerinin üretimi için gereklidir. Yoncanın düşük sıcaklıkla indüklenebilir geni MfINT-like (miyo-inositol taşıyıcı benzeri bir proteini kodlar) veya MfGolS1'in (galaktinol sentaz üretir) yapısal olarak ifade edilmesi donma, kuraklık ve tuz stres faktörlerine karşı gelişmiş bir tolerans derecesine yol açmıştır. Bu etkinin, tümü hücre duvarı sentezi prosedürüyle bağlantılı

olan galaktinol, rafinoz ve stakioz oluşumundaki artıştan kaynaklandığı varsayılmıştır (Zhuo ve ark., 2013; Sambe ve ark., 2015).

Stres durumlarında yoncanın yaprak, palizat ve süngerimsi doku kalınlığı; hücre yapısının sıklığı; palizatın süngerimsi dokuya oranı; ve damar demetinin çapı gibi yapılarında değişiklikler gösterdiği tespit etmiştir (Lei ve ark., 2017). Bitki kutikulasının çoğunluğunu oluşturan kutikular mum, bitkinin toprak üstü kısımları için çevrenin neden olduğu stresin yol açabileceği zararlara karşı önemli bir koruyucu görevi görür. Bir araştırmaya göre, AP2 alanı içeren bir transkripsiyon faktörünü kodlayan WXP1 geninin yoncada aşırı ekspresyonu, kutikular mum birikimini teşvik etmiştir. Bu, bitkinin su ve klorofil kaybetme oranını azaltarak kuraklığa karşı toleransında bir artışa neden olmuştur (Zhang ve ark. 2005). Arabidopsis Enhanced Drought Tolerance 1 (AtEDT1), homeodomain-leucine zipper Transkripsiyon faktörü (TF) ailesinin bir üyesi olan bir protein üreten bir genidir. Bu proteinin işlevi, bir dizi farklı bitki türünde kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve doğrulanmıştır (Zheng ve ark., 2017). Zheng ve arkadaşlarının 2017 araştırmasına göre, AtEDT1'in ektopik ifadesine sahip transgenik yonca bitkileri, kuraklık stresine maruz kaldıklarında stoma yoğunluğunun azaldığını, kök sisteminin geliştiğini, membran geçirgenliğinin ve malondialdehit içeriğinin arttığını ve kuraklığa duyarlı genlerin ifadesinin arttığını göstermiştir.

Buna ek olarak, yoncanın kök sisteminin toplam uzunluğunu, ikincil ksilemdeki damar sayısını ve kök ucu sayısını, kök sisteminin toplam uzunluğunu/yüzeyini, damar demetinin çapını ve damar demetinin

alanını artırarak veya azaltarak stres faktörlerine uyum sağlama yeteneğine sahip olduğunu bulmuştur (De Smet ve ark., 2012). Azot (N) ve fosfor (P) mevcudiyetinin yanı sıra toprak asitliğine bağlı alüminyum toksisitesi, mahsul ve mera verimi için en önemli üç toprak kısıtlaması olarak tanımlanmıştır (Khan ve ark., 2016; Niu ve ark., 2019). Yoncadaki çeşitli kök sistemi tepkileri, bitkinin düşük verimli (besin eksikliği olan) topraklara uyum sağlama yeteneğine katkıda bulunur. Bu tepkiler şunları içerir: besin maddelerinin alımı için kök sistemini ve kök yüzey alanını artırmak (kök uzama oranı, yan kök üretimi, kök kılı özellikleri, kök uzunluğu yoğunluğu, toprağa nüfuz etme yeteneği); mikorizal birlikler veya nodülasyon yoluyla rizosferdeki mikroplarla yakın etkileşim kurmak (Idupulapati ve ark., 2016; Li ve ark., 2018).

Bitkilerin yüksek tuzluluk koşullarında hayatta kalabilmeleri için hücresel iyon homeostazlarının korunması esastır. Potansiyel olarak tehlikeli sodyum iyonlarının dışlanması, tutulması ve ihracı Na^+/K^+ taşıyıcı proteinlerin aktivitesine bağlıdır. Örneğin, yonca bitkilerinde *Rhizobium* tuz toleransı B geninin ifadesinin artırılması, bitkinin yüksek tuzluluk seviyelerine dayanma kabiliyetinde bir artışa yol açmıştır (Zhang ve Wang, 2015). Bu, bitkinin yapraklarında sodyum iyonlarının birikmesini bastırırken aynı zamanda bitkinin kalsiyum iyonlarını alma yeteneğini artırarak başarılmıştır. *Zygophyllum xanthoxylum*, buğday veya *Salicornia europaea*, *Glycine soja*'dan türetilen $Na(+)/H(+)$ antiporterlerini kodlayan genlerin yoncada transgenik olarak ifade edilmesinin kuraklık veya tuzluluk stresine

tolerans üzerinde yararlı bir etkiye sahip olduğu belgelenmiştir (Bao ve ark., 2016; Sun ve ark. 2018). Bu tür genler tarafından üretilen proteinler, sitozolde Na⁺ ile K⁺ iyonları arasında sağlıklı bir oranın korunmasında rol oynayabilir.

Ozmotik stres, genel olarak, hücresel hidrasyonda azalmaya, membran geçirgenliğinde artışa, stomatal kapanmanın indüklenmesine, fotosentetik kabiliyet kaybına ve nihayetinde bitkilerin büyümesinde ve üretiminde önemli bir azalmaya neden olur. Bitkiler ozmotik strese maruz kaldığında, sıklıkla ortaya çıkan tepkilerden biri ozmolitlerin birikmesidir. Bu ozmolitler arasında spesifik amino asitler, çözünebilir şeker, kuaterner amonyum ve glikol bulunur ve bunların hepsi hücre turgorunu destekler. Ginzberg ve arkadaşlarına (1998) göre, yoncadaki MsP5CS geni bir delta 1-pirolin-5-karboksilat sentaz kodlar. Bu enzim prolin sentez yolundaki ilk enzimdir ve bitki ozmotik strese maruz kaldığında prolin sentezini artırabilir. Benzer şekilde, yoncada MsK4 (yeni bir yonca GSK-3 benzeri kinaz) ve GsGSTU13, GsGSTU14 ve GsGSTU19'un (soya fasulyesinin Glutatyon transferazı) aşırı ekspresyonu, ozmotik strese direnmek için asparajin, prolin ve glutamin birikiminin artmasına katkıda bulunabilir (Kempa ve ark., Li ve ark., 2013a'ya göre, tütünün vejetatif dokusunda yonca MsZIP seviyelerinin artırılması, bitkinin ozmotik ve tuz stresine karşı direnç derecesini artırabilmiştir. Bu, çözünür protein, prolin, MDA ve bağıl su içeriği seviyeleri üzerinde bir etkiye sahip olarak gerçekleştirilmiştir.

(Li ve ark., 2014) tarafından yapılan araştırmaya göre, bazı poliaminlerin ozmotik stres tepkisine katkıda bulunduğu da

bilinmektedir. Yoncada su basması stresi, yaprak poliaminlerinin (Put, Spd ve Spm) yanı sıra etilen seviyelerinde önemli bir artışa neden olmuştur. Buna metabolik enzimlerin aktivitesinde ve gen ifadelerinde bir artış eşlik etmiştir (Zhang ve ark. 2019). Bagga ve arkadaşları (1997) tarafından belirtildiği gibi, spermidin, spermin ve diğer bazı daha seyrek poliaminlerin sentezini düzenleyen putresin aminopropil transferaz (PAPT) enzimi, yonca bitkilerinin ozmotik stres toleransına önemli bir katkı sağlamıştır. PAPT, spermidin, spermin ve diğer bazı daha az yaygın poliaminlerin sentezinin düzenlenmesinden sorumludur.

HSP'ler olarak da bilinen ısı şoku proteinlerinin, yüksek sıcaklıkların etkilerine karşı reaksiyonlarda yer alan her şeyi kapsayan savunma proteinleri olduğu iyi bilinmektedir. Yonca MsHSP17.7, MsHSP23 veya MsHSP70'in yapısal ifadesinin bir sonucu olarak transgenik Arabidopsis veya tütünde artan tuz ve kuraklık direnci görülmüştür (Li ve ark., 2017; Lee ve ark., 2012). Bu özel senaryoda, orijinal olarak çöl otu türü *Cleistogenes songorica*'dan elde edilen CsLEA geni, yoncada yapısal olarak ifade edilmiş ve bu da hem kuraklık hem de tuzluluk toleransı üzerinde iyileştirici bir etkiye neden olmuştur (Zhang ve ark. 2016). CsLEA, hidrofilik proteinlerin önemli LEA (late embryogenesis abundant) gen ailesinin bir üyesidir. Bu proteinler kuru veya tuzlu ortamlarda birikme eğilimindedir ve hem diğer proteinler hem de membranlar için bir koruyucu görevi görür. CsLEA bu gen ailesinin bir üyesidir. Bu arada, transgenik tütünde MsLEA3-1 proteininin birikiminin tuzluluk stresini artırdığı ve buna malondialdehit, elektrik

iletkenliği ve prolin konsantrasyonunda bir değişimin eşlik ettiği gösterilmiştir (Bai ve ark. 2012).

Antioksidan Reaksiyonları

Reaktif oksijen türlerinin (ROS) hücrel membranların lipid ve proteinleri üzerindeki etkisinin doğrudan bir sonucu olarak ortaya çıkan tehlikeli kimyasalların hızlı birikimi, bitki dokusunun bütünlüğünün korunmasına önemli bir katkı sağlar. Yoncada reaktif oksijen türlerinin (ROS) hem başlatılmasını hem de temizlenmesini kodlayan genlerin aktivitesinin genel bir taraması, abiyotik stresin ROS üreten enzim NADPH oksidaz üretimini artırma eğiliminde olduğunu, glikolat oksidazı kodlayan genlerin ise baskılanma eğiliminde olduğunu göstermiştir (An ve ark., 2016). Bitki kuraklık stresine maruz kaldığında, ferritin, Cu/Zn süperoksit dismutaz (SOD) gibi ROS giderici proteinleri kodlayan genler ve glutatyon peroksidaz ailesi üyelerinin çoğu indüklenir. Öte yandan, CC tipi glutaredoksinleri ve tiyoredoksinleri kodlayan genler aşağı regüle olur (Kang ve Udvardi, 2012). Mn-SOD enzimini kodlayan bir cDNA dizisini yapısal olarak ifade eden transgenik yonca bitkileri, yabani tip olanlara göre nem stresinden daha az zarar görmüştür (yüksek fotosentetik kapasite, daha az elektrolit sızıntısı ve taçlardan daha iyi yeniden büyüme ile). Bu durum, bu bitkilerin stresten daha iyi kurtulabildikleri gerçeğiyle gösterilmiştir. Buna ek olarak, Fe-SOD veya Mn-SOD aktivitesindeki bir artış yoncanın kış mevsiminde hayatta kalmasını iyileştirmiştir, ancak oksidatif strese maruz kalan bitkiler üzerinde olumlu bir etkisi olmamıştır (McKersie ve ark., 2000). Endüstriyel atıkların kadmiyum

(Cd) veya bakır (Cu) gibi ağır metallere kirlenmesi sadece bitkiyi strese sokmakla kalmaz, aynı zamanda hayvan yeminde kullanılan biyokütlenin kalitesini de düşürür. Antioksidanlar, özellikle protein olmayan tiyoller, glutatyon, oksitlenmiş glutatyon, SOD, peroksidaz (POD) ve askorbat peroksidaz, ağır metal stresiyle karşı karşıya olan yonca bitkileri için avantajlı olabilir (Teng ve ark. 2016). Kökler tarafından hızlı oksijen tüketimi nedeniyle, önemli bir ozmotik stres faktörü olan su basması da köklerde ciddi hipoksiye ve hatta anoksiye neden olabilir. Bu da kök gelişimini ve işleyişini engelleyerek bitkinin su ve besin alma kabiliyetini kısıtlar (Colmer ve Greenway 2011). Yonca, drenajı yetersiz olan topraklarda yetişmekte zorlanır. Bu olduğunda, bitkinin metabolizması, N₂ fiksasyonu, klorofil içeriği, fotokimyasal verimlilik (Fv/Fm), net fotosentetik oran (Pn), N/P/K emilimi korunur ve hatta ROS üretimi gerçekleşir. Beta-amilaz, Etilen yanıt faktörü (ERF), Kalsinörin B benzeri (CBL) etkileşimli protein kinazlar (CIPK'ler), Glutatyon peroksidaz (GPX) ve Glutatyon-S-transferaz (GST) ile ilgili birkaç gen, yoncaya su basması stresine tolerans kazandırmada potansiyel olarak önemli roller oynayabilir (Zeng ve ark. 2019; Zhang ve ark. 2019).

Genomik Değişimler

Genomun belirli bir bölgesinde tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler) olarak bilinen kritik biyolojik belirteçlerin varlığı, farklı türler arasında abiyotik tolerans varyasyonlarını araştırmak için kullanılmaktadır. Doğal SNP varyasyonu, agronomik bitkileri geliştirmek için kullanılacak önemli genetik çeşitlilik kaynaklarının keşfedilmesine

yardımcı olmak için kullanılabilir. Han ve ark., 2011'e göre, SNP genotipleme moleküler markör teknolojisi alanındaki en yeni ve umut verici gelişmedir. Bunun nedeni SNP'lerin çok sayıda olması, genom boyunca yaygın dağılımları, büyük genetik kararlılıkları ve sahip oldukları alel bağlantılarıdır. Bununla birlikte, mahsulün genetik karmaşıklığı nedeniyle, SNP tabanlı genetik haritalama ve yoncada önemli kantitatif özellik lokuslarının (QTL) keşfi, diploid mahsullerde başarılanların gerisinde kalmaktadır. Neyse ki, diploid yoncanın yüksek yoğunluklu bir genetik ve fiziksel haritası geliştirilmiştir. Bu, tetraploid çeşitlerin genetik ve QTL haritalaması için bir çerçeve oluşturmuştur. Yoncada, biyokütle, morfolojik özellikler, kışa dayanıklılık, kalıcılık ve alüminyum toleransı ile bağlantılı kantitatif özellik lokusları (QTL'ler) haritalanmıştır (Jiang ve ark., 2022). Öte yandan, bu QTL'lerin çoğu büyük kromozomal segmentte bulunur, bu da bitki ıslahında doğrudan kullanılamayacakları anlamına gelir. Islah seçiminin etkinliği, abiyotik toleransla ilgili genetik lokusların tanımlanması ve tolerans lokuslarıyla yakından bağlantılı olan markör destekli seçim için teşhis markörlerinin geliştirilmesi gibi çeşitli yollarla iyileştirilebilir. Stres toleransı lokuslarını haritalamak için, genellikle GWAS olarak bilinen genom çapında ilişkilendirme çalışmaları, kantitatif özellik lokusu (QTL) haritalama stratejisini yüksek verimli yeni nesil dizileme teknolojisi ile birleştiren entegre bir çerçeve sağlar. Subtilisin benzeri proteaz 1 (ADD1), Elisitor indüklenbilir protein J7 (EIG-J7), strubbelig-reseptör 3 benzeri protein (SRF3), bileşen histon deasetilaz kompleksi (SIN3) ve Kinaz-ilişkili protein fosfat (KAPP), yoncada kuraklığa dirençten sorumlu genlerle bağlantılı belirteçlerdir (Rodriguez, 1998; Zhang ve

ark., 2015). Bir pentatrikopeptit tekrar proteini (PPR), peroksijenaz (POG), nükleotidiltransferaz ailesi proteini (NTP), tiamin pirofosfokinaz (TPPK), CBL ile etkileşen kinaz (CIPK) ve kalmodulin benzeri protein (CML), Yu ve ark., 2016) tarafından benzer bir yaklaşım kullanılarak keşfedilen tuzluluk stresiyle ilişkili lokuslar arasındaydı. Referans genom (*Medicago truncatula*) ile yan dizilerinin hizalanmasına dayanan lokus atama ve açıklamalarına göre, translasyon başlatma, hastalık direnci ve kalmodulin bağlanması gibi çoklu işlevlerle bağlantılı tüm kromozomlar üzerinde yer almışlardır (Yu ve ark. 2016; Liu ve Yu 2017). Daha yakın zamanda, dizileme yoluyla genotipleme (GBS) ve genom çapında ilişkilendirme çalışmalarının (GWAS) bir kombinasyonu, kuraklığa maruz kalan bitkilerin biyokütle verimini belirleyen birkaç SNP lokusunun yerini belirlemede başarılı olmuştur (Yu 2017). Bu SNP lokusları arasında lösün bakımından zengin tekrarlı reseptör benzeri kinaz, B3 DNA bağlayıcı domain proteini, translasyon başlatma faktörü IF2 ve fosfolipaz benzeri proteinler bulunmaktadır. Bu tür deneyler düzenli olarak bir hedef özellik için dolaylı seçim kriteri olarak kullanılabilirler işaretleyici deneyler oluşturur. Bu, artan abiyotik stres toleransı seviyeleri sergileyen çeşitlerin ıslahını önemli ölçüde hızlandırabilecek bir stratejidir ve bu tür deneylerin işaretleyici deneyler üretmesi yaygındır.

Epigenetik değişiklikler, bitkinin abiyotik strese tepkisinde rol oynayan genlerin ifadesi de dahil olmak üzere gen ifadesini etkilemenin önemli bir tekniği olarak ortaya çıkmıştır (Li ve ark. 2019). Bu durum, epigenetik değişikliklerin kalıtsal olmadan nesilden nesile

aktarılabilmemesinden kaynaklanmaktadır. *Medicago truncatula*'nın tuzluluğa tepki olarak yakın zamanda yapılan genom çapında DNA metilasyon araştırmasında gösterildiği gibi, toplam DNA metilasyon seviyesi tuz stresi nedeniyle artmıştır (Yaish ve ark. 2018). Bu çalışma ayrıca bitkilerin tuzluluğa tepki olarak 5-metilsitozin nükleotid (5-mC) manzarasını değiştirdiğini göstermiştir. Bitki tuz stresine maruz kaldığında yoncanın metilasyon durumunun kantitatif olarak etkilendiği gösterilmiştir (Al-Lawati ve ark. 2016). Bu bulgu bitkinin genomu kullanılarak yapılmıştır. Waterborg ve arkadaşları (1989), kısa veya uzun süreli tuz stresine maruz kalan yoncada histon H4'ün çoklu asetillenmiş formlarında ve histon H3'ün varyasyonlarında önemli artışlar keşfetmiştir. miRNA'lar olarak da bilinen küçük kodlamayan RNA'lar, gen ifadesinin düzenlenmesinde önemli rol oynayan ve bu kısaltmayla anılan bir RNA türüdür. Araştırmacılar, kısa RNA derin dizilimi olarak bilinen bir yöntem kullanarak, yoncada bitkinin kuraklık, tuz ve/veya soğuktan kaynaklanan strese verdiği tepkide önemli sayıda mikroRNA'nın (miR3512, miR3630, miR5213, miR5294, miR5368 ve miR6173 gibi) rol oynadığını tespit edip gösterebildiler (Long ve ark., 2015; Shu ve ark., 2017). Bununla birlikte, yoncada Pi eksikliği koşulları altında, miR399 ve miR398'in ifadesinin indüklendiği, miR156, miR159, miR160, miR171, miR2111 ve miR2643'ün ifadesinin ise inhibe edildiği bulunmuştur (Li ve ark. 2018). MsmiR156'nın yoncadaki işlevi, bu bitkide bulunan diğer mikroRNA'lara kıyasla en ayrıntılı şekilde incelenmiştir. (Aung ve ark. 2015; Gao ve ark. 2016) MsmiR156'nın bir öncüsünü aşırı ifade eden transgenik bitkiler, biyokütle üretiminde artış, düğümler arası

uzunlukta kısalma, hem sürgün dallanmasında hem de trikom yoğunluğunda artış ve bitkinin çiçeklenme zamanında gecikme göstermektedir. SPL13 (bir SBP-box transkripsiyon faktörünü kodlar) en azından pirinçte üreme gelişimi ile ilişkili olduğundan, MsmiR156'nın bolluğu kök rejeneratif kapasitesini, azot fiksasyon aktivitesini teşvik etmiş ve yoncada kuraklık toleransını artırmıştır. Bu, SPL13'ün etkili bir şekilde susturulmasıyla elde edilmiştir (Aung ve ark. 2017).

2. SONUÇ

Medicago sativa'da strese dayalı çalışmalar, özellikle kuraklık, tuzluluk, sıcaklık ve biyotik stresler, yoncanın stres tepkilerinde yer alan mekanizmalar hakkındaki anlayışımızı geliştirmiştir. Bu bilgi, geleneksel ıslah veya biyoteknolojik yaklaşımlar yoluyla strese toleranslı yonca çeşitlerinin geliştirilmesinin yolunu açmıştır. Yoncanın stres toleransını geliştirerek, sürdürülebilir ekimini sağlayabilir ve dünya çapında bir yem bitkisi olarak önemli rolünü sürdürebiliriz. Dünya nüfusunun hızla artması, tarım arazilerinin kontrolsüz kullanımı ile toprağın tuzlanması ve iklimdeki muazzam değişimler, tüm dünyada tarımsal üretim için önemli zorlukları beraberinde getirmiştir. Yoncanın abiyotik stres faktörlerine verdiği tepkinin bir bileşeni olan hücresel şekil ve kompozisyondaki değişiklikler üzerinde çok sayıda kontrol derecesi uygulanmaktadır. Bununla birlikte, diğer model bitkilerle karşılaştırıldığında, yoncadaki stres tepkilerinin moleküler mekanizmalarının anlaşılmasında çok sayıda bilgi boşluğu vardır. Uzun bir süre boyunca yoncanın ıslahında önemli miktarda ilerleme

kaydedilmiştir. Bu gelişmeler arasında geleneksel ıslahtan moleküler markör destekli ve transgenik ıslaha geçiş de yer almaktadır. Bu araştırmalar temelinde, bitkinin strese maruz kalması durumunda işleyen sinyal ağlarının uygulanabilir modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller, strese adapte olmuş yonca çeşitlerinin geliştirilmesi için ıslah tekniklerinin geliştirilmesine yönelik çabalar için önemli etkilere sahiptir. Son yıllarda, mevcut genom dizileme ve biyoinformatik teknolojilerinin hızlı büyümesiyle birlikte, ürün ıslahı teorileri ve yöntemleri de büyük değişiklikler yaşamıştır. Bu gelişmeler, modern teknolojinin hızla gelişmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Moleküler belirteçler, transgenik yöntemler ve moleküler tasarım ıslahı gibi modern moleküler ıslah teknolojilerinin kullanımı, hızla ürün ıslahı için baskın yöntem haline gelmiştir. Dizileme yoluyla genotipleme ve genom çapında ilişkilendirme analizi teknolojisinin devam eden gelişimi, yoncanın stres tepkisiyle ilgili kritik genetik lokusların ve aday genlerin keşfedilmesi sürecinde gelecek yıllarda önemli ilerlemeler kaydedileceğini vaat etmektedir. Bu gelişmeler ve fizyolojik süreçlerin bilinmesi, gelecekteki yonca ıslahında uygulama fırsatları hakkında bazı bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Al-Lawati, A., Al-Bahry, S., Victor, R., Al-Lawati, A. H., & Yaish, M. W. (2016). Salt stress alters DNA methylation levels in alfalfa (*Medicago spp*). *Genet Mol Res*, 15(1), 15018299.
- An, Y. M., Song, L. L., Liu, Y. R., Shu, Y. J., & Guo, C. H. (2016). De novo transcriptional analysis of alfalfa in response to saline-alkaline stress. *Frontiers in Plant Science*, 7, 931.
- Aung, B., Gao, R., Gruber, M. Y., Yuan, Z. C., Sumarah, M., & Hannoufa, A. (2017). MsmiR156 affects global gene expression and promotes root regenerative capacity and nitrogen fixation activity in alfalfa. *Transgenic research*, 26, 541-557.
- Aung, B., Gruber, M. Y., Amyot, L., Omari, K., Bertrand, A., & Hannoufa, A. (2015). Micro RNA 156 as a promising tool for alfalfa improvement. *Plant biotechnology journal*, 13(6), 779-790.
- Bagga, S., Rochford, J., Klaene, Z., Kuehn, G. D., & Phillips, G. C. (1997). Putrescine aminopropyltransferase is responsible for biosynthesis of spermidine, spermine, and multiple uncommon polyamines in osmotic stress-tolerant alfalfa. *Plant Physiology*, 114(2), 445-454.
- Bai, Y., Yang, Q., Kang, J., Sun, Y., Gruber, M., & Chao, Y. (2012). Isolation and functional characterization of a *Medicago sativa* L. gene, MsLEA3-1. *Molecular Biology Reports*, 39, 2883-2892.
- Bao, A. K., Du, B. Q., Touil, L., Kang, P., Wang, Q. L., & Wang, S. M. (2016). Co-expression of tonoplast Cation/H⁺ antiporter and H⁺-pyrophosphatase from xerophyte *Zygophyllum xanthoxylum* improves alfalfa plant growth under salinity, drought and field conditions. *Plant biotechnology journal*, 14(3), 964-975.
- Behr, M., Legay, S., Hausman, J. F., & Guerriero, G. (2015). Analysis of cell wall-related genes in organs of *Medicago sativa* L. under different abiotic stresses. *International journal of molecular sciences*, 16(7), 16104-16124.

- Colmer, T. D., & Greenway, H. (2011). Ion transport in seminal and adventitious roots of cereals during O₂ deficiency. *Journal of Experimental Botany*, 62(1), 39-57.
- De Smet, I., White, P. J., Bengough, A. G., Dupuy, L., Parizot, B., Casimiro, I., ... & Bennett, M. (2012). Analyzing lateral root development: how to move forward. *The Plant Cell*, 24(1), 15-20.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*, 153-188.
- Feng, W., Kita, D., Peaucelle, A., Cartwright, H. N., Doan, V., Duan, Q., ... & Dinneny, J. R. (2018). The FERONIA receptor kinase maintains cell-wall integrity during salt stress through Ca²⁺ signaling. *Current Biology*, 28(5), 666-675.
- Gao, R., Austin, R. S., Amyot, L., & Hannoufa, A. (2016). Comparative transcriptome investigation of global gene expression changes caused by miR156 overexpression in *Medicago sativa*. *BMC genomics*, 17(1), 1-15.
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48(12), 909-930.
- Ginzberg, I., Stein, H., Kapulnik, Y., Szabados, L., Strizhov, N., Schell, J., ... & Zilberstein, A. (1998). Isolation and characterization of two different cDNAs of Δ 1-pyrroline-5-carboxylate synthase in alfalfa, transcriptionally induced upon salt stress. *Plant Molecular Biology*, 38, 755-764.
- Haak, D. C., Fukao, T., Grene, R., Hua, Z., Ivanov, R., Perrella, G., & Li, S. (2017). Multilevel regulation of abiotic stress responses in plants. *Frontiers in plant science*, 8, 1564.
- Han, Y., Kang, Y., Torres-Jerez, I., Cheung, F., Town, C. D., Zhao, P. X., ... & Monteros, M. J. (2011). Genome-wide SNP discovery in tetraploid alfalfa using 454 sequencing and high resolution melting analysis. *BMC genomics*, 12(1), 1-11.

- Hsiao, T. C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual review of plant physiology*, 24(1), 519-570.
- Rao, I. M., Miles, J. W., Beebe, S. E., & Horst, W. J. (2016). Root adaptations to soils with low fertility and aluminium toxicity. *Annals of Botany*, 118(4), 593-605.
- Joshi, R., Wani, S. H., Singh, B., Bohra, A., Dar, Z. A., Lone, A. A., ... & Singla-Pareek, S. L. (2016). Transcription factors and plants response to drought stress: current understanding and future directions. *Frontiers in plant science*, 7, 1029.
- Kaçar, O., Göksu, E., & Azkan, N. (2005). Bursa koşullarında farklı bakteri suşları ile aşılamanın bazı nohut (*cicer arietinum* l.) çeşit ve hatlarında verim ve verim öğeleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(3), 21-32.
- Kang, Y., & Udvardi, M. (2012). Global regulation of reactive oxygen species scavenging genes in alfalfa root and shoot under gradual drought stress and recovery. *Plant signaling & behavior*, 7(5), 539-543.
- Khan, M. G., Silberbush, M., & Lips, S. H. (1997). Responses of alfalfa to potassium, calcium, and nitrogen under stress induced by sodium chloride. *Biologia plantarum*, 40(2), 251-259.
- Khan, M. I. R., Iqbal, N., Masood, A., Mobin, M., Anjum, N. A., & Khan, N. A. (2016). Modulation and significance of nitrogen and sulfur metabolism in cadmium challenged plants. *Plant growth regulation*, 78, 1-11.
- Rodriguez, P. L. (1998). Protein phosphatase 2C (PP2C) function in higher plants. *Plant molecular biology*, 38, 919-927.
- Lee, K. W., Cha, J. Y., Kim, K. H., Kim, Y. G., Lee, B. H., & Lee, S. H. (2012). Overexpression of alfalfa mitochondrial HSP23 in prokaryotic and eukaryotic model systems confers enhanced tolerance to salinity and arsenic stress. *Biotechnology letters*, 34, 167-174.
- Lei, Y., Hannoufa, A., & Yu, P. (2017). The use of gene modification and advanced molecular structure analyses towards improving alfalfa forage. *International journal of molecular sciences*, 18(2), 298.

- Li, C., Liu, D., Lin, Z., Guan, B., Liu, D., Yang, L., ... & Zhou, Z. (2019). Histone acetylation modification affects cell wall degradation and aerenchyma formation in wheat seminal roots under waterlogging. *Plant Growth Regulation*, 87, 149-163.
- Li, H., Wang, Z., Ke, Q., Ji, C. Y., Jeong, J. C., Lee, H. S., ... & Kwak, S. S. (2014). Overexpression of *codA* gene confers enhanced tolerance to abiotic stresses in alfalfa. *Plant Physiology and Biochemistry*, 85, 31-40.
- Li, R., Shi, F., Fukuda, K., & Yang, Y. (2010). Effects of salt and alkali stresses on germination, growth, photosynthesis and ion accumulation in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 56(5), 725-733.
- Li, Y., Wan, L., Bi, S., Wan, X., Li, Z., Cao, J., ... & Li, X. (2017). Identification of drought-responsive microRNAs from roots and leaves of alfalfa by high-throughput sequencing. *Genes*, 8(4), 119.
- Li, Z., Xu, H., Li, Y., Wan, X., Ma, Z., Cao, J., ... & Li, X. (2018). Analysis of physiological and miRNA responses to Pi deficiency in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant molecular biology*, 96, 473-492.
- Liu, X. P., & Yu, L. X. (2017). Genome-wide association mapping of loci associated with plant growth and forage production under salt stress in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8, 853.
- Long, R. C., Li, M. N., Kang, J. M., Zhang, T. J., Sun, Y., & Yang, Q. C. (2015). Small RNA deep sequencing identifies novel and salt-stress-regulated microRNAs from roots of *Medicago sativa* and *Medicago truncatula*. *Physiologia Plantarum*, 154(1), 13-27.
- McKersie, B. D., Murnaghan, J., Jones, K. S., & Bowley, S. R. (2000). Iron-superoxide dismutase expression in transgenic alfalfa increases winter survival without a detectable increase in photosynthetic oxidative stress tolerance. *Plant physiology*, 122(4), 1427-1438.
- Møller, I. M., Jensen, P. E., & Hansson, A. (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 58, 459-481.

- Niu, X., Hu, T., Zhang, F., Duan, A., & Zhang, J. (2019). The root nitrogen uptake response to partial nitrogen stress is related to previous nutritional status. *Plant Growth Regulation*, 87, 55-67.
- Obaton, M., (1983). Legumes and the nitrogen cycle. FAO/GRET Biol.-1, p. 1-3, Rome
- Jiang, X., Yang, X., Zhang, F., Yang, T., Yang, C., He, F., ... & Kang, J. (2022). Combining QTL mapping and RNA-Seq Unravels candidate genes for Alfalfa (*Medicago sativa* L.) leaf development. *BMC Plant Biology*, 22(1), 485.
- Radović, J., Sokolović, D., & Marković, J. J. B. A. H. (2009). Alfalfa-most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25(5-6-1), 465-475.
- 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.
- Sambe, M. A. N., He, X., Tu, Q., & Guo, Z. (2015). A cold-induced myo-inositol transporter-like gene confers tolerance to multiple abiotic stresses in transgenic tobacco plants. *Physiologia plantarum*, 153(3), 355-364.
- Shu, Y., Li, W., Zhao, J., Zhang, S., Xu, H., Liu, Y., & Guo, C. (2017). Transcriptome sequencing analysis of alfalfa reveals CBF genes potentially playing important roles in response to freezing stress. *Genetics and molecular biology*, 40, 824-833.
- Schultze, M., & Kondorosi, A. (1998). Regulation of symbiotic root nodule development. *Annual review of genetics*, 32(1), 33-57.
- Sprent, J. I. (1999). Nitrogen fixation and growth of non-crop legume species in diverse environments. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2(2), 149-162.
- Sulieman, S., & Schulze, J. (2010). The efficiency of nitrogen fixation of the model legume *Medicago truncatula* (Jemalong A17) is low compared to *Medicago sativa*. *Journal of Plant Physiology*, 167(9), 683-692.

- Sun, M., Qian, X., Chen, C., Cheng, S., Jia, B., Zhu, Y., & Sun, X. (2018). Ectopic expression of GsSRK in *Medicago sativa* reveals its involvement in plant architecture and salt stress responses. *Frontiers in Plant Science*, 9, 226.
- Teng, K., Xiao, G. Z., Guo, W. E., Yuan, J. B., Li, J., Chao, Y. H., & Han, L. B. (2016). Expression of an alfalfa (*Medicago sativa* L.) peroxidase gene in transgenic *Arabidopsis thaliana* enhances resistance to NaCl and H₂O₂. *Genet Mol Res* 15.
- Tilaki, G. A. D., Behtari, B., & Behtari, B. (2009). Effect of salt and water stress on the germination of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed. *Поволжский экологический журнал*, 2, 158-164.
- USDA 1997, United States Department of Agriculture, Agriculture Fact Book.
- Waterborg, J. H., Harrington, R. E., & Winicov, I. (1989). Differential histone acetylation in alfalfa (*Medicago sativa*) due to growth in NaCl: responses in salt stressed and salt tolerant callus cultures. *Plant physiology*, 90(1), 237-245.
- Yaish, M. W., Al-Lawati, A., Al-Harrasi, I., & Patankar, H. V. (2018). Genome-wide DNA Methylation analysis in response to salinity in the model plant caliph medic (*Medicago truncatula*). *BMC genomics*, 19(1), 1-17.
- Yu, L. X. (2017). Identification of single-nucleotide polymorphic loci associated with biomass yield under water deficit in alfalfa (*Medicago sativa* L.) using genome-wide sequencing and association mapping. *Frontiers in plant science*, 8, 1152.
- Yu, L. X., Liu, X., Boge, W., & Liu, X. P. (2016). Genome-wide association study identifies loci for salt tolerance during germination in autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) using genotyping-by-sequencing. *Frontiers in plant science*, 7, 956.
- Zeng, N., Yang, Z., Zhang, Z., Hu, L., & Chen, L. (2019). Comparative transcriptome combined with proteome analyses revealed key factors involved in alfalfa (*Medicago sativa*) response to waterlogging stress. *International journal of molecular sciences*, 20(6), 1359.
- Zhang, J., Duan, Z., Zhang, D., Zhang, J., Di, H., Wu, F., & Wang, Y. (2016). Co-transforming bar and CsLEA enhanced tolerance to drought and salt stress in

- transgenic alfalfa (*Medicago sativa* L.). Biochemical and biophysical research communications, 472(1), 75-82.
- Zhang, J. Y., Broeckling, C. D., Blancaflor, E. B., Sledge, M. K., Sumner, L. W., & Wang, Z. Y. (2005). Overexpression of WXP1, a putative *Medicago truncatula* AP2 domain-containing transcription factor gene, increases cuticular wax accumulation and enhances drought tolerance in transgenic alfalfa (*Medicago sativa*). *The Plant Journal*, 42(5), 689-707.
- Zhang, Q., Liu, X., Zhang, Z., Liu, N., Li, D., & Hu, L. (2019). Melatonin improved waterlogging tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) by reprogramming polyamine and ethylene metabolism. *Frontiers in plant science*, 10, 44.
- Zhang, Q., Liu, X., Zhang, Z., Liu, N., Li, D., & Hu, L. (2019). Melatonin improved waterlogging tolerance in alfalfa (*Medicago sativa*) by reprogramming polyamine and ethylene metabolism. *Frontiers in plant science*, 10, 44.
- Zhang, T., Yu, L. X., Zheng, P., Li, Y., Rivera, M., Main, D., & Greene, S. L. (2015). Identification of loci associated with drought resistance traits in heterozygous autotetraploid alfalfa (*Medicago sativa* L.) using genome-wide association studies with genotyping by sequencing. *PLoS one*, 10(9), e0138931.
- Zhang, W. J., & Wang, T. (2015). Enhanced salt tolerance of alfalfa (*Medicago sativa*) by *rstB* gene transformation. *Plant Science*, 234, 110-118.
- 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.
- Zheng, G., Fan, C., Di, S., Wang, X., Xiang, C., & Pang, Y. (2017). Over-expression of *Arabidopsis* EDT1 gene confers drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8, 2125.
- Zhuo, C., Wang, T., Lu, S., Zhao, Y., Li, X., & Guo, Z. (2013). A cold responsive galactinol synthase gene from *Medicago falcata* (*MfGols1*) is induced by myo-inositol and confers multiple tolerances to abiotic stresses. *Physiologia plantarum*, 149(1), 67-78.

CHAPTER 9

REUSE OF WASTEWATER IN AGRICULTURE IN TÜRKİYE

Res. Assist. Dr. Mualla KETEN¹

Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ²

Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ³

Biosystems Engineer Şuanur PAKSOY⁴

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256955>

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Department of Biosystem Engineering, Nevşehir, Türkiye, mketen@nevsehir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7741-922X>

² Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Biosystem Engineering, Kahramanmaraş, Türkiye, ctanriverdi@ksu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9005-0436>.

³ Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Biosystem Engineering, Kahramanmaraş, Türkiye, degirmenci@ksu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-6456-3118>.

⁴ Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Biosystem Engineering, Kahramanmaraş, Türkiye, suanurpaksoy@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9005-0436>.

Introduction

Increased competition for limited land and water resources requires the development, monitoring and evaluation of these resources (Tanriverdi et al., 2011). Water is an indispensable source for living beings to survive and water is expected to become a vital topic both nationally and internationally (Khairy et al., 2001). Preservation of existing water resources is crucial for the continuation of the world's existence and productivity. Global warming and increasing world population reveal the necessity of using the existing water more accurately. Water scarcity and climate change have been among the most important issues in recent years. The increasing use of industrial and domestic water necessitates effective use of water in agriculture (Degirmenci et al., 2016). For the more efficient use of water resources reuse of water is one of the measures taken in various areas (agricultural, industrial, urban). 97.5% of the world's water is composed of salty water in the ocean and the remaining 2.5% of the fresh water is composed of glaciers, groundwater, surface waters, atmospheric waters and frozen soil layer. 0.4% of freshwater is surface and atmospheric water, which is present as lakes, rivers, wetlands, atmosphere, soil moisture and biological water (Anonymous, 2009; Kara et al., 2013; Atalık, 2007). In the world, it is observed that distribution by water sector is 69% for agricultural use, 19% for industrial use and 12% for urban use. This distribution differs according to the continent, but in other regions outside of Europe, agricultural use comes first (Anonymous, 2007). Many countries in the world (as Saudi Arabia, Libya, Israel, Algeria, Kuwait, Singapore,

Bulgaria, Malta) face water shortage, a limited number of countries (as Romania, Canada, Norway, Finland, Russia, Australia, etc.) do not suffer water problems for now. However, this does not mean that countries without water stresses in the current situation will not suffer water shortages in the years to come. Turkey, with an amount of 1600 m³ water per capita, is country that neither have water exceedent nor is suffering from water scarcity (Bilen, 2008; Şahin, 2016). In order to avoid a potential water problem in the near future, it is necessary to use the water resources more efficiently, to treat the used water. When it is considered that the difficulty of stopping global warming and population growth despite no increase in water resources, the reuse of water has become a very valuable research topic in the world at the currently. According to the amount of water per capita, countries are classified by a number of indicators. One of these is Falkenmark, being the most commonly used. Accordingly, the 'Water Stress Index' of the countries is determined and shown in Figure 1. This index is defined as the ratio of the annual total water consumption for human consumption to the total renewable fresh water resources (Raso, 2013; Duman, 2017; Köle, 2017).

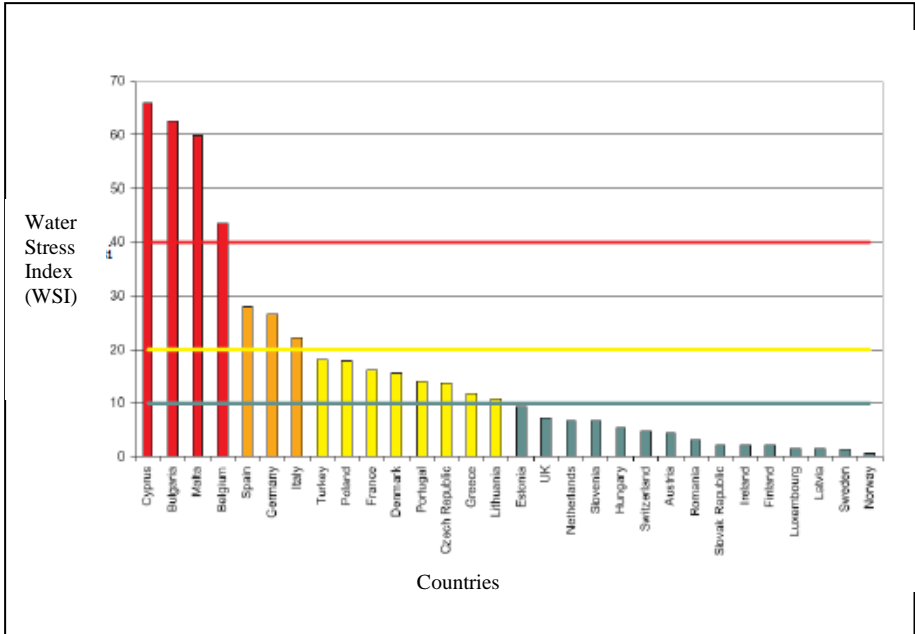


Figure 1. Water stress index for european countries cccording to the water

Stress Index (WSI), if the ratio is below 10%, it is low, between 10% and 20% is medium, between 20% and 40% is high and if it is more than 40%, it is considered seriously. In this case, Turkey water stress index is in the range of 10-20% when confronted with water stress, countries like Romania, Norway, Norway, Slovenia are among the countries with lowest WSI. Cyprus, Bulgaria, Malta and Belgium seem to be countries with serious water stress.

Inadequate water resources and the deterioration of the quality of these resources are anxious in many countries around the world, and are clearly stated in international forums that this will be one of the major problems in the future (Polat, 2013). Alcamo et al. (2017), estimated an increase in water consumption by the contribution of climate change for the 2070 European countries in a study they

conducted. France, Spain, Italy, Greece, Ukraina, Turkey is also including in this study especially striking results emerged for Turkey. In these six countries discussed in the research, Turkey was determined to be the most affected country mostly in terms of water use from climate change. More than water consumed in our country today, it is predicted that in 2070, to be consumed only for climate change reasons (Alcamo et al., 2017)

Irrigation water consumption has a very high proportion of total water consumption. This rate varies between 30% and 92% and from country to country. Since the amount of water used for agricultural irrigation is so high, it becomes important that irrigation wastewater is used for irrigation in agriculture after its treatment. New strategies for sustainable water management need to be developed. For this reason, the use of wastewater considered as alternative water resources has emerged (Karakaya, 2015). The reuse of wastewater, which is considered to be a new water resource, is a continuous alternative of water resources conservation, prevention of coastal pollution, water and fertilizer acquisition in agriculture, savings in clean water use and wastewater treatment costs (Cepre and Scicolone, 2006). In most countries, waste water treatment and reuse efforts have been initiated to meet supply to water resources, including countries that do not have water constraints. This area is dominated by USA, Israel, Western Europe and Australia (Miller, 2006).

Refining and reusing water must be compatible with each other quality of waste water and necessary properties according to the usage

area. Secondary (biological) and tertiary (advanced) treatment technologies are used to irrigate with wastewater in agriculture. In places where salt water such as seawater should be used, quaternary purification systems including microfiltration, reverse osmosis, nanofiltration processes are used.

The aim of this study is to show status of the re-use of wastewater in agriculture in Turkey, the amount of the existing wastewater treatment plan, necessity of using waste water and the advantages of using waste water.

2. Water potential and waste water treatment plants in Turkey

Consumable groundwater and surface water potential is of 112 billion m³ per year, although the 44 billion m³ is used in Turkey (Anonymous, 2015). 32 billion m³ of this water is used for irrigation. In this case, approximately 73% of Turkey's water resources' is used for irrigation. Along with this, with increasing population and developing industry, water demand is increasing. In 2023, it was determined that domestic water use would be 16% and water use for industry would be 20% in Turkey Environmental Status Report (Anonymous, 2011).

The development of water resources schemes is expected to be completed in 2030, in Turkey. In the final case, it is planned that 65% of the water potential of 110 billion m³ per year will be used in irrigation, 23% will be used for drinking-use purposes and 12% will be used for industrial use. Currently, while amount of water used for

agriculture is %73 of total consumed water, it is believed that these value will be %65 in 2030 (Anonymous, 2017).

In Turkey, because majority of the water resources is used in agriculture sector, it is necessary to reuse the wastewater as an alternative source.

Table 1. Turkey municipal wastewater statistics (Anonymous, 2018).

Years	Total number of municipalities	Number of wastewater treatment plants	Amount of wastewater discharged from municipal sewerage to receiving bodies (thousand m ³ /year)	Total capacity of wastewater treatment plants (thousand m ³ /year)	Amount of wastewater treated by total wastewater (thousand m ³ /year)
1994	2740	41	1 509 651	586 877	150 061
1995	2801	46	1 632 534	606 736	169 287
1996	2827	55	1 679 239	690 441	201 902
1997	2835	68	1 920 322	1 245 719	365 719
1998	2834	80	2 096 714	1 559 087	589 515
2001	3227	125	2 301 152	2 287 918	1 193 975
2002	3227	145	2 497 657	2 358 507	1 312 379
2003	3227	156	2 860 980	2 805 164	1 586 550
2004	3225	172	2 922 783	3 410 352	1 901 040
2006	3225	184	3 366 894	3 648 198	2 140 494
2008	3225	236	3 261 455	4 143 140	2 251 581
2010	2950	326	3 582 131	5 293 204	2 719 151
2012	2950	460	4 072 563	5 562 075	3 256 980
2014	1396	604	4 296 851	5 940 579	3 483 787
2016	1397	881	4 484 075	5 941 049	3 842 350

According to data of TÜİK in 2018, there is declining numbers of municipalities, an increase in the amount of wastewater treatment plant, discharged wastewater, total capacity of wastewater treatment plants, and treated wastewater due to municipal data compared to years (Anonymous, 2018). In particular, the amount of wastewater treated after the beginning of 2000 has reached more than double value of wastewater obtained in 1998. Aware of Turkey's water scarcity can be understood with increase in wastewater treatment.

According to data of TÜİK in 2016 (Anonymous, 2016), with a total capacity of about 6 billion m³ having 881 wastewater treatment plants in Turkey, only according to the Municipal data there is 4.5 billion m³ of waste water discharged from the sewer network. Amount of treated water reused in agriculture was determined as 0.4% of discharged 4.5 billion m³ wastewater. The rest is discharged to the sea, streams, reservoirs, lakes and ponds and other receiving environment. This study reveals unused 4.32 billion m³ of water purification and maybe today we need less, but in later years the advantages of taking the necessary measures without delay with an emphasis on the importance of the necessity to use again in Turkey.

The total number of municipalities is 1397 in Turkey. The total number of wastewater plant based on municipalities is only 881. Of the 881 treatment plants, 55 are physically, 492 are biological, 135 are advanced and 199 are natural treatment plants. While the physical treatment plant capacity is 1,802 billion m³, the amount of treated wastewater is 906 million m³. While the biological treatment plant

capacity is 1,748 billion m³, the amount of treated wastewater is 1,216 billion m³, the capacity of the advanced treatment plant is 2,365 billion m³, the amount of wastewater treated is 1,708 billion m³, the capacity of natural treatment plant is 24,9 million m³ and the amount of treated wastewater is 12,8 million m³. In total of these data, only 3.64 billion m³ of water with a capacity of 5.941 billion m³, ie 64.64% of the total capacity, is being treated. If only 0.4% of this treated water is used in agriculture, 16 million m³ of treated water is used in agriculture. This amount is quite insufficient compared to the 32 billion m³ used in the irrigation in Turkey. If the untreated 4.32 billion m³ of water is also treated not discharged to lake, pond, stream, sea; the ratio of water to irrigation drops from 73% to 62.7%. In this case, thanks to the water from the wastewater in our water resources are protected. Israel is the first worldwide to treat wastewater (75 %) and use it again in agriculture, while Spain is second with 12% in 2013 (Anonymous, 2016).

In Spain (Valencia region) 419 million m³ of waste water was refined in 2015 and 34.73% (145.52 million m³) of 419 million m³ of treated wastewater was reused. 145.52 million m³ was 91.87% T 133.69 million m³ was used for irrigation purposes (Mudgal et a., 2015; Arahuetes, 2016). According to 2015 data in Israel, 400 million m³ of 508 million m³ of water has been used for irrigation (Tarchitzky, 2015) While the rate of water purification from wastewater treatment plant is 92-95% in Israel, this rate is 64.64% in Turkey. The amount of reuse treated wastewater in Arab countries is determined as 1.200 million m³/year (with Syria, Saudi Arabia and Egypt being the most

predominant in this regard (Duman, 2017). The amount of treated wastewater in Jordan, Morocco and Algeria is 2.6-6 billion m³ / year, most of which is used for agricultural purposes (Tanık et al., 2015). Use of waste water in Agriculture Turkey compared to European countries and North Africa countries, it is seen that Turkey is at quite a low level.

3. Treatment processes

Treatment plants are classified as physical, biological, advanced and natural treatment plants. Accordingly, it is necessary to pass these processes in order to remove the pollutants contained in the water. In the wastewater treatment plants the steps are:

3.1. Physical treatment: is a treatment process in which insoluble pollutants are removed from wastewater by settling or floating. Most common physical treatment units are screens, grit chambers, equalization basins, sedimentation tanks, flotation units, etc.

3.2. Biological treatment: is a treatment process in which dissolved organic substances that cannot be removed to the required extent by physical and/or chemical methods are oxidized by microorganisms. Most common biological treatment operations are trickling filter, activated sludge and stabilization (oxidation) ponds.

3.3. Advanced treatment: indicates treatment processes that are employed following biological and/or chemical treatment processes in order to improve the water quality and remove pollutants that cannot be removed by other methods (nitrogen, phosphorus, heavy metals,

toxic organic substances, etc.): nitrification, denitrification, activated carbon adsorption, ion exchange, etc. are the most common advanced treatment techniques.

3.4. Natural treatment: settlement of pollutants in wastewater via artificial wetlands and treatment of wastewater by the plantation living in this environment.

4. Conclusions

In this study it was examined the use of wastewater in agriculture in Turkey and were compared with the results of some other countries. According to the results, the use of wastewater in agriculture is lower than Morocco, Tunisia, Algeria, Spain, Israel but higher than many Arab countries. In addition to global warming and population growth located in the arid and semi-arid regions in Turkey, in order to use more efficient water and water resources use of waste water in agriculture must to be widespread . In Turkey between 1998 and 2016, based on the municipal waste water treatment plant, the amount of discharged wastewater, the total amount of capacity wastewater plants, amount of treated wastewater are increasing.

In Turkey currently 32 billion m³ water is used for the irrigation and 16 million m³ of this water are treated water. This amount meets only a small portion of the water allocated to irrigation in Turkey and unfortunately it is insufficient. Countries with the largest share of wastewater use like Israel and Spain can treat 400-430 m³ of water. While waste water treatment rate is %92-95 in Israel's wastewater treatment plant, this rate is % 64.64 in Turkey. If Turkey can

increase water treatment rate from %64.64 to %90-95 such as Israel, 16 million m³ treated water value can remove 400 milyon m³ or more. If reuse of water does not spread and the amount of treated water is not increased, it is inevitable that we will face a much bigger water hazard in the future. In the current situation, water shortage is estimated to be closer to the poverty line, which will change in the next 10 years due to water pollution factors. In order to avoid a possible water shortage and to use the water more efficiently, necessary precautions should be taken, the necessary infrastructure for the facilities should be provided, incentive systems should be developed and the subject matter of the project should be explained.

REFERENCES

- Alcamo, J., J.M. Moreno B. Nováky M. Bindi R. Corobov R.N.J. Devoy C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, and A.Shvidenko. (2007): Europe. Climate change Impacts, adaptation and vulnerability. p. 541–580. In M.L. Parry et al (ed.). Contribution of working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Anonymous, (2015). FAO.. Food and Agriculture Organization of the United Nations,Water Uses.
- Anonymous, (2009). The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Global Distribution of Water. Cambridge Energy Research Associates. <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/cambridge-energy-research-associates-ceraweek-2016-daily-summary-tuesday-23-february.html>. (Access date: 11.07.2023)
- Anonymous, (2011). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye Çevre Durum Raporu.
- Anonymous, (2015). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Faaliyet Raporu.
- Anonymous, (2016). Türkiye İstatistik Kurumu. Belediye atık su istatistikleri
- Anonymous, (2017). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2017 Yılı Faaliyet Raporu.
- Anonymous, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu. Belediye atık su istatistikleri.
- Anonymous, URL.2018.Http://www.hasturktv.com/israili_taniyalim/2579.htm.
- Arahuetes, A. (2016). Wastewater reatment and reuse in Alicante (Spain). Proceedings of the 8th International Conference on Waste Management andThe Environment. Inter-university Institute of Geography, University ofAlicante, Spain .
- Atalık, A. (2007). Su Sorunu ve Tarımda Sulama Suyu Kullanımı, TMMOB Ziraat Müh. Odası Mühendislik Dergisi, 81.
- Bilen, Ö. (2008). Türkiye'nin Su Gündemi Su Yönetimi ve AB Su Politikaları Kitabı, Ankara, s:57-58.
- Capra, A., and Scicolone, B. (2007). Recycling of Poor Quality Urban Wastewater By Drip Irrigation Systems. Journal of Cleaner Production. Journal of

- Cleaner Production. 2006. Volume 15, Issue 16, November, Pages 1529-1534.
- Değirmenci, H., Tanrıverdi, Ç., Arslan, F. (2016)Aşağı Seyhan Ovası Sulama Alanında Yağmurlama ve Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Alanların Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 19 (4), 454-461.
- Duman, H. (2017). Artırılmış Kentsel Atıksuların Sulamada Yeniden Kullanımı; Kayseri Atıksu Arıtma Tesisi Örneği. Uzmanlık Tezi..
- Kara, T., Gürel, C. (2013). Farklı Su Derinliklerinin Çeltik Verimine Etkisi. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 2013,28(2):82-86 Anadolu Journal of Agricultural Science, 28(2):82-86.
- Karakaya, N, and Gönenç, İ. E. (2005). Alternatif Su Kaynakları, II. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu.
- Khairy, W.M., Abdel-Dayem, MS., Coleman, T.L. (2001). Determining a better water management using a geographicaltechnique-A Case Study in Egypt. Geoscience and Remote Sensing Symposium, Australia, 09-13/07/2001. 1: 453-455.
- Köle, M.M. (2017). 1954 – 2016 Dönemi Türkiye Sınraşan Sular Politikası. Marmara Coğrafya Dergisi. (35): 122-133.
- Miller, G.W. (2006). Integrated Concepts in Water Reuse: Managing Global Water Needs. Desalination. 187: 65–75.
- Mudgal, S., Van Long, L., Saidi, N., Haines, R., McNeil, D., Jeffrey, P., Knox, J. (2015). Optimising Water Reuse in the EU Final Report- Part I. European Commission.
- Polat, A. (2013). Su Kaynaklarının Sürdürülebilirliği İçin Arıtılan Atıksuların Yeniden Kullanımı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 6(1), 58-62.
- Raso, J. (2013). Update of the Final Report on Wastewater Reuse in the European Union.
- Şahin, B. (2016). Küresel Bir Sorun: Su Kıtlığı Ve Sanal Su Ticareti, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Ana Bilim Dalı, s:9.

- Tanık, A., Öztürk, İ., Cüceloğlu, G. (2015). Artılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Hasadı Sistemleri. Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği.
- Tanriverdi, C., Degirmenci, H., and Sesveren, S. (2011). Assessment of irrigation schemes in Turkey based on management types. African Journal of Biotechnology. (2011). Vol. 10(11), pp. 1997-2004, 14 March, DOI: 10.5897/AJB10.2036.
- Tarchitzky, J. (2015). ISO TC 282 International Water Reuse Workshop.

BÖLÜM 10

BUĞDAY VE MISIR ISLAHI İÇİN BİYOTEKNOLOJİK ÇALIŞMALARIN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNDEKİ ROLÜ

Dr. Fatih DEMİREL¹

Dr. Serap DEMİREL²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256985>

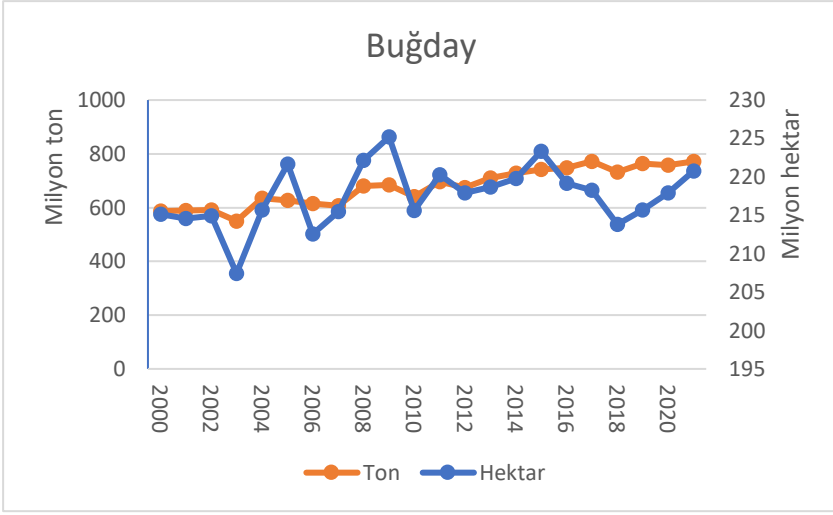
¹ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır, Türkiye, ORCID 0000-0002-6846-8422, drfdemirel@gmail.com

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Van, Türkiye, ORCID 0000-0002-1877-0797, serapdemirel@yyu.edu.tr

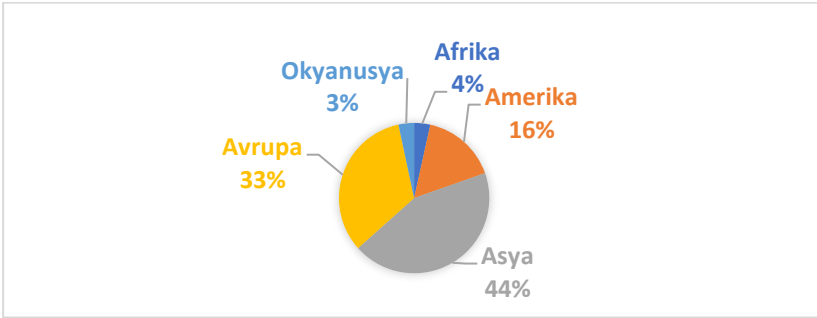
1. GİRİŞ

Tahıllar, insan sağlığı açısından vücudun düzgün çalışması için gerekli olan iyi bir mineral, karbonhidrat, vitamin, protein ve mikro besin kaynağıdır (Kalkan ve Özarık, 2017; Şenlik ve Alkan, 2021). Fiyatlardaki artış nedeniyle, gelişmiş ülkelere göre (133 kg/kişi/yıl) daha fazla tahıl tüketen (166 kg/kişi/yıl) ve daha az dayanıklılığa sahip gelişmekte olan ülkeler daha fazla zarar görebilir (McKevith, 2004). Ayrıca, Ukrayna krizi dünyanın en fakir insanları için gıda kıtlığını tetiklemiştir. Ukrayna ve Rusya Federasyonu, küresel mısır ve buğday ihracatının sırasıyla %30 ve %20'sini karşılamaktadır (Anonim, 2023).

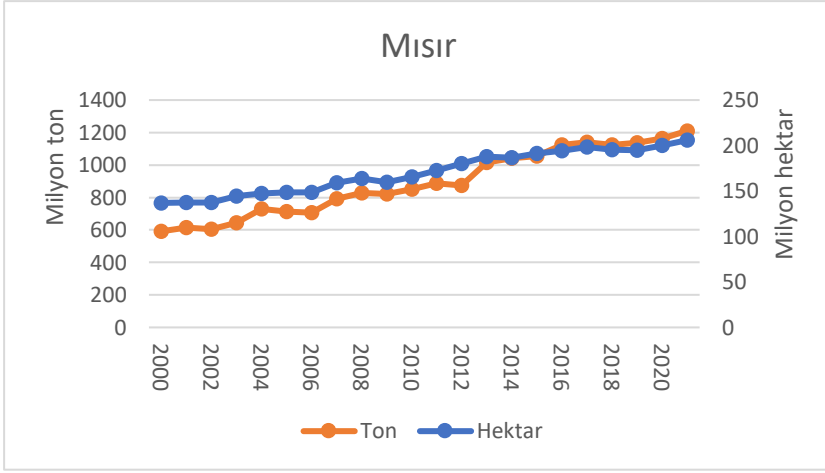
Tahıllar güvenilir bir kalori kaynağı olarak kabul edilmektedir. Gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde tahıllardan alınan kalori sırasıyla %60 ve %30'dur. İki ana tahıl ürününün 2000-2021 yılları arasındaki istatistik verileri sıralanmıştır; Şekil 1'de buğdayın ve Şekil 3'de mısırın küresel üretimi ve ekili alan istatistiklerini, Şekil 2 ve Şekil 4'de ise bölgelere göre tahılların üretim payı detaylandırılmıştır. Dünya çapında buğday ve mısır, milyarlarca insanın hayatta kalması için kritik öneme sahip temel besinler olduğu bilinmektedir (Paçacı, 2019).



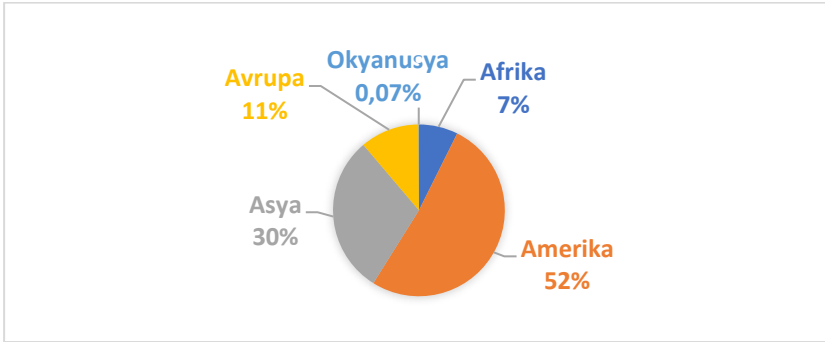
Şekil 1. Buğdayın Küresel Ekim Alanı ve Üretim Miktarı



Şekil 2. Buğdayın Bölgelere Göre Üretim Payı



Şekil 3. Mısırın Küresel Ekim Alanı ve Üretim Miktarı



Şekil 4. Mısırın Bölgelere Göre Üretim Payı

İklim değişikliğinin etkisiyle bitkiler farklı stres koşullarına maruz kalmaktadır. Buharlaştırma bitkilerin strese girmesine neden olduğundan, tropik bölgelerde yüksek sıcaklık seviyeleri sorunludur. Yüksek sıcaklık *Triticum* sp.'de tane sayısını azalttığı bulunmuştur. Düşük sıcaklıkların buğdayda tane olum sürelerini arttırırken, olgunlaşmış buğday tanelerinin kısırlığına neden olduğu tespit edilmiştir (Barlow ve ark., 2015). Sıcaklığın ayrıca *Zea mays* (mısır) içindeki nişasta

kalitesini düşürdüğü ve ayrıca granüllerin boyutunu küçülterek verimi düşürdüğü bilinmektedir (Wang ve Frei, 2011). Deneysel kanıtlar, ılıman iklimlerde sıcaklığın 30 °C'ye kadar artırılmasının Soya fasulyesinin tohumlarının çimlenmesini desteklediğini göstermektedir. Bununla birlikte, bir eşik seviyesinin ötesinde, çimlenmenin olumsuz etkilendiği düşünülmektedir (No ve ark., 2021). Aşırı sıcaklıklar kültür bitkilerinde ciddi hasara neden olabilmektedir. Polen canlılığını azaltan ve tane dolum süresini kısaltan bitki üreme organlarının yüksek hassasiyeti nedeniyle stres, çiçeklenme aşamasında çok önemli kabul edilmektedir (Djanaguiraman ve ark., 2018).

Tuzluluk ve kuraklık gibi stres faktörleri, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal faaliyetleri değiştirerek buğdayın ve mısırın verimini ve kalitesini etkileyen etmenler arasındadır (Banziger ve Araus, 2007; Munns ve Tester, 2008). Biyomoleküllere (örneğin lipitler, proteinler ve nükleik asitler) zarar veren Na⁺ toksisitesine bağlı olarak ROS üretimi hücresel düzeyde redoks homeostazını değiştirir (Apel ve Hirt, 2004). Bununla birlikte, Arzani ve Ashraf (2016) tarafından özetlenen koşullar nedeniyle tuzdan etkilenen toprakların iyileştirilmesi zordur. İlk olarak, Na⁺ ve Cl⁻ iyonları toprakta oldukça hareketlidir. İkincisi, genellikle kronik sorun için pahalı ve kısa vadeli bir çözümdür. Üçüncüsü, toprak tuzluluğu dinamik bir yapıya sahiptir ve tuzluluktaki mekansal değişim, edafik etkilerin farklı değişkenleri (toprak pH'sı, kütle yoğunluğu, geçirgenlik, topografya, jeohidroloji, su tablası derinliği ve yeraltı suyu tuz içeriği), coğrafi faktörler (yükseklik, eğim ve bakı), tarımsal uygulamalar (sulama, drenaj, toprak işleme, ürün rotasyonu ve

gübreleme) ve iklimsel etkiler (sıcaklık, nem, yağış, rüzgar ve buharlaşma) gibi etkileşimler tarafından tetiklenmektedir (Bui, 2013). Dolayısıyla, stres koşullarının buğdaydaki ve mısırdaki; kök aktivitesi, çimlenme, morfolojik özellikler, önemli bitki süreçleri, verim ve verim özellikleri üzerindeki etkisi yüksektir (Banziger ve Araus, 2007; El Sabagh ve ark., 2021)

Mısırın iklim değişikliğine uyumu için biyoteknolojik yaklaşımlar

Yaklaşık 125 gelişmekte olan ülkede ikinci en önemli tahıl ürünü olan mısırın, yüksek miktarlarda küresel üretime sahip olduğu bildirilmektedir (Jaidka ve ark., 2019). Kuraklık koşulları gibi iklim değişikliğinin sonuçları olarak, mısırın büyümesinde ve veriminde önemli bir azalma söz konusudur (Wijewardana ve ark., 2017). 1981'den 2016'ya kadar Amerika Birleşik Devletleri'nde yalnızca kuraklık stresinden kaynaklanan verim kaybının %37 civarında olduğu rapor edilmiştir (Qian ve ark., 2019).

Genetiği değiştirilmiş "MON87460" transgenik mısır, kuraklığa karşı popüler bir çıktı olmuştur. Bu, su stresi koşulları altında hücresel fonksiyonları sürdürmek, RNA stabilitesini ve translasyonu korumak için soğuk şok Protein B'nin ekspresyonunu içermektedir (Sammons ve ark., 2014). Bu, su stresi koşulları altında %20 oranında artan verimi nedeniyle Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya da dahil olmak üzere 13'ten fazla ülkede onaylanmıştır (Ortiz ve ark., 2014). Hibrit mısır "DroughtGard™", 2013 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yetiştirilen ve tarım için serbest bırakılan transgenik mısır temel alınarak geliştirilmiştir ve özellikle kritik çiçeklenme

aşamalarında yaprak büyümesini azaltarak ekim için gereken suyu koruduğu düşünülmektedir (Mittal ve ark., 2018). Kuraklığa dayanıklılık sağlayan *Arabidopsis* NFB1'e mısır homologları ZmNF-YB2, kuraklığa karşı gelişmiş adaptasyona sahip elit mısır tasarlamak için kullanılmıştır. Geliştirilmiş mısır, kuraklık koşullarında tane veriminde %50'lik bir artışla birlikte fotosentezin korunmasını ve solgunluğu azalttığı bildirilmiştir (Nelson ve ark., 2007). AP2, bZIP, NAC, HD-Zip, MYB gibi kuraklığa duyarlı birkaç transkripsiyon faktörünün mısır kuraklığına toleransında aktif bir rol oynadığı tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2018). Mısırın kuraklığa dayanıklılık özellikleri, ARGOS8 geninin düzenlendiği CRISPR/Cas9 sistemi kullanılarak iyileştirilmiştir, bu da su stresli koşullarda verimin artmasına ve verim kaybının azalmasına yol açacağını raporlamışlardır (Shi ve ark., 2017). Benzer şekilde, ZFN tekniği, ısıya duyarlı erkek steril 5 (TMS5) geninin düzenlenmesiyle, sıcaklıkta erkek steril mısır bitkilerinin üretilmesinde kullanılmıştır (Li ve ark., 2017).

Yeni tekniklerin geliştirilmesiyle birlikte, transkriptom düzeyinde farklılaşma olarak eksprese edilen genlerin (DEG) tanımlanmasında, mısırın abiyotik stres tepkilerinin moleküler temelini anlaşılmasını sağlayan RNA dizileme tekniği kullanılmıştır. Bu teknik, tuzluluk, sıcaklık, kuraklık gibi abiyotik streslere yanıt olarak B73 fide yapraklarının transkriptom profilini elde etmede başarılı bir şekilde kullanılmış ve mısırdaki farklı abiyotik streslere yanıt veren genlerin ve yolların saptanmasında kullanılmasına olanak sağlamıştır (Qian ve ark., 2019). Bitkinin farklı büyüme aşamalarındaki kök transkriptom

analizi, mısırın kök büyümesi ve gelişiminin moleküler mekanizmasını ortaya çıkarmıştır (Zhang ve ark., 2015).

Bitkilerde potasyum homeostazı, kromozom 1'deki SKC1 tarafından düzenlenir ve tuza dayanıklı çeşitler seçmek için uygun bir moleküler belirteç görevi görürken ona tuza dayanıklı yetenek sağlamaktadır (Luo ve ark., 2019).

Sel veya su tutma koşulları, bitkilerin çoğunun son derece hassas olduğu iklim değişikliğinin bir başka olası sonucudur. Diğer bitkilerle karşılaştırıldığında, mısır sele karşı nispeten hassas bir bitki olarak kabul edilmektedir ve ilginç bir şekilde *Z. nikaraguensis* ve *Z. luxurians* gibi daha yüksek sele dayanıklı dirençli genleri bulunan mısır akrabaları bulunmaktadır (Mustroph, 2018). Su basması koşullarıyla ilgili birkaç miRNA tanımlanmıştır. Örneğin, asmiR159, miR164, miR167, miR393, miR408 ve miR528'in kısa süreli su tutma koşullarında bitkiye daha yüksek bir direnç sağlayan gen ifadelerini yukarı regüle edildiği düşünülmektedir (Li ve ark., 2017).

RNAi teknolojisi, Batı mısır kök kurdundan varsayılan V-ATPaseA kodlama bölgesini kullanarak böceklere dayanıklı mısır tasarlamak için kullanılmıştır. Ortaya çıkan F1 hibrit bitkileri, dirençle donatılmış ve bu, lepidopteran haşerelerinin başarılı bir şekilde kontrol edildiği kabul edilmiştir. ZFN gibi genom düzenleme araçları, mısır geni ZMIPK1'i düzenlemek için kullanılmış ve onu herbisit tolerans özellikleriyle iyileştirmiştir (Shaffer, 2020; Liu ve ark., 2020).

Buğdayın iklim değişikliğine uyumu için biyoteknolojik yaklaşımlar

Küresel gıda güvenliğini etkileyen en önemli ürünlerden biri olan buğday, dünya nüfusunun %50'den fazlasının besin kaynağı olarak bilinmektedir. Su eksikliği koşullarına verdiği tepkiye göre “çok hassas” kategorisine dahil edilmiştir (Steduto ve ark., 2012) ve kuraklık gibi stres koşullarının buğday mahsullerinin verimini ciddi şekilde tehlikeye attığı düşünülmektedir (Steduto ve ark., 2012). İklim değişikliğinin ve buna bağlı su kıtlığının etkisinden kaynaklanan kaybın yalnızca Hindistan'da 2 milyon azaldığı hesaplanmıştır (Ahmad ve ark., 2022). Sıcaklıktaki bir artışın tohum çimlenmesini etkilediği ve mahsulün bozulma riskini artırdığı bulunmuştur (Ahmad ve ark., 2022).

Abiyotik stres toleransı için moleküler kontrol mekanizmaları, spesifik stresle ilgili genlerin aktivasyonuna ve düzenlenmesine dayanır. Bu nedenle, tohum çimlenmesini etkileyebilecek sıcaklığa bağlı moleküler mekanizmaların ortaya çıkarılması önemlidir, absisik asit ve giberellik asit gibi büyüme düzenleyicilerin metabolizması ve sinyal iletimi, buğday tohumu çimlenmesi açısından bir dönüm noktası olarak kabul edilebilir (Taheripour ve ark., 2015). Dokuya özgü veriler, buğdayın tane dolumu ve gelişimsel süreçleri sırasında moleküler süreçlerin kapsamlı bir haritasını oluşturmak için biyokimyasal ağlarla entegre edilmiştir (Izydorczyk ve ark., 2018). Bulgular, buğdayın yabani akrabalarının gen ifadesinde önemli farklılıklar olmadığından buğdayın iyileştirilmesinde kullanılabilir (Zhang ve ark., 2021). Ayrıca, buğdayların su stresini iyileştirmede transkripsiyon faktörleri de

araştırılabilir. Dehidrasyona duyarlı element bağlama (DREB) geni bunlardan biridir ve DREB1A geni, rd29A geninden stresle indüklenebilir bir promotörün kontrolü altına alınmış ve biyolistik dönüşüm yoluyla ekmeçlik buğdaya (*Triticum aestivum*) eklenmiştir (Pellegrineschi ve ark., 2004). Şimdiye kadar transgenik bitkilerde önemli bir verim artışı gözlemlenmemiş olsa da kontrollerle karşılaştırıldığında su stresi koşullarına önemli ölçüde uyum gösterdikleri bilinmektedir (Bansal ve ark., 2021). Bitkilerin stres koşullarına direnci açısından (Tadesse ve ark., 2019), tuza dayanıklı bitkilerin ayrıca soğuk, sıcak ve kuraklık gibi diğer stresleri de tolere ettiğini ve dünyada bu tür yüksek performanslı genetiği değiştirilmiş buğday bitkilerinin geliştirildiği bildirilmiştir (Zhu, 2001). 150 kışlık buğday çeşidinin kantitatif lokusları (QTL) değerlendirilmiş ve tuz toleransı özellikleriyle ilişkili 37 kantitatif özellik lokusunda tek nükleotit lokuslarını (SNP) ortaya çıkararak tanımlanmıştır. Bunlar buğday ıslahında etkin bir şekilde kullanılmıştır ve tanımlanan polimorfizmin gelecekteki ıslah programlarında da kullanılması beklenmektedir (Barfoot, 2009; Ma ve ark., 2023).

Suşlar nitrojen bağlama özellikleriyle iyileştirilmiş ve baklagil olmayan bitkilerin toprakta nitrojeni sabitlemesini sağlayan bir adım olarak buğday bitkilerinin kökleri nodüler yapılar oluşturmaya teşvik edilmiştir (Li ve ark., 2020).

Yaprak biti direncinin iyileştirilmesi için transgen *Pinellia pedatisecta aglutinin* (PPA) manipülasyonu, TALEN ve hedef gen TaMLO (Duan ve ark., 2018) manipüle edilerek buğday Külleme direncini arttırmak

için CRISPR aracılı genom düzenleme vurgulanmıştır. CRISPR/Cas9 kullanılarak, külleme direnci elde etmek için alternatif bir mekanizma olarak EDR1'i hedeflemek için ek bir çaba gösterilmiş ve külleme lokusu (MLO) tarafından düzenlenen hatlarda genomu düzenlenmiş buğday bitkileri, mantar yapıları ve mikro kolonilerdeki azalmanın kanıtlandığı gibi (Becker ve Boch, 2021), küllemeye karşı dirençli olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2018).

Tane uzunluğu ve ağırlığının iyileştirilmesi için TaGASR7 geninin CRISPR aracılı düzenlenmesi (Zhang ve ark., 2016), bitki klorofil sentezinin iyileştirilmesi için PDS geni (Cram ve ark., 2019) dünyadaki başarılı modifikasyonlardan birkaçı konumundadır.

2. SONUÇ

Genetik mühendisliği yaklaşımları ve yeni araçlar, değişen iklimin getirdiği artan sayıda zorluğa adapte olmuş bitkileri geliştirmek için kullanılmaktadır. Modern biyoteknoloji dünyanın tarımsal üretkenliğini iyileştirmek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstererek, bitkilere ilişkin spesifik örnekler ve bunların iyileştirilmesi için gerçekleştirilmiş çalışmalar özetlenmiştir. Modern biyoteknolojiyi kullanarak iklime hazır bitkiler tasarlamak için gösterilen çabalar sayesinde sürekli değişen iklim koşullarına uyarlanmış bitkileri geliştirme sürecini önemli ölçüde hızlandırabilir.

3. KAYNAKLAR

- Ahmad, M.N., Zia, A., van den Berg, L., Ahmad, Y., Mahmood, R., Dawar, K. M., Alam, S.S., Riaz, M., Ashmore, M. (2022). Effects of soil fluoride pollution on wheat growth and biomass production, leaf injury index, powdery mildew infestation and trace metal uptake. *Environmental Pollution* 298: 118820.
- Anonim (2023). United Nations (UN), <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>, (Erişim tarihi: 19.06.2023)
- Apel, K., Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biology* 55: 373-399.
- Arzani, A., Ashraf, M. (2016). Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 35 (3): 146-189.
- Bansal, M., Jindal, S., Wani, S.H., Ganie, S.A., Singh, R. (2021). Genome editing and trait improvement in wheat. Physiological, molecular, and genetic perspectives of wheat improvement, Springer.
- Banziger, M., Araus, J.L. (2007). Recent advances in breeding maize for drought and salinity stress tolerance. Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops, Springer.
- Barfoot, P. (2009). Global impact of biotech crops: Income and production effects. *AgBioForum* 12 (2): 184-208.
- Barlow, K.M., Christy, B.P., O'leary, G.J., Riffkin, P.A., Nuttall, J.G. (2015). Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. *Field Crops Research* 171: 109-119.
- Becker, S., Boch, J. (2021). TALE and TALEN genome editing technologies. *Gene and Genome Editing* 2: 100007.
- Bui, E.N. (2013). Soil salinity: a neglected factor in plant ecology and biogeography. *Journal of Arid Environments* 92: 14-25.
- Cram, D., Kulkarni, M., Buchwaldt, M., Rajagopalan, N., Bhowmik, P., Rozwadowski, K., Parkin, I.A.P., Sharpe, A.G., Kagale, S. (2019).

- WheatCRISPR: a web-based guide RNA design tool for CRISPR/Cas9-mediated genome editing in wheat. *BMC Plant Biology* 19: 1-8.
- Djanaguiraman, M., Perumal, R., Jagadish, S.V.K., Ciampitti, I.A., Welti, R., Prasad, P.V.V. (2018). Sensitivity of sorghum pollen and pistil to high-temperature stress. *Plant, Cell & Environment* 41 (5): 1065-1082.
- Duan, X., Hou, Q., Liu, G., Pang, X., Niu, Z., Wang, X., Zhang, Y., Li, B., Liang, R. (2018). Expression of *Pinellia pedatisecta* lectin gene in transgenic wheat enhances resistance to wheat aphids. *Molecules* 23 (4): 748.
- El Sabagh, A., Islam, M.S., Skalicky, M., Ali Raza, M., Singh, K., Anwar Hossain, M., ... & Arshad, A. (2021). Salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the changing climate: Adaptation and management strategies. *Frontiers in Agronomy* 3: 661932.
- Izydorczyk, C., Nguyen, T.N., Jo, S., Son, S., Tuan, P.A., Ayele, B.T. (2018). Spatiotemporal modulation of abscisic acid and gibberellin metabolism and signalling mediates the effects of suboptimal and supraoptimal temperatures on seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant, Cell & Environment* 41 (5): 1022-1037.
- Jaidka, M., Bathla, S., Kaur, R. (2019). Improved technologies for higher maize production. In *Maize-production and use*. London, UK: IntechOpen.
- Kalkan, İ., Özarık, B. (2017). Tam buğday ekmeği ve sağlık üzerine etkisi. *Aydın Gastronomy* 1 (1): 37-46.
- Li, J., Zhang, H., Si, X., Tian, Y., Chen, K., Liu, J., Chen, H., Gao, C. (2017). Generation of thermosensitive male-sterile maize by targeted knockout of the *ZmTMS5* gene. *Journal of Genetics and Genomics* 44 (9): 465-468.
- Li, P., Cao, W., Fang, H., Xu, S., Yin, S., Zhang, Y., Lin, D., Wang, J., Chen, Y., Xu, C., Yang, Z. (2017). Transcriptomic profiling of the maize (*Zea mays* L.) leaf response to abiotic stresses at the seedling stage. *Frontiers in Plant Science* 8: 290.
- Li, Y., Li, Q., Guan, G., Chen, S. (2020). Phosphate solubilizing bacteria stimulate wheat rhizosphere and endosphere biological nitrogen fixation by improving phosphorus content. *PeerJ* 8: e9062.

- Liu, S., Jaouannet, M., Dempsey, D.M.A., Imani, J., Coustau, C., Kogel, K.H. (2020). RNA-based technologies for insect control in plant production. *Biotechnology Advances* 39: 107463.
- Luo, X., Wang, B., Gao, S., Zhang, F., Terzaghi, W., Dai, M. (2019). Genome-wide association study dissects the genetic bases of salt tolerance in maize seedlings. *Journal of Integrative Plant Biology* 61 (6): 658-674.
- Ma, C., Liu, L., Liu, T., Jia, Y., Jiang, Q., Bai, H., Ma, S., Li, S., Wang, Z. (2023). QTL mapping for important agronomic traits using a Wheat55K SNP array-based genetic map in tetraploid wheat. *Plants* 12 (4): 847.
- McKeivith, B. (2004). Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin* 29 (2): 111-142.
- Mittal, S., Banduni, P., Mallikarjuna, M.G., Rao, A.R., Jain, P.A., Dash, P.K., Thirunavukkarasu, N. (2018). Structural, functional, and evolutionary characterization of major drought transcription factors families in maize. *Frontiers in Chemistry* 6: 177.
- Munns, R., Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biology* 59: 651-681.
- Mustroph, A. (2018). Improving flooding tolerance of crop plants. *Agronomy* 8 (9): 160.
- Nelson, D.E., Repetti, P.P., Adams, T.R., Creelman, R.A., Wu, J., Warner, D. C., ... Heard, J.E. (2007). Plant nuclear factor Y (NF-Y) B subunits confer drought tolerance and lead to improved corn yields on water-limited acres. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (42): 16450-16455.
- No, D.H., Baek, D., Lee, S.H., Cheong, M.S., Chun, H.J., Park, M.S., ... Kim, M.C. (2021). High-temperature conditions promote soybean flowering through the transcriptional reprogramming of flowering genes in the photoperiod pathway. *International Journal of Molecular Sciences* 22 (3): 1314.
- Ortiz, R., Jarvis, A., Fox, P., Aggarwal, P.K., Campbell, B.M. (2014). Plant genetic engineering, climate change, and food security. *CCAFS Working Paper* 72: 1–27.

- Paçacı, G. (2019). *Dünya'da ve Türkiye'de iklim değişikliği kaynaklı Gıda Güvenliği sorunu* (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Pellegrineschi, A., Reynolds, M., Pacheco, M., Brito, R.M., Almeraya, R., Yamaguchi-Shinozaki, K., Hoisington, D. (2004). Stress-induced expression in wheat of the *Arabidopsis thaliana* DREB1A gene delays water stress symptoms under greenhouse conditions. *Genome* 47 (3): 493-500.
- Qian, Y., Ren, Q., Zhang, J., Chen, L. (2019). Transcriptomic analysis of the maize (*Zea mays* L.) inbred line B73 response to heat stress at the seedling stage. *Gene* 692: 68-78.
- Sammons, B., Whitsel, J., Stork, L.G., Reeves, W., Horak, M. (2014). Characterization of drought-tolerant maize MON 87460 for use in environmental risk assessment. *Crop Science* 54 (2): 719-729.
- Shaffer, L. (2020). RNA-based pesticides aim to get around resistance problems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117 (52): 32823-32826.
- Shi, J., Gao, H., Wang, H., Lafitte, H.R., Archibald, R.L., Yang, M., ... Habben, J.E. (2017). ARGOS 8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions. *Plant Biotechnology Journal* 15 (2): 207-216.
- Steduto, P., Hsiao, T.C., Fereres, E., Raes, D. (2012). *Crop yield response to water*, Rome: fao.
- Şenlik, A.S., Alkan, D. (2021). Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin kimyasal özellikleri ve çimlendirmeye açığa çıkan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda* 19 (2): 198-207.
- Tadesse, W., Sanchez-Garcia, M., Assefa, S.G., Amri, A., Bishaw, Z., Ogonnaya, F.C., Baum, M. (2019). Genetic gains in wheat breeding and its role in feeding the world. *Crop Breeding Genetic Genom* 1: e190005.
- Taheripour, F., Hertel, T.W., Gopalakrishnan, B.N., Sahin, S., Escurra, J.J. (2015). *Agricultural production, irrigation, climate change, and water scarcity in India*. AgEcon Search.
- Wang, B., Li, Z., Ran, Q., Li, P., Peng, Z., Zhang, J. (2018). ZmNF-YB16 overexpression improves drought resistance and yield by enhancing

- photosynthesis and the antioxidant capacity of maize plants. *Frontiers in Plant Science* 9: 709.
- Wang, W., Pan, Q., He, F., Akhunova, A., Chao, S., Trick, H., Akhunov, E. (2018). Transgenerational CRISPR-Cas9 activity facilitates multiplex gene editing in allopolyploid wheat. *The CRISPR journal* 1 (1): 65-74.
- Wang, Y., Frei, M. (2011). Stressed food–The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141 (3-4): 271-286.
- Wijewardana, C., Henry, W.B., Reddy, K.R. (2017). Evaluation of drought tolerant maize germplasm to induced drought stress. *Journal Miss. Acad. Science* 62: 316-329.
- Zhang, M., Kong, X., Xu, X., Li, C., Tian, H., Ding, Z. (2015). Comparative transcriptome profiling of the maize primary, crown and seminal root in response to salinity stress. *PloS One* 10 (3): e0121222.
- Zhang, W., Luo, X., Li, L., Shu, Z., Wang, P., Zeng, X. (2021). Selected quality attributes of wheat flour added with overozonized wheat flour. *Journal of Food Quality* 1: 1-9.
- Zhang, Y., Liang, Z., Zong, Y., Wang, Y., Liu, J., Chen, K., ... Gao, C. (2016). Efficient and transgene-free genome editing in wheat through transient expression of CRISPR/Cas9 DNA or RNA. *Nat Commun* 7 (1): 12617.
- Zhu, J.K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science* 6 (2): 66-71.

BÖLÜM 11

BİNGÖL İLİNDE TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNİN MEVCUT DURUMU

Zir. Müh. Hazel GÖKDERE¹

Doç. Dr. Erdal ÇAÇAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8256998>

¹ Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye, hazel.gkdre@gmail.com, Orcid No: 0009-0008-6633-5192

² Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tarla Bitkileri Programı, Bingöl, Türkiye, ecacan@bingol.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-9469-2495

1.Giriş

Tarım, insan besini olabilecek ve ekonomik değeri olan her türlü bitkisel ve hayvansal ürünün bakımını, beslenmesini, yetiştirilmesini, korunmasını, verim ve kalitesinin artırılmasını, pazara hazırlanmasını, depolanmasını, işlenmesini, değerlendirilmesini ve mekanizasyon faaliyetlerinin tamamını kapsamaktadır (İkincikarakaya ve ark., 2013).

Tarım sektörü, bitkisel üretim ile farklı besin maddeleri üreten, üretilmekte olan besin maddelerini belirli işlemlerden geçirerek artmasını sağlayan, insanoğlunun kalkınması ve sağlığı açısından çok önemli bir sektördür (Doğan ve ark., 2015).

Tarım, bitkisel üretim ve hayvansal üretim dallarından oluşmaktadır. Tarım sektörünün başlıca temel kaynağı olan bitkisel üretim ise bahçe tarımı ve tarla tarımı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bitkisel üretim insanoğlunun beslenme ihtiyacını karşılamaının yanı sıra aynı zamanda giyim ve barınma ihtiyaçları sorunlarına da çözüm üretmeyi amaçlamaktadır (Çaçan ve Kökten, 2014).

Bitkisel üretiminin en önemli kaynaklarının başında tarla bitkileri gelmektedir. Tarla tarımı ile üretilmekte olan ürünler, insan ve hayvan beslenmesinin temel besin maddesi olan karbonhidrat, protein, vitamin ve yağ ihtiyacının çoğunu karşılamaktadır (İkincikarakaya ve ark., 2013). Tarla bitkileri ürün gruplarına göre tahıllar, yemeklik tane baklagiller, endüstri bitkileri ve yem bitkileri olmak üzere 4 grupta incelenmektedirler. Bu çalışmada Bingöl ilinin tarla bitkileri açısından mevcut durumunun araştırılması amaçlanmıştır.

2.Bingöl ilinin genel özellikleri

Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Bingöl ili 41 - 20 ve 39 - 56 doğu boylamları ile 39 - 31 ve 36 - 28 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Bingöl ilinin yüz ölçümü ise 8253 km² olup deniz seviyesi yüksekliği 1159 metredir. Bingöl arazileri çok dağlık olup, %7.28'i tarım arazisi, %27.92'si orman, %10.25'i ağaçlandırma alanı, %51'i mera, %2.2'si çayır ve %1.3'ü diğerleri olmak üzere kullanılmaktadır (Anonim, 2023a).

Bingöl ili batı tarafı Tunceli ve Elazığ, kuzey tarafı Erzurum ve Erzincan, doğu tarafı Muş ili, güney tarafı ise Diyarbakır illeri ile çevrilidir. İlin Merkez dışında Adaklı, Kiğı Yedisu, Karlıova, Solhan, Yayladere ve Genç olmak üzere 7 İlçesi bulunmaktadır (Özbay ve ark., 2015).

Meteorolojik verilere göre Bingöl'de yıllık ortalama sıcaklık 12.2°C ve yıllık yağış miktarı ortalama 942.1 mm olarak belirlenmiştir (Anonim, 2023b). Bingöl ilinde karasal iklim görülmekte olup genellikle tarla bitkilerinin tarımı yapılmaktadır.

3.Bingöl ilinde tarla bitkileri yetiştiriciliğinin mevcut durumu

3.1. Bingöl ilinde tahıl yetiştiriciliği

Bingöl ilinin 2018 ve 2022 yılları arasında yetiştiriciliği yapılan tahıl türlerinin ekilen alan, hasat edilen alan, verimleri ve üretim miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bingöl ilinin 2018-2022 yılları arasında yetiştirilen tahıllara ait ekilen alan, hasat edilen alan, verim ve üretim miktarları (Anonim, 2023c)

Buğday	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	91395	101055	54813	52299	88159	77544	77.50
Hasat Edilen Alan (da)	90565	98359	54742	52299	88159	76825	77.35
Verim (kg/da)	285	293	255	212	247	258	14.47
Üretim Miktarı (ton)	25796	28774	13984	11062	21765	20276	78.56
Arpa	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	4610	4687	40371	39111	18484	21453	21.44
Hasat Edilen Alan (da)	4525	4669	40367	39111	18484	21431	21.58
Verim (kg/da)	254	264	244	180	230	234	13.12
Üretim Miktarı(ton)	1149	1232	9851	7050	4243	4705	18.23
Mısır	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	1264	769	850	800	850	907	0.91
Hasat Edilen Alan (da)	1264	769	850	800	850	907	0.91
Verim (kg/da)	941	938	752	629	980	848	47.48
Üretim Miktarı (ton)	1190	721	639	503	833	777	3.01
Çeltik	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	324	300	70	0	0	139	0.14
Hasat Edilen Alan (da)	324	300	70	0	0	139	0.14
Verim (kg/da)	244	433	400	0	0	215	12.06
Üretim Miktarı (ton)	79	130	28	0	0	47	0.18
Darı	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	20	18	22	20	20	20	0.02
Hasat Edilen Alan (da)	20	18	22	20	20	20	0.02
Verim (kg/da)	200	222	227	200	300	230	12.87
Üretim Miktarı (ton)	4	4	5	4	6	5	0.02

2018 ve 2022 yıllarının beş yıllık ortalaması olarak Bingöl ilinde buğdayın 77544 da, arpanın 21453 da, mısırın 907 da, çeltiğin 139 da ve darının 20 da alanda ekiminin yapıldığı görülmektedir. Beş yılın ortalaması olarak buğdayın dekar başına veriminin 258 kg, arpanın 234 kg, mısırın 848 kg, çeltiğin 215 kg ve darının da 230 kg olduğu görülmektedir. Üretim miktarları açısından bakıldığında ise buğdaydan

20276 ton, arpadan 4705 ton, mısırdan 777 ton, çeltikten 47 ton ve darıdan da 5 ton üretim alındığı görülmektedir.

Bingöl ilinde tahıllar arasında en fazla ekilen bitkinin buğday olduğu (%77.50) ve buğdayı arpanın izlediği (%21.44) görülmektedir. Tahıllar içerisinde mısırın ekilen alanı %0.91, çeltiğin %0.14 ve darının da %0.02 olduğu görülmektedir.

3.2. Bingöl ilinde yemeklik tane baklagil yetiştiriciliği

Bingöl ilinin 2018 ve 2022 yılları arasında yetiştiriciliği yapılan yemeklik tane baklagil türlerinin ekilen alan, hasat edilen alan, verimleri ve üretim miktarları Tablo 2’de verilmiştir

Tablo 2. Bingöl ilinin 2018-2022 yıllarında yetiştirilen yemeklik baklagillere ait ekilen ve hasat edilen alan, verim ve üretim miktarları (Anonim, 2023c)

Fasulye (Kuru)	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	2280	2145	2405	2154	2098	2216	56.83
Hasat Edilen Alan (da)	2240	2140	2385	2154	2098	2203	56.49
Verim (kg/da)	197	187	198	197	181	192	44.32
Üretim Miktarı (ton)	442	401	473	424	380	424	64.05

Nohut	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	1936	1131	1490	1701	1916	1635	41.74
Hasat Edilen Alan (da)	1931	1129	1490	1701	1916	1633	41.88
Verim (kg/da)	142	151	145	120	143	140	32.36
Üretim Miktarı (ton)	275	170	216	204	274	228	34.41

Mercimek	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	260	25	15	15	10	65	1.66
Hasat Edilen Alan (da)	255	22	15	15	10	63.4	1.63
Verim (kg/da)	180	91	67	67	100	101	23.31
Üretim Miktarı (ton)	46	2	1	1	1	10.2	1.54

2018 ve 2022 yıllarının beş yıllık ortalaması olarak Bingöl ilinde fasulyenin 2216 da, nohutun 1635 da, mercimeğin 65 da alanda ekimi

yapıldığı görülmektedir. Beş yılın ortalaması olarak fasulyenin dekar başına veriminin 192 kg, nohutun 140 kg ve mercimeğinde 101 kg olduğu görülmektedir. Üretim miktarları açısından bakıldığında ise fasulyenin 424 ton, nohutun 228 ton ve mercimekten 10.2 ton üretim alındığı görülmektedir.

Bingöl ilinde yemeklik tane baklagiller arasında en fazla ekilen bitkinin fasulye olduğu (%56.83) ve fasulyeyi nohutun izlediği (%41.74) görülmektedir. Yemeklik tane baklagiller içerisinde mercimeğin ekim alanının ise %1.66 olduğu görülmektedir.

3.3. Bingöl ilinde endüstri bitkileri yetiştiriciliği

Bingöl ilinin 2018 ve 2022 yılları arasında yetiştiriciliği yapılan endüstri bitkilerinin ekilen alan, hasat edilen alan, verimleri ve üretim miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

2018 ve 2022 yıllarının beş yıllık ortalaması olarak Bingöl ilinde tütünün 404 da, ayçiçeğinin 300 da, patatesin 281 da, şekerpancarının 109 da ve aspirin 18.8 da alanda ekiminin yapıldığı görülmektedir. Beş yılın ortalaması olarak tütünün dekar başına verimi 140.8 kg, ayçiçeğinin 122.2 kg, patatesin 1 485 kg, şekerpancarının 1217.8 kg ve aspirinde 36.2 kg olduğu görülmektedir. Üretim miktarları açısından bakıldığında ise tütünden 55.2 ton, ayçiçeğinden 60 ton, patatesten 432 ton, şekerpancarından 390.2 ton ve aspiden 3.4 ton üretim alındığı görülmektedir.

Tablo 3. Bingöl ilinin 2018-2022 yılları arasında yetiştirilen endüstri bitkilerine ait ekilen ve hasat edilen alan, verim ve üretim miktarları (Anonim, 2023c)

Tütün (işlenmemiş)	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	1020	0	600	200	200	404	36.30
Hasat Edilen Alan (da)	1020	0	600	200	200	404	36.56
Verim (kg/da)	114	0	105	250	235	140.8	4.69
Üretim Miktarı (ton)	116	0	63	50	47	55.2	5.87
Ayçiçeği (Çerezlik)	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	0	0	500	550	450	300	26.95
Hasat Edilen Alan (da)	0	0	475	550	450	295	26.70
Verim (kg/da)	0	0	251	193	167	122.2	4.07
Üretim Miktarı (ton)	0	0	119	106	75	60	6.38
Patates	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	413	345	320	238	90	281	25.27
Hasat Edilen Alan (da)	408	340	315	238	90	278	25.18
Verim (kg/da)	1598	1635	1597	1450	1144	1485	49.46
Üretim Miktarı (ton)	652	556	503	345	103	432	45.91
Şekerpancarı	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	335	210	0	0	0	109	9.79
Hasat Edilen Alan (da)	335	210	0	0	0	109	9.86
Verim (kg/da)	5379	710	0	0	0	1217.8	40.57
Üretim Miktarı (ton)	1802	149	0	0	0	390.2	41.48
Aspir	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	0	0	0	94	0	18.8	1.69
Hasat Edilen Alan (da)	0	0	0	94	0	18.8	1.70
Verim (kg/da)	0	0	0	181	0	36.2	1.21
Üretim Miktarı (ton)	0	0	0	17	0	3.4	0.36

Bingöl ilinde endüstri bitkileri arasında en fazla ekilen bitkinin tütün olduğu (%36.30) ve tütünü ise ayçiçeğinin izlediği (%26.95) görülmektedir. Endüstri bitkileri içerisinde patatesin ekilen alanı %25.27, şekerpancarının %9.79 ve aspirin de %1.69 olduğu görülmektedir.

3.4. Bingöl ilinde yem bitkileri yetiştiriciliği

Bingöl ilinin 2018 ve 2022 yılları arasında yetiştiriciliği yapılan yem bitkileri türlerinin ekilen alan, hasat edilen alan, verimleri ve üretim miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Bingöl ilinin 2018-2022 yılları arasında yetiştirilen yem bitkilerine ait ekilen ve hasat edilen alan, verim ve üretim miktarları (Anonim, 2023c)

Yonca	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	73920	75885	77405	78100	77818	76626	45.12
Hasat Edilen Alan (da)	73885	75825	77355	78100	77818	76597	45.11
Verim (kg/da)	3952	4.015	4011	3861	4059	3980	16.57
Üretim Miktarı (ton)	292026	304430	310252	301576	315825	304822	61.13
Çayır Otu	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	0	0	0	0	372904	74581	43.91
Hasat Edilen Alan (da)	0	0	0	0	372904	74581	43.92
Verim (kg/da)	0	0	0	0	1687	337	1.41
Üretim Miktarı (ton)	0	0	0	0	628917	125783	25.23
Mısır (Silaj)	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	3655	5417	11979	13780	20400	11046	6.50
Hasat Edilen Alan (da)	3650	5412	11979	13780	20400	11044	6.50
Verim (kg/da)	4469	4738	4498	4712	5322	4748	19.77
Üretim Miktarı (ton)	16313	25644	53882	64930	108567	53867	10.80
Macar Fiğ	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	1750	3350	3700	3570	3335	3141	1.85
Hasat Edilen Alan (da)	1750	3350	3700	3570	3335	3141	1.85
Verim (kg/da)	1851	1859	2269	1988	1999	1993	8.30
Üretim Miktarı (ton)	3240	6229	8395	7098	6666	6326	1.27
Korunga	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	2043	2056	2341	2488	2075	2201	1.30
Hasat Edilen Alan (da)	2038	2051	2336	2488	2075	2198	1.29
Verim (kg/da)	1678	1648	1674	1598	1651	1650	6.87
Üretim Miktarı (ton)	3419	3381	3911	3977	3425	3.623	0.73
Adi Fiğ	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	1370	1240	865	670	350	899	0.53

Hasat Edilen Alan (da)	1360	1237	860	670	350	895	0.53
Verim (kg/da)	1829	1709	1883	1601	1734	1751	7.29
Üretim Miktarı (ton)	2488	2114	1619	1073	607	1580	0.32

Buğday (Yeşil Ot)	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	0	750	900	700	500	570	0.34
Hasat Edilen Alan (da)	0	750	900	700	500	570	0.34
Verim (kg/da)	0	1700	2300	2000	2000	1600	6.66
Üretim Miktarı (ton)	0	1275	2070	1400	1000	1149	0.23

Tritikale (Yeşil ot)	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	0	250	300	250	250	210	0.12
Hasat Edilen Alan (da)	0	250	300	250	250	210	0.12
Verim (kg/da)	0	1752	2500	2000	2000	1650	6.87
Üretim Miktarı (ton)	0	438	750	500	500	438	0.09

Bezelye (Yemlik)	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	0	0	0	200	200	80	0.05
Hasat Edilen Alan (da)	0	0	0	200	200	80	0.05
Verim (kg/da)	0	0	0	700	700	280	1.17
Üretim Miktarı (ton)	0	0	0	140	140	56	0.01

Yem Şalgamı	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	100	55	55	50	30	58	0.03
Hasat Edilen Alan (da)	95	53	53	50	30	56	0.03
Verim (kg/da)	5505	5509	5509	5500	5000	5405	22.51
Üretim Miktarı (ton)	523	292	292	275	150	306	0.06

Diğer Yem Bitkileri	2018	2019	2020	2021	2022	Ort	(%)
Ekilen Alan (da)	0	0	0	867	1250	423	0.25
Hasat Edilen Alan (da)	0	0	0	867	1250	423	0.25
Verim (kg/da)	0	0	0	1501	1600	620	2.58
Üretim Miktarı (ton)	0	0	0	1301	2000	660	0.13

2018 ve 2022 yıllarının beş yıllık ortalaması olarak Bingöl ilinde yoncanın 76626 da, çayır otunun 74581 da, silajlık mısırın 11046 da, Macar fiğinin 3141 da, korunganın 2201 da, adi fiğın 899 da, yeşil ot olarak buğdayın 570 da, yeşil ot olarak tritikalenin 210 da, yemlik

bezelyenin 80 da, yem şalgamınının 58 da ve diğer yem bitkilerininin 423 da alanda ekiminin yapıldığı görülmektedir.

Beş yılın ortalaması olarak dekar başına verimin yoncada 3980 kg, çayır otunda 337 kg, silajlık mısırdan 4748 kg, Macar fiğinde 1993 kg, korungada 1650 kg, adi fiğde 1751 kg, yeşil ot olarak buğdayda 1600 kg, yeşil ot olarak tritikalede 1650 kg, yemlik bezelyede 280 kg, yem şalgamında 5405 kg ve diğer yem bitkilerinde ise 620 kg olduğu görülmüştür.

Üretim miktarları açısından bakıldığında ise yoncadan 304822 ton, çayır otundan 125783 ton, silajlık mısırdan 53867 ton, Macar fiğinden 6326 ton, korungadan 3623 ton, adi fiğden 1580 ton, yeşil ot olarak buğdaydan 1149 ton, yeşil ot olarak tritikaleden 438 ton, yemlik bezelyeden 56 ton, yem şalgamından 306 ton ve diğer yem bitkilerinden 660 ton üretim alındığı görülmüştür.

Bingöl ilinde yem bitkileri arasında en fazla ekilen bitkinin yonca olduğu (%45.12) ve yoncayı ise çayır otunun izlediği (%43.91) görülmektedir. Yonca ve çayır otunu %6.50 ile silajlık mısır, %1.85 ile Macar fiği, %1.30 ile korunga, %0.53 ile adi fiğ, %0.34 ile yeşil ot olarak buğday ve %0.25 ile diğer yem bitkileri izlemiştir. En düşük ekim alanına ise %0.12 ile yeşil ot olarak tritikale, %0.05 ile yemlik bezelye ve %0.03 ile yem şalgamı sahip olmuştur.

3.5. Bingöl ilinde tarla bitkilerinin dağılımı

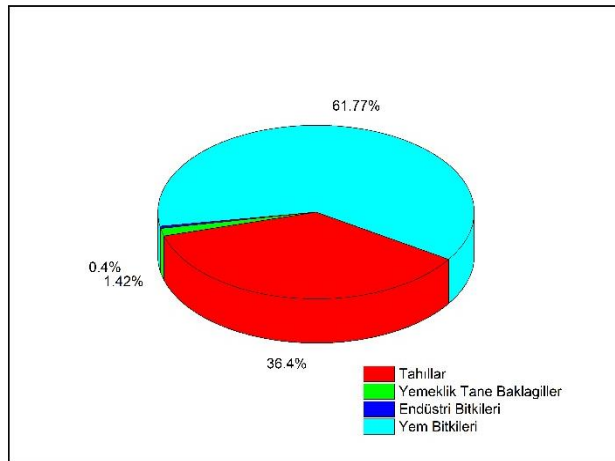
Bingöl ilinin 2018 ve 2022 yılları arasında yetiştiriciliği yapılan tarla bitkilerinin dağılımı Tablo 5’te verilmiştir. 2018 ve 2022 yıllarınının beş

yıllık ortalaması olarak tahılların 100062 da, yemeklik tane baklagillerin 3916 da, endüstri bitkilerinin 1113 da ve yem bitkilerinin 169835 da alanda ekiminin yapıldığı görülmektedir. Üretim miktarları açısından bakıldığında ise tahılların 25810 ton, yemeklik tane baklagillerin 662 ton, endüstri bitkilerin 941 ton ve yem bitkilerin 498610 ton üretim alındığı görülmektedir.

Tablo 5. Bingöl ilinin 2018-2022 yıllarında yetiştirilen tarla bitkilerinin dağılımı

	Toplam Ekilen Alan (da)	Toplam Üretim Miktarı (ton)
Tahıllar	100062	25810
Yemeklik Tane Baklagiller	3916	662
Endüstri Bitkileri	1113	941
Yem Bitkileri	169835	498610

Bingöl ilinin 2018 ve 2022 yıllarına ait tarla bitkileri ekim alanları Şekil 1'de verilmiştir.

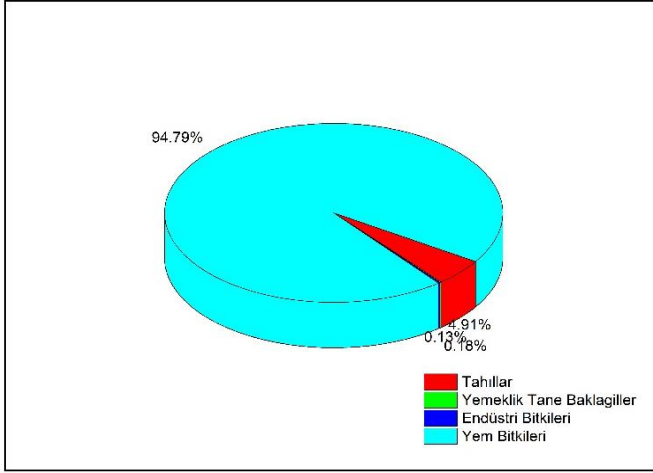


Şekil 1. Bingöl İlinde Tarla Bitkilerine Ait Ekilen Alanlar

Şekil 1'de görüldüğü üzere %61.77'lik oran ile en fazla yem bitkilerinin ekildiği ve yem bitkilerini %36.4 ile tahılların izlediği görülmektedir.

Ekim alanı açısından yem bitkilerini ve tahılları %1.42 ile yemlik tane baklagiller ve % 0.4 ile endüstri bitkileri izlemiştir.

Bingöl ilinin 2018 ve 2022 yıllarına ait tarla bitkileri üretim miktarları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Bingöl İlinde Tarla Bitkilerine Ait Üretim Miktarları

Şekil 2’de görüldüğü üzere en fazla üretim miktarının %94.79 ile yem bitkilerinden elde edildiği ve yem bitkilerini ise %4.91 ile tahılların izlediği görülmektedir. Yem bitkileri ve tahılları %0.18 ile endüstri bitkileri ve % 0.13 ile yemlik tane baklagiller izlemiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, Bingöl ilinin tarla bitkileri açısından mevcut durumu ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bingöl ilinde tahıllar arasında en çok buğday, arpa ve tanelik mısırın, yemlik tane baklagiller arasında en çok fasulye, nohut ve mercimeğin, endüstri bitkileri arasında en çok tütün, çerezlik ayçiçeği ve patatesin, yem bitkileri arasında da en çok yonca, çayır otu ve silajlık mısırın yetiştiriciliğinin yapıldığı

görülmüştür. Tüm tarla bitkileri arasında da en çok yem bitkilerinin ekildiği ve bunun sonucu olarak tarla bitkileri üretimi açısından da en çok yem bitkileri üretiminin sağlandığı belirlenmiştir. Dolayısıyla Bingöl ilinde yem bitkileri tarımına önem verilmesi, bu konuda bilimsel çalışmaların yapılması, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından bu alan için desteklerin artırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Anonim, (2023a). Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı <https://bingol.csb.gov.tr/cografı-durumu-i-1393> Erişim Tarihi: (14.07.2023)
- Anonim, (2023b). Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr/> Erişim Tarihi: (20.07.2023)
- Anonim, (2023c). Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: (3.07.2023)
- Çaçan, E., Kökten, K. (2014). Bingöl İlinin Bitkisel Üretim Açısından Mevcut Durumu. Uluslararası Mezopotamya Tarım Kongresi, 22-25 Eylül 2014, Diyarbakır.
- Doğan, Z., Arslan, S., & Berkman, A. (2015). Türkiye’de tarım sektörünün iktisadi gelişimi ve sorunları: tarihsel bir bakış. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 29-41.
- İkincikarakaya, S. Ü., Beyaz, K. B., & Rezaei, F. (2013). Doğal kaynaklar ve tarım. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 104-109.
- Ozbay, N., Ergun, M., Osmanoglu, A., & Cakir, A. (2015). Bingöl’de bitkisel üretimin durumu, sorunları ve çözüm önerileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi* 4(1), 54-58.

BÖLÜM 12

TÜRKİYE'DEKİ ETNOBOTANİK DEĞERİ OLAN BİTKİLERİN SINIFLANDIRILMASI VE KULLANIM ALANLARI

Arş. Gör. Dr. Pelin YILMAZ SANCAR¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8257007>

1

¹ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Elazığ, Türkiye.
<https://orcid.org/0000-0002-6134-622X>, peyilmaz@firat.edu.tr

1. GİRİŞ

Bitkilerin beslenme ve tedavi amacıyla insan tarafından kullanılmasıyla başlayan, bitki – insan ilişkileri zamanla çeşitlenmiş ve elde edilen bilgilerin sözlü veya yazılı olarak nesilden nesile aktarılmasıyla da toplumlarda zamanla, bir ‘botanik kültürü’ oluşmuştur. İşte bu gelenekselleşmiş botanik kültürlerinin incelenmesi, Latince’de “halk” anlamına gelen “ethnos” ve “bitki” anlamına gelen “botane” veya “botanikos” sözcüklerinden oluşmuş ‘etnobotanik’ bilim dalının ana konusunu oluşturur (Tetik ve Civelek, 2011).

Etnobotanik Nedir?

Etnobotanik terimi ilk olarak 1895’te J. W. Harshberger tarafından kullanılmıştır. H. Jones Etnobotanik’i bir interdisipliner (disiplinlerarası) yaklaşım olarak araziye adapte eden ilk kişidir. Etnobotanik yine Jones’un tanımlamasına göre, “insan ve bitkiler arasındaki ilişkileri araştırır”. Jones’un eski ve çağdaş insanı kapsayan etnobotanik terimi kısa sürede yayılım göstermiştir (Ağcabay, 2006).

Etnobotanik, kısaca insan - bitki ilişkilerinin incelenmesi olarak tanımlanabilir. İlişki deyince elbet bu işin içine kullanım, etkileşim, üretim ve tüketim girmektedir. Yüzlerce, binlerce değil hatta on binlerce yıldır bitkilerden yararlanıyoruz. Bunların başında yiyecek olarak kullanımı gelir. Bunun dışında, yakıt, barınak ve yapı malzemesi olarak ve giysi, dokuma ürünleri, ilaç ve alet yapımında kullanılır; Ayrıca sosyal ve dinsel aktivitelerde de önemli yer tutar. İnsan ve bitki

arasındaki bu ilişki geçmiş kültürler hakkında bile bize önemli ipuçları verebilir (Kendir ve Güvenç, 2010).

İnsanoğlu kullanımına yönelik bitkileri üretmek için öncelikle toprağı hazırlar, hazırladığı alana tohum ya da fideleri diker, gerekli bakımlarını yaparak onları büyütür. Daha sonra elde ettiği bitkiyi kullanım amacına göre işler. Her ne kadar günümüz şartlarında ve teknolojisinde birçok bitkinin içeriğı biliniyor olsa da henüz biyokimyasal etken maddelerini ya da muhtemel kullanımlarını bilmediğimiz yüzlerce bitki bulunmaktadır. Maalesef kullanımı bilinmeyen bu bitkiler insanların sorumsuzca yürüttüğü faaliyetler sonucu nesli tükenmiş ya da tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır (Anonim, 2006).

Artan nüfus ve bilinçsizce sürülen yaşamlar ne yazık ki birçok bitki ve hayvan türünü sayıca azalmasına sebep olmaktadır. Harvard Üniversitesi biyologlarından Edward Wilson'a göre, her yıl Tropikal bölgenin yağmur ormanlarındaki 27.000 tür yok olmaktadır. Bu, saat başı üç tür demektir (Anonim, 2006). Doğa koruma ve biyoçeşitlilik çalışmaları ile etnobotanik çalışmaları birbirinden ayrılmaz bir bütündür. Zira, kırsal kesimde bitkilerle sürekli ilişkide bulunan insanların bu konudaki bilgi dağarcıkları halen vazgeçilmez önemdedir.

İnsanlık tarihi boyunca tarım, bitkilerin farklı kullanım amaçlarına kıyasla daha yeni bir alandır ve kullanımı bilinen bitkilerin çok az kısmının tarımı yapılmaktadır. Dünya genelinde bilinen tüm bitki sayısı yaklaşık 350.699 kadardır (The Plant List, 2023; WFO, 2023). Bunların sadece 3000'inin yenebilen bitkiler olduğu, buna karşılık 200'ünün

tarıma alınmış olduğunu bilmek bu konuda bir fikir verebilir. Özellikle kırsal kesimde yaşayan insanlar, kullanım alanı ve şekli kayda geçmemiş pek çok yabancı bitkiden yararlanmayı halen sürdürmektedir (Anonim, 2006).

Her ne kadar günümüz modern hayatında, yediğimiz ya da çeşitli amaçlarla kullandığımız bitkilerin kökeni ve varlıkları önemli gibi görünmese de aslında bitki ürünleri oldukça stratejik bir öneme sahiptir. Bugünkü dünya ekonomisinde buğday, pirinç, kauçuk, şeker pancarı, tütün, haşhaş gibi gıda, endüstri ve ilaç ürünlerinin ne kadar yer tuttuğunu düşündüğümüzde bu önemi anlayabiliriz (Anonim, 2006).

Tarih boyunca bitkiler günlük hayatta çoğunlukla gıda, ilaç, kozmetik gibi ekonomik açıdan kullanılsa da, insanlar mensubu oldukları dine ve kültüre bağlı çeşitli anlamlar yüklemiş bazılarının bereket getirdiğine, bazılarının nazardan koruyucu olduğuna inanmış, büyülerde, tütsülerde ve nazarlıklarda kullanmışlardır. Her yöre bitkileri kendi gelenek ve alışkanlıklarına göre değerlendirmiştir (Ertuğ, 2014).

Etnobotanik çalışmalar, son yıllarda giderek önem kazanan disiplinler arası dallardan biridir. Bir etnobotanik çalışmada ideal olan antropolog, botanikçi, eczacı, arkeolog, genetikçi, çevre bilimci ve bitki kimyası dallarında çalışan bilim adamları ve halkla iyi bir iletişim içinde olmaktır. Halkın binlerce yıldır kullandığı tüm yabancı ve tarıma alınmış bitkilere ait bilgiler, bunların toplanma ve işlenme teknikleri etnobotanik kapsamına girmektedir. Ülkemizde etnobotanik bilimsel çalışmaları, özellikle tıbbi bitkiler alanında yoğunlaşmıştır. Bu alanda oldukça çok sayıda çalışma yapılmış olmakla birlikte yine de alan

çalışmalarında her gün yeni tıbbi bitkiler saptanabilmektedir (Tetik ve Civelek, 2011).

Bilimsel Etnobotanik çalışmalar, bize sıradan bir tüketici olarak da daha dikkatli ve duyarlı olmamız gerektiğini öğretmektedir. Hem çevreye, hem bitkilere, hem de onlardan yararlanan ve yararlanacak bugünkü ve gelecek kuşaklara karşı sorumluluklarımızın bilincinde olmamız gerekmektedir (Ertuğ, 2014).

Dünya genelinde yerel halk bitkileri yakacak, hayvan yemi, inşaat malzemesi, biyolojik mücadele, el sanatları gibi birçok alanda yaygın olarak kullanmakta ve bu konuda nesilden nesile aktarılan bir bilgi birikimine sahiplerdir. Bu bağlamda hangi bitkilerin ne amaçla kullanıldığının bilinmesi çok önemlidir. Aksi halde yapılan erozyon ve ağaçlandırma çalışmaları, tarım ürünlerinin üretimi gibi çalışmalarda başarısızlığa, yem bitkileri ve yakacak bitkilerinin birbirlerine karıştırılması gibi durumlarda ise ürün ve emeklerin boşa gitmesine sebebiyet verilebilir.

Türkiye ~12.000 civarında bitki çeşidi ile tüm Avrupa kıtasında bulunan bitki sayısına yakın bir değerle neredeyse bir kıta özelliği gösteren konumdadır. Sahip olduğu bitki tür sayısının üçte birinin endemik olduğu göz önüne alınırsa Türkiye florasının ne kadar zengin olduğu daha iyi anlaşılabilir. Sahip olduğumuz endemik bitkilerin varlığı ve kültürel birikimimizin zenginliği Türkiye'yi etnobotanik açıdan değerli kılmaktadır. Tarihte birçok kültüre ve medeniyete ev sahipliği yapmış ülkemizin bitki- insan ilişkileri açısından oldukça önemli bir bilgi birikimi vardır. Cumhuriyetin ilanından sonra folklorik

araştırmalara önem verilmiş, köy öğretmenleri görev yaptıkları yerleri tanıtan makaleler ve kitaplar yazmış, bitkilerin kullanılışları konusunda bilgiler derlemiş ve çeşitli folklorik dergilerde yayımlamışlardır (Alpınar, 2004). Halen üniversitelerimizde geleneksel olarak kullanılan bitkilerle ilgili çalışmalar yapılmakta, projeler ve tezler hazırlanmakta, sonuçlar rapor ve kitaplar halinde yayımlanmaktadır.

2. ETNOBOTANİK DEĞERİ OLAN BİTKİLERİN SINIFLANDIRILMASI

2.1. İnsan ve hayvan besin bitkileri

Canlıların kök, gövde, yaprak, meyve ve tohum gibi herhangi bir kısmını ya da tamamını beslenme amacı ile kullandıkları bitkilere “besin bitkileri” adı verilir. Günümüzde besin olarak kullandığımız ve ekonomik değeri olan bitkiler yüzlerce yıl önce atalarımız tarafından keşfedilip kullanılmış, üretimi ve ticareti yapılmıştır (Anonim, 2023a). İnsan ve hayvan besin bitkilerini tahıl bitkileri, sebze-meyve bitkileri, yağ bitkileri ve yem bitkileri şeklinde sınıflandırabiliriz.

Tahıl bitkileri; Tahıl ya da hububat genellikle Poaceae familyasına ait, ekilip biçilerek üretimi yapılan bitkilere ve onların tohumlarına verilen addır. Yaklaşık 400 cins ve 4500 tür ve tür altı taksondan oluşan familya üyeleri, yeryüzünün hemen hemen her yerinde kolaylıkla yetişebilen ve besin maddesi olarak tüketilen bitkisel ürünler olarak kabul görmüştür. Kullanım alanları oldukça geniştir. Örneğin günlük hayatta un haline getirilmiş buğday, mısır, çavdar gibi tahıllardan ekmek ve türevleri yapılır (Koday, 2000) Ülke ve bölgelere göre değerlendirildiğinde

Avrupa, Kuzey Amerika ve Yakın Doğu ülkelerinde buğdayın yaygın üretimi söz konusu iken, Uzak Doğu ülkelerinde ise pirinç oldukça yoğun yetiştirilir. Buğday, Arpa, Yulaf, Çavdar serin iklim tahıllarını oluştururken; Mısır, Sorgum, Darı, Pirinç sıcak iklim tahıllarını oluşturur (Yılgör ve ark, 2013). Türkiye' nin tahıl tarımında birinci sırayı buğday almakta, bunu arpa ve mısır takip etmektedir. Buğday insanın temel besin maddesi olması sebebiyle ekim alanları ve üretimi hem ülkemizde hemde dünya da sürekli artış göstermektedir. Bu durum ülkelerin sadece iklim ve toprak koşulları ile alakalı olmayıp, sosyo-ekonomik ve kültürel alışkanlıkları ile ilgilidir (Koday, 2000).

Sebze ve Meyve bitkileri; Sebzeler ve meyveler insan beslenmesinde ve özellikle de sağlıklı beslenmede önemli bir kaynaktır. Bu iki terim birbirinden farklı şeylerdir aslında. Sebze bir bitkinin çoğunlukla yeşil renkli yenebilen vejetatif kısımları iken, meyve ise çiçekli bitkilerde dölllenme sonucu oluşan yapıdır. Meyve, kapalı tohumlu bitkilerde tohumları barındıran ve koruyan bir yapı olarak gelişir. Kabaca içinde çekirdeği olan tüm yapılar meyve olarak adlandırılabilir aslında. Örneğin soğan, sarımsak, marul, maydanoz, roka, nane, fesleğen vb. gibi bitkiler sebze iken, elma, armut, nar, çilek, domates, salatalık, biber, patlıcan meyve olarak gruplandırılabilir.

Türkiye sebze-meyve üretiminde oldukça iyi bir yerde olup, dünya da 4. sırada yer almaktadır. Ülkemizin toprak ve iklim koşulları neredeyse tüm sebze-meyve türlerinin yetiştirilmesine imkan tanımakta olup yaklaşık 805.000 hektarlık üretim alanına sahiptir. Toplam bitkisel üretimin yaklaşık yüzde 25'ini oluşturan sebze-meyve bitkileri,

Türkiye'nin önemli ekonomik değerlerinden biridir (Engindeniz, 2009).

Yağ bitkileri; Tohum ve meyvelerinde %15'ten fazla yağ bulunduran bitkilere yağ bitkileri denir. Yağ bitkilerinin diğer vejetatif organları olan yaprak, kök, gövde gibi yapılarında da yağ mevcuttur. Fakat bunlarda bulunan yağ oranı tohum ve meyveye nazaran çok azdır. Yağ bitkilerini tohumlarından yağ üretilenler ve meyvelerinden yağ üretilenler olarak iki kısımda sınıflandırabiliriz. Tohumlarından yağ elde edilen bitkiler ayçiçeği, yer fıstığı, haşhaş, jojoba, susam, fındık vb. iken, meyvelerinden yağ elde edilenler mısır, zeytin, hindistancevizi, hurma vb. olarak sayılabilir. Türkiye'de, jojoba, hurma ve Hindistan cevizi dışındaki yağlı tohumlu bitkilerin tümü başarıyla yetişebilmektedir (Tanker ve Tanker, 1990).

Yem bitkileri; Hayvanların hayatlarını devam ettirebilmeleri ve ürün verebilmeleri amacıyla tüketmek zorunda oldukları karbonhidrat, protein, yağ, vitamin ve mineral gibi temel besin maddelerini içeren ve yedikleri zaman hayvanlarda herhangi bir sağlık problemi yaratmayan, doğada kendiliğinden yetişen ya da tarım arazilerinde üretilen bitkilere yem bitkileri denir. Çoğunlukla Fabaceae ve Poaceae familyalarına mensup bitkiler yem bitkisi olarak kullanılırlar. *Medicago* (Yonca), *Trifolium* (Üçgül), *Vicia* (Fig) ve *Onobrychis* (Korunga) Fabaceae familyasının en çok tercih edilen türleridir. *Lolium* (Çim), *Agropyron* (Ayrık otu), *Bromus* (Brom), *Festuca* (Yumak) Poaceae familyasının en çok tercih edilen türleridir. Hayvancılık sektöründe yemler kaba (yeşil ve kuru ot, silajlar) ve konsantre (enerji, proteince zengin) yem

olarak sınıflandırılmaktadır. Yonca, çayır otu ve saman gibi kaba yemlerin selüloz içeriği yüksek, protein ve enerji düzeyleri düşüktür. Fakat kaba yemler özellikle geniş getiren ve tek mideli otçullar için sindirim sistemi hareketlerini düzenlediklerinden olmazsa olmazdır. Mısır, küspe gibi konsantr yemler ise protein, enerji, vitamin ve mineral bakımından zengindir. (Anonim, 2016a)

Hayvansal üretimde ucuz ve kaliteli kaba yemin önemi büyüktür. Her ne kadar ülkemiz tarımda ileri bir seviyede olsada hayvan yemi üretimi konusunda henüz istenilen düzeye ulaşamamıştır. Aşırı ve bilinçsiz otlatma, mera alanlarının tarla-bağ-bahçeye çevrimi ya da tarım dışı kullanıma açılması gibi sebeplerden ötürü otlatma alanlarımızın büyük bir bölümü kaybedilmiştir (Yaşar ve Yıldız, 2020).

2.2. Baharat (Çeşni) bitkileri

Gıdalara tat, lezzet, renk, koku ve aroma vermek amacıyla kullanılan bitkilere baharat bitkileri adı verilmektedir. Baharatlar, bu amaçla kullanılacak bitkinin tamamından üretilebildiği gibi yaprak, çiçek, tohum, meyve gibi belirli bir organından da elde edilebilir. Baharat bitkilerinin tamamı aromatik hoş kokulu bitkiler olup, neredeyse tamamı tıbbi özellik gösterir. Uçucu yağ oranı ve etken madde miktarı yüksek bitkilerdir (Tetik ve Civelek, 2011).

Baharat bitkileri hem kurutulularak hem de taze halde tüketilebilirler. Bir kısmı doğada kendiliğinden yetişse de, büyük bir kısmı kültüre alınarak seri üretimi ve ihracatı yapılmaktadır. Dünya sıralamasında Türkiye baharat üretiminde ön sıralarda yer almaktadır. Kekik, adaçayı, defne

yaprağı, kimyon, biberiye, çemen, çörekotu, hardal, sumak, karanfil, zencefil, zerdeçal, tarçın, yeni bahar, vanilya, karabiber, kırmızı biber, safran gibi bitkiler baharat olarak yaygınca kullanılan bitkilerdir (Tanker ve tanker, 1990; Anonim, 2021).

2.3. Uyarıcı ve keyif verici bitkiler

Herhangi bir besin değeri olmayıp, kullanıldıkları takdirde sinir sistemi üzerinde uyarıcı, sakinleştirici, sersemleştirici etkileri bulunan bitkilere keyif bitkileri denilmektedir. Bu bitkiler içerdikleri bazı etken maddelerin yoğunluğundan dolayı kullanıldıkları takdirde organizmada kişiden kişiye değişen oranlarda sarhoşluk, sersemlik, uyku hali ve haz uyandırıcı görev görürler. Kısa bir süre olsa da, devamlı kullanım durumunda bağımlılık yaparlar. Özellikle uzun süreli kullanımlarda insan sağlığı açısından oldukça zararlı etkiler gösterirler. Zararın derecesi uygulama sıklığı ve kullanım süresine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Uyarıcı ve keyif verici bitkilerin başında tütün, haşhaş, kenevir, koka, kola, kahve, çay ve kakao gelir. Bu bitkiler içerdikleri nikotin, morfin, kannabinol, kokai, teobromin, kafein ve tebain gibi uyarıcı ve sakinleştirici etken maddeler içerirler (Anonim, 2023d).

2.4. Endüstriyel bitkiler

Koku (Esans) Bitkileri: Esansiyel yağları parfüm ve kozmetik sanayinde kullanılan bitkilerdir. Baharat bitkilerinin bir bölümü de bu gruba girer. Ülkemiz parfüm bitkileri yetiştiriciliği bakımından son derece uygun ekosistemlere sahiptir. Parfüm ya da kozmetik alanda kullanılan bitkiler doğadan toplanır ya da yetiştiriciliği yapılır. Parfüm

bitkisi olarak kullanılabilen bitki türleri gül, lavanta, biberiye, melisa, adaçayı türleri, nane türleri, kekik türleri, dağ çayı türleri, ıtır, papatya, civanperçemi, limon otu, fesleğen (reyhan), anason, kişniş, rezene, kimyon, kadife çiçeği, dere otu, çörek otu, tütün, pelin otu, aynısefa, safran, iris, sümbül, nergis, orkide, zambak, ardıç, sığla, sedir, defne, turunçgiller, çam, köknar, mimoza, ıhlamur olarak sayılabilir.

Reçine Bitkileri: Reçine yarı katı ya da katı halde bulunan, ısıyla yumuşayan, suda çözünmeyip organik çözücülerle çözünen bitkisel sekonder metabolittir. Bitkilerde bulunuş hali genellikle zank ya da yağda çözülmüş formdadır. Çoğunlukla Pinaceae (Çamgiller) familyasında olmakla birlikte, Coniferae, Convolvulaceae, Leguminosae, Apiaceae, Piperaceae, Berberidaceae, Anacardiaceae familyalarında da reçineli bitkiler bulunmaktadır. Bu bitkilerde bulunan reçine kanallarında yağ ve zankla birlikte yer alan reçine patolojik bir olay ya da herhangi bir yaralanma sonucu açığa çıkar (Tanker ve Tanker, 1990).

Tıp ve eczacılıkta çeşitli kullanım alanları olan reçine bitkilerden saf halde elde edilemezler, mutlaka bir yağ ile birlikte izole edilip, sonradan saflaştırılırlar. Günümüzde doğal reçinelerin yerini sunii reçineler almıştır. Suni ve doğal reçineler her ne kadar benzer olsalarda kimyasal açıdan birbirlerinden farklılıklar gösterirler. Suni reçineler daha çok sanayi alanında kullanılırken, tıp ve farmakoloji de doğal reçineler tercih edilirler.

Boya Bitkileri: Herhangi bir bölümü ya da tamamı renk maddelerince zengin olan bitkilere boya bitkileri denir. Tarihte birçok bitkinin

köklerinden boya maddesi elde edildiği için, genel olarak boya bitkilerine kök boya adı verilmiştir. Boya bitkileri kullanılarak yapılan boyamalar çevre kirliliği yaratmazlar, toksik ya da kanserojen atık bırakmazlar. Ayrıca gösterdikleri antibakteriyel ve antimikrobiyal özellikler sayesinde de kullanıldıkları kumaşları zararlılardan korurlar. Bitkisel boyar maddelerde çözücü olarak çoğunlukla su kullanılır ve kullanılan suyun kalitesi boyanın rengini etkiler. En saf ve net renkler, damıtık su ya da kireçsiz doğal kaynak suyu ile elde edilir. Boyar maddenin boyanacak yüzeye tutunmasını sağlayan doğal ya da sentetik maddelere mordan denir. Boya etken maddesi mordan sayesinde kumaşa tutunur. *Salvia* (Adaçayı), *Alnus* (Kızılağaç), *Vitex* (Hayıt), *Achiella* (Civanperçemi), *Juglans* (Ceviz), *Hypericum* (Kantaron), *Anthemis* (Papatya), *Rhus* (Sumak), *Rubia* (Kökboya) ve *Verbascum* (Sığır kuyruğu) gibi bitkiler boya bitkileri olarak kullanılırlar (Anonim, 2016b).

Lif Bitkileri: Sap, yaprak, kök, gövde gibi farklı kısımlarında oluşturdukları yoğun lifler nedeniyle üretimi yapılan ya da doğadan toplanarak kullanılan bitkilere lif bitkileri adı verilmektedir. Dünya genelinde değişik amaçlara yönelik kullanılan 1000'in üzerinde lif bitkisi bulunduğu kabul edilmekle birlikte, bu bitkilerin başında pamuk, keten, jüt, hibiskus, lif kabağı ve Hindistan cevizi gelmektedir. Bazı bitkilerin ise ekonomik önemi olmadığı halde bölge halkının günlük gereksinimleri karşılamak için kullanılmaktadır.

Günümüzde akrilik, naylon, polyester gibi sentetik liflerin üretilmesiyle birlikte doğal liflere olan talep azalmıştır. Fakat sağlık açısından

özellikle tekstil ve giyim ürünlerinde başta pamuk lifi olmak üzere doğal lifler hala önemini korumaktadır. Jüt, rami, hibiskus vb. gibi uzun elyafli bitkiler ise sadece tekstil sanayii için değil, kâğıt ve karton üretimi için de tercih edilmektedir (Anonim, 2023b).

Şeker Sanayiinde Kullanılan Bitkiler: İlk insanlardan günümüze kadar bitkiler temel besin maddesi olarak doğal kaynak oluşturmuştur. Bitkilerin fotosentez yaparak üretimini sağladıkları şeker, onların besin yönünden en çok faydalanılan kısımlarından birini oluşturmaktadır. Halen günlük kullandığımız nişasta ve şekerin neredeyse tamamı bitkiler tarafından karşılanmaktadır. Günümüzde neredeyse her ülkede şeker üretimi yapılmaktadır. Şeker sanayinde kullanılan ve şeker üretiminin ana kaynağı konumunda bulunan en önemli iki bitki Poaceae'den *Saccharum officinarum* (şeker kamışı) ve Amaranthaceae'den *Beta vulgaris* (şeker pancarı)'dır (Er ve Uranbey, 1998).

Son yıllarda bu ikisi dışındaki *Phoenix dactylifera* (hurma), *Acer saccharum* (şeker akçaağacı), *Sorghum bicolor* (şeker darısı) ve *Stevia* (şeker otu) gibi bitkilerden de şeker üretiminin yapıldığı bilinmektedir. Fakat seri üretimi bulunmamaktadır. Zira olarak şeker üretiminde iki bitkinin yetiştiriciliğinin hâkim olduğu görülmektedir. Ülkemizde de yoğunlukla üretim şeker kamışı ve şeker pancarından yapılmaktadır. Şeker kamışı ve şeker pancarının yalnız besin amaçlı yetiştirilmediği aynı zamanda hayvan yemi, yakacak, gübre ve kâğıt sanayinde hammadde ve yakıt olarak da yetiştirilip kullanıldığı bilinmektedir (Anonim, 2023c).

2.5. Süs bitkileri (Ornamental bitkiler):

Genellikle gösterişli çiçekleri, yaprakları ya da meyveleri nedeniyle dekorasyon ve görüntü amacıyla üretimi yapılan ve kullanılan, besin değeri olmayan peyzaj amaçlı bitkilere süs bitkileri denir. Süs bitkileri ülkeler için önemli ekonomik kaynaklardan biridir. Özellikle geofitler (soğanlı bitkiler), bu amaçla yetiştiriciliği ve ihracatı yapılan bitkilerdir. Hollanda bu sektörde başı çeken ülkelerdendir. Süs bitkisi olarak tercih edilen türler, özellikle laboratuvar ortamında hibritleştirilerek daha dayanıklı hale getirilebilir, çiçeklerinin renkleri değiştirilebilir veya bitkinin yapısı-çiçekleri daha gösterişli hale getirilebilir. Ülkemizde üretimi yapılan soğanların çoğunluğu Hollanda'ya ihraç edilmekte ve buradan da diğer ülkelere satılarak peyzaj çalışmalarında ve bahçe düzenlemelerinde kullanılmaktadır. İhracatın büyük bir bölümü Hollanda'ya çok az miktarı da Almanya, İngiltere, Japonya ve Danimarka'ya yapılmaktadır. İhracatı yapılan doğal çiçek soğanlarının en önemlileri; *Cyclamen* (Sıklamen), *Galanthus* (Kardelen), *Leucojum* (Göl soğanı), *Anemone* (Lale), *Eranthis* (Kar çiçeği), *Fritillaria* (Ters lale) ve *Lilium* (Zambak)'dur (Haspolat ve ark, 2016; Karaoğlu, 2010; Ergun ve ark.,1997).

Bunun yanı sıra peyzajda kullanılan ve üretimi yapılan çok çeşitli ağaçlar, çalılar, tek-iki ve çok yıllık otsu ve odunsu taksonlar bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanları *Acacia* (Akasya), *Juniperus* (Ardıç), *Betula* (Huş), *Pinus* (Çam), *Carpinus* (Gürgen), *Thuja* (Mazı) vb. gibi ağaçlar, *Bougainvillea* (Begonvil), *Berberis* (Hanım tuzluğu), *Viburnum* (Kartopu), *Euonymus* (Taflan), *Abelia*

(Abelya), *Syringa* (Leylak) gibi çalılar, *Begonia* (Begonya), *Rosa* (Gül), *Monstera* (Deve tabanı), *Guzmania* (Guzmanya), *Sansevieria* (Paşa kılıcı), *Ficus* (Kauçuk), *Yucca* (Yuka), *Saintpaulia* (Afrika menekşesi) vb. gibi saksı çiçekleri sayılabilir.

2.6. Tıbbi (Medisinal) bitkiler:

Hastalıkları önlemesi, iyileştirmesi ve sağlıklı yaşama destek olması için tedavi amaçlı kullanılan bitkilere “tıbbi bitkiler” denmektedir. Bu bitkiler, kök-gövde-yaprak-çiçek-meyve ve tohum gibi herhangi bir organında ya da tamamında farmakolojik aktiviteye sahip çeşitli metabolitleri bünyesinde barındırır. Günümüzde <tıbbi bitkiler> terimi genellikle <tıbbi ve aromatik bitkiler> olarak birlikte kullanılmaktadır (Tetik ve Civelek, 2011).

Tıbbi ve aromatik bitkiler genellikle familyalarına, içerdikleri etken maddelere, tüketim ve kullanımlarına, yararlanılan organlarına ve farmakolojik etkilerine göre gruplandırılabilirler. Her ülkenin kendi gereksinimlerine göre hazırlanmış bitkilerin kimyasal yapılarını, kullanım özelliklerini, doz ayarlarını ve yan etkilerini bildiren resmi kitaplara Farmakope-Kodeks adı verilir. Ülkemizde şimdiye kadar hazırlanmış 4 adet (1930, 1940, 1948, ve 1974) kodeks bulunmaktadır (Ceylan, 1995).

Türkiye Florasının zenginliği tıbbi bitki sayısına da yansımaktadır (Güner ve ark, 2012). Ülkemizde kullanılan tıbbi bitki sayısı net olarak bilinmemekle birlikte yaklaşık 500 kadar olduğu tahmin edilmekte, bunun da yaklaşık 200 kadarının ihraç potansiyelinin olduğu

bilinmektedir (Baytop, 1999; Ekim ve ark. 2000; Aydın, 2004). Bu yüksek miktardaki bitki çeşitliliği aynı zamanda ülke ekonomisi açısından büyük bir potansiyel arz etmektedir. Mevcut tıbbi bitkilerin bir kısmı tarımı yapılarak üretilirken, bir kısmı doğadan toplanarak ekonomiye kazandırılmaktadır. Haşhaş, Kimyon, Anason, Rezene, Kişniş, Çörekotu, Kekik, Adaçayı, Gül, Lavanta gibi bitkiler tarımı yapılarak üretilen bitkilerdendir. Keçiboynuzu (harnup) meyvesi, Kekik, işlenmemiş (*Thymus sp.*), Defne yaprağı, işlenmemiş, Biberiye (*Rosmarinus sp.*), Adaçayı (*Salvia sp.*), Ihlamur çiçeği ve yaprağı, Çalba (*Ballota cristata*, *B. saxatilis*), Laden (*Cistus sp.*), Isırgan otu, Mersin yaprağı (*Folium myrti*), Tavşanmemesi (*Ruscus aculeatus*), Orman gülü (*Rhododendron sp.*), Sarmaşık (*Hedera sp.*), Funda (*Erika sp.*) gibi bitkiler ise doğadan toplanarak ekonomiye kazandırılan bitkilerdendir.

3. Türkiye’de yetişen ve etnobotanik değeri olan bazı önemli bitki türleri kullanılan organları ve kullanım alanları (Anonim, 2023e; Tetik ve Civelek, 2011)

- *Aconitum napellus* L. (Kurt boğan): Kurutulmuş yumruları – ağrı kesici.
- *Achillea millefolium* L. (Civan perçemi): Kurutulmuş toprak üstü kısımları – diüretik, iştah açıcı, gaz ve adet söktürücü.
- *Adonis vernalis* L. (Kanavcı otu, keklik otu): Kökleri – kalbi kuvvetlendirici ve idrar söktürücü.

- *Aesculus hippocastanum* L. (At kestanesi): Gövde ve dal kabukları – müshil olarak, kanamalara karşı ve ateş düşürücü, meyvesi varislere karşı kullanılır.
- *Agrimonia eupatoria* L. (Koyun otu, Kızıl yaprak, Kasıkotu, Fıtık otu): Kökleri – müshil olarak ve idrar söktürücü; çiçekli dalları - dahilen fitiğa karşı.
- *Agropyron repens* (L.) Beauv. (Ayrık otu): Toprak altı kısımları – idrar söktürücü, taş düşürücü.
- *Alchemilla arvensis* (L.) Scop. (Arslan ayağı, Arslan pençesi): Kök ve yaprakları – müshil, idrar söktürücü ve kuvvet verici.
- *Alkanna tinctoria* (L.) Tausch. (Havaciva otu): Kurutulmuş kökleri –Müşhil, yara iyileştirici, boya maddesi.
- *Allium sativum* L. (Sarımsak): Soğanı – Tansiyon düşürücü ve düzenleyici, koroner vasodilatör, antiseptik, idrar söktürücü, solucan düşürücü.
- *Althea officinalis* L. (Hatmi): Kurutulmuş çiçekleri – göğüs yumuşatıcı, öksürük kesici.
- *Ammi visnaga* (L.) Lam. (Diş otu): Olgun Meyveleri – vasodilatör (kalp damarlarını açıcı), taş düşürücü, diüretik.
- *Anemona albana* Stev. (Rüzgar gülü): Çiçekli dallar – balgam ve idrar söktürücü.
- *Angelica sylvestris* L. (Melek otu): Kurutulmuş kökleri – Müshil olarak, sakinleştirici, sinir sistemi kuvvetlendirici.
- *Anthemis nobilis* L. (Papatya): Çiçekleri – diüretik, iştah açıcı, gaz ve safra söktürücü

- *Anthriscus cerefolium* (L.) Hoffm. (Frenk maydanozu): Çiçekli dallar – idrar söktürücü, sindirime yardımcı, balgam söktürücü ve kuvvet verici.
- *Arachis hypogaea* L. (Yer fıstığı): Yağı – yumuşatıcı; Tohumları balla karıştırılarak kuvvet verici olarak kullanılır.
- *Arnica montana* L. : Kökleri ve çiçekleri – harici yaraların iyileştirilmesinde, romatizmaya karşı.
- *Artemisia absinthium* L. (Yavşan otu): Çiçekli ve yapraklı dalları – kuvvet verici, ateş düşürücü.
- *Asperula odorata* L. (Kokulu yapışkan otu): Çiçekli dalları – idrar söktürücü, müshil ve kuvvet verici.
- *Atropa belladonna* L. (Güzel avrat otu): Yaprakları, kökleri – ağrı kesici, spazm giderici.
- *Ballota nigra* L. (Kara yer pırasası, Köpek otu): Çiçekli dalları – idrar söktürücü, sindirime yardımcı, antihelmintik, adet söktürücü.
- *Bellis perennis* L. (Koyun gözü, Çayır papatyası): Çiçekler – idrar söktürücü, müshil ve kuvvet verici.
- *Beta vulgaris* L. (Yabani pancar): Yapraklar – deri yanıklarının tedavisinde yara üzerine konulur.
- *Beta vulgaris* L. var. *cicla* (Pazı): Tohumları – kanamalara karşı; yapraklar – kuvvet verici.
- *Beta vulgaris* L. subsp. *rapa* f. *rubra* (Kırmızı pancar): Kökleri – idrar söktürücü, sebze olarak kullanılır.

- *Betula pendula* Roth. (Huş ağacı): Yaprakları – idrar söktürücü ve romatizma ağrılarını iyi edici.
- *Borago officinalis* L. (Hodan): Çiçekli dal ve yaprakları – diüretik, terletici, ateş düşürücü.
- *Calamintha officinalis* Moench (Tıbbi misk otu, Yabani oğul otu): Çiçekli dalları – uyarıcı, sindirime yardımcı ve antiseptik.
- *Caltha polypetala* Hochst.(Bataklık nergisi): Çiçekli dallar ve kökleri – sakinleştirici; Çiçeklerinden sarı renkli bir boyar madde çıkarılır. Bitki zehirlidir.
- *Campanula rapunculus* L. (Büyük köklü çanta çiçeği): Yapraklar – yara iyileştirici ve müshil.
- *Capparis spinosa* L. (Kebere, Kappari): Çiçek tomurcukları – diüretik, müshil, kuvvet verici.
- *Centaurea cyanus* L. (Peygamber Çiçeği): Kurutulmuş çiçekleri – ishal kesici, kuvvet verici.
- *Chelidonium majus* L. (Kırlangıç otu): Çiçekli dalları – idrar ve safra artırıcı, müshil, yatıştırıcı.
- *Chenopodium album* L. (Ak pazı, Ak kaz ayağı, Sirgen, Sirken): Çiçekli dallar – idrar söktürücü ve müshil.
- *Chlora perfoliata* L. (Sarı ot): Çiçekli dallar – sindirime yardımcı, iştah açıcı, kuvvet verici; Haricen yara iyileştirici.
- *Chondrilla juncea* L. (Çengel otu): Köklerden elde edilen sakız – mide ağrılarını kesici, yara iyileştirici
- *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Köy göçerten): Çiçekli dalları – kuvvet verici ve iştah açıcı.

- *Cistus creticus* L. (Laden): Yapraklı dalları – müshil, uyarıcı, balgam söktürücü.
- *Clematis vitalba* L. (Akasma, Filbahri, Fukara otu, Peçek): Yaprakları – haricen romatizma ağrılarına karşı kan toplayıcı.
- *Cnicus benedictus* L. Mübarek diken): Çiçekli dalları – iştah açıcı, diüretik, ateş ve tansiyon düşürücü.
- *Coix lacryma – jobi* L. (Düğme çiçeği, Gözyaşı otu, Tesbih otu): Uyuza ve göz hastalıklarına karşı.
- *Conium maculatum* L. (Baldıran): Çiçekli ve dallı yaprakları – ağrı kesici.
- *Convalaria majalis* L. (İnci çiçeği, Müge): Kurutulmuş toprak üstü kısımları – diüretik, kalp kuvvetlendirici.
- *Coriandrum sativum* L. (Kışniş): Olgun Meyveleri – iştah açıcı, gaz söktürücü, sindirime yardımcı.
- *Corydalis solida* (L.) Swartz (Kaz gagası): Yumrusu – adet söktürücü, antihelmintik, veremde bünyeyi kuvvetlendirici.
- *Cretaeegus monogyna* Jacq. (Alıç): Çiçekleri –kalp damarlarını açıcı; Meyveleri – sakinleştirici, tansiyon düşürücü, idrar söktürücü.
- *Crocus sativus* L. (Safran): Kurutulmuş stigmalar – iştah açıcı, adet söktürücü, koku ve renk verici
- *Cuminum cyminum* L. (Kimyon): Olgun Meyveleri – mide ağrılarını kesici, gaz söktürücü, terletici.
- *Delphinium staphisagra* L. (Bit otu): Olgun tohumları – romatizma, siyatik, antihelmintik.

- *Digitalis purpurea* L. (Yüksük otu): Yaprakları – Kalp kuvvetlendirici, ödem atıcı.
- *Diospyros ebenum* Koen. (Abanoz): Dal ve gövde odunu – antiseptik ve yara iyileştirici.
- *Doronicum orientale* Hoffm. (Kaplan otu): Kök – kuvvet verici, ayrıca kısırlığa karşı tavsiye edilmektedir.
- *Drosera rotundifolia* L. (Güneş gülü, Çiğotu): Tüm bitki – idrar söktürücü, terletici ve sakinleştirici.
- *Echinophora tenuifolia* L. (Tarhana otu, Çörtük): Çiçekli ve yapraklı dalları – yara iyileştirici, koku verici.
- *Epilobium angustifolium* L. (Yakı otu): Yaprak ve kök – müshil.
- *Equisetum arvense* L. (At kuyruğu): Kurutulmuş toprak üstü kısımlar– idrar söktürücü, taş ve kum düşürücü, yara iyileştirici.
- *Eremurus spectabilis* Bieb. (Çiriş otu): Kurutulmuş kökleri – yapıştırıcı madde, yün ipliğine apre vermede.
- *Eruca sativa* Mill. (Roka): Taze yaprakları – uyarıcı, kuvvet verici, öksürük kesici.
- *Eryngium campestre* L. (Boğa diken): Kurutulmuş toprak üstü kısımlar – öksürük kesici, diüretik, iştah açıcı, afrodisyak (cinsel arzuyu artırıcı).
- *Eugenia caryophyllatum* Thunb. (Ağaç Karanfile): Kurutulmuş çiçek goncası – uyarıcı, mide ağrılarını kesici, antiseptik.
- *Euonymus europaeus* L. (İğ ağacı, Papaz külahı): Meyvesi – idrar söktürücü, müshil, kusturucu.

- *Euphrasia pectinata* Ten. (Gözlük otu, Göz otu): Çiçekli dalları – yara iyileştirici.
- *Fagus orientalis* Lipsky (Kayın ağacı): Kabukları – müshil ve ateş düşürücü.
- *Filago vulgaris* Lam. (Pamuk otu): Tüm bitki – idrar ve safra söktürücü.
- *Foeniculum vulgare* Mill. (Rezene): Olgun Meyveleri – mide ağrılarını kesici, gaz söktürücü, süt artırıcı.
- *Fumaria officinalis* L. (Şahtere otu): Çiçekli dalları – diüretik, sakinleştirici, öksürük kesici.
- *Galega officinalis* L. (Keçi sedefotu, Unkut otu): Çiçekli dalları – süt artırıcı ve şeker hastalığına karşı.
- *Galeopsis ladanum* L. (Kedibaşı): Tüm bitki – balgam söktürücü.
- *Galium verum* L. (Sarı yoğurt otu): Tüm bitki – idrar söktürücü ve safra artırıcı, müshil, sakinleştirici.
- *Gentiana lutea* L. (Centiyan): Kök ve rizomları – iştah açıcı, ateş düşürücü, yara iyileştirici.
- *Geranium robertianum* L. (Turna gagası): Tüm bitki – müshil, kanamalara karşı, idrar söktürücü, kuvvet verici, mide ağrılarını kesici ve şeker hastalığına karşı.
- *Glaucium corniculatum* (L.) Rud. (Boynuzlu gelincik): Kurutulmuş toprak üstü kısımları – sakinleştirici, öksürük kesici.

- *Gladiolus atrovioleaceus* Boiss. (Mor çiçekli glayöl): Yumruları – afrodisyak (cinsel gücü artırıcı) ve kusturucu.
- *Glechoma hederacea* L. (Yer sarmaşığı): Tüm bitki – dahilen balgam söktürücü, haricen yara iyileştirici.
- *Gratiola officinalis* L. (Hüdaverdi otu, Fukara otu): Tüm bitki – idrar söktürücü, müshil ve kusturucu.
- *Helianthemum nummularium* (L.) Miller (Altın otu): Tüm bitki – müshil ve kanamalara karşı.
- *Heliotropium europeum* L. (Aygün çiçeği, Bozot, Siğil otu): Tüm bitki – safra artırıcı, ateş düşürücü ve yara iyileştirici; Ekstraktı – siğillere, yılan ve akrep sokmalarına karşı.
- *Helleborus orientalis* Lam. (Çöpleme): Kurutulmuş kök ve rizomları – hayvanlarda sancılara karşı.
- *Heracleum sphondylium* L. (Tavşancıl otu): Kökleri – ishal ve dizanteriye karşı kullanılır.
- *Herniaria glabra* L. (Kasık otu, Atyaran, Türk otu): Tüm bitki – idrar söktürücü, müshil, karaciğer ve safra kesesi hastalıklarının tedavisinde kullanılır.
- *Hieracium pillosella* L. (Fare kulağı, Şahin otu, Tırnak otu): Tüm bitki – idrar söktürücü, müshil ve yara iyileştirici.
- *Hyacinthus orientalis* L. (Sümbül): Taze soğanı – çıiban açıcı.
- *Hyoscyamus niger* L. (Ban otu): Kurutulmuş yaprakları – sakinleştirici, ağrı kesici.
- *Hypericum perforatum* L. (Binbirdelik otu): Çiçekli dalları – antispazmatik, sakinleştirici, antihelmintik.

- *Hyssopus officinalis* L. (Zulfa otu): Tüm bitki – uyarıcı, gaz söktürücü, mide ağrılarını kesici.
- *Inula helenium* L. (Andız otu): Kurutulmuş kökleri – safra söktürücü, idrar söktürücü.
- *Iris germanica* L. (Süsen): Rizomları – idrar söktürücü, safra artırıcı.
- *Isatis tinctoria* L. (Çivit otu): yapraklı dalları – yara iyileştirici, boyar madde.
- *Jasminum officinale* L. (Yasemin): Çiçekleri – göğüs yumuşatıcı, sakinleştirici, parfümeri sanayiinde.
- *Juglans regia* (Ceviz): kurutulmuş yaprakları – iştah açıcı, kan şekerini düşürücü, kuvvet verici, boyar madde.
- *Juniperus communis* L. (Ardıç): Olgun bakka kozalakları – idrar söktürücü, terletici, mide ağrılarını kesici, antiseptik, prostat tedavisi.
- *Lamium album* L. (Ballı baba): Kurutulmuş çiçekleri – kuvvet verici, müshil.
- *Lathraea squamaria* L. (Gizli ot): Tüm bitki – sakinleştirici, uyutucu.
- *Laurus nobilis* L. (defne): Kurutulmuş yaprakları - terletici, antiseptik, mide ağrılarını kesici.
- *Leonurus cardiaca* L. (Aslan kuyruğu): Tüm bitki – müshil, kuvvet verici, balgam söktürücü, kalp kuvvetlendirici.
- *Linum usitatissimum* L. (Keten): Olgun tohumları – müshil, göğüs yumuşatıcı.

- *Lippia citriodora* L. (Limon otu): Çiçekli ve yapraklı dalları - iştah açıcı, sakinleştirici.
- *Lithospermum officinale* L. (Tıbbi taşkesen otu, İnci otu): Tüm bitki – idrar söktürücü; Meyve – safra kesesi ve mesanede meydana gelen taşların düşürülmesinde kullanılır.
- *Lotus corniculatus* L. (Boynuzlu yonca): Tüm bitki – sakinleştirici.
- *Lythrium salicaria* L. (Tıbbi hev hulma): Yaprakları – müshil, kanamalara karşı, hemoroide ve egzamaya karşı.
- *Magnolia grandiflora* L. (Manolya ağacı): Çiçekleri – ateş düşürücü ve terletici; Kabukları – mide ağrılarını kesici ve balgam söktürücü.
- *Malva sylvestris* (Ebe gümeci): Yaprakları – göğüs yumuşatıcı, çıban ve yaralarda ağrı kesici.
- *Marrubium vulgare* L.(Boz ot): Çiçekli dallar – idrar söktürücü, gaz söktürücü ve göğüs yumuşatıcı.
- *Melia azedarach* L. (Hint leylağı, Yalancı tesbih ağacı): Yaprakları – yara iyileştirici, Meyve romatizmaya karşı ve böcek uzaklaştırıcı.
- *Melilotus officinalis* (L.) Desr. (Tıbbi kokulu yonca): Çiçekli dalları – müshil, sakinleştirici ve gaz söktürücü.
- *Melissa officinalis* L. (Oğul otu): Yaprakları – sakinleştirici, mide ağrılarını kesici, gaz söktürücü, koku verici.
- *Mentha piperita* L. (Nane): Yapraklar – Koroner damarları açıcı, yumuşatıcı, çıban ve yaralarda ağrı giderici.

- *Millium efusum* L. (Yabani darı): Meyve – idrar söktürücü.
- *Momardica churantia* L. (Kudret narı): Olgun Meyveleri – mide ağrılarını kesici, yumuşatıcı, müshil.
- *Myosotis arvensis* (L.) Hill. (Unutma beni çiçeği): Tüm bitki afrodisyak, lapa halinde göz hastalıklarında kullanılır.
- *Nasturtium officinale* R. BR. (Su teresi, Acice): Çiçekli dalları – kuvvet verici, diüretik, iştah açıcı.
- *Nigella sativa* (Adi çörek otu): Olgun tohumları – idrar ve süt artırıcı, adet söktürücü.
- *Numphar lutea* (L.) Sibth.& Sm. (Sarı nilüfer): Çiçekleri – afrodisyak; kök – müshil ve uyarıcı.
- *Ocimum basillicum* L. (Fesleğen, reyhan): yapraklı ve çiçekli dalları – sakinleştirici, mide ağrılarını kesici, diüretik gaz söktürücü.
- *Oenanthe aquatica* (L.) Poiret (Su rezenesi): Meyve – idrar söktürücü, ateş düşürücü, Bitki – zehirli.
- *Opuntia ficus – indica* (L.) Miller (Firavun inciri, Frenk inciri, Hint inciri, Kaynana dili, Mart yemişi): Meyve – yumuşatıcı ve çerez olarak yenir.
- *Ornithogalum umbellatum* L. (Ak yıldız): Taze soğanı – kusturucu, çıban açıcı.
- *Oxalis acetosella* L. (Ekşi yonca): Tüm bitki - idrar söktürücü.
- *Panax ginseng* C. A. Meyer (Ginseng): Kökleri – kalp kuvvetlendirici, afrodisyak.

- *Papaver somniferum* L. (Haşhaş): Kapsülü – ağrı kesici, uyutucu.
- *Parietaria officinalis* L. (Yapışkan otu): Çiçekli dalları – idrar söktürücü, yumuşatıcı.
- *Passiflora caerulea* L. (Mavi çarkıfelek): Çiçekleri – idrar söktürücü ve sakinleştirici.
- *Peganum harmala* L. (Üzerlik): Olgun Meyveleri – adet söktürücü, antihelmintik, terletirici.
- *Pelargonium endlicherianum* Fenzl. (Solucan otu, yabani sardunya): Kurutulmuş toprak üstü kısımları – bağırsak kurtlarına karşı.
- *Persea americana* Gaertn. (Avakado): Olgun Meyveleri – müshil etkisi, kozmetikte.
- *Peucedanum longifolium* Waldst. & Kit. (Domuz rezenesi): Kök – adet söktürücü, mide ağrılarını kesici, idrar söktürücü ve terletici.
- *Physalis alkekengi* L. (Güvey feneri): Olgun Meyveleri – idrar söktürücü, ateş düşürücü, sakinleştirici.
- *Pimpinella anisum* L. (Anason): Olgun Meyveleri – gaz söktürücü, iştah açıcı, süt artırıcı.
- *Piper nigrum* L. (Kara biber): Olgunlaşmamış Meyveleri – iştah açıcı.
- *Plantago lanceolata* L. ve *Plantago major* L. (Sinirli otlar): Yaprakları – müshil, göğüs yumuşatıcı, idrar söktürücü.

- *Polygonum bistorta* L. (Kurt pençesi): Kök ve rizomları – müshil, antiseptik, idrar söktürücü.
- *Polypodium vulgare* L. (Besbeye): Kurutulmuş kök ve rizomları – müshil, safra söktürücü, antihelmintik.
- *Primula verris* L. (Çuha çiçeği): Kurutulmuş kökleri – balgam söktürücü, idrar söktürücü, sakinleştirici.
- *Portulaca oleracea* L. (Semiz otu, Tohmegan, pırpırım): Tüm bitki – idrar söktürücü, sebze olarak yenir; Tohum – antihelmintik; Yaprakları – lapa halinde hemoroide karşı.
- *Potentilla recta* (L.) Rauschl ve *Potentilla reptans* L. (Beşparmak otu, İncibar) Tüm bitki – müshil, ateş düşürücü ve kuvvet verici.
- *Psoralea bituminosa* L. (Ballık, Katran yoncası): Yaprak – ateş düşürücü, adet söktürücü ve sakinleştirici.
- *Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh. (Dizanteri otu): Kök ve yaprak – müshil ve idrar söktürücü; Bitki dizanteriye karşı kullanılmıştır.
- *Pulmonaria obscura* Dumort (Akciger otu, Karaciger otu): Çiçekli dallar idrar söktürücü ve göğüs yumuşatıcı.
- *Pyretrum cinerarifolium* Trev. (Pire otu): Kurutulmuş çiçekleri – insektisit yapımında.
- *Quassia amara* L. (Acı ağacı): Kurutulmuş odunu – iştah açıcı, kuvvet verici, kurt ve ateş düşürücü.

- *Ranunculus acer* L. (Düğün çiçeği) ve *Ranunculus asiaticus* L. (Kırmızı Düğün Çiçeği): Tüm bitki – haricen yakıcı ve tahriş edici.
- *Reseda lutea* L. (Sarı muhabbet çiçeği) ve *Reseda odorata* L. (Kokulu muhabbet çiçeği): Kök – idrar söktürücü, müshil. Çiçekler kumaş boyamakta kullanılır.
- *Rhamnus petiolaris* Boiss. (Cehri): Kurutulmuş Meyveleri – boyar madde olarak kullanılır.
- *Ricinus communis* L.(Hint yağı bitkisi, Kene bitkisi): Tohum yağı – müshil. Bitki toksikdir.
- *Rosmarinus officinalis* L. (Biberiye): Kurutulmuş yaprakları – sindirim sistemini uyarıcı, safra artırıcı, idrar söktürücü.
- *Rubia tinctorium* L. (Kök boya): Toprak altı kısımları – idrar ve safra artırıcı, müshil, boyar madde.
- *Rumex acetosella* L. (Kuzu kulağı): Yaprakları – çıbanları olgunlaştırmada.
- *Salicornia europea* L. (Kurşun otu, Deniz börülcesi): Tüm bitki – idrar söktürücü ve kuvvet verici; dalları sebze olarak yenir.
- *Salvia officinalis* L. (Tıbbi adaçayı) ve *Salvia triloba* L. (Anadolu adaçayı): Yaprakları – gaz söktürücü, mide ağrılarını kesici, terletici, idrar söktürücü.
- *Saponaria officinalis* L. (Sabun otu): Kurutulmuş kökleri – terletici, safra ve idrar söktürücü.
- *Sarcopoterium spinosum* (L.) Spach. (Abdest bozan otu): dal ve gövde kabuğu – şeker hastalığına karşı.

- *Scrophularia nodosa* L. (Sıraca otu): Tüm bitki – idrar söktürücü, yara iyileştirici, bilhassa hemoroid memelerine ve deri hastalıklarına karşı kullanılır.
- *Scutellaria orientalis* L. (Kaside): Tüm bitki – müshil, kanamalara karşı, yara iyileştirici ve kuvvet verici.
- *Sedum album* L. (Dam kuruğu): Yapraklar – yaprakların ezilmesi ile elde edilen ekstraktı haricen yara iyileştirici.
- *Sempervivum tectorum* L. (Herdem taze, Keçi lehenesı, Kulak otu, Nasır otu): Tüm bitki – dahilen müshil, kanamalara karşı, idrar söktürücü; yapraklar – haricen nasıra karşı.
- *Sideritis stricta* Boiss. & Heldr. (Dağ çayı) ve diğer *Sideritis türleri* : Yaprak ve çiçek kurulları – iştah açıcı, uyarıcı, mide ağrılarını kesici ve gaz söktürücü.
- *Sison amomum* L. (Yalancı kereviz) Meyve – idrar söktürücü, gaz söktürücü ve mide ağrılarını kesici.
- *Slybum marianum* Gaert. (Deve dikenini): Kurutulmuş toprak üstü kısımları ve Meyveleri – idrar söktürücü, ateş düşürücü, karaciğer hastalıklarına karşı.
- *Solanum nigrum* (Köpek üzümü): Çiçekli dalları – sakinleştirici, ağrı kesici.
- *Sophora alopecuroides* L. (Otsu sofora): Tohumları - antihelmintik.
- *Soja hispida* Moench (Soya fasulyesi) Tüm bitki – müshil; Tohumları yağ elde etmede kullanılır.

- *Spergularia rubra* (L.) J. & C. Presl (Kum otu, Remil otu): Tüm bitki – idrar söktürücü, antiseptik ve sakinleştirici.
- *Stelleria media* (L.) Vill. (Kuş otu, Serçe dili): Yapraklı dalları – idrar söktürücü, balgam söktürücü.
- *Syringa vulgaris* L. (Leylak ağacı): Yaprakları – müshil, iştah açıcı, ateş düşürücü, kuvvet verici; Çiçekleri - ateş düşürücü, antihelmintik.
- *Tamarix tetrandra* Pallas (Ilgın): Yaprak ve kabuk – iştah açıcı, müshil, idrar söktürücü.
- *Thuja orientalis* L. (Mazı ağacı): Meyvesi – müshil ve idrar söktürücü. Yaprakları - balgam söktürücü, terletici, ve romatizma ağrılarını dindirici.
- *Thymus longicaulis* C. Presl ve *Thymus praecox* Opiz (Kekik türleri): Çiçekli ve yapraklı dalları – antihelmintik, antiseptik.
- *Tilia cordata* Mill.(Küçük yapraklı ıhlamur) ve *Tilia platyphyllos* Scop. (Büyük yapraklı ıhlamur): Çiçekleri – idrar söktürücü, terletici, sakinleştirici, göğüs yumuşatıcı.
- *Trifolium pratense* L. (Kırmızı yonca, Çayır tırtılı): Çiçekler – balgam söktürücü, antiseptik ve sakinleştirici, *Trifolium repens* L. (Beyaz yonca): Çiçekli dalları – kuvvet verici ve romatizma ağrılarını dindirici.
- *Tussilago farfara* L. (Öksürük otu): Yaprakları – öksürük kesici, göğüs yumuşatıcı.
- *Ulmus campestris* L. (Kara ağaç): Kabuk – idrar söktürücü, terletici ve müshil; Yaprak – şeker hastalığına karşı kullanılır.

- *Umbilicus erectus* DC. (Göbek otu, Venüs göbeği): Tüm bitki – dahilen idrar söktürücü; Yaprakları – haricen çıbanlarda yara iyileştirici.
- *Urgenia maritima* (L.) Baker (Ada soğanı): Kurutulmuş soğan yaprakları – idrar söktürücü, kalp kuvvetlendirici.
- *Urtica dioica* L. (Büyük ısırgan otu), *Urtica urens* L. (Küçük ısırgan otu): Yaprakları – kan temizleyici, idrar söktürücü, iştah açıcı.
- *Vaccinium myrtillus* L. (Çoban üzümü): Kurutulmuş yaprakları – müshil, antiseptik, şeker hastalığına karşı.
- *Valerianella locusta* (L.) Laterrade (Frenk salatası): İdrar söktürücü, Salata halinde sebze olarak yenir.
- *Verbascum* (Sığır kuyruğu) türleri : Çiçekleri – balgam söktürücü, göğüs yumuşatıcı; Yaprakları – hemoroide karşı.
- *Vicia faba* (Bakla): Çiçekleri – idrar söktürücü, taş düşürücü.
- *Vinca major* L. (Büyük Cezayir menekşesi) ve *Vinca minor* L. (Küçük Cezayir menekşesi) Yapraklar – müshil, idrar söktürücü ve iştah açıcı.
- *Viola tricolor* L. (Hercai menekşe): Toprak üstü kısımları – idrar söktürücü, yumuşatıcı, kan temizleyici.
- *Vitex agnus – castus* L. (Hayıt): Olgun Meyveleri – idrar söktürücü, gaz söktürücü, sakinleştirici.
- *Zygophyllum fabago* L. (Balduz, Yabani kimyon): Tüm bitki - antihelmintik, romatizma ve nefes darlığına karşı.

Kaynaklar

- Ağcabay, M. (2006). Paleoetnobotanik biliminin tarihçesi ve çalışma yöntemleri: Anadolu'daki paleoetnobotanik çalışmalarına genel bir bakış. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 3(Arkeoloji Özel Sayısı): 199-214
- Alpınar, A. (2004). Etnobotanik ve Türkiye. <https://ztbb.org/festival/geleneksel-tip-festivali-2004/etnobotanik-ve-turkiye/>
- Anonim (2006). <http://etnofertug.blogspot.com/2006/04/> (Erişim tarihi:11.06.2023)
- Anonim (2016a). <https://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=yem-maddeleri-ve-teknolojisi-ders-notlari.pdf>(Erişim tarihi:18.07.2023)
- Anonim (2016b). https://www.academia.edu/34656885/Gecmisten_Gunumuze_Boya_Bitkileri. (Erişim tarihi:18.07.2023)
- Anonim (2021). <https://www.gtb.org.tr/dosya/pdf/2021-baharat-sektor-raporu.pdf> (Erişim tarihi:10.06.2023)
- Anonim(2023a). https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/44074/mod_resource/content/0/2 (Erişim tarihi:13.06.2023)
- Anonim(2023b). <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=50653> (Erişim tarihi:15.07.2023)
- Anonim (2023c). <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=3978> (Erişim tarihi:18.07.2023)
- Anonim (2023d). <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=32599> (Erişim tarihi:02.07.2023)
- Anonim (2023e). <https://www.titck.gov.tr/dinamikmodul/112> (Erişim tarihi:05.07.2023)
- Aydın, S. (2004). Anadolu Diyagonali: Ekolojik kesinti tarihsel-kültürel bir farklılığa davet edebilir mi? *Kebikeç İnsan Bilimleri için Kaynak Araştırmaları Dergisi* 17: 117-137

- Baytop, T. (1999). Türkiye’de bitkiler ile tedavi, geçmişte ve bugün. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul
- Ceylan, A. (1995). Tıbbi Bitkiler I. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova/İzmir
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., Adıgüzel, N. (2000). Türkiye bitkileri kırmızı kitabı (Eğrelti ve Tohumlu Bitkiler). Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, Ankara
- Engindeniz, S. (2009). Türkiye’de Sebze Üretimi ve Gelecek İçin Bazı Öneriler. *Verimlilik Dergisi* 2: 99-117
- Er, C., Uranbey, S. (1998). Nişasta ve Şeker Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Ankara
- Ergun, ME., Erkal, S., Pezikoğlu, F. (1997). Doğadan sökülen çiçek soğanlarının sökümlü, üretimi ve ticaretinin ekonomik yönden değerlendirilmesi. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, Yalova
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M. T. (Editörler) (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul
- Haspolat, G., Şenel, Ü., Gökkür, S., Kesici, A. (2016). Türkiye süs bitkileri genetik kaynakları. *Anadolu ege tarımsal araştırma enstitüsü dergisi* 26(2): 51-64
- Karaoğlu, C. (2010). Soğanlı bitkiler ve in vitro hızlı çoğaltım. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 19 (1-2): 24-29
- Kendir, G., Güvenç, A. (2010). Etnobotanik ve Türkiye’de Yapılmış Etnobotanik Çalışmalara Genel Bir Bakış. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy* 1: 49-80
- Koday, Z. (2000). Türkiye'nin tahıl üretimi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 35: 299-320
- Tanker, M., Tanker, N. (1990). Farmakognozi II. Ankara Ü. Eczacılık Fak. Yayınları, Ankara. 2: 362-392.
- Tetik, F., Civelek, S. (2011). Malatya ilinin etnobotanik değeri olan bitkileri üzerine bir araştırma (Yüksek Lisans Tezi) Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ

The Plant List. (2023) <http://www.theplantlist.org/1.1/statistics/>

WFO (The World Flora Online). 2023. Erişim: <http://www.worldfloraonline.org/>,
Erişim Tarihi: 02.06.2023

Yasar, S., Yıldız, G.(2020). Türkiye'nin yem ve hayvansal üretim durumuna genel bakış. *Yem magazin* 28 (89): 29-40

Yılğör, M., Seyhan, M., Sevim, Z. (2013). Türkiye'de tahıl üretimi. Bandırma Ticaret Borsası, Bandırma.

BÖLÜM 13

SULAMA VE SU KAYNAKLARI YÖNETİMİ

Öğr. Gör. Cahide Sude TAŞ¹

Prof. Dr. Fatih Mehmet KIZILOĞLU²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8257024>

¹ Bingöl Üniversitesi Gıda Tarım ve Hayvancılık MYO, Bingöl
cstas@bingoluni.edu.tr Orcid No:0000-0003-2447-457X

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum
kiziloglu@atauni.edu.tr Orcid No:0000-0001-8493-2419

1. Sulama ve Önemi

Su kaynakları yönetimi kavramı, su döngüsü sonucu elde edilen su varlıklarını gerek nicelik gerekse nitelik yönünden koruyarak daha etkin, verimli ve rasyonel kullanımı ile ilgili faaliyetleri ifade etmektedir. Su kaynaklarından daha etkin ve ekonomik yararlanma amacıyla, sosyal huzur ve çevre koruma bakımından hassasiyet sağlayan projeleri geliştirme ve uygulama konuları ile havza içerisinde değişik sektörlere su tahsisleri, yönetimi ve izleme değerlendirme çalışmalarının sistematik şekilde ele alan planlamalar yapılması anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile su kaynaklarından kapasite ve önceliklere uygun olarak her sektörün yararlanabileceği sürdürülebilir dağıtım planlamaları yapmaktır. Su kaynakları yönetimi çalışmaları daha çok su kaynaklarının planlanarak geliştirilmesini, dağıtımını, kullanımını ve izleme değerlendirmesi hususlarını kapsamaktadır.

Tarımsal amaçlı kullanılacak olan su kaynaklarının yönetimi ve planlanmasındaki amaç; sulu tarıma tahsis edilen su kaynaklarının rasyonel kullanımını sağlayabilecek planlamalar yaparak sulamanın üretimde verim ve kaliteyi artırarak sürdürülebilir tarımsal üretime katkı sağlamak, sektörde çalışanların ekonomik gelirlerini iyileştirmek ve tarımsal üretim yoluyla ülke ekonomisine katkı sağlayabilmektir. Su kaynaklarından en yüksek faydayı sağlayacak şekilde; kaynak planlamaları yapmak bu bakımdan bir zorunluluktur. Sulama yönetimi kavramı; sulu tarımda, üretim hedeflerini yakalayabilmek için planlı su dağıtım ve kullanımının planlanmasının yapılmasıdır (Aküzüm ve Çakmak, 2008).

Sulama; bitkilerin normal büyüme ve gelişimlerini sürdürebilmeleri için ihtiyaçları olup yağışlarla karşılayamadıkları suyun, vejetasyon periyodu boyunca bitki kök bölgesindeki toprağa veya diğer yetiştirme ortamlarına, doğru zaman ve miktarda uygun yöntemlerin kullanılarak kontrollü biçimde verilmesidir.

Bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdi kaynağını oluşturan sulamanın tekniğine uygun yapılmaması durumunda gübreleme gibi diğer tarımsal girdilerden beklenen faydaların sağlanabilmesi oldukça güçtür. Ancak, yetiştirme ortamlarına bitki su gereksiniminin yeterli miktarda ve uygun yöntem ve teknikler kullanılarak karşılanması sonucu, bazı tarımsal girdilerin etkinliğinin artırılması mümkün olabilmektedir.

Üretim miktarı ve pazarlama bakımından dalgalanmalara engel olabilen sulama uygulamaları kırsal alanda iş gücünden beklenen faydayı sağlayabilme, ekonomik getiri ve gelişmişlik düzeyini artıran önemli tarımsal girdilerin başında gelmektedir. Sulama ile iklim koşullarına bağlı üretim desenindeki çeşitliliği artırmak ve yılda birden fazla ürün alınabilmektedir. Uygun bir sulama yönetimi sonucunda kısa süreli kurak dönemlerde bitkilerin zarar görmesini engellenebilir. Birim alandan alınan verimi artırmak ve ürün kalitesinin yükseltebilmek mümkündür. Yetiştirme döneminde bitkiyi sıcak ve soğuktan koruyarak ürün kayıpların ve zararlanmaların önüne geçebilme olanağı veren sulama uygulamaları damla ve yağmurlama sulama yöntemlerinin kullanılması durumunda tarımsal ilaç ve gübre uygulamalarının eş zamanlı yapılmasına da olanak sağlayabilmekte,

rüzgâr erozyonuna karşı direnci artırabilmekte, toprak taban taşını yumuşatabilmektedir.

Bitki açısından ele alındığında sulama ile toprakta bitki beslenmesi bakımından gerekli olan kimyasal ve mikrobiyolojik işlevleri artırdığı ve iyileştirdiğini, istenmeyen zararlı toksik maddeleri topraktan yıkayarak uzaklaştırılabildiği söylenebilir. Özellikle ikinci ürün ekimi öncesinde toprağın işlenebilme tavına getirilmesinde ve tohumların çimlenmesinde suyun ve sulamanın önemi büyüktür.

Ekonomik açıdan da üretimde süreklilik sağlanmasıyla tarımsal iş gücünün etkili kullanılması yanında, üretim ve gelirden yılda yılda dalgalanmaların önüne geçilmektedir.

2. Türkiye'nin toprak ve su kaynakları varlığı

Toplam yüzölçümü 78 milyon hektar ülkemiz toprak kaynaklarının 23,38 milyon hektarı işlenebilir tarım arazisidir. Mevcut sulama yatırım ve planlamaları göz önüne alındığında, teknik ve ekonomik anlamda sulanabilir arazi varlığı 8,5 milyon hektar olup, DSİ 2023 yılı verilerine göre bu alanın %81,2'si sulama hizmetine kavuşmuştur. Su kaynaklarının yeterliğine ve etkili kullanımına göre bir sonraki hedef ise %6'ya kadar eğimli arazilerin tamamının sulanmasını kapsayacak şekilde 13,5 milyon hektara kadar alanı sulamaktır (Yenikale ve Yenikale,2012).

Ülkemizin işlenebilir tarım toprağı varlığı miktarı, amaç dışı kullanım, arazi parçalanması ve erozyon gibi nedenlerle hızla daralmış, 1980

yılında 28,18 milyon ha olan işlenebilir toprak varlığı 2017 yılında 23,38 milyon hektar düzeyine düşmüştür. Buna karşılık nüfus bu dönemde artmaya devam etmiş, toprak ve su kaynakları üzerindeki baskı gün geçtikçe artmıştır (TUIK, 2021). Bu sorunlara tarım topraklarının etkin yönetimine yönelik sorunların da eklenmesiyle gıda güvenliği alanında sorunlar yaşanmaya başlanmıştır.

Türkiye'nin ortalama yağış girdisi yaklaşık olarak 574 mm olup, bu yağışın karşılığında 450 milyar m³ kazanımı olmaktadır. Ancak günümüzde teknik ve ekonomik koşullara bağlı olarak yılda tüketilebilecek su varlığı toplam 94 milyar m³ civarında kalmakta, buna 18 milyar m³ düzeyindeki yeraltı su varlığı da eklenecek olursa yıllık kullanılabilir toplam 112 milyar m³ düzeyine ulaşmakta, bu su varlığın 57 milyar m³'ü ekonomik olarak kullanılabilir (DSİ, 2022). Ülkemizin kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 20 yılda 1652 m³'ten (2000) 1346 m³'e kadar (2020) düşmüştür. Bu değerler incelendiğinde aslında ülkemizin özellikle son yıllarda su sıkıntısı yaşayan ülkeler arasında yerini aldığı görülmektedir.

Ülkemizin toprak ve su kaynaklarının miktar ve dağılım bilgileri irdelendiğinde, bu kaynakların daha rasyonel ve akılcı kullanımı zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda toprakların parçalanması, erozyonla mücadele, tuzluluk ve alkalinite sorunlarının çözümlenmesi, özellikle su kaynaklarının tasarruflu kullanımı, bitkilerin daha az suyla yetiştirilmesi yollarının aranması ve yıl içerisinde kullanılabilir şekilde suyun depolanması başlıkları ön plana çıkmaktadır.

Bundan başka işleme açılmış olan sulama şebeklerinde suyun etkin kullanılması, toplam sulama randımanlarının yükseltilmesi, yani su kayıplarına engel olarak suyun daha etkin şekilde değerlendirilmesi, toprağın kalitesini etkileyen drenaj sorunlarının giderilebilmesi amacıyla yenileme projelerinin ön plana çıkarılması, iletim ve buharlaşma kayıplarının daha fazla olduğu klasik açık sistem sulama şebekeleri yerine modern kapalı sulama sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması çalışmalarının hız kazanması gerekmektedir.

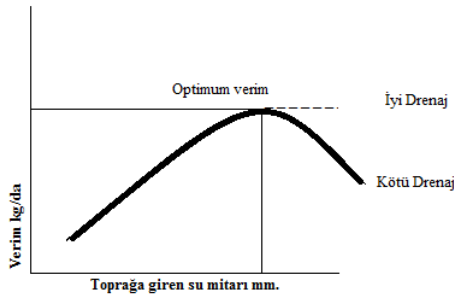
Sulama projesi yatırımları planlanırken çiftçi talebi de göz önüne alınarak arazi verim kabiliyeti iyi olan, toplulaştırma gibi altyapı hizmetlerinin tamamlandığı alanlara öncelik verilmesi projelerin etkinliğini artıracaktır. Su kaynaklarının yetersiz olduğu havzalarda optimizasyon çalışmalarının sonuçlarına bağlı üretim desenlerinin devreye alınması ve suya göre tarımsal üretim seçeneği uygulanması veya kısıtlı sulama koşullarında su kullanımı ile en yüksek getiriyi sağlayabilecek desenler uygulanması daha iyi sonuçlar verebilecektir (DSİ 2022).

3. Su - verim ilişkileri

Yağış rejiminin düzensizliği ve miktarının yetersiz olması, kurak - yarı kurak alanlarda, bitki su ihtiyacının karşılanabilmesi bakımından sulama yoluyla bitki kök bölgesine uygun zamanda, yeterli miktardaki suyun doğru yöntemlerle verilmesi gerekir. Kök bölgesindeki nemin bitkilerin optimum gelişimini sınırlayabilecek düzeye inmesiyle üretimde azalma görülür. Bilimsel çalışmalar; kurak ve yarı kurak bölgelerde ortaya çıkan verim kayıplarının, daha çok bitki kök bölgesindeki su

eksikliğinden kaynaklandığını ortaya koymuşlardır. Vejetasyon periyodu boyunca; bitki kök bölgesindeki nemin yetersiz olması durumunda, toprak daneleri etrafında yüksek bir kuvvetle tutulan suyu bitkinin alabilmesi için daha fazla enerji harcamak zorunda olması, bitki gelişiminde yavaşlama ve verimde düşüşler ortaya çıkarmaktadır.

Öte yandan kök bölgesinde drenaj koşullarının iyi olmayışı, toprak profilinde aşırı nem birikimine neden olmakta ve bu durum toprak boşluklarındaki hava hacmi ile oksijenin azalmasına neden olmaktadır. Drenaj koşullarının iyi olmadığı durumlarda bitki kök hücrelerinin çoğalması ile birlikte gelişiminde yavaşlama meydana gelir. Bu durumda topraktaki organik materyalin parçalanarak bitkilerin alabileceği besin formuna dönüşümü ve toprak mikroorganizma faaliyetleri yavaşlamakta, bitki besin elementi alımını engelleyen zararlı bileşikler gelişmekte ve sonuçta verim kayıpları ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle sulama sistemlerinin planlanması ve işletimi; hem üretimin sürdürülebilirliği, ürün verim ve kalitesinin yükseltilmesi hem de toprak ve çevre koruma önlemlerinin alınması bakımından önemlidir. Toprak nem düzeyi ile verim arasındaki ilişkiye bir örnek Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Toprak nem düzeyi ile verim arasındaki ilişki

Bitkinin su ihtiyacı karşılanamadığı durumlarda topraktaki nem azalmasına bağlı olarak bitkilerin gelişimi yavaşlayarak verimde kayıplar azalır. Toprak nemi yetersizliği sonucu gelişen kayıplar bitki türü, gelişme dönemi ve nem düzeyindeki değişime göre farklılık gösterir. Su yetersizliğinin verim azalmasına etkisi; gerçek verim, maksimum verim ve oransal su tüketimi değerlerinden hareketle belirlenir ve suya göre tarımsal üretimde verim düzeylerinde oluşacak değişimler ortaya konulabilir. Bu parametreler arasında;

$$\left(1 - \frac{Ya}{Ym}\right) = ky \cdot \left(1 - \frac{ETa}{ETm}\right)$$

Şeklinde ilişki mevcuttur. Burada; ; Ya, gerçek verimi (kg veya ton), Ym, maksimum verimi (kg veya ton), ky, verim tepki etmenini, ETa, gerçek su tüketimini (mm) ve ETm, maksimum su tüketimini (mm) göstermektedir.

4. Sulama Suyu Gereksiniminin ve Sulama Aralığının Bitki Su Tüketimi Yaklaşımıyla Belirlenmesi

Bitkilerin sulama suyu gereksinimlerinin belirlenebilmesi için öncelikle bitki su tüketiminin hesaplanması veya kestiriminin yapılması, daha sonra etkili yağış ve sulama randımanının göz önüne alınması gerekir.

4.1. Bitki su tüketimi

Bitki su tüketimi ya da Evapotranspirasyon temel olarak toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) ve bitki yeşil aksamından olan terlemenin (transpirasyon) toplamı olarak tarif edilir. Evaporasyon sıvı haldeki suyun buharlaşarak atmosfere doğru hareket etmesi

anlamına gelmektedir. Burada kastedilen ıslak toprak yüzeyi ile açık su yüzeyleri gibi yüzeylerden suyun buharlaşmasıdır.

Bitkilerin yeşil aksamlarından olan terleme sonucu bitki dokusundaki suyun atmosfere taşınması transpirasyon olarak tanımlanmaktadır. Terleme, bitki yapraklarındaki stomalardan olmaktadır. Bitki köklerinden alınan bitki besin elementlerinin önemli bir kısmı bitki gövde yapraklarına ulaşır. Besin elementini transfer eden suyun önemli bir kısmı yapraklara ulaştınca buradan atmosfere taşınarak bitkiden uzaklaşır. Bu sıvının küçük bir kısmı katı madde oluşumunda kullanılır, buna karşılık büyük bir kısmı (%98-99'u) buharlaşır. Sulama suyu gereksinimi hesaplamalarında toplam buharlaşmadan yani Evapotranspirasyon hesabından hareket edilir.

Ekili alanlarda evaporasyon ve transpirasyon aynı zamanda gerçekleşmekle birlikte toplam buharlaşmanın içerisinde evaporasyon ve transpirasyonla buharlaşan su miktarının ayrı ayrı tahmini güç olduğundan, bitki su tüketimi hesaplamalarında toplam buharlaşma göz önüne alınır. Ancak bitkilerin ekiminden olgunlaşma dönemine kadar geçen sürede yani bitki örtüsünün toprak yüzeyini kaplamadığı dönemlerde evaporasyon yoluyla olan buharlaşmanın daha fazla olduğu, sonraki dönemlerde ise transpirasyon yoluyla olan su buharlaşmasının daha yüksek olduğu bilinen bir durumdur.

4.2. Bitki su tüketimine etki eden faktörler

Bitki su tüketimine; bitkinin türü ve fizyolojik özellikleri, büyüme dönemleri ve bu dönemlerin uzunlukları, üretimin yapıldığı bölgenin

iklim koşulları, üretim yapılan toprakların özellikleri etki eder. Bu nedenle bitkilerin farklı bölgelerde veya farklı iklim koşullarındaki su tüketimleri birbirinden farklıdır. Bitki su tüketimini etkileyen faktörler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Bitki su tüketimini etkileyen faktörler

Bitki Su Tüketimini Etkileyen Faktörler		
1. İklim Faktörleri	2. Toprak Faktörleri	3. Bitki Faktörleri
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hava sıcaklığı ✓ Havanın bağıl nemi ✓ Rüzgâr hızı ve süresi ✓ Güneşlenme süresi ✓ Gündüz saatleri uzunluğu 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Toprağın işlenme durumu ✓ Toprak nemi düzeyi ✓ Bitki örtüsü 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bitki türü ✓ Olgunlaşma dönemleri ✓ Vejetasyon periyodu uzunluğu

4.3. Randımanlar ve toplam sulama randımanı

Toplam sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenmesinde sulama sistem ve yöntemlerinin etkisi olmaktadır. Zira sulama amacıyla kullanılacak olan toplam su miktarını etkileyen diğer unsurlar da; su iletim, dağıtım ve su uygulama randımanıdır. Sulama randımanı genel olarak su kaynağından saptırılan sulama suyunun bitki tarafından kullanılan kısmını ifade etmektedir. Sulama uygulamalarında kaynaktan alınan sulama suyunun iletim ve dağıtım sistemlerinde oluşan kayıplar iletim randımanını, tarla

başına geldikten sonra araziye verilen suyun ne kadarının bitki kök bölgesinde depolandığı da uygulama randımanını gösterir ve bu iki değer in çarpımı da toplam randımanı yani sulama sisteminin performansını ortaya koyar. Zira araziye iletilen suyun belirli bir oranı bitkiler tarafından kullanılmaktadır. Toplam sulama randımanını iletim ve uygulama randımanları etkiler. Burada uygulanan sulama sistemi ve yöntemlerine bağlı değişim gösterir.

Etkili Yağış: Vejetasyon periyodu boyunca bitkilerin gereksinim duydukları suyun bir bölümü yağışlarla karşılanabilmektedir. Bitkilerin yağıştan yararlanabilme durumu; bir seferde düşen toplam yağış miktarı, toprağın nem içeriği ve yağışın şiddetine bağlı olarak değişir. Çünkü nem içeriği yüksek olan topraklarda yüzey akışı daha yüksek olur ve bitkiler yağıştan ya yararlanamazlar ya da çok az yararlanabilirler. Ayrıca toprağın infiltrasyon kapasitesi de bunda etkili olmaktadır. İnfiltrasyon kapasitesi düşük olan topraklarda yağışın büyük bir kısmı yüzey akışına geçebilmekte, bir bölümü de bitkinin etkili kök bölgesinin altına sızmaktadır. Yani; yağışlardan bitki kök bölgesinde depolanan yağış miktarı etkili yağıştır. Etkili yağış miktarının bilinmesi, bitki su tüketiminin sulama ile karşılanacak kısmının hesaplanması açısından önemlidir. Yağış ve etkili yağış miktarı, yıllar ve bölgeler arasında değişim gösterir. Tek seferde yağın yağış miktarı 25 mm düzeyinin altında ise yağın miktar etkili yağış olarak değerlendirilir. Aşıyorsa etkili yağış değerlerinin hesaplanmasında aylık toplam yağış miktarı 250 mm'ye kadar aşağıdaki eşitlikten yararlanılabilir.

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{tot}} (125 - 0,20P_{\text{tot}}) / 125$$

Eşitlikte;

P_{eff} : Etkili yağış (mm/ay)

P_{tot} : Toplam yağış (mm/ay)

4.4. Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Bitki su tüketiminin belirlenmesinde doğrudan deneysel ölçüm yöntemleri ve dolaylı tahmin yöntemlerinden yararlanılabilir. Ancak daha doğru sonuç vermekle birlikte doğrudan ölçüm yöntemlerinin; zaman alıcı olması, ekonomik olmayışı ve deneyim gerektirmesi gibi dezavantajları mevcuttur. Tanklar ve tartılı lizimetreler, tarla deneme parsellerinde yapılan ölçümler, toprak nemindeki azalmanın takibi ile havzaya giren - çıkan akışların farkından hareketle bitki su tüketimi belirlenmesi doğrudan ölçüm yöntemleri arasındadır. Doğrudan ölçüm daha çok bilimsel araştırmalarda ve ayrıca iklim verilerinden yararlanılarak bitki katsayılarının kalibrasyonunu yapma amaçlı kullanılır. Bitki su tüketimi; daha çok iklim verilerine dayalı tahmin eşitlikleri kullanılarak belirlenmekle birlikte günümüzde bu şekilde bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilecek çok sayıda eşitlik geliştirilmiştir. Bu eşitlikler arasında ülkemiz için önerilenler Blaney-Criddle (SCS), Penman-Monteith (FAO) ve Kap Buharlaşması (FAO)'dır.

Tahmin yaklaşımlarında önce belirli koşulları taşıyan referans bir bitki ele alınarak bu bitkiden elde edilen değerlere bağlı su tüketimi tahmini (ET_o) yapılmaktadır. Diğer bitkilerin su tüketimi (ET) tahminleri için

referans değer bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları (kc) ile düzeltilmektedir. Bu yaklaşım kısaca

ET = kc × ETo eşitliği ile ifade edilmektedir.

Eşitlikte ET bitki su tüketimini (mm/gün); kc bitki katsayısını ve ETo referans bitki su tüketimini (mm/gün) göstermektedir.

Eşitlikten de anlaşılacağı üzere bitki katsayısı (kc), bitki su tüketiminin kıyas bitki su tüketimine oranıdır. Bu katsayı aslında; sulu tarım yapılan alanlarda, ortalama toprak koşullarında yetiştirilen bitkilerin fizyolojik özelliklerinin bitki su tüketimi üzerindeki etkisini gösteren bir katsayıdır. Bitki katsayıları; geniş arazilerde yeterli toprak nemi koşullarında bitki besin elementlerinin serbestçe alınabildiği koşullarda yetişen ve hastalısız büyüyen bitkilerden elde edilen değerlerdir. Bu katsayının büyüklüğünü, bitkinin cins ve çeşidi, ekim - dikim zamanı, gelişme devreleri ve vejetasyon periyodu uzunlukları ile yörenin iklim koşulları belirlemektedir.

Referans bitki olarak daha çok çayır bitkileri ile yonca kullanılmaktadır. Referans bitki çayır ise, referans tüketimin belirlenmesinde geniş alanlara ekilmiş, sorunsuz büyüyen, hastalısız, 8-10 cm yüksekliğinde ve eşit boylu, tarlayı üniform olarak kaplamış ve parsel alanının tamamen örtmüş, yeteri kadar sulama suyu uygulanmış durumdaki bitki su tüketimi tarif edilmektedir.

Çayır bitkilerinin referans bitki olarak kullanılması durumunda ETo tahmininde kısa dönemlerde daha doğru sağlıklı sonuçlar verebilen Kap Buharlaşması yöntemlerinin FAO modifikasyonu, uzun dönemler için

daha doğru değerler verebilen FAO-Penman Monteith modifikasyonu kullanılmaktadır.

Referans bitki olarak yonca için 30-50 cm boyunda, yeterli sulanmış yoncadan olan su tüketimi tarifi yapılmaktadır. Yoncanın kullanılması durumunda ülkemizde de uzun yıllar kullanılan ve aylık olarak sağlıklı sonuçlar veren Blaney-Criddle (SCS) eşitliğinin kullanılması önerilmektedir.

Kap Buharlaşması (FAO) Yöntemi: Kap buharlaşması FAO modifikasyonu yönteminin esası; sulu tarım alanlarına kurulmuş buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerleri ile referans bitki su tüketimi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak, yani ETo ile Ep arasındaki oranını belirlemeye dayanır. Bu yöntem bitki su tüketimin etkileyen iklim faktörleri aynı zamanda buharlaşma miktarına etki ettiğinden doğru kestirimlere ve dolayısıyla sağlıklı sonuçların elde edilmesine katkı sağlayabilmektedir. Buharlaşma kaplarından yararlanarak bitki su tüketimi;

ETo = kp × Ep eşitliği ile tahmin edilmektedir.

Eşitlikte ETo; referans bitki su tüketimini (mm/gün), kp; buharlaşma kabı katsayısını ve Ep; kaptan ölçülen buharlaşma miktarını (mm/gün) göstermektedir.

Buharlaşma genel olarak A sınıfı buharlaşma kaplarından yararlanılmaktadır. A sınıfı buharlaşma kapları; galvanizli sacdan imal edilen, daire kesitli, çapı 121 cm ve derinliği 25,5 cm olan kaplardır. Uçuculara karşı önlem olarak üstü buharlaşmayı engellemeyecek tel

kafes ile kapatılır (Şekil 2). Ayrıca ölçüm cetveli koruma kabı ile sıcaklık ölçmeleri için termometre ve rüzgâr hızı ölçmeleri için ise anemometre de yerleştirilir. Yerleştirme işlemi yapılırken kabın 50 m mesafeden daha yakın kısımlarda rüzgar siperi görevi göreceği yapı ve yüksek boylu ağaç veya diğer bitkilerin bulunmamasına özen gösterilir. Sıkıştırılmış toprak zemin üzerine 10-15 cm kalınlığında gümüş renkte boyanmış yatay konumdaki ahşap iskele üzerine yerleştirilen bu kaplar 20,5 cm su ile doldurularak ölçüm yapılır. Günlük olarak eksilen su değerleri kaydedilerek, eksilen su kadar yeniden ilave edilir. Ölçüm çok günlük yapılmışsa, günlük buharlaşma değerinin bulunabilmesi için eksilen su derinliği gün sayısına bölünür. Daha sonra 2 m yüksekteki eşdeğer rüzgâr hızı hesaplanarak, bu değere bağlı katsayısı belirlenir. Buradan hareketle $E_{To} = k_p \times E_p$ eşitliği kullanılarak referans bitki su tüketim değerleri elde edilir. Daha sonra bitki katsayıları (k_c) ile düzeltilen E_{To} değeri gerçek bitki su tüketimi değerine ulaşılır. Bilimsel araştırmalarda; deneme parsellerinde ölçülmüş gerçek bitki su tüketimi değerlerinden hareketle denenen bitkiler için bölgesel koşullarda kullanılacak bitki-pan katsayıları da ($k_{pc} = k_p \times k_c$) belirlenebilir.



Şekil 2. A sınıfı buharlaşma kabı örnekleri, (DMİ; son erişim tarihi:18.07.2023)

Penman-Monteith (FAO Yöntemi: FAO-Penman Monteith yaklaşımı bitki su tüketimi tahmininde son yıllarda yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda bitki su tüketiminin tahmininde $ET_c = k_c \times E_{To}$ eşitliğinden yararlanılmaktadır. Ülkemiz koşullarında yetiştiriciliği yapılan bitkiler için k_c katsayıları bölge bölge çalışılarak bir rehber şeklinde yayınlanmıştır (TAGEM, 2017). E_{To} aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{Cn}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + Cd.u_2)}$$

Eşitlikte; E_{To} çim bitkisi referans bitki su tüketimini (mm/gün), γ psikrometrik sabite γ (kPa/°C), Δ buhar basıncı eğrisinin eğimini (kPa/°C), R_n bitki yüzeyindeki net radyasyon miktarını (MJ/m²/gün), G topraktaki ısı akımını (MJ/m²gün), T günlük ortalama hava sıcaklığını (°C), e_s ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncını (kPa), e_a ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncını (kPa) ve U_2 ; 2 m

yükseklikteki rüzgar hızını (m/s), C_n referans bitki tipi ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit pay katsayısını (kısa boylu bitki ve günlük hesaplama için $C_n = 900,0$), C_d referans bitki tipi ve hesaplamanın yapıldığı zaman dilimi için sabit payda katsayısını (kısa boylu bitki ve günlük hesaplama için $C_n = 0,34$) göstermektedir.

Blaney-Criddle (SCS) Yöntemi: Modelin geliştirilmesinde yararlanılan iklim faktörü sayısı sınırlı olduğundan, bu yöntemle kaba tahminler yapılabilmektedir. Bu nedenle uzun dönemlik, en az aylık bitki su tüketimi tahmini yapılmasında kullanılmaktadır.

$$ET_c = 25.4 k f$$

$$k = k_c \times k_t$$

$$k_t = (0.031 \times t) + 0.24$$

$$f = [(1.8 \times t) + 32] \times P / 100$$

Eşitliklerde;

ET_c = Bitki su tüketimi (mm/ay)

k = Bitki su tüketim katsayısı

k_c = Bitki katsayısı (Tablodan)

k_t = Hava sıcaklığına bağlı iklim katsayısı

t = Aylık ortalama hava sıcaklığı (°C)

f = İklim faktörü veya su tüketim faktörü

P = Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı

(%) (Tablodan)

4.5. Her sulamada uygulanacak su miktarı ve sulama aralığının belirlenmesi

Bitki su tüketiminden hareketle sulama aralığının belirlenmesi yönteminin esası, su dengesi modeli ile su bilançosunun hazırlanması ve bitki kök bölgesindeki günlük nem değişimini belirlemektir. Dolayısıyla önceden bitkinin etkili kök derinliğinin tarla kapasitesi, solma noktası ve sulamaya başlanacak nem seviyesinin derinlik cinsinden ortaya konularak günlük bitki su tüketimi değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Etkili kök derinliğinden kasıt, bitkinin su gereksiniminin %80'inin karşılandığı derinliktir. Tarla kapasitesi (TK); toprakta 1/3 atm nem tansiyonunda, serbest drenaj koşullarında yerçekimi kuvvetine karşı toprak profilinde tutulabilen nem düzeyi anlamına gelmektedir. Solma noktası (SN) ise topraktan bitkinin su alamadığı nem düzeyi olup, toprakta 15 atm'de tutulan su miktarıdır. Bu nedenle topraktaki nemin bu düzeye kadar düşmesine izin verilmez.

$$d_{net} = \frac{(TK - SN) \times R_y}{100} \times Y_t \times D$$

Eşitlikte; d_{net} ; her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarını (mm), TK; toprakların tarla kapasitesi (%) ve SN, toprakların solma noktası (%) değerlerini, R_y ; kullanılabilir su tutma kapasitesinden bitkinin tüketimine izin verilen kısmını, Y_t ; toprağın hacim ağırlığını (g/cm^3), D ; ıslatılacak toprak profili derinliğini (mm) göstermektedir. Sulanacak olan toprak profil derinliği normal topraklarda etkili bitki kök derinliği, bu derinliğin yetersiz olduğu yüzlek topraklarda üstteki verimli toprak derinliği olarak göz önüne alınır

Toplam sulama suyu miktarı net sulama suyu miktarının toplam randıman değeri ile düzeltilmesiyle bulunur.

$$d_{\text{toplam}} = d_{\text{net}} / E \text{ veya } d_{\text{toplam}} = d_{\text{net}} / (E_a \times E_c)$$

Eşitliklerde; d_{toplam} ; her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarını (mm), d_{net} ; her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarını (mm), E ; toplam sulama randımanını, E_a ; su uygulama randımanını ve E_c ; su iletim randımanını göstermektedir. Su iletim randımanı kanal uzunluğuna bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle toprak kanallarda %50, beton kaplama açık kanallarda %85 ve kanaletlerde %97 alınabilir. Kanal uzunlukları uzadıkça bu oranlarda azalmalar medyana gelir. Basınçlı boruların kullanılması durumunda sürgü, yön değiştirme kayıpları nedeniyle iletim randımanı değerlerinde bir miktar düşüş olabilir. Borulu iletim sistemlerinde iletim randımanı değeri %95-100 alınabilir. Su uygulama randımanı sulama yöntemlerine göre değişmektedir. Su uygulama randımanı; damla sulama yönteminde %85-95, yağmurlama sulama yönteminde %65-80, yüzey sulama yöntemlerinde ise %40-80 arasındadır.

Birim alanın sulama suyu gereksinimi sulama modülü olup aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$q = 10 \times dt / (3.6 \times T)$$

Eşitlikte; q ; sulama modülünü (L/s/ha), dt ; sulama alanının toplam sulama suyu ihtiyacını (mm/ay), T ise sulama süresini (saat) göstermektedir.

Sulama aralığı, her sulamada uygulanan net sulama suyu miktarının, bitkinin günlük su ihtiyacı değerine bölünmesiyle belirlenir.

$$SA = \frac{dnet}{Inet}$$

Inet = ET- Peff

Eşitliklerde; SA, sulama aralığını (gün), Inet; bitki su ihtiyacını (mm/gün), dnet; her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarını (mm), ET; bitki su tüketimi değerini (mm/gün) ve peff; etkili yağış değerini (mm/gün) göstermektedir.

5. Sulama zamanın belirlenmesinde bitkiye ve topraktaki nemi izlemeye dayalı yöntemler

Sulama zamanı deneyimli sulamacılar tarafından fenolojik gözlemler yapılarak planlanabilmektedir. Fenolojik gözlemler bitkinin görünüşünü gözleme, yaprak sıcaklığı ve su potansiyelinin belirlenmesi ve yapraklarda stoma direncinin ölçümünü kapsamaktadır. Görünüşe bakarak sulama zamanı yaprak veya sürgünlerin solması veya pörsümesi, yaprak renginin koyulaşması ve büyümenin yavaşlaması ile anlaşılır. Sabah ve akşam saatlerinde yapılan bu gözlemler meyve ağaçlarında güvenilir olmayabilir ve bu yöntem ileri tecrübe gerektirmektedir. Yaprak sıcaklığının ölçülmesi terleme zamanında, bitkilerde yaprak sıcaklığının çevre hava sıcaklığından daha düşük olduğu esasına dayalı bir gözlemdir. Genel olarak infrared termometreler kullanılarak yaprak yüzey sıcaklığı ölçülür. Bu işlem günün en sıcak dönemlerinde, günde iki defa tekrarlanır. Bitki taç ve

hava sıcaklıkları arasındaki farklardan hareketle stres gün derecesi (SDD), stres gün indeksi (SDI) ve bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerine bakılarak sulama zamanı belirlenir. Yaprak su potansiyeli belirlenirken Basınç Odacığı yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde genellikle standardize edilmiş yerlerden belirli saatlerde alınan olgun yapraklarda yaprak su potansiyeli ölçümü yapılır, sulama zamanına karar verilir, güvenilir bir yöntemdir. Doku su içeriğı ölçümü su potansiyelini belirlemede diğeri bir yöntemdir. Bu amaçla yaprak örneklerinin yaş ağırlığı, damıtık su içinde tutularak doygun hale getirildikten sonraki ağırlığı ve fırında kurutulduktan sonraki ağırlığı belirlenerek oransal su içeriğı (RWC) veya su eksikliği (WD) ölçütleri ile ortaya konulup sulama zamanı belirlenir.

Stoma direnci, stoma açıklık derecesi ve transpirasyon hızı arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Yüksek stoma direnci, stomaların önemli ölçüde kapalı olduğunu, transpirasyon hızının düştüğünü ve bitkinin suya gereksiniminin arttığını göstermektedir. Bu ölçüm yaprak veya diffüzyon porometreleri kullanılarak yapılmaktadır.

Toprak neminin takibi amacıyla nem düzeyinin elle kontrolü diğeri bir yaklaşımdır. Kök bölgesinden alınan toprak örnekleri, elle kontrol edilerek sulama başlangıcındaki nem düzeyindeki değışme belirlenebilir. Bu yöntemde ciddi tecrübe gerektirir, sonuçlarının yanılma payı yüksektir. Aşırı veya yetersiz su kullanılan alanlarda uygulanabilir.

Buna karşılık toprak neminin ölçülmesi ise daha doğru ve kesin sonuç elde edilmesine yardımcı olacaktır. Bu yolla toprağın nem düzeyinin belirlenmesi ve buna göre sulama zamanı ve uygulanacak olan sulama suyu miktarının belirlenmesi daha doğru bir seçenektir.

Sulama öncesinde toprakta nem seviyesi, gravimetrik yöntemle, tansiyometrelerle, alçı bloklar, TDR, profil-problar, nötron saçılma yöntemiyle ölçülerek belirlenebilir. Bunlar içerisinde gravimetrik yöntem en güvenilir sonuçlar vermektedir. Nötron saçılma ve diğer yöntemlerin kullanımını sınırlandıran çeşitli dezavantajlar mevcuttur. Buradan yapılan iş aslında sulama başlangıcında topraktaki nem seviyesini ortaya koyarak toprak nem seviyesini tarla kapasitesine ulaştırabilecek net sulama suyu derinliğini ve bunu karşılayabilecek toplam sulama suyu miktarını belirlemektir.

Gravimetrik yöntemde, 30 cm katmanlara ayrılmış bitki kök bölgelerinden alınmış toprak örnekleri yaş ağırlıkları hemen tartılarak belirlendikten sonra etüv (kurutma) fırınında 105 ± 5 °C'ta 24 saat bekletildikten sonra kuru ağırlıklarının da tartılmasıyla, nem farkının kuru ağırlığa oranlanmasıyla belirlenir. Yorucu ve zaman alıcı olmakla beraber oldukça sağlıklı sonuç veren bir yöntemdir.

Elektronik tansiyometreler ve civalı tansiyometreler toprak nem tansiyonunu 0.85 atm değerine kadar sağlıklı ölçebilmektedir. Sulamaya başlanacak nem düzeyinin yüksek, sıkça sulanan sebze gibi bitkilerde özellikle damla sulama yöntemi kullanılan yerlerde iyi sonuçlar alınabilmektedir.

Nötron saçılama yöntemi ile toprak profilindeki nem düzeyinin ve buna göre sulama zamanının planlanmasında sağlıklı sonuçlar veren nötron yöntemi de kullanılmaktadır. Arazinin farklı bölgelerine yerleştirilen metal tüplere hızlı nötron saçan radyoaktif kaynak sarkıtılmakta ve toprak profilinin her 30cm'lik katmanında yavaşlayan nötron sayısı ölçülerek kalibrasyon eğrisinden okunan değere karşılık gelen nem düzeyi, yüzde olarak belirlenebilmektedir.

6. Su verimliliğinin Belirlenmesi

Özellikle su kaynaklarının yetersiz olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde; sulama suyu verimliliğinin artırılması, başka bir ifade ile sulama randımanlarının yükseltilecek sulama suyundan beklenen faydanın sağlanabilmesi önemlidir. Günümüzde kısıntılı sulama uygulamaları, suya göre bitkisel üretim desenlerinin geliştirilmesi yaklaşımları ile buna yönelik yürütülen optimizasyon çalışmalarının temel amacı, su verimliliğinin artırılmasıdır. Sulama suyu verimliliğinin en önemli göstergelerinden biri de su verimliliği parametresi olup bu parametre sulamada kullanılan birim sudan elde edilen verim miktarı ile açıklanmaktadır. Sulama sisteminin performansını en önemli göstergesi, su verimliliği parametresidir. Bu değer bitkisel üretimde kullanılan su miktarına karşılık elde edilen ürün miktarı ile ifade edilmektedir. Sulama projelerinin hazırlanışı sürecinde proje fizibilite çalışmaları yürütülürken, su verimliliğine bağlı sulu tarımdan olan mali beklentilerin ortaya konulabilmesi için beklenen su verimliliği parametrelerinden hareketle gelecekteki bitki desenlerinin mali getiri tahmininin yapılması daha doğru olacaktır. Su

verimliliğin artırılması seçilen sulama yöntemi, sulama zamanı ve her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarının doğru belirlenmesi, iletim, dağıtım ve su uygulama randımanları yüksek olan sulama sistem ve yöntemlerinin uygulanması yani sulama randımanlarının yükseltilmesi ile olasıdır. Böylece su kaynaklarından tasarruf edilerek, artan kaynaklar ile daha fazla alanda sulu tarım yapabilme olanakları da artacaktır.

Su kullanım randımanı ve sulama suyu kullanım randımanı, üretim periyodu boyunca toplam su tüketimi (evapotranspirasyon) ve sulama suyu miktarları ölçülerek belirlenir. Buradan hareketle sulama verimliliği aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanır.

$$WUE = V/ET \quad IWUE = V/Ss$$

Eşitliklerde; **IWUE** sulama suyu kullanım randımanı veya etkinliğini (kg / ha / mm); **WUE** su kullanım randımanı veya etkinliğini (kg / ha / mm) , **V** verimi (kg/ha), **ET** bitki su tüketimini (mm) ve **Ss** uygulanan sulama suyu miktarını (mm) göstermektedir.

Sulama planlanmasında göz önüne alınması gereken önemli parametrelerden birisi olan verim tepki etmeni aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmektedir. Su eksikliğinin bitki verimine etkisinin bir göstergesi olan ky , Stewart vd (1977) tarafından önerilmiştir.

$$1 - \left(\frac{Y}{Y_m}\right) = ky \cdot \left[1 - \left(\frac{ET}{ET_m}\right)\right]$$

Eşitlikte; **Y** bitkinin yetiştirildiği koşullarda gerçek bitki su tüketimine karşılık elde edilen gerçek verimi (t /ha), **Y_m** yetiştirme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı maksimum su tüketimine karşılık elde edilen verimi (t /ha), **ky** evapotranspirasyondaki birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı gösteren verim tepki etmenini, **ET** gerçek bitki su tüketimini (mm),

ET_m vejetasyon periyodundaki maksimum su tüketimini (mm) göstermektedir.

7. Sulama yöntemleri ve yöntem seçimi

Sulama suyunun toprağa, yani bitki kök bölgesine verilmiş biçimi sulama yöntemi olarak adlandırılır. Sulama yöntemleri; yüzey sulama yöntemleri ve basınçlı sulama yöntemleri olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Su kaynağının kapasitesi ile birlikte sulama suyu olarak kullanılabilmesi için özelliklerinin ve kalitesi hakkında bilgi edinilmesi gerekir. Yöntem seçiminde su kaynağı büyüklüğü, debisi, kaynağın kapasitesinin yıl içerisindeki değişimi, su sağlama maliyeti, su kısıtı durumu ve buna karşı alınması gereken önlemler yöntem seçiminin önemli kısıtları arasında sayılabilir.

Yöre iklimi, proje alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile arazi topoğrafyası da göz önüne alınması gereken diğer hususlardır. Toprakların infiltrasyon hızı, kullanılabilir su tutma kapasiteleri, toprak profil derinliği, tuzluluk, taşlılık ve yüzey topoğrafyası yöntem seçiminde etkili olmaktadır. Farklı bitkilerin sulama yöntemleri de

birbirinden farklılık göstereceğinden bitki çeşidi de yöntem seçiminde önemli bir etkidir.

Bir sulama yönteminin üniform bir su dağılımı sağlaması, derine sızma ve yüzey akış yoluyla su kaybına neden olmaması yani su uygulama randımanının yüksek olması planlayıcıların öncelikleri arasında yer alır. Erozyona neden olmayacak, tuz yıkanmasına ve mekenizasyon kullanımına uygun yöntemlerin tercihi toprak ve su kaynaklarının rasyonel kullanımı bakımından önemlidir.

Yüzey Sulama Yöntemleri, tava, uzun tava ve karık sulama yöntemlerinden ibarettir. Bu yöntemlerde tarla başı kanallarından alınan sulama suları, arazinin eğimi doğrultusunda toprağa uygulanmaktadır. Bu yöntemlerin esası yerçekimi kuvvetlerinden yararlanılması yoluyla suyun dağılımının sağlanmasıdır. Herhangi bir enerji kullanımı ve dolayısıyla gideri olmayan sistemlerdir. Uygulama randımanı basınçlı sulama yöntemlerine nazaran daha düşük olmasına karşın, doğru planlama ve uygun işletim koşullarında, işçilik ve işletim maliyetleri açısından daha ekonomik bir yöntemdir. Yüzey akışına bağlı erozyon riski, uygulama randımanının düşük olması sonucu derine sızma kayıplarının artması ve taban suyunda tuzlulaşma oluşumu yüzey sulama yöntemlerinin en önemli dezavantajlarıdır. Arazi tesviyesi ile iyi yüzey toprak hazırlığı yapılması yanında özel sulama ekipmanı (sifon, delikli boru gibi) ve sulama teknikleri (Fasılalı sulama gibi) kullanılması sulama randımanını artırabilmektedir.

Yüzey sulama yöntemlerinden ilki tava sulama yöntemidir. Tava sulama yönteminde (Şekil 3) sulama suyu; yüzeyi düzgün veya düzeltilmiş, çevresinden su taşmasını ve yüzey akışını önleyebilecek seddeler oluşturulmuş, tava olarak adlandırılan uygun boyuttaki parsellere uygulanmaktadır.



Şekil 3. Tava sulama yöntemi örneği

(https://www.ankara.bel.tr/files/2614/3893/6441/12-sulama_20_SAYFA.pdf
son erişim:20.07.2023)

Su tarla başına açık ya da kapalı borularla getirilerek tavalara tek veya birden çok noktadan verilir. İnfiltrasyon kapasitesi düşük olan orta ağır ve ağır bünyeli topraklar için daha iyi bir seçenek olabilmektedir. Ancak kaymak tabakası oluşması yanında bazı bitkilerde kök boğazı çürümesi olayları risk oluşturabilmektedir. Tuzlu toprakların ıslahı amacıyla da yararlanılan bu yöntem genellikle hububat, çayır - mera bitkileri ile meyve ağaçlarının sulanmasında kullanılır. Tavalara alınan suyun debisinin hızlı göllendirme sağlayabilmek için yüksek olması arzu edilir. Ancak seçilen debinin tavalara zarar vermeyecek ve erozyona neden olmayacak büyüklükte seçilmesi önemlidir.

Uzun tava (Border) sulama yönteminde; sulama suyu toprağa iki sedde arasında ve eğim doğrultusunda uygulanmaktadır (Şekil 4).

Tesviye edilmiş araziler, birbirine paralel seddelerle ayrılırlar. Hububat, yonca, çayır otu gibi bitkilerin sulanmasında kullanılır. Tarla başından uzun tavaya saptırılan sulama suyu, tavayı çevreleyen iki sedde arasına verilerek suyun arazi sonuna kadar eğim doğrultusunda dağılması ve akışı sağlanmaktadır.



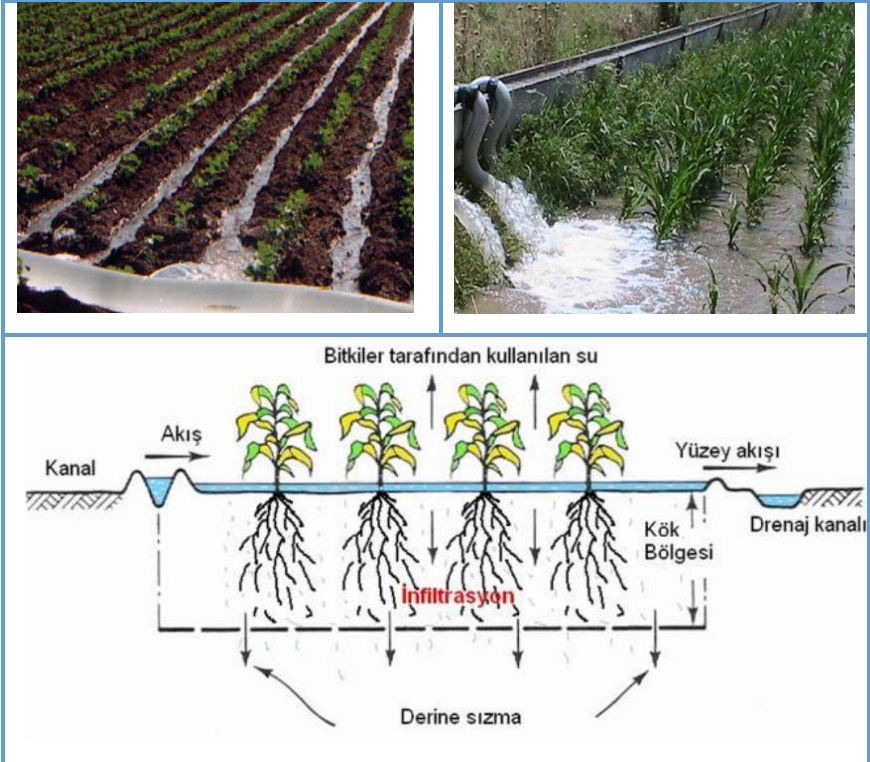
Şekil 4. Uzun tava sulaması örnekleri (Sezen 2012)

Bu yöntemde, sulama doğrultusunda tava eğimi en çok % 2-3 olmalıdır. Hububat ve yonca gibi bitkilerde bu değer %7 ye kadar çıkarılabilir. Ancak daha yüksek su uygulama oranı ve uniform su dağılımı sağlayabilmek için bu değer % 0.5'i geçmesi önerilmez. Toprak bünye sınıflarına göre uzun tava boyutları değişmekte olup önerilen değerler Çizelge 2'de verilmiştir (Çetin, 2015).

Çizelge 2. Toprak bünyelerine göre uzun tava eni ve boyu (Çetin, 2015)

Toprak bünyesi	Suyun toprağa giriş hızı, (infiltrasyon)	Uzun tava genişliği, (m)	Uzun tava boyu, (m)	Uzun tavaya verilecek su miktarı, (L/s)
Kaba (kumlu)	Oldukça hızlı	6	60-90	71
Oldukça kaba	Hızlı	6-9	90-120	43-71
Orta	Orta	6-12	120-210	28-56
İnce (killi)	Çok yavaş	6-18	210-400	14-28

Karık sulama yönteminde sulama suyu; bitki sıra aralarına parselin doğal eğimine dik veya eğim doğrultusunda açılan karıklara verilerek sulama yapılır. Sulama suyu doğrudan karıklara verildiğinden suyun bitki kök boğazı ile teması yoktur. Karık sulama (Şekil 5); sebzeler, meyve ağaçları, bağ, mısır, ayçiçeği, pamuk, fasulye gibi sıraya ekilen tarla bitkilerinin sulanmasında nadiren sıya ekli sera bitkilerinin sulanmasında kullanılmaktadır. Tava sulanmasından farklı tarlanın tamamının yüzeyinin suyla kaplanmamasıdır.



Şekil 5. Karık sulama yöntemi (Sezen, 2012)

İdeal karık eğimi % 0.2'nin daha altındaki eğim değerleri olup % 2-3'ü geçmesi istenmez. Sulama suyu tarla başı kanalında sifonlar, tüpler veya borular kullanılarak alınarak karıklara verilmektedir. Sulama süresince karık başı ile karık sonu arasında uygulanan su derinliği bakımından fark olması nedeniyle su kullanım etkinliği sınırlanmakta, parselde üniform su dağılımının sağlanması güç olmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak karık eğimini belirlenmesi gerekir. Karığa verilecek suyun debisi karık içerisinde erozyona neden olmayacak düzeyde olmalıdır. Karıklara verilecek debi;

$$Q = \frac{0,63}{S}$$

eşitliği ile belirlenebilir. Bu eşitlikte Q: Karığa verilmesi gereken maksimum debiyi (L/s), S ise karık eğimini (%) göstermektedir.

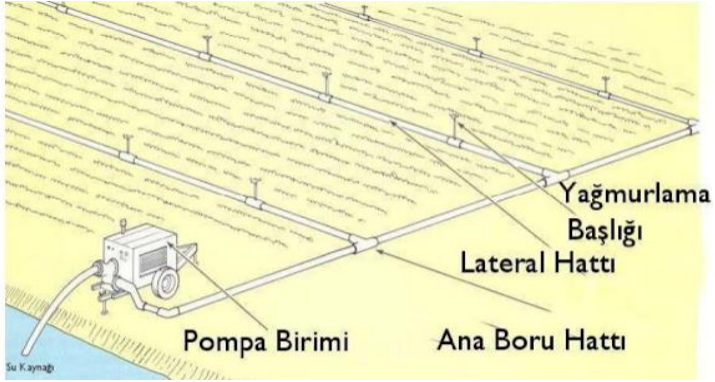
Karık sulamada dört değişik işletim şekli bulunmaktadır. Bunlardan ilki “Döngülü Karık” sistemidir. Bu sistemde karık sonuna ulaşan sular yeniden tarla veya karık başına veya alt parsellere iletilerek sulamada kullanılmaktadır. Bir başka işletim şekli de “Azaltılmış Debili Karık” sistemidir. Bu sistemde; karık uzunluğu boyunca sulama suyunun uygulanması toprağın infiltreyon hızının göre ayarlanır ve yüzey akışı azaltılır. Bir başka işletim sistemi ise “Delikli Borulu Karık” ya da Cablegation sistemidir. Karıklara dik yönde uzatılan delikli borular vasıtasıyla su iletimi ve dağıtımını yapılmaktadır.

“Fasılalı Karık” ya da “Surge flow” işletim biçiminde karıklara belli aralıklarla belirli süre su verilir ve aynı süre kadar bir zamanda su kesilir ve daha verilmez. Bu ilerleme süreleri toprak bünyesine bağlı

olarak değişmekle beraber, 20 dakikadan az, 120 dakikadan daha fazla olamaz. İşlem yenilediğinde suyun karık sonuna ulaşma süresi kısılır. Böylece karık başı ve sonunda uygulanan su miktarları arasındaki fark azaltılarak karık başı ve sonu arasında uygulanan su derinliği bakımından yaklaşık denge oluşur.

Basınçlı Sulama Yöntemleri: Basınçlı sulama yöntemleri arasında, yağmurlama sulama yöntemi ve dama sulama yöntemi sayılabilir.

Yağmurlama sulama yöntemi, sulama suyunun belirli basınç altında çalışan yağmurlama başlıklarından püskürtülerek uygulanmasıdır (Şekil 6) . Tarımsal üretime uygun topraklarda, su kaynağının bulunduğu, ancak yüzey sulama yöntemlerinin uygulanmasını sınırlandıran topoğrafyaya sahip, düşük veya yüksek eğimli arazilerde kullanılabilir. Ancak toprak yapısına bağlı olarak, özellikle ağır bünyeli topraklarda yağmurlama hızı, toprak infiltrasyon hızı değerlerine uygun olarak belirlenmelidir. Yani yağmurlama hızı toprağın infiltrasyon hızı değerinden büyük olmamalıdır. Birçok bitkinin sulanmasında rahatlıkla kullanılabilir. Projelenme ve tesisi aşamasında uygun başlık ve lateral aralıkları belirlenmesi, sulama randımanı ve uniformitesini artırmaktadır. Bu yöntemde buharlaşma yüksek olup, sulama suyu kullanım etkinliği diğer basınçlı sistemlere oranla daha düşüktür. Ayrıca ilk kurulum giderlerinin yüksek oluşu ve mercek etkisi yaparak bitki yapraklarında yanmaya neden oluşu diğer dezavantajları arasındadır.



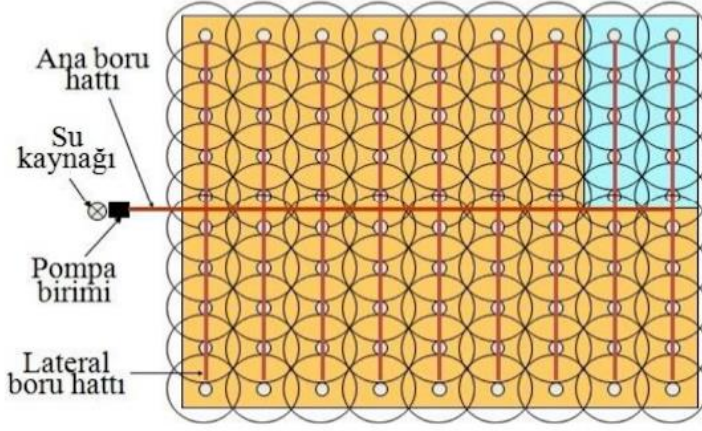
Şekil 6. Yağmurlama sulama sisteminin ana elemanları

(<http://biosistemmuuh.blogspot.com/2015/> son erişim 20.07.2023)

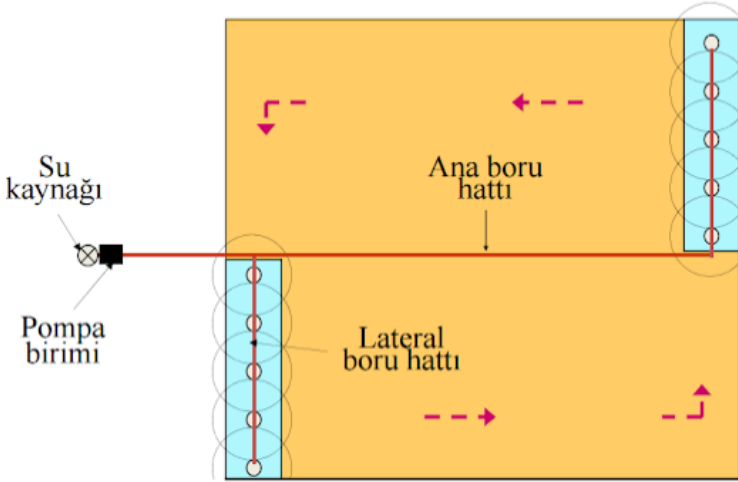
Kapalı boru hatları kullanılarak tarla başına iletilen sulama suyu, buradan da arazide sabit, yarı sabit veya taşınabilir olan laterallere verilerek, lateral borular üzerine bağlı değişik kapasiteli, tek veya çift memeli yağmurlama başlıkları vasıtasıyla bitki ve toprağa ulaştırılır.

Sabit sistemlerde (Şekil 7) pompa biriminden başlıklara kadar tüm unsurlar sabittir. Lateral hatları toprak üzerinde veya altında olabilir.

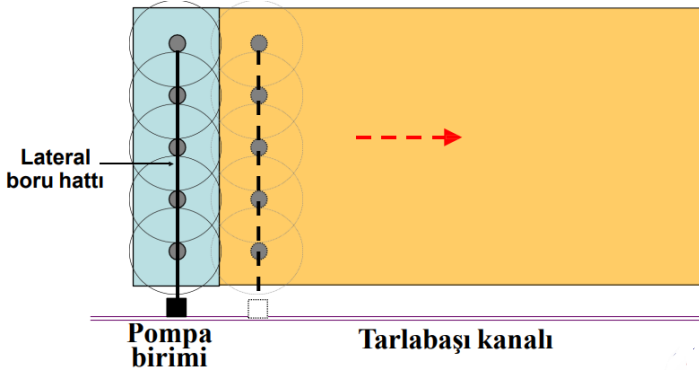
Yarı sabit sistemlerde (Şekil 8) pompa birimi ve ana boru hattı sabit, diğer unsurların taşınabildiği sistemlerdir. Taşınabilir sistemler (Şekil 9) sulama sezonu bitiminde başka arazilerin sulanması amacıyla taşınan elemanlardan oluşmaktadır. Bu nedenle işçilik masrafları diğerlerine oranla çok daha yüksektir.



Şekil 7. Sabit sistemler (<http://biosistemmuh.blogspot.com/2015/> son erişim 20.07.2023)



Şekil 8. Yarı sabit sistemler (<http://biosistemmuh.blogspot.com/2015/> son erişim 20.07.2023)



Şekil 9. Taşınabilir sistemler (<http://biosistemmuuh.blogspot.com/2015/> son erişim 20.07.2023)

Tekerlekli lateraller (Şekil 10), tamburlı sulama sistemleri (Şekil 11), dairesel hareketli (center-pivot, Şekil 12), doğrusal hareketli sistemler (lineer move Şekil 13) ile daha çok bahçe meyve ağaçlarının sulanmasında kullanılan mini yağmurlama (Şekil 14) sistemleri de hareketli yağmurlama sistemleri arasındadır.



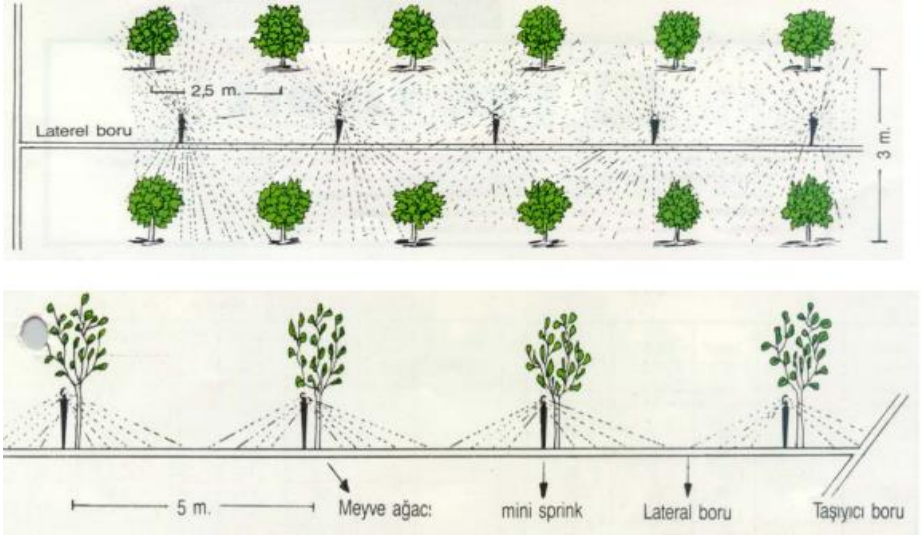
Şekil 10. Tekerlekli lateraller,



Şekil 12. Dairesel hareketli (center-pivot) lateraller (Çetin, 2015)



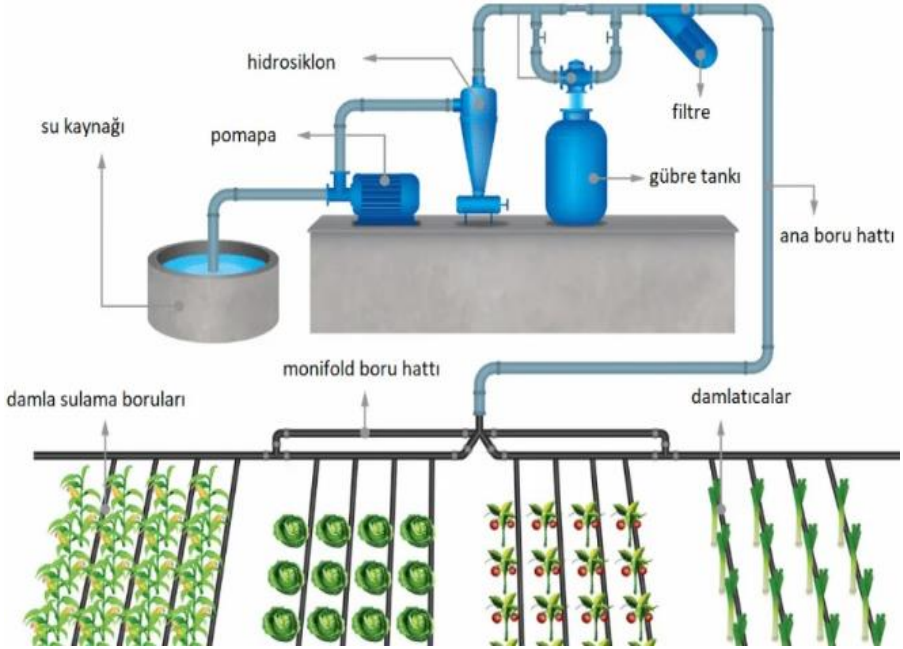
Şekil 13. Doğrusal hareketli (linear move) lateraller (Çetin, 2015)



Şekil 14. Mini yağmurlama sistemleri (Sezen 2012)

Damla sulama yönteminde esas amaç; bitkide su noksanlığına bağlı stres koşulları oluşmadan, kısa aralıklarla ve genellikle 1 atmosferi geçmeyen düşük basınçla, eksilen ve bitkinin ihtiyacı olan sulama suyunun kök bölgesine verilmesidir. Bu yöntemde sulama aralığı daha kısa ve her sulamada uygulanan sulama suyu diğer sulama yöntemlerine oranla daha azdır. Başka bir ifade ile damla sulamada, etkili kök bölgesindeki yarayışlı suyun diğer yöntemlere oranla daha az bir kısmı tüketilince sulama uygulaması başlar ve bitkide nem eksikliğine karşı stres oluşumu engellenir. Bu yöntemde sulama suyu bitki sırasında bitki kök bölgesine verilerek parsellerin tamamı ıslatılmaz ve bitki olmayan kısımlar kuru kalır. Dolayısıyla sulamada kullanılan toplam su miktarı diğer yöntemlere göre daha az, sudan tasarruf daha fazla ve su kullanım etkinliği daha yüksektir.

Damla sulama sisteminde; pompa biriminden alınan su kontrol birimine iletilerek burada suyun arıtımı ve suya sıvı gübre ekleme işlemleri yapılarak ana boru hattına iletilir. Buradan yan boru (manifold) hatlarına verilen su damlaticılar ulaşır. Yan borulara eklenmiş laterallere ulaşan sulama suyu düşük basınçla damlaticılara verilmekte ve basınç oluşturmada toprak yüzeyine düşmektedir (Şekil 16) . Böylece toprak erozyonu riski oluşmamaktadır.



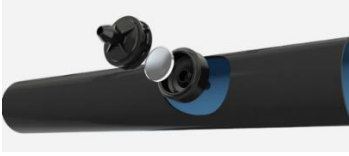
Şekil 16. Damla sulama sisteminin şematik görünümü

(<https://esular.com/sulama/damla-sulama/damla-sulama-2/> erişim 22.07.2023)

Damla sulama sisteminin unsurlarından biri olan kontrol biriminde; kum parçacıklarını sisteme ulaşmadan tutan hidrosiklon, sulama suyunda bulunabilecek sediment ve askıdaki katı maddeleri tutan kum-

çakıl filtre, sulanacak alanın büyüklüğüne göre kapasitesi belirlenmiş sıvı gübre tankı, gübre tankından gelebilecek askıda katı maddeleri tutan elek-filtre, suyun boru hattına sabit basınç altında verilmesini sağlayan basınç regülâtörü, su ölçüm sayaçları, manometreler ve vanalar bulunur. Genellikle sert PVC veya PE imal edilen ve arazide gömülü olan ana boru hattı kaynaktan alınan suyu kaynaktan manifold boru hatlarına iletir. Manifold ise ana boru hattından aldığı suyu laterallere iletir. Lateraller doğrudan boru hattı üzerine yerleştirilecekse lateralin başına bir vana yerleştirilerek su girişi denetlenir. Damlatıcılar toprak yüzeyinde her bitki sırasına veya iki bitki sırası arasına serilmiş lateral boru hatları üzerinde bulunmaktadır. Geniş sıra aralıklı tarla bitkileri ve sebzelerde genellikle her bitki sırasına bir lateral döşenir.

Toprağın infiltrasyon hızı göz önüne alınarak belirlenen-damlatıcıların debileri 1-8 L/h arasında değişmekle beraber uygulamada 2-4 L/h debili damlatıcılar tercih edilmektedir. Kapasitesi 1 L/h'nin altında ve 8 L/h'nin üzerinde olanlarının kullanım alanları sınırlıdır. Damlatıcı debisinin ağır bünyeli topraklarda 2-4 L/h, orta bünyeli topraklarda 4-6 L/h ve hafif bünyeli topraklarda ise 6-16 L/h arasında seçilmesi, işletme basıncının 1 atm'den küçük olmaması önerilir. Damlatıcılar lateral üzerine gecik (on-line) ve laterale boylamasına gecik (in-line) olarak PVC, PE ve ABC materyallerinden üretilmektedir (Şekil 16).



Lateral üzerine gecik (on-line) damlatıcı



Laterale boylamasına gecik (in-line) damlatıcı

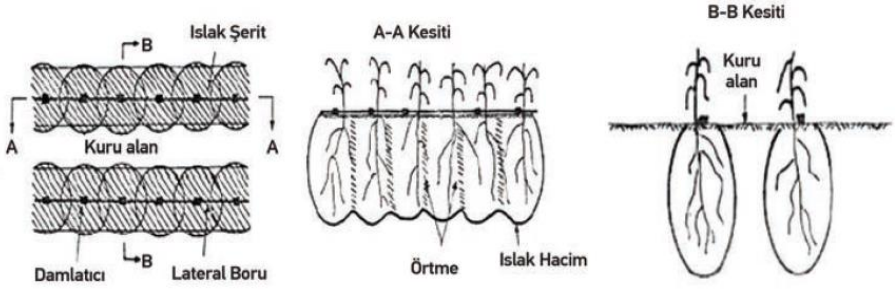
Şekil 16. Damlatıcı tipleri, (<https://www.netafim.com.tr/urunlerimiz-damlatclar/> erişim 22.03.2023)

Damlatıcı debisi basıncı ile damlatıcı debisi arasında ilişki hareketle belirlenmektedir.

$$q = Kd \cdot h^x$$

Bu eşitlikte; **q** damlatıcı debisini (L/h), **Kd** damlatıcı yapım biçimi ve akış yolu kesit alanına bağlı katsayıyı, **h** işletme basıncını (m) ve **x** ise damlatıcıda akış rejimine bağlı katsayıyı göstermektedir. Debi basınç ilişkileri ile ilgili katsayılar üretici firma katalog ve grafiklerinden alınabilir.

Damlatıcılardan akan sulama suyu, üstten bakılınca yüzeyde dairesel ve toprak profilinde soğan şeklinde ıslaklık oluşturur (Şekil 17). Bu şekli toprağın bünyesi ve damlatıcı debisini etkiler. Debinin eşit olması koşuluyla; ağır bünyeli topraklarda ıslanma genişliği fazla derinliği az, hafif bünyeli topraklarda ıslanma genişliği az derinliği fazladır.



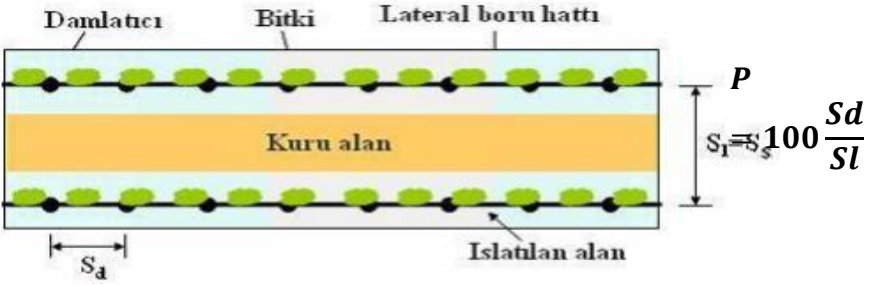
Şekil 17. Lateral boyunca ıslatma şeridi

Damlaticı aralığı, toplam su alma hızı ve damlatıcı debisinin bir fonksiyonu olup aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

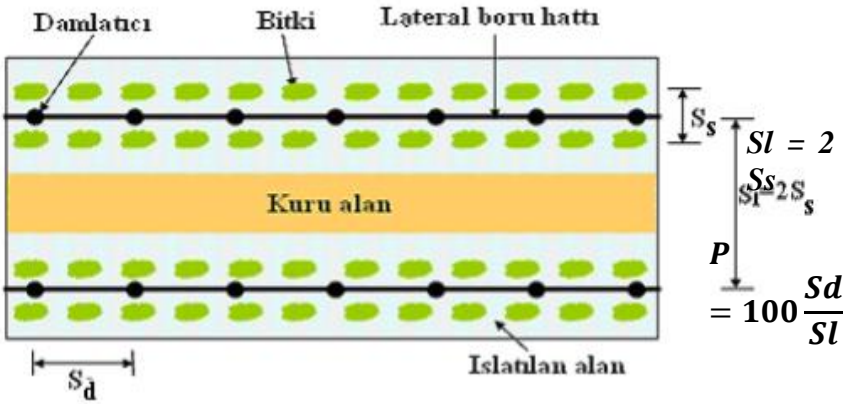
$$Sd = 0,90 \sqrt{q/I}$$

Eşitlikte; **Sd** damlatıcı aralığını (m), **q** damlatıcı debisini (L/h) ve **I** toprağın su alma hızını (mm/h) göstermektedir.

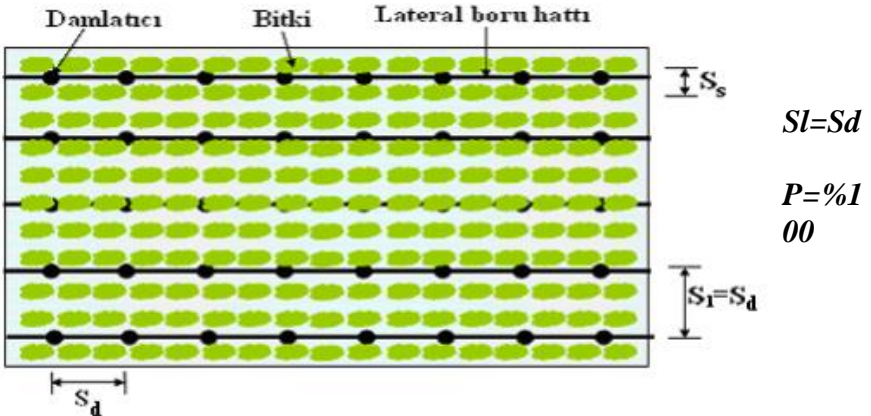
Tarla bitkileri ve sebzelerde, eğer bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından büyükse her iki bitki sırasına bir lateral boru hattı döşenir. Yani lateral aralığı bitki sıra aralığına eşit olur. Damlaticı aralığı bitki sıra aralığından büyük, fakat sıra aralığının iki katından küçükse, lateral boru hatları iki sırasının ortasına döşenir, tek lateral ile iki bitki sırası sulanır. Sık ekilen bitkilerin yetiştirildiği parsellerde lateral aralığı damlatıcı aralığına eşit döşenir ve alanın tamamı ıslatılır (Şekil 18). Buna bağlı olarak uygulanacak olan eşitlikler çizelgede sunulmuştur. Eşitliklerde **P** ıslatma alan yüzdesini (%), **Sd** damlatıcı aralığını (m) ve **Sl** lateral aralığını (m) göstermektedir.



Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından büyük, $S_s > S_d$



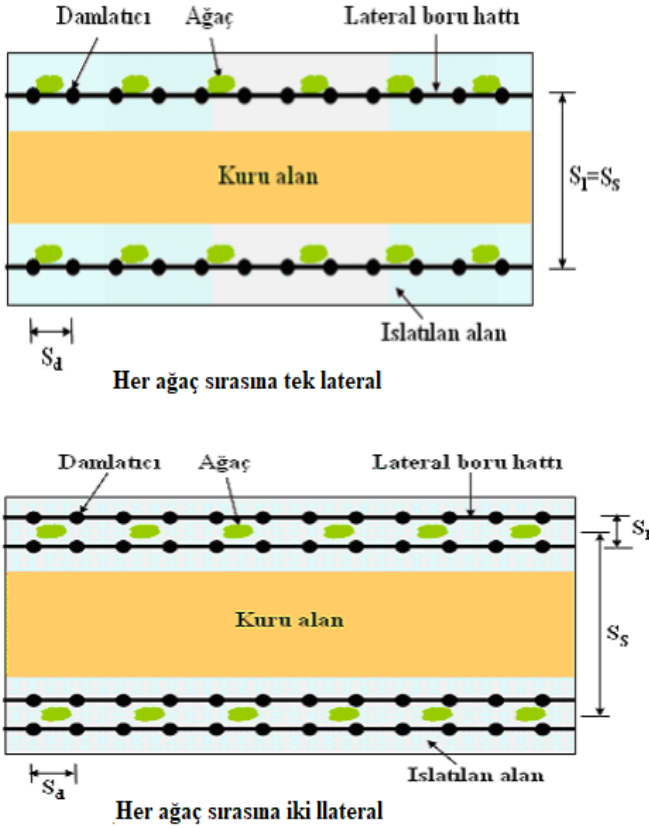
Bitki sıra aralığı damlatıcı aralığından küçük, $S_s < S_d$



Sık ekilen bitkiler, $S_d > 2S_s$

Şekil 18. Sebze ve diğer tarla bitikleri için lateral tertip şekilleri

Damlaticı aralıkları ile ilgili yapılan hesaplamalarla belirlenerek, bağ ya da dikim aralıkları sık olan meyve ağaçlarının her sırasına bir lateral boru hattı döşenir ve her sıra ıslatılır. Islatılmayan alan ağaç sıra aralığı olup burada lateral aralığı ağaç sıra aralığına eşit alınır. Daha büyük meyve ağaçları için tertip yapılırken her ağaç sırasına iki lateral döşenir. Her bir ağaç sırasında lateraller damlaticı aralığına eşit olacak şekilde sıralanır (Şekil 19). Böylece ağaç sırası boyunca nem eşit şekilde dağılmış olacaktır (Yıldırım 2004).



$$P = 100 \frac{2S_d}{S_l}$$

Şekil 19. Meyve ağaçları için lateral tertip şekilleri

Yüzeyaltı damla sulama yöntemi özellikle meyve bahçeleri ve peyzaj alanları gibi sabit tesislerin sulamasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde sulama suyu bitki kök bölgesinde toprak altından sızdırma yoluyla verilir. Yöntemde düşük basınç altında çalışan damlatıcılı ya da geçirgen boru hatları, toprak altına kısa aralıklarla yüzeye yakın döşenen geçirgen boru hatları veya damlatıcılı borular kullanılarak sulama suyunun toprak ve bitkiye ulaşması sağlanmaktadır.

Borular tarafından toprağa verilen sulama suyu, yerçekimi ve kapilaritenin etkisi ile kök bölgesine dağılmaktadır. Sistem; araziden yükseğe kurulmuş olan bir su deposu ve basınç sağlayan pompa birimi, kontrol birimi, ana boru hatları, yan boru hatları ve laterallerden oluşur. Ana boru, yan boru ve laterallerin tamamı toprak altına gömülü olup sistem sabit tesis gibi çalışmaktadır. Kurulum maliyeti yüksek, tıkanma sorunları nedeniyle işletilmesi ve bakımı deneyim gerektiren, bakım onarım giderleri zaman alıcı ve pahalı olan bu sistemlerin kullanımı yüzey damlaya göre daha az yaygındır.

8. Sulama suyu kalitesi

Sulama suyu kalitesi belirlenirken; suda çözülmüş iyonların konsantrasyonları göz önüne alınır. Bu değerler sulama suyunun kalitesini belirlenmesinde kullanılmaktadır. Kalite kriterleri ortaya konulurken suyun elektriksel iletkenliği (EC), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), artık ya da kalıcı sodyum karbonatlar (RSC) ve özel iyon etkileri değerlendirilmektedir.

Ozmotik basıncı artırarak bitkinin su alımını engelleyen, eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonun yüksek olması istenmez. Sulama sularının elektriksel iletkenlik değerinin 3 dS/m değerinin üzerine çıkması uygun değildir. Ancak bitkilerin tuzluluk eşik değerlerine ve uygulanma koşullarına göre sulamada kullanılması değerlendirilmelidir. Sulama sularının elektriksel iletkenliklerine bağlı sınıfları ve sulamaya uygunlukları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. EC değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması

EC, (dS/m)	Sınıfı	Su kalitesi
EC < 0.25	I	Her toprak ve her bitki için rahatlıkla kullanılabilir zararlı etki beklenmez
0.25 < EC < 0.75	II	Tuzluluğa karşı duyarlı bitkilerin sulamasında kullanımı sorun teşkil edebilir, bu bakımdan yöntem seçimi önemlidir.
0.75 < EC < 2.25	III	Drenaj sistemi kurulu olmayan alanlarda kullanımı önerilmez, tek su kaynağı mevcut ise sulamanın kontrollü yapılması gerekir
2.25 < EC	IV	Sulamada kullanılması önerilmez

Sulama sularının pH değerinin bitki beslenmesi açısından 6,5 – 8,4 arasında olması istenmektedir.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) suların toprak geçirgenliğine etkisini değerlendirmede kullanılan bir parametredir. SAR değeri büyüdükçe toprakta geçirgenlik sorunu yaşanır. Bu değer hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca+Mg)}{2}}}$$

Sodyum adsorbsiyon oranına (SAR) göre sulama sularının sınıflandırılması Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. SAR değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılması (TS 7739)

SAR	Sulama suyu sınıfı	Su kalitesi
SAR <10	I	Çok iyi
10 < SAR < 18	II	İyi
18 < SAR < 26	III	Şüpheli, kullanımı diğer
26 < SAR	IV	Sulamada kullanılması

Suların sulamaya uygun olup olmadığını gösteren başka bir parametre de yüzde sodyum (%Na)'dır. Toprak geçirgenliği açısından bu değer en çok %50'yi geçmemesi gerekir. Toprakların katyon değişim kapasitelerinin yüksek olması koşuluyla bu değer kontrollü koşullarda %60 düzeyine çıkarılabilir. %Na'ya göre sınıflandırma Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Yüzde sodyum değerine göre suların sınıflandırılması (TS 7739)

%Na	Sulama suyu sınıfı
%Na < 20	Çok iyi
20 < %Na < 40	İyi
40 < %Na < 60	Toprak koşullarına göre izin verilebilir
60 < %Na < 80	Şüpheli, kullanımı diğer faktörlere
80 < %Na	Kullanılmaz

Suların sulamaya uygunluğunu belirleyen başka bir parametrede Kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeridir. RSC artışı siyah alkali toprak oluşumuna neden olmaktadır. RSC değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmektedir.

$$RSC = (HCO_3 + CO_3) - (Ca + Mg)$$

RSC değeri 1,25 me/L’de daha düşük olan sular iyi sular grubunda iken 1.25 ile 2.50 me/L aralığında olan sular kullanımı, toprak ve bitki özelliklerine göre değişen sular olup 2,50 me/L’den daha fazla olanların kullanılması tavsiye edilmemektedir.

Sulama sularının damla sulamada tıkanma bakımından sorun oluşturup oluşturmayacağı Langelier Satürasyon İndeksi (LSI) ile belirlenmekte ve bu değer aşağıdaki eşitlik yardımıyla elde edilmektedir.

$$LSI = pH - pH_c$$

Eşitlikteki pH; suda doğrudan ölçülen pH, pH_c kimyasal özellikler kullanılarak elde edilen teorik pH değeridir. LSI değerinin pozitif olması, bu suların damla sulama sistemlerinde tıkanma gibi sorunlar oluşturabileceğini ortaya koymaktadır.

Sulama suyu kalitesini belirlemede kullanılan sınıflandırma rehberi Çizelge 6’da verilmiştir

Çizelge 6. Sulama suyu kalitesini sınıflandırma rehberi (Ayers and Westcot, 1994).

Potansiyel sulama sorunu yaratılan alanlar		Birimler	Sorunun düzeyi		
			Sorun	Sorun Artıyor	Şiddetli
Tuzluluk (bitkiye yararlı suyu etkiler)					
	EC	ds/m	<0.7	0.7 - 3.0	>3.0
	TET	mg/L	<450	450 – 2000	>2000
İnfiltrasyon (suyun toprağa girme hızını etkiler. SAR ve EC kullanılarak					
SAR	0 - 3	EC	>0.7	0.7 – 0.2	<0.2
	3 - 6		>1.2	1.2 – 0.3	<0.3
	6 - 12		>1.9	1.9 - 0.5	<0.5
	12 - 20		>2.9	2.9 – 1.3	<1.3
	20 – 40		>5.0	5.0 – 2.9	<2.9
Toksisite (duyarlı bitkileri etkiler)					
	Sodyum (Na)				
	Yüzey Sulama	SAR	<0.3	3 - 9	>9
	Yağmurlama	me/L	<3	>3	
	Klorür (Cl)				
	Yüzey Sulama	me/L	<4	4 - 10	>10
	Yağmurlama	me/L	<3	>3	
	Bor	mg/L	<0.7	0.7 – 3	>3
Diğer etkiler (Duyarlı bitkileri etkiler)					
	Azot (NO ₃ – N)	mg/L	<5	5 - 30	>30
	Bikarbonat HCO ₃ (sadece	me/L	<1.5	1.5 – 8.5	>8.5
	PH	Olağan sınırlar 6.5 – 8.4			

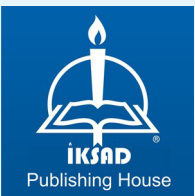
Kaynaklar

- Akkuzu, E., Mengü,,G.P., 2011. Alaşehir Yöresi Sulama Birliklerinin Arazi-su Verimliliği ve Su Temini Açısından Değerlendirilmesi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2011, 48 (2): 119-126
- Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp, Z., 2010. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. TABAD Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1): 67-74.
- Anon, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf>, erişim Temmuz, 2023.
- Aras, İ., 2006. Damla sulama Yöntemi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, Cilt: 15 (1-2), 49 – 60.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1994) Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Revision 1, FAO, Rome, 174 p.
- Çakmak, B. ve Aküzüm, T., 2006. Türkiye’de Tarımda Su Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Su Politikaları Kongresi. Ankara. 2, 349–359.
- Delibaş, L., 1994. Sulama. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, No : 213, Tekirdağ.
- DSİ, 2023. Toprak ve su kaynakları. Devlet Su İşleri Genel Md., Ankara, <http://www.dsi.gov.tr> Temmuz, 2023.
- DSİ, 2022. Sulama Yönetimi Çalıştayı “Suya Göre Tarım, Verimli Kullanım” Sonuç Raporu, 25-27 Kasım 2022, Ankara
- Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım O., 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara
- Güngör, Y., Yıldırım, O., 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1155, Ders Kitabı: 325, Ankara, p. 371
- Kanber R, Kırdı C, Tekinel O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 6, Adana.

- Kanber, R., 1999. Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel yayın No: 174, Ders Kitapları No: A-52, Adana, p. 530
- Kara, M., Şimşek, H., Çiftçi, N., 1991. Orta Anadolu'da Sulama ve Verimlilik. Orta Anadolu'da Tarımın Verimlilik Sorunları Sempozyumu. Milli Produktivite Merkezi Yayınları, No: 440, s.54 – 63 , Ankara
- Kodal, S., Ahi, Y., 2018. Tarımda Su Verimliliği , Anahtar Dergisi, 354, 30-37.
- Korukçu, A., Yıldırım, O., 1981. Yağmurlama Sistemlerinin Projelenmesi. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, p. 220
- Okuroğlu, M., Yağanoğlu, A.V.,1993. Kültürteknik. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No : 157, Erzurum.
- Öğretir, K., Çelik, S., Eylen. M., 1990. Sulama ve Sulama Sistemleri. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Şanlıurfa Araştırma Enst. Yayınları, Yayın No:59/15, Şanlıurfa, p. 92
- Sezen, M., 2012, Sulama ders notları, <http://www.mku.edu.tr/files/898-ce39185a-b293-4530-92ed-488764d07ca4.pdf>, erişim 10.07.2023)
- Stewart, J.I., Danielson, R.E., Hanks, R.J., Jackson, E.B., 1977. Optimizing Crop Production Through Control of Water and Salinity Levels in the Soil. Utah Water Res. Lab. Publ. No: PRWG 151-1, Logan, 191, 1977.
- Şahin, Ü., 2023. Sulama Ders Notları, Atataürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.
- TUIK, 2021. Tarım istatistikleri, Türkiye İstatistik Enstitüsü Genel Müdürlüğü, Ankara
- Yenikale, A., A. Yenikale., 2012. Sulama ve Sulama Yöntemlerinin Projelendirilmesi; GAP TEYAP Eğitim Dokümanları. <http://yayin.gap.gov.tr/sulama-ve-sulama-yontemlerinin-projelendirilmesi-yayin-6c0d593622.html>, erişim 26.06.2023)
- Yıldırım O., 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Yıldırım, O., 1996. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1438, Ders Kitabı: 420, Ankara, p. 188
- Yıldırım, O. 1996. Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1449, Ders Kitabı: 429, Ankara, p. 289

Yıldırım, O., 2013. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1594, Ders Kitabı: 546, 367 s., Ankara.

Yurtsever, E. Ve B. Sönmez. Sulama Sularının Değerlendirilmesi. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Md. Yay. 181/T-63, Ankara, 1992.



ISBN: 978-625-367-231-7