

# ZİRAATİN FARKLI ALANLARDAKİ UZANIMLARI



**EDİTÖR**  
**DOÇ. DR. ARZU ÇİĞ**



**İKSAD**  
Publishing House

# ZİRAATIN FARKLI ALANLARDAKİ UZANIMLARI

## EDITÖR

Doç. Dr. Arzu ÇİĞ

## YAZARLAR

Prof. Dr. Fikret YAŞAR

Prof. Dr. Gamze SANER

Prof. Dr. Oğuz BAŞKAN

Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ

Prof. Dr. Şevket ALP

Prof. Dr. Yılmaz BAHTİYARCA

Doç. Dr. Bihter ÇOLAK ESETLİLİ

Doç. Dr. Burcu TUNCER

Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Doç. Dr. Nur CEYHAN GÜVENSEN

Doç. Dr. Özlem ÜZAL

Doç. Dr. Ruhan İlknur GAZİOĞLU ŞENSOY

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER

Doç. Dr. Tülay TUNÇAY

Dr. Öğr. Üyesi Halil DİLMEN

Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN

Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Ali KARA

Dr. Öğr. Üyesi Okan YELER

Dr. Öğr. Üyesi Zekiye ŞENGÜL

Dr. Tülin PEKCAN

Öğr. Gör. Özlem YAŞAR

Yük. Gıda Müh. Aylin TAŞKAYA

Zir. Yük..Müh. Seyit Ahmet GÖKMEN

Zir. Yük. Müh. Vesim BAHÇECİ

Araş. Gör. Ethem Ömer BAŞ

Araş. Gör. Nursevil YUCA

Zir. Müh. Bilal SOYSAL

Burak ÖZÜN

Cemile YAŞ

Muhammed AKTAŞ



Copyright © 2022 by İKSAD publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or  
transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical  
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses  
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: [iksadyayinevi@gmail.com](mailto:iksadyayinevi@gmail.com)

[www.iksadyayinevi.com](http://www.iksadyayinevi.com)

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

Iksad Publications – 2022©

**ISBN: 978-625-6380-60-8**

Cover Design: Arzu ÇİĞ

December / 2022

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

## İÇİNDEKİLER

### ÖNSÖZ

Doç. Dr. Arzu ÇIĞ .....1

### BÖLÜM 1

#### SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPRAK YÖNETİMİ

Doç. Dr. Tülay TUNÇAY

Prof. Dr. Oğuz BAŞKAN .....3

### BÖLÜM 2

#### ANADOLU VE TARIM

Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN .....37

### BÖLÜM 3

#### TOPRAKSIZ TARIMDA BİTKİ BESLEME UYGULAMALARI

Doç. Dr. İlker SÖNMEZ

Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ.....55

### BÖLÜM 4

#### SÜRDÜRÜLEBİLİR BİTKİSEL ÜRETİMDE YAPRAK GÜBRELEMESİ VE ÖNEMİ

Dr. Tülin PEKCAN

Doç. Dr. Bihter ÇOLAK ESETLİLİ .....89

### BÖLÜM 5

#### SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIKTA KİMYASAL PESTİSİTLERE ALTERNATİF YÖNTEMLER

Doç. Dr. Ruhan İlknur GAZİOĞLU ŞENSOY

Araş. Gör. Ethem Ömer BAŞ

Zir. Müh. Bilal SOYSAL.....119

### BÖLÜM 6

#### BİTKİLENDİRME TEKNİKLERİNDE YENİ YAKLAŞIMLAR: KÜÇÜK BAHÇE ÖRNEKLERİ

Prof. Dr. Şevket ALP

Araş. Gör. Nursevil YUCA.....155

### BÖLÜM 7

#### PARKLARDA SU KULLANIMININ TARİHÇESİ

Muhammed AKTAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Okan YELER.....179

## **BÖLÜM 8**

### **BİTKİSEL ÜRÜNLERİN SU ÜRÜNLERİ İŞLEME SEKTÖRÜNDE KULLANIMI**

Yük. Gıda Müh. Aylin TAŞKAYA

Doç. Dr. Nur CEYHAN GÜVENSEN.....207

## **BÖLÜM 9**

### **TUZ, KURAKLIK VE ÜŞÜME STRESLERİNE KARŞI BİTKİLERİN BAZI ANTIOKSİDATİF TEPKİLERİ**

Prof. Dr. Fikret YAŞAR

Öğr. Gör. Özlem YAŞAR .....233

## **BÖLÜM 10**

### **FARKLI FAMILİYALARA AİT SEBZE TÜRÜ FİLİZLERİ VE MİKROYEŞİLLİKLERİ**

Doç. Dr. Burcu TUNCER .....281

## **BÖLÜM 11**

### **BRASSICACEAE FAMILİYASI SEBZELERİNDE MİKROSPOR EMBRİYOGENESİS ÇALIŞMALARINDA SON GELİŞMELER**

Doç. Dr. Burcu TUNCER.....311

## **BÖLÜM 12**

### **FARKLI PRIMING UYGULAMALARININ ROKA (*Eruca sativa* Mill.) MİKRO FİLİZİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ**

Zir. Yük. Müh. Vesim BAHÇECİ

Doç. Dr. Özlem ÜZAL

Prof. Dr. Fikret YAŞAR.....345

## **BÖLÜM 13**

### **TÜRKİYE'DE ZOOTEKNİ ÖĞRETİMİNİN TARİHSEL SÜRECİ VE MEVCUT DURUM**

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER

Burak ÖZÜN.....377

## **BÖLÜM 14**

### **LAKTASYONDAKİ (SAĞMAL) KOYUNLARIN BESLENMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Ali KARA

Zir. Yük. Müh. Seyit Ahmet GÖKMEN

Prof. Dr. Yılmaz BAHTİYARCA.....399

## **BÖLÜM 15**

### **ARICILIK İŞLETMELERİNDE ARI ÜRÜNLERİNİN ÜRETİM VE PAZARLAMA YAPISI: EGE BÖLGESİ İLLERİ ÖRNEĞİ**

Dr. Öğr. Üyesi Zekiye ŞENGÜL

Prof. Dr. Gamze SANER.....427

## **BÖLÜM 16**

### **SİVRİSİNEKLERİN KONTROLÜNDE ALTERNATİF STRATEJİLER**

Cemile YAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Halil DİLMEN .....455



## ÖNSÖZ

Ziraat, mahsul bitkileri ve evcil hayvanlardan gıda ve diğer ürünler sağlayarak küresel insan nüfusunun sürdürülmesini sağlayan bir alandır. Bitki ve hayvan yetiştirme, bunun karşılığında bitkisel ve hayvansal ürünler elde etme, ürün elde etmede uygulanan sulama, gübreleme, bakım ve ilaçlama-koruma-tedavi programları yönetme, tarlada üretim, bahçecilik, fidan/ağaç yetiştiriciliği, peyzaj düzenleme çalışmalarının bitkisel tasarım ve uygulama safhaları, her bitkisel üretim çalışmasında ana materyal olarak kabul edilen toprak ve bununla beraber toprak işleme ve sürdürülebilirliğine dair tüm faktörler, hayvancılık, hayvan yetiştirme, hayvansal temel gıda sağlamak için yetiştirilen çiftlik hayvanlarının yetiştiriciliği ve onlardan verim elde etmede kullanılan yetiştirme ve besleme tekniklerine dair her şey ZİRAAT alanından/temel biliminden geçer.

Yiyecek-gıda-beslenme, giyecek, barınma, tıp/eczacılık vb. alanlarına kadar uzanan geniş bir kullanım yelpazesi olan ZİRAAT vazgeçilmezdir. İnsanoğlunun varoluşundan beri her biriminden yararlandığımız ve kullandığımız ZİRAAT ve onun ürünleri sayesinde yaşamın devam ettiğinin, bu kıymetli alanın tarlada bahçede çiftçi ve üreticilerle; akademik anlamda da laboratuvarında ve bilimsel araştırmaları destekleyen ve güncelleyen bilim adamları ve akademisyenlerle ilerleyeceğinin idraki ile hazırlanan bu kitapta deneyimlerini, tecrübelerini ve bilgilerini ZİRAAT'i benimseyen ve yaşamının parçası sayarak uygulamak, bilgi sahibi olmak ve tecrübe etmek isteyen kişiler ile paylaşan kıymetli yazarlarımıza teşekkür eder, değerini bilerek bilgi hazinesine ekleyen herkese hayırlı olmasını dilerim.

**Saygılarımla**  
**ARZU ÇIĞ**





## BÖLÜM 1

### SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPRAK YÖNETİMİ

Doç. Dr. Tülay TUNÇAY<sup>1</sup>

Prof. Dr. Oğuz BAŞKAN<sup>2\*</sup>

---

<sup>1</sup> Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara-Türkiye.  
tulaytuncay@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5398-5497

<sup>2\*</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt-Türkiye. ogbaskan@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-1797-6590



## GİRİŞ

Günümüzde doğal kaynak yönetimi en önemli ve ilgi odağı olan konuların başında gelmektedir. Ülkeler tarımsal üretimde etkin olarak rol oynayan toprakların üretkenliğinin ve sürdürülebilirliğinin korunabilmesi için milyarlarca dolar harcama yapmasına rağmen, henüz bu çabaların sürdürülebilirliği ne ölçüde sağladığı ise belirsizdir. Dünya’da ve Türkiye’de toprakların ihtiyaç duyduğu koruma yöntemleri ile ilişkin olarak daha fazla araştırma yürütülmesi gerekmektedir. Doğal kaynak yönetiminde sürdürülebilirliğin sağlanması objektif ve ölçülebilir olarak incelenmesi ile mümkündür. “Kalite İndeksi” olarak tanımlanan dinamik model ile doğal kaynak kullanımının sürdürülebilir hedefleri karşılayabilmesi için nasıl kullanıldığını belirlenmesi en çok kullanılan yöntemler arasındadır. Doğal kaynak yönetiminde, ikame edilebilirlik, tersine çevrilebilirlik ve belirsizlik olmak üzere üç kriter öne çıkmaktadır (Arrow ve ark., 1995; Pearce & Atkinson, 1995). İkame edilebilirlik, ortam koşulları veya tarımsal üretimde önemli olan girdilerde değişim olduğunda, sürdürülebilirlikte bir girdinin başka bir girdi ile yer değiştirebilme kabiliyetini ifade eder. Girdiler bağımsız, tamamlayıcı veya birbirileri ile rekabetçi bir ilişkiye sahiptir. Dolayısıyla girdiler tamamlayıcı veya bağımsız ise ikame edilebilirlik istenen düzeyde oluşmaz. Bu nedenle doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması için doğal kaynak stoklarının korunmasına bağlıdır. Eğer girdiler rekabetçi ise tarımsal sürdürülebilirliğin azaltmaksızın bir girdinin başka bir girdi yerine kullanılması tarımsal üretimin artırılmasına olanak sağlar. Dolayısıyla doğal kaynakta olan ani düşüş veya girdi faktörlerinin kullanımındaki

hızlı yükseliş tarımsal üretimde beklenmeyen negatif etkilere ve dolayısıyla toplum üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Krzic ve ark., 2015; Mihelic ve ark., 2021).

Toprak en önemli doğal kaynaklar arasındadır. Bu nedenle sürdürülebilirliğinin sağlanması tarımsal üretim için mutlak gerekliliktir. Toprak, bitki büyümesinin yanı sıra hayvan ve insan yaşamı için kritik olan çeşitli işlevleri yerine getirir. Bu işlevler, tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımları yoluyla mal ve hizmet üretmek için çevreyi şekillendiren kimyasal, fiziksel ve biyolojik toprak özelliklerinin ve süreçlerin etkileşiminden kaynaklanır. Tarımsal üretimdeki çıktı, minimum faktöre bağlı olarak olabilir. Bu nedenle girdinin gerekli minimum miktarında faktörlerin birbirleri yerine kullanılmasından bahsedilemez. Sürdürülebilirlik ise, tüm girdilerin beklenmeyen tüm durumlara tepkisi olarak düşünülmelidir (Costanza ve ark., 2014). Doğal kaynağın kalitesi ekonomik ve çevresel üretim işlemlere katkı sağlayabilmesi için gerekli birçok faktörden bir tanesidir. Tarımsal üretim, toprağın karakteristik özellikleri ve yanı sıra gübreleme, toprak işleme ve toprak koruma uygulamalarına bağlıdır.

Toprak özellikleri ve diğer biyofiziksel arazi özellikleri (iklim, eğim ve ana materyal) arasındaki yönetim dinamiklerin anlaşılması, etkin bir şekilde hedeflenen yönetim tedbirleri için kilit bir gerekliliktir. Arazi kullanımı ve yönetiminin planlanması, toprağın mevcut durum değerlendirmesi ile başlar ve toprak bilimcilerine bir toprakta yetiştirilebilecek ürün türleri, beklenen verim için gerekli olan sulama uygulaması ve yönetim pratikleri için ihtiyaç duyulur. Dünyada artan

arazi bozulumu ile birlikte bitki besin maddesi kaybı, toprakların verimlik kaybını artırmıştır. Kısır bir döngü olarak işleyen bu süreçte insan ve hayvan gıda ihtiyacını karşılamada yetersiz hale gelirken, artan gıda ihtiyacı toprakların kapasitelerinin üzerinde zorlanmasına ve sonuçta toprakların daha fazla bozulmasına neden olmaktadır. Dünyanın Toprak Kaynaklarının Durumu raporu (FAO & ITPS, 2015) gibi son veriler, toprakların sürdürülemez yönetimden ne ölçüde zarar gördüğünü göstermiştir.

Afrika kıtasında arazinin %25'i yüksek oranda bozulmuştur ve %44'ü de toprakların erozyon, tuzlanma, sıkıştırma ve kimyasal kirliliği nedeniyle hafif veya orta derecede bozulmuştur. Afrika topraklarının %75'i ciddi toprak verimliliği sorunlarına sahiptir; bunların %40'ı, besin madenciliğinden kaynaklanan bozulma ile şiddetlenen, doğal olarak zayıf toprak verimliliği ile karakterize edilir. Bu, toprak verimliliğini olumsuz etkiler ve hasat edilen ürünlerde ciddi besin eksikliklerine yol açar. Bitki besin maddesi kaybı ve erozyon, toprak bozulmasının kilit biçimleridir ve yalnızca sürdürülebilir yönetim eylemleriyle hafifletilebilir (Toenniessen ve ark., 2008).

Toprakların kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri birbirinden farklıdır. Dolayısıyla toprakların bozulmaya karşı dayanıklılıkları ve duyarlılıkları, yönetim uygulamalarına ve ekosistem hizmetlerini yerine getirme konusundaki yetenekleri de farklı olacaktır. Dünya Toprak Kaynakları Raporu'nda sürdürülebilir toprak yönetimi engelleyen on temel tehdit belirlenmiştir. Bu tehditler; su ve rüzgâr ile toprak erozyonu, toprak organik karbon kaybı, toprak besin

maddesindeki dengesizlikler, toprak tuzlanması, toprak kirliliği, toprağın asitleşmesi, toprak biyoçeşitliliğinin kaybı, toprak kabuk tabakası, toprak sıkışması, su taşması şeklinde sıralanabilir. Bu farklı tehditlerin coğrafik farklılıklara bağlı olarak eğilimleri ve yoğunlukları farklılık göstermekle birlikte sürdürülebilir toprak yönetimi için her bir tehdidin ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir (FAO & ITPS, 2015).

Sürdürülebilir toprak yönetiminin küresel zorlukları birçok uluslararası toplantılarda sıklıkla dile getirilmektedir. Son dönemlerde, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündeminde, sürdürülebilir toprak yönetiminin doğrudan veya dolaylı olarak kabul edilen amaç ve hedeflerin gerçekleştirilmesine yönelik olarak, Sıfır Açlık Mücadelesinde (the Zero Hunger Challenge) artan nüfusun gıda güvenliğini sağlamak, açlık ve yetersiz beslenmeyi azaltmak için iklim değişikliğine yönelik güçlü taahhütler içeren Paris Anlaşması UNFCCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi/ United Nations Framework) COP21’de kabul edilmiştir. Sözleşme çerçevesinde iklim değişikliğine uyum ve adaptasyon çalışmalarında tarıma verilen önemli görevlere yönelik olarak, UNCCD (Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi) COP12’de arazi tahribatını dengeleme çalışmalarında, çölleşmeyle mücadele ve kuraklığın etkilerini azaltmaya yönelik olarak, biyoçeşitliliğinin korumak ve ekosistem hizmetlerinin sağlanmasına yönelik olmak üzere çok çeşitli kapsamlarda değerlendirilmektedir.

Bu çerçevede sürdürülebilir toprak yönetimini teşvik etmek için bazı temel prensiplerin desteklenmesi gerekmektedir. Bu prensipler aşağıdaki şekilde temel başlıklarda sıralanabilir.

- Sürdürülebilir toprak yönetimi için birden fazla fayda sağlayan teşvik etmeye yönelik kapsayıcı ve destekleyici Tarım-Çevre politikalarının oluşturulması veya güçlendirilmesi,
- Sürdürülebilir toprak yönetimini teşvik etmeyi amaçlayan, Tarım ve Gıda Sistemlerindeki yatırım ilkelerine uyumlu yatırımların ve teşviklerin artırılması,
- Ulusal Gıda Güvenliği kapsamında arazi kullanım haklarının teşvik edilmesi,
- Toprakların verimliliklerinin artırmak için yürütülen araştırma projelerini teşvik edilmesi,
- Arazi bozulmasının azaltılması veya önlenmesi, bozulan arazileri için iyileştirme çalışmalarının yapılması,
- Sürdürülebilir toprak yönetimi aktiviteleri için gerekli kapasite geliştirme çalışmaların yürütülmesi,
- Toprak bilgi sistemlerinin kurulması ve güçlendirilmesi (FAO koordinatörlüğünde- Küresel Toprak Paydaşlığı (Global Soil Partnership, GSP) (KTP),
- Toprak yönetimi için uluslararası işbirliğinin teşvik edilmesi,
- STY konusunda iletişimin teşvik edilmesi (2015 Uluslararası Toprak Yılı vb.)



## 1. SÜRDÜRÜLEBİLİR TOPRAK YÖNETİMİ KAVRAMININ KAPSAMI

“Sürdürülebilir toprak yönetimi” terimi “sürdürülebilir toprak ve su yönetimi” veya daha kapsamlı anlamda “toprak, su ve besin yönetimi”nden gelmektedir. Ancak belirsizlik ve genellemeden kaçınmak için tarımsal toprakların sürdürülebilir yönetimi ile sınırlandırılmıştır.

Toprak yönetimi toprak tarafından sağlanan destekleyici, tedarik edici, düzenleyici ve kültürel hizmetler bu hizmetlerin veya biyoçeşitliliği sağlayan toprak işlevlerinin bozulmaması veya artırılabilir koşulu sağlandığı durumunda sürdürülebilirdir. Bitkisel üretim için destekleyici ve tedarik edici hizmetler ile su kalitesi ve temini için toprağın sağladığı düzenleyici hizmetler ve atmosferik sera gazı bileşimi arasındaki dengenin korunması etkisi nedeniyle toprak yönetimi günümüzde daha ilgi odağı olmuştur (FAO & ITPS, 2015).

Ekosistem hizmetlerinin türleri ve toprak işlevleri ise;

- Destekleyici hizmetler (birincil üretim, besin döngüsü ve toprak oluşumu),
- Tedarik hizmetler (gıda, lif, yakıt, kereste ve su, habitat ve genetik kaynaklar),
- Düzenleyici hizmetler (su temini ve kalitesi, karbon tutulumu, iklim düzenlemesi, taşkın ve erozyon kontrolü),
- Kültürel hizmetler (arazi kullanımından elde edilen estetik ve kültürel yararlar) şeklinde sıralanabilir.

Topraklar Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (BMSKH) bağlantı noktasındadır. Keesstra ve ark. (2016) toprağın doğrudan veya dolaylı etkilerini BMSKH ile bağlantılı olarak bildirmişlerdir. Belirlenen bu hedefler, ekilebilir topraklar küresel gıda tedarikinin büyük kısmını oluşturması (BMSKH 2. maddesi), topraklar enerji güvenliğini sağlamak için biyolojik temelli yenilenebilir enerji üretiminin temelidir (BMSKH 7. maddesi). Toprakların organik karbon depolama kapasitesinin iklim değişikliğinin hafifletilmesindeki önemi (BMSKH 13. maddesi) ve su arıtma ve su tutma kapasitesi, besin ve element döngüsü toprakların habitat işlevleri karasal ekosistemin ve biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi (BMSKH 15. maddesi) için gerekliliği şeklinde sıralanabilir. Toprağın süreçleri ve BMSKH'leri arasındaki bağlantı genellikle toprağın işlevleri aracılığıyla kavramsallaştırılmıştır. Ekilebilir topraklar biyoçeşitlilik için biyokütle üretimi, su arıtma, karbon tutma, ortam ve besin ve kimyasalların geri dönüşümü olmak üzere beş temel işlev sağlar. Bununla birlikte tarımsal toprak yönetimi, tanımı gereği tarımsal üretim işlevi diğer işlevlere göre üstün gibi görünse de sürdürülebilir toprak yönetimi için diğer işlevlerinde yerine getirilmesi gerekmektedir. Doğa bilimi açısından toprak fonksiyonlarının toprak süreç interaksiyonlarından nasıl ortaya çıktığı anlamak önemlidir. Bununla birlikte toprak bilimciler toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçler hakkında geniş olmasına karşın bunların toprak işlevleriyle olan ilişkileri ve bağlantıları henüz net bir şekilde ortaya konulamamıştır. Bu durum, toprak işlevlerinin göstergelerinin geliştirilmesine yönelik bir sistem yaklaşımı gerektirmektedir.

Ludwig ve ark. (2018), toprak fonksiyonlarının analizini sosyal-ekolojik sistemler çerçevesi kapsamında kavramsallaştırıp toprak sistemindeki esnekliğin veya dayanıklılığın sürdürülebilirlik göstergesi olarak tanımlamışlardır. Bu yaklaşım toprak fonksiyonlarının geri döndürülemez veya kalıcı kaybının kırılğan noktalarının tanımlanmasına izin verebilir. Bünemann ve ark. (2018) toprak kalite indikatörleri ve işlevleri üzerine bir inceleme yapmışlardır. Toprak kalite ve işlev değerlendirilmesi sürecinde, uygulamada yönetim ve politika kararlarının desteklenmesi için son kullanıcı olan aktörlerin, paydaşların sürece katılımının gerekli olduğunu dile getirmişlerdir.

Doğa bilimciler, toprak işlevlerinin toprak fonksiyonlarıyla etkileşimlerine ilişkin sistematik bir anlayış geliştirirken, aynı zamanda sürdürülebilir toprak yönetimini ele alabilmek için sosyo-ekonomik ve agronomik uzmanlıklara da ihtiyaç duymaktadırlar. Bu kapsamda, sosyo-ekonomik ve agronomik araştırma geliştirmede birbiriyle ilişkili 3 farklı ana başlık vardır. Bunlar (i) toprak yönetimi ve toprak işlevleri arasında analitik bağlantılar kurmak; (ii) ekosistem hizmetleri, kaynak kullanım etkinliği ve sürdürülebilir kalkınma dahil olmak üzere toplumsal hedeflerin yerine getirilmesi için toprak fonksiyonlarının önemini değerlendirmek ve (iii) yönetim araçlarının çiftçilerin sürdürülebilir toprak yönetimine ilişkin karar verme sürecini nasıl etkilediğini anlamak şeklinde sıralanabilir. Bu 3 ana başlık, insan/doğa arasındaki ilişkilerin analizi için; dış faktörler (D)- toprak yönetimi (Y)- toprak fonksiyonları (T)- ekosistem servisleri ve

sürdürülebilirlik (E)- politika & yönetim (P) olarak gösterilmiştir (Gabrielsen & Bosch, 2003) (Şekil 1).



Şekil 1: Sürdürülebilir Toprak Yönetiminde 3 Ana Kavram  
(Gabrielsen & Bosch, 2003)

Sürdürülebilir toprak yönetimini tehdit eden toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki bozulmalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Su ve rüzgâr ile oluşan toprak erozyonu,
- Toprakta hava, su ve ısı hareketinin yanı sıra kök gelişiminin destekleyen fiziksel toprak yapısının (strüktürünün) bozulması (toprak sıkışması gibi etkenler ile),
- Toprağı korumak için yeterli yüzey örtüsünün azlığı veya olmaması (yetişen bitkilerden, bitki kalıntılarından vb.),
- Toprak organik madde içeriğinin kaybı veya korunamaması,

- Besin maddelerinin varlığı ve akışı toprak verimliliği ve üretkenliğini korumak ve geliştirmek için uygunluğu ve besin maddesi kayıpları,
- Yetersiz sulama ve drenaj alt yapı eksikliğinden dolayı oluşan toprak tuzlanması ve alkalileşmesi,
- Suyun (yağışlardan ve sulama gibi kaynaklardan gelen) bitki gereksinimi karşılayacak kadar depolanmaması ve etkin şekilde ortamdaki uzaklaşmaması,
- Çevreye, insan, bitki ve hayvan sağlığına zarar verebilecek kirleticilerin olma durumu,
- Toprak biyoçeşitliliğinin kapsamlı biyolojik işlevleri eksiksiz olarak desteklememesi,
- Gıda, yem, yakıt, kereste ve lif üretimi için girdilerin güvenli kullanımı ve optimizasyonunu sağlayan toprak yönetim sistemlerinin olmaması,
- Topraktaki kabuk oluşumunu engelleyecek uygun arazi kullanım planları yokluğu,

İlk olarak, *toprak yönetimi uygulamalarını ve bunların toprak süreçlerini ve işlevlerini nasıl etkilediğini tanımlamak* gerekir. Tarımsal ürün yönetimi: toprak işleme, ürün seçimi ve rotasyonu, gübreleme, yabancı ot kontrolü, pestisit yönetimi, sulama ve drenaj, hasat ve kalıntı yönetiminden oluşur. Bu faktörlerin her biri toprak süreçleri ile ilişkilidir. Koruyucu toprak işleme gibi toprak koruma uygulamaları toprağın çok fonksiyonlu özelliğini korumayı amaçlar, bununla birlikte genellikle ürünün verim performansında düşüş olabilir (Pittelkow ve

ark., 2015). Bu nedenle; Avrupa Ortak Tarım Politikasının Tarım-Çevre ödeme planları gibi politika araçları toprak koruma yönetim uygulamalarıyla ilişkili gelir kaybını çiftçilere ödemeyi amaçlamaktadır (Paleari, 2017; Rockström ve ark., 2017; Mouratiadou ve ark., 2021). Bununla birlikte, biyokütle temelli gıda, yem, enerji ve lif için küresel olarak artan taleple birlikte, en yüksek üretkenliği toprağın çeşitli işlevlerinin devam ettirilmesini bütünleştirmeyi amaçlayan sürdürülebilir yoğun uygulamaların arayışı ile ifade edilir. Bu uygulamalar arasında toprak-bitki etkileşimli ve ekolojik tabanlı olan akıllı tarım teknolojileri sayılabilir (Tittonell, 2014; Walter ve ark., 2017; Orozco-Mosqueda ve ark., 2018).

Sürdürülebilir toprak yönetiminde ikinci önemli başlık, *sürdürülebilirliğin toprak yönetim temelli yapılabilirliği*dir. Bu süreç insan faaliyetlerinin BM sürdürülebilir kalkınma gibi toplumsal hedefler üzerindeki doğrudan ve/veya dolaylı etkilerinin değerlendirilmesini içerir. Bu değerlendirmeler, AB ve ulusal politika, bölgesel peyzaj planlaması ve çiftçi uygulamaları düzeyindedir. Helming ve ark. (2018a) kaynak kullanım etkinliği ve ekosistem servisleri kavramlarını birbirlerine bağlayan toprak yönetim sürdürülebilirliğini değerlendirilebilmesi için geniş bir kavramsal çerçeve geliştirmişlerdir.

Sürdürülebilir değerlendirme çıktılarının, yönetim mekanizmaları ve politika oluşturma ile ilgili olan *sürdürülebilir toprak yönetim temelli* olması ön koşul olarak görülebilir. Son yıllarda, özellikle Avrupa'da toprak yönetimine ilişkin politika analizi hakkında farklı çalışmalar

yapılmış olsa da toprakla ilgili yönetim su, hava veya biyolojik çeşitlilik gibi diğer doğal kaynakların yönetiminden daha az anlaşılmıştır. Araştırma, birden fazla idare seviyesindeki yönetim mekanizmalarının nasıl etkileşimde bulunduğu, hangi araçların çiftçilerin karar vermesinde etkili olduğu, arazi mülkiyet ve kullanım hakkı sistemlerinin yönetim araçlarının verimliliğinde nasıl bir rol oynayabileceği, yönetimin iklim değişikliği, teknolojik gelişmeler, tüketici tercihleri, eğitim ve danışmanlık sistemleri gibi diğer toprak yönetim etmenleri ile nasıl etkileşime girdiği ortaya çıkartılmalıdır (Helming ve ark., 2018b).

## **2. TOPRAK YÖNETİMİNİN TOPRAK VE İŞLEVLERİNE ETKİLERİ**

Tarımsal ürünlerin yetiştirilme koşullarını geliştirmek için ekilebilir alanlarda toprak yönetimi yapılması gereklidir. Böylelikle toprak yönetiminde toprağın diğer işlevleri olan gıda, yem ve lif üretme hedefinden daha çok üretim işlevi tercih edilir. Bununla birlikte toprak bozulma süreçleri yoğun tarımsal üretimin ana negatif tarafını oluşturmaktadır. Bu süreçler arasında rüzgâr ve su ile oluşan erozyon, biyoçeşitlilik kaybı, sıkışma, tuzlanma, organik karbon kaybı, su yönetimi ve toprak kirliliğidir. Tarımsal yönetim uygulamaları ile toprak bozulma süreçleri arasındaki neden-sonuç ilişkilerini tanımlamak basit değildir. Bu ilişkiler iklim ve bitki örtüsünün zamansal dinamiklerinin yanı sıra konumsal olarak değişen jeofizik ve iklimsel olaylarla şekillenir (Baldos ve ark., 2019). Örneğin, eğimli arazide yağış toprağın infiltrasyon kapasitesini aştığı zaman su erozyonuna dönüşür, fakat bu durum aynı zamanda toprağın bitki

örtüsü ile kapalılık durumuna da bağlıdır. Benzer şekilde toprak yüzeyi çıplak ve kuru olduğu durumda rüzgâr erozyonuna maruz kaldığında da geçerlidir. Ekim nöbeti ve toprak işleme uygulamaları vejetasyon yılı boyunca toprağın çıplak kaldığı sürenin uzunluğunda etkilidir. Koruyucu tarım, toprak yüzeyinin organik madde ile kaplanmasını ve infiltrasyon iyileştirilmesine hizmet eden, işlemsiz tarım ile ürün rotasyonu ve bitki örtüsü kalıntısı yönetimlerini birleştiren uygulamalardır. Farklı araştırmacılar tarafından yürütülen, koruyucu tarım ve diğer yenilikçi toprak yönetim pratiklerinin toprak fonksiyonların üzerindeki etkilerini analiz eden bazı çalışmalar sunulmuştur (Çizelge 1). Örneğin, Ghaley ve ark. (2018), Avrupa'nın ana çevre bölgeleri için koruyucu tarımın toprağın işlevleri üzerine olan etkileri üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Yapılan meta analiz araştırmasında, koruyucu tarımın olumlu etkileri ile geleneksel tarımın toprağın işlevleri üzerine yaptığı olumsuz etkilerine yer verilmiştir. Aynı zamanda, toprak yönetimi, iklim, toprak fonksiyonlarında değişikliklere yol açan toprak sistemi etkileşimleri ve ekosistem hizmetlerinin daha iyi anlaşılması için tarla seviyesinde araştırmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Lalani ve ark. (2018), koruyucu tarım tekniklerinin kuru tarım alanlarındaki etkisini araştırmak için Suriye'de bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada, Suriye gibi yarı kurak alanlarda koruyucu tarımın toprağın nem kaybetmesini engellemesinden dolayı iklim değişikliğinde önemli bir seçenek olduğunu bildirmişlerdir. Nuppenau (2018), ürün rotasyonu için modelleme yaklaşımında başlangıç noktası olarak bitki ve toprak arasındaki karmaşık sistemlerin iyi analiz edilmesi gerektiğini ifade



etmiştir. Yonca gibi derin köklü ve azot (N) tutan bitkilerin toprak yapısı, organik karbon döngüsü, su tutma kapasitesi gibi özellikler üzerine olumlu etkisi de bildirilmiştir.

**Çizelge 1:** Toprak Yönetim Uygulamalarının Toprak Fonksiyonları Üzerine Etkileri ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar (Helming ve ark., 2018a)

Yazarlar	Toprak yönetim uygulamaları	Toprak yönetim konusu	Ülke	Konumsal ölçek	Değerlendirme yöntem
Ghaley ve ark. (2018)	Toprak işleme, ürün rotasyonu, kalıntı yönetimi	Toprak fonksiyonuna etkisi	Avrupa	Tarla	Meta analizi
Lalani ve ark. (2018)	Toprak işleme ve toprak nemi	Ürün, maliyet etkinliği	Suriye	Çiftlik	Deneyisel analiz
Nuppenau (2018)	Ürün rotasyonları	Ekonomik optimizasyon ve ekosistem hizmetleri	Almanya	Çiftlik	Modelleme
Frelih-Larsen ve ark. (2018)	Yüzey altı toprak yönetimi	Çiftçi görüşleri	Almanya	Çiftlik	Deneyisel analiz
Seydehmet ve ark. (2018)	Su kullanımı ve yönetimi	Gelecek eğilimler ve toprak tuzlanması	Çin/ Kuzeybatı ülkeleri	Bölgesel	Modelleme
Ledermüller ve ark. (2018)	Toprak işleme, araç trafiği	Risk yönetimi ve toprak sıkışması	Almanya	Tarla	Konumsal analiz ve modelleme

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki bozulmalar ve bu etkilerin azaltılması için gerekli bazı önlemler aşağıdaki bölümlerde maddeler halinde sunulmuştur.

## 2.1. Toprak Erozyonu

Su ve rüzgâr nedeniyle oluşan toprak erozyonu küresel ölçekte toprak ve toprağın sağladığı ekosistem hizmetleri içi tehdit oluşturmaktadır. Toprak erozyonu organik ve mineral besin açısından zengin üst toprağın kaybına, toprak horizonlarının kısmen veya tamamen kaybına ve sınırlı büyüme sağlayan alt toprağın yüzeye çıkmasına neden olur. Ayrıca dolaylı olarak, erozyon nedeni ile altyapı sorunu ve su kalitesinde azalma olabilmektedir. Toprak erozyonu azaltılmış bitki veya kalıntı örtüsü, toprak işleme ve diğer arazi çalışmaları, toprak kayması ve heyelanlar nedeniyle azalan toprak stabilitesindeki azalmalar gibi insan faaliyetleri tarafından hızlandırılır. Bununla birlikte sürdürülebilir toprak yönetimi için, arazideki ekim-dikim deseni ve teknikler de önem taşımaktadır. Erozyonun en önemli bileşenleri yağış, toprak özellikleri (duyarlılık), topoğrafya (eğim bileşenleri) ve arazi örtüsüdür. Arazi kullanımındaki değişimler diğer faktörlerin değişmesine yol açmakta ve denge bozularak erozyon süreci başlamaktadır. Mısır, soya veya pamuk gibi mevsimlik ürünlerin ekilmesi mevsimlik yem veya çok yıllık ürünlerden daha fazla toprak erozyonunun ortaya çıkmasını artırmaktadır (Zare ve ark., 2017; Pal ve ark., 2021). Toprağın korunmasına yardımcı olan ürünlerin ekilmesine teşvik edilmesi ve üretim modellerinin geliştirilmesi yerinde olacaktır. Toprak erozyonu kontrolü için yapılması gereken uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ormanların tahribatı ve mera alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesi gibi arazi kullanım değişimleri, üst toprağın

taşınmasına ve karbon kaybına neden olur. Eğer arazi kullanımındaki değişim kaçınılmaz ise, planlı ve uygun şekilde yapılmalıdır.

- Arazi kullanıcılarının sürdürülebilir toprak yönetimi, gıda güvenliği ve özellikle toprak erozyonu kontrolü için gerekli üretim yöntemlerine geçiş yapabilmesi için teşvik edilmesi, desteklenmesi gereklidir.
- Toprak yüzeyini erozyondan koruyan, yüzeyde bulunan bitkiler veya diğer organik ve organik olmayan kalıntılardan oluşan örtü, malçlama, minimum toprak işleme, doğrudan ekim ile herbisit kullanımının azalması, örtücü bitkiler, agro-ekolojik yaklaşımlar, kontrollü araç trafiği, sürekli bitki örtüsü ve ürün rotasyonu, şerit ekim, tarımsal-ormancılık faaliyetleri ile sürdürülmelidir.
- Eğimli ve nispeten dik arazilerdeki su erozyonu şerit ekim, kontur ekim, ürün rotasyonu, çoklu ürün ekim, tarımsal-ormancılık, çapraz eğim bariyerleri (çim şeriti, kontur setleri, taş hat vb.), teras yapıları, bitkilendirilmiş su yolları veya tampon şeritleri ile yüzey akış oranı ve hızı azaltılarak minimuma indirilebilir.
- Uygun olan durumlarda, kıyı tamponları, tampon şeritleri, ıslak alanlar, su hasadı, örtücü bitkiler, toprak taneciklerinin ve besin maddesi ve kirleticilerin toprak sisteminden taşınımını minimuma indirmek ve böylelikle alt havzaları olumsuz etkilerden korumak için inşa edilmeli ve kullanılmalıdır.

## **2.2.Toprak Organik Maddesinin Artırılması**

Toprak organik maddesi, toprak fonksiyonunu devam ettirebilmesinde ve arazi bozulmasının önlenmesinde temel bir rol oynamaktadır. Toprak, dünyadaki okyanuslardan sonra en büyük karbon havuzunu oluşturur ve sera gazı emisyonu ve karbon döngüsü arasındaki değişimlerin iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletmede kritik rol oynar. Bu nedenle toprak organik maddesi iklim değişikliği etkilerine adaptasyon ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hafifletmek için stratejik önemdedir. Bu nedenle küresel ölçekte toprak organik maddesi mutlaka korunmalı stabil tutulmalı veya arttırılmalıdır (Lehmann ve ark., 2020).

Yanlış arazi kullanımı, zayıf toprak veya bitki yönetim uygulamaları nedeniyle toprak organik madde kaybı toprak kalitesi ve yapısında bozulmaya, toprak erozyonunun artmasına ve atmosferdeki karbon emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Başka bir deyişle, uygun arazi kullanımı ve toprak yönetimi toprak organik maddesinin artmasına, atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) artışını kısmen azaltarak toprak kalitesinin gelişmesine yardımcı olur (Wiesmeier ve ark., 2019; Ahirwal ve ark., 2021).

Toprak organik maddesinin artırılması için;

- Bitkilerin etkin ve verimli su kullanılabilirliğini artıran yöntemler (damlatıcılar veya mikro yağmurlama ile sulama, sulama programı (toprak nemi veya buharlaşma yoluyla su kaybının izlenmesi) ile su kullanım etkinliğini artırmak, toprak erozyonunu ve besin maddesinin yıkanması azaltma, örtücü

bitkilerin kullanımı, gübreleme uygulamalarını dengelemek, organik ıslah materyallerinin kullanma, tarım-ormancılığı ve geçit ağaçlandırma, ağaçlandırmanın artması ile biyokütle üretimini artırmak,

- Organik karbon açısından zengin turba, orman ve mera alanlarının korunması,
- Bitki artıklarını yönetmek, yemleri hasat yerine otlatmak suretiyle kullanmak, organik tarım uygulamak, entegre toprak verimliliği, pestisit yönetimi, hayvansal gübre uygulamak veya karbon açısından zengin diğer atıklar uygulamak, kompost kullanmak, toprağa kalıcı bir örtü ile malç uygulamaları ile organik madde içeriğini artırmak,
- Arazi yönetiminin ayrılmaz bir parçası olduğu durumlar dışında yangından kaçınılmalıdır. Yangının yoğunluğu ve zamanlaması toprak fonksiyonlarındaki kayıpları sınırlandırılması ağaçlandırılmalıdır. Yangının doğal olarak meydana geldiği, yani doğal gençliğin getirilmesi durumlarda erozyonu minimuma indirmek önemlidir.
- Hayvan gübresi gibi tüm organik girdi kaynaklarını en uygun ve optimum şekilde kullanılmak,
- Örtücü bitkiler, geliştirilmiş nadas-bitki türleri, azaltılmış veya toprak işlemez uygulamalar veya canlı çitler gibi yönetim uygulamaları toprağın yeterli organik örtüye sahip olmasını sağlamak için benimsenmelidir.

- Minimum veya sıfır toprak işleme uygulaması ile herbisit kullanımını artırmadan toprak organik maddesinin ayrışma oranlarını azaltmak,
- Ürün rotasyonlarını uygulamak

### **2.3.Toprak Besin Dengesi ve Döngülerini Teşvik Etme**

Yeterlilik ve kullanım etkinliği kavramları özellikle toprak-su-besin maddesi- bitki kökü arasındaki besin maddesi dinamiklerinde kullanılmaktadır. Bitki besleme ürün ihtiyaçları, lokal toprak özellikleri ve koşulları ve iklim özelliklerine dayalı olarak yapılmalıdır. Bitki besleme besin döngüsü veya mineral (kimyasal) gübreler, organik gübreler, birincil kaynaklar (örn. kaya fosfat) ve ikincil kaynaklar (örn. arıtma çamurundan gelen fosfor) içeren diğer toprak düzenleyiciler ile zenginleştirilebilir. Belirli bir arazi kullanımı için arazinin uygunluğu değerlendirirken, uygun bitki besin yönetim sistemi seçmek de önem taşımaktadır.

Bitkinin ihtiyaç duyduğu yeterli ve dengeli besinlerin avantajları iyi analiz edilmelidir. Bitki ihtiyacı analiz edilirken, optimum seviyede veya optimuma yakın seviyelerde gıda, yem, lif, kereste ve yakıt üretiminin olması, pestisit kullanımına olan ihtiyacın azalması, dışardan organik ve inorganik ıslah maddelerinin ve mineral gübrelerin uygulanmasının azalması, zirai kimyasalların uygunsuz kullanımından kaynaklanan kirliliğin azalması ve biyokütle üretiminin artırılması ile toprak karbon döngüsünün iyileştirilmesi göz önüne alınmalıdır.

Bitki besin maddesi eksikliği bitkilerde gelişme geriliğine yol açar ve dolayısıyla ürünün miktarı ve besin değerinde azalmaya neden olur. Topraklarda fazla olan besin elementi; tarım alanlarından fazla elementlerin kaybı (özellikle azot ve fosfor gibi), ötrofikasyon ve su kaynaklarında kalitenin azalması, topraktan atmosfere sera gazı nitrozoksit salımının artması, azotun hareketli formunun insanların kullandığı su yüzeylerine geçişi, insan sağlığına potansiyel etkisi ve ürünlerdeki azalmalara neden olmaktadır.

- Doğal toprak verimliliği ve doğal besin döngüsü organik madde artırılması ve korunması ile sürdürülmeli ve geliştirilmelidir. Toprak verimliliğinin artırılması baklagil ürün rotasyonu kullanımı, yeşil-hayvansal gübre, toprak yüzeyi örtücü bitkiler kullanımı, sıfır veya azaltılmış toprak işleme ve herbisit kullanımının azaltılması ile elde edilebilir. Besin döngüleri ürün- hayvancılık sistemleri veya ürün- hayvancılık- orman sistemi gibi entegre sistemlerde en iyi şekilde yönetilebilmektedir.
- Besin kullanım etkinliği dengeli ve organik ve inorganik ıslah materyalleri (örn. Kompost, kireçli materyal gibi) ve yenilikçi ürünler (örn. yavaş ve kontrollü salımlı gübreler), besinlerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı uygulamaları ile adaptasyonu optimize edilebilir.
- Gübreleme yöntemleri, oranları ve zamanlaması kayıpları sınırlamak ve dengeli bitki besin alımı desteklemek için uygun olmalı ve gübreleme toprak ve bitki analizlerine dayalı olarak

yapılmalıdır. Buna ilaveten, gübrelemede kısa vadeden çok uzun vadeli bir çözüm aranmalıdır.

- Toprak mikro element ilavesi gübreleme planlanırken dikkate alınmalıdır.
- Bitki besin kaynakları olarak organik, mineral ıslah materyali, inorganik gübreler ve tarımsal biyolojik ürünlerden uygun ve belirli olanlar kullanılmalıdır. Bu ıslah materyalleri ve biyo-ürünleri arasında sıvı, yarı-katı, veya katı gübreler, bitkisel atıklar, kompostlar, yeşil gübreler, evsel atıklar, biyo enerji üretiminde açığa çıkan tarımsal kullanılabilir kül ve toprak düzenleyicileri bulunmaktadır. Bu materyallerin etkinliğini artırmak için, sınırlayıcı faktörlerin (su eksikliği gibi) azaltılması ile uyumlu kullanım önemlidir.
- Ürün yetiştirirken, toprak ve bitki-doku testleri, arazi değerlendirmeleri dikkate alınmalıdır. Bu üretimde bitki besin maddeleri, tuzluluk, alkalilik, yüksek pH ile ilişkili olan sınırlı faktörlerin tanımlanması ve düzenlenmesi için değerli katkılar sunacaktır. Böylelikle tarımsal üretimde sağlıklı değerlendirme yapılarak daha bilinçli kararlar verilebilir.
- Uygun olan alanlarda hayvancılık ve otlatma faaliyetleri ile katı ve sıvı hayvansal gübre birikimi sağlanabilir.
- Asit karakterdeki topraklarda kireçleme uygulaması, alkali ve diğer topraklarda ise kompost gibi organik materyallerinin ve toprak- ürün yönetim uygulamalarının düşünülmesi optimum besin kullanım etkinliği için gerekliliktir.



- Kaya fosfat ve potasyum gibi doğal olarak oluşan mineral gübre kaynakları gelecek nesiller için yeterli ve sürekli mineral girdi olması için kullanımında etkili ve stratejik planlama yapılmalıdır.

#### **2.4.Toprak Tuzluluğu ve Alkaliliği**

Tuzlanma, toprakta suda çözünebilen sodyum, magnezyum, kalsiyum ve klor tuzlarının birikmesi olarak tanımlanmaktadır. Tuzluluk, yüksek buharlaşma oranı, iç deniz suyu kaynaklı ve insan etkisi (yanlış sulama vb.) süreçleri sonucunda oluşur. Tuzluluk ürün verimini azaltır ve hatta bazı eşik değerlerini aşıldığı durumlarda tamamen ürün gelişimini durdurur. Toprak tuzluluğunun ve alkaliliğinin önlenmesi için;

- Yüzey örtüsü buharlaşmayı azaltmak için korunmalıdır.
- Sulama suyu kullanım etkinliği taşıma, dağıtım ve arazi uygulama yöntemleri vasıtasıyla artırılmalıdır. Düşük basınçlı sistemler ile suyun doğrudan toprağa uygulanması sağlanabilir.
- Sulama yönetimi, bitki büyümesi için yeterli su ve tuzlanma problemlerini önlemek için etkili bir drenaj ağı içermelidir.
- Sulama suyu sürekli izlenmeli ve analiz edilmelidir.
- Yüzey ve yüzey altı drenaj sistemleri taban suyu seviyesi ve topraktaki tuz seviyesindeki artışı kontrol etmek için yerleştirilmeli ve belirli zamanlarda bakımı yapılmalıdır. Bu sistemlerin yerleştirilmesinde alandaki su dengesinin kapsamlı şekilde tanımlanması gerekmektedir.

- Topraklar bozulmuş ve tuzluluğun önlenmesinin bir seçenek olmadığı durumlarda, tuzlu toprakların ıslahı doğrudan tuzların yıkanması, tuza dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi, yerli yabancı halofitlerin yetiştirilmesi ile kimyasal iyileştirme ve organik ıslah materyallerinin kullanımı ile mümkündür.

### **2.5.Toprak Kirliliğinden Korunma ve Azaltılması**

Toprak filtreleme, tutma ve nötralize edebilme özelliğine sahiptir, ancak koşullar değiştiğinde (örn. düşük pH'da ağır metal salımı) kirletici maddeyi ortama bırakır. Bu nedenle Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında sağlıklı toprak ve güvenilir gıdaya ulaşabilmek için toprak kirliliğinin önlenmesi gerekmektedir.

Kirleticiler, tarımsal girdiler, yan ürünlerin toprağa uygulanması, atmosferik birikim, sel ve sulama suyu, yanlış dökülmeler, uygun olmayan kentsel atık ve atık su yönetimi, diğer yollarla toprağa dahil olabilmektedirler. Birikme ve kirlenme, bir kirleticinin toprağa eklenme hızı toprak sisteminden ayrılan oranından fazla ise meydana gelir. Negatif sonuçlar bitki toksisitesi, ürün kaybı, su kaynaklarının ve saha dışı alanlarda sediment taşınması yoluyla kirlenmesi, gıda zincirinde birikme yoluyla insan ve hayvan sağlığında riskler ile ortaya çıkar (Khan ve ark., 2021; Haghaziar ve ark., 2021).

- Hükümetler, insan sağlığını ve refahını korumak için kirletici maddelerin birikimini belirlenen seviyelerin altında sınırlamak ve bu seviyeleri aşan kirlenmiş toprakların iyileştirilmesini

kolaylaştırmak için düzenlemeler oluşturmaya ve uygulamaya teşvik edilmektedir.

- Bölgesel toprak kirliliğinin yönetiminde muhtemel kirlilik alanlarını ve kirlilik seviyelerini izlenmesi ve değerlendirilmesi için kapsamlı bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Kirliliğin insanlara ve ekolojik sistemlere olan risklerin azaltılması için toplam maliyet ve iyileştirme yöntemlerini içeren risk değerlendirmesi yapılmalıdır.
- Dağınık kirleticilerin zararlı etkilerine en duyarlı olan toprakların tanımlanması ve bu topraklardaki kirletici yükleri azaltmak için gereklidir.
- Arıtılmış atık su veya diğer atık materyalden gelen geri dönüştürülmüş besinler güvenli düzeylerde bitkiye yararlı besinler ve kirletici içerdiklerinde toprak düzenleyici olarak kullanılabilirler.
- Çeltik tarımı yapılan alanlarda, gübre ve pestisit uygulamalarından sonra olumsuz etkilerin alan dışına etkilerinin dışarı çıkışını engellemek için taşkın su çıkışının azaltılması gerekmektedir.

## **2.6. Toprak Asitliğinin Önlenmesi ve Azaltılması**

Tarım topraklarında insan kaynaklı asitletme arazinin tarımsal kullanımı sırasında meydana gelir. Toprak asitleşmesinde yıkanma ile bazı katyonların azalması (toprağın tamponlama kapasitesinin azalması) ve besin taşınımı, organik maddenin ayrışması doğrudan nedenler arasındadır. Bunun yanında üre veya amonyum sülfat gibi

asitle reaksiyona giren mineral gübrelerin kullanılması süreci hızlandırabilir. Bu nedenle bu tür topraklarda kireç veya jips gibi uygun ıslah materyalleri ile yüzey ve yüzey altı asitliğinin azaltılması ve izlenmesi önemlidir.

### **2.7.Toprak Biyoçeşitliliği**

Topraklar dünyadaki en büyük biyoçeşitlilik rezervuarlarından biridir. Toprak organizmaları birçok ekosistem hizmetlerinin sağlanmasında kilit rol oynar. Toprağın temel fonksiyonlarını sürdürmek için gerekli olan biyoçeşitlilik hakkında çok az şey bilinmektedir (Pulleman ve ark., 2012; Mirás-Avalos ve ark., 2022). Bu nedenle toprak biyoçeşitliliğinin geliştirilmesi için aşağıdaki öneriler dikkate alınmalıdır.

- Toprak biyoçeşitliliğinin izleme programlarının geliştirilmesi (biyolojik indikatörler ve erken uyarı sistemleri gibi),
- Toprak biyoçeşitliliğinin destekleyen toprak organik madde düzeyinin korunması ve artırılması (örtücü bitkiler ve çoklu ürün rotasyonu desteği ile), toprak üstü bitki örtüsünün korunması,
- Tarımsal alanlardaki pestisit uygulamaları Uluslararası Pestisit Yönetimine uygun olarak yapılması,
- Ekosistemdeki bitki çeşitliliğinin artırılarak, toprak biyoçeşitliliğinin desteklemek, tarla içi ürün rotasyonu, birlikte ekim ve tarla kenarlarının, çitlerin ve biyolojik çeşitlilik sığınaklarının korunması teşvik edilmesi,

- Azot bağlayıcı baklagil türlerinin kullanımı ile mikrobiyal aşılama, mikoriza, solucanlar ve diğer faydalı makro, mikro ve mezo toprak organizmalarının gelişiminin teşvik edilmesi.

## 2.8. Toprak Sıkışması

Toprak sıkışması, toprak işlemeye bağlı araç trafiği ve hayvanların otlama sırasında çiğnemeleriyle kaynaklanan baskılar nedeniyle toprak yapısının bozulması ile ilgilidir. Toprak sıkışması (azaltılmış veya bozulmuş boşluk sürekliliği) toprak agregatlarını yok eder, makro gözeneklerin yoğunluğunu azaltarak toprak havalanmasını azaltır ve suyun drenaj ve infiltrasyonu azaltarak daha fazla yüzey akışına neden olur. Toprak sıkışması, toprak biyoçeşitliliğini etkileyen ve yüzey toprağının kabuklanmasına neden olurken, tohumun çimlenmesi ve kök büyümesini sınırlandırır (Shah ve ark., 2017). Toprak sıkışmasını önlemek veya azaltmak için:

- Toprak yapısı korumak için toprak işleme doğru zamanda ve yoğun toprak işlemeden kaçınılmalı,
- Toprak işleme zamanının, uygun nem içeriğinde ve uygun derinlikte yapılması ve tarla trafiğinin kontrollü olarak yapılması,
- Sıkışmanın olduğu alanlarda, ürün sistemlerinde güçlü kazık köklü bitkiler seçilmeli,
- Sıkışmanın olduğu alanlarda dönemsel uygulamalar ile sıkışan toprak katı parçalanmalı,
- Toprak yapısının geliştirilmesi için toprak organik maddesi korunmalı ve desteklenmelidir.

## SONUÇ

Sürdürülebilir tarım, tarımsal üretimdeki gıda, yem ve lif kaynağı için biyokütle üretimi, ekosistem hizmetlerini sağlamak ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini desteklemek için toprak fonksiyonları ile bütünleşmiş bir şekilde yapılması gerekliliğini ifade etmektedir. Bu kapsamda yapılan araştırmalarda, toprak yönetim uygulamaları ve toprak fonksiyonları arasındaki, toprak fonksiyonları ve sürdürülebilirlik hedefleri arasındaki interaksiyonlar temel alınarak sürdürülebilir toprak yönetiminin desteklenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, tarımsal yönetimde yalnızca biyokütle üretimi ve tarım işletmesinin ekonomisinin sürdürülebilirliği değil aynı zamanda toprak fonksiyonları tarafından desteklenen diğer ekosistem hizmetlerinin de yerine getirilmesi, ayrıca tedarik hizmetleri, düzenleyici ve kültürel hizmetler arasındaki dengenin de gözetilmesi düşünülmektedir. Bu çerçevede ilerleyebilmek için, toprak fonksiyonlarının tanımlayan toprak bilimcilerinin, sosyal ve ekonomik hizmetlere dönüşümünde rol alan sosyal bilimciler ve ekonomistlerin birlikte yakın işbirliğine ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

- Ahirwal, J., Nath, A., Brahma, B., Deb, S., Sahoo, U.K., & Nath, A.J. (2021). Patterns and driving factors of biomass carbon and soil organic carbon stock in the Indian Himalayan Region. *Science of the Total Environment*, 770: 145292.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C.S., Jansson, B., Levin, S., Maler, K., Perrings, C., & Pimental, D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science*, 268: 520-521.
- Baldos, U.L.C., Hertel, T.W., & Moore, F.C. (2019). Understanding the spatial distribution of welfare impacts of global warming on agriculture and its drivers. *Am. J. Agric. Econ.*, 101: 1455-1472.
- Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., de Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., & van Groenigen, J.W. (2018). Soil quality- A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120: 105-125.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26: 152-158.
- FAO & ITPS (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR)- Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. ISBN 978-92-5-109004-6.
- Freluh-Larsen, A., Hinzmann, M., & Ittner, S. (2018). The 'Invisible' subsoil: An exploratory view of societal acceptance of subsoil management in Germany. *Sustainability*, 10, 3006.
- Gabrielsen, P. & Bosch, P. (2003). Environmental indicators: typology and use in reporting; EEA Internal Working Paper; European Environment Agency: Copenhagen, Denmark.

- Ghaley, B.B., Rusu, T., Sandén, T., Spiegel, H., Menta, C., Visioli, G., O’Sullivan, L., Gattin, I.T., Delgado, A., Liebig, M.A., Vrebos, D., Szegi, T., Michéli, E., Cacovean, H., & Henriksen, C.B. (2018). Assessment of benefits of conservation agriculture on soil functions in arable production systems in Europe. *Sustainability*, 10, 794.
- Haghnazar, H., Pourakbar, M., Mahdavianpour, M., & Aghayani, E. (2021). Spatial distribution and risk assessment of agricultural soil pollution by hazardous elements in a transboundary river basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4): 1-17.
- Helming, K., Daedlow, K., Hansjürgens, B., & Koellner, T. (2018a). Assessment and governance of sustainable soil management. *Sustainability*, 10, 4432.
- Helming, K., Daedlow, K., Paul, C., Techen, A.K., Bartke, S., Bartkowski, B., Kaiser, D., Wollschläger, U., & Vogel, H.J. (2018b). Managing soil functions for a sustainable bioeconomy-Assessment framework and state of the art. *Land Degrad. Dev.*, 29: 3112–3126.
- Keesstra, S.D., Bouma, J., Wallinga, J., Tiftonell, P.A., Putten, W.H., Mol, G., Jansen, B., & Fresco, L.O. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations sustainable development goals. *Soil*, 2: 111-128.
- Khan, S., Naushad, M., Lima, E.C., Zhang, S., Shaheen, S.M., Rinklebe, J. (2021). Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies-A review. *Journal of Hazardous Materials*, 417, 126039.
- Krzic, M., Bomke, A.A., Sylvestre, M., & Brown, S.J. (2015). Teaching sustainable soil management: A framework for using problem-based learning. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, 44(1): 43.
- Lalani, B., Aleter, B., Kassam, S.N., Bapoo, A., & Kassam, A. (2018). Potential for conservation agriculture in the dry marginal zone of Central Syria: A preliminary assessment. *Sustainability*, 10, 518.



- Ledermüller, S., Lorenz, M., Brunotte, J., & Fröba, N. (2018). A multi-data approach for spatial risk assessment of topsoil compaction on arable sites. *Sustainability*, 10, 2915.
- Lehmann, J., Hansel, C.M., Kaiser, C., Kleber, C., Maher, K., Manzoni, S., Nunan, N., Reichstein, M., Schimel, J.P., Torn, M.S., Wieder, W.R., & Kögel-Knabner, I. (2020). Persistence of soil organic carbon caused by functional complexity. *Nature Geoscience*, 13: 529-534.
- Ludwig, M., Wilmes, P., & Schrader, S. (2018). Measuring soil sustainability via soil resilience. *Science of Total Environment*, 626: 1484-1493.
- Mihelic, R., Pecnik, J., Glavan, M., & Pintar, M. (2021). Impact of sustainable land management practices on soil properties: examples of organic and integrated agricultural management. *Land*, 10, 8.
- Mirás-Avalos, J.M., Marco, P., Sánchez, S., Bielsa, B., Rubio Cabetas, M.J., & González, V. (2022). Soil quality index of young and differently managed almond orchards under Mediterranean conditions. *Sustainability*, 14(22): 14770.
- Mouratiadou, I., Latka, C., van der Hilst, F., Müller, C., Berges, R., Bodirsky, B.L., Ewert, F., Faye, B., Heckeley, T., Hoffmann, M., Lehtonen, H., Lorite, I.J., Nendel, C., Palosuo, T., Rodriguez, A., Rötter, R.P., Ruiz-Ramos, M., Stella, T., Webber, H., & Wicke, B. (2021). Quantifying sustainable intensification of agriculture: The contribution of metrics and modeling, *Ecological Indicators*, 129, 107870.
- Nuppenau, E.A. (2018). Soil fertility management by transition matrices and crop rotation: On spatial and dynamic aspects in programming of ecosystem services. *Sustainability*, 10, 2213.
- Orozco-Mosqueda, M.C., Rocha-Granados, M.C., Glick, B.R., & Santoyo, G. (2018). Microbiome engineering to improve biocontrol and plant growth-promoting mechanisms. *Microbiol. Res.*, 208: 25-31.
- Pal, S.C., Chakraborty, R., Roy, P., Chowdhuri, I., Das, B., Saha, A., & Shit, M. (2021). Changing climate and land use of 21st century influences soil erosion in India. *Gondwana Research*, 94: 164-185.

- Paleari, S. (2017). Is the European Union protecting soil? A critical analysis of community environmental policy and law. *Land Use Policy*, 64: 163–173.
- Pearce, D. & Atkinson, G. (1995). Measuring Sustainable Development. In Bromley, D. (ed.) *The Handbook of Environmental Economics*. Blackwell Publishers, Cambridge, MA. p. 166-181.
- Pittelkow, C.M., Liang, X., Linqvist, B.A., van Groenigen, K.J., Lee, J., Lundy, M.E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T., & van Kessel, C. (2015). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*, 517, 365.
- Pulleman, M., Creamer, R., Hamer, U., Helder, J., Pelosi, C., Pérès, G., & Rutgers, M. (2012). Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services- an overview of European approaches. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5): 529-538.
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P., de Fraiture, C., Hatibu, N., Unver, O., Bird, J., Sibanda, L., & Smith, L. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 4-17.
- Seydehmet, J., Lv, G.H., Nurmemet, I., Aishan, T., Abliz, A., Sawut, M., Abliz, A., & Eziz, M. (2018). Model prediction of secondary soil salinization in the Keriya Oasis, Northwest China. *Sustainability*, 10, 656.
- Shah, A.N., Tanveer, M., Shahzad, B., Yang, G., Fahad, S., Ali, S., Bukhari, M.A., Tung, S.A., Hafeez, A., & Souliyanonh, B. (2017). Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: an overview. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11): 10056-10067.
- Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture-Sustainable by nature. *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 8: 53-61.
- Toenniessen, G., Adesina, A., & DeVries, J. (2008). Building an alliance for a green revolution in Africa. Reducing the impact of poverty on health and human development. *Scientific Approaches*, 1136: 233-242.

- Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Opinion: smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 114: 6148–6150.
- Wiesmeier, M., Urbanski, L., Hobbey, E., Lang, B., von Lützow, M., Marin-Spiotta, E., van Wesemael, B., Rabot, E., Ließ, M., Garcia-Franco, N., Wollschläger, U., Vogel, H., & Kögel-Knabner, I. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils-A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333: 149-162.
- Zare, M., Panagopoulos, T., & Loures, L. (2017). Simulating the impacts of future land use change on soil erosion in the Kasilian watershed, Iran. *Land Use Policy*, 67: 558-572.

## **BÖLÜM 2**

### **ANADOLU VE TARIM**

Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN<sup>1\*</sup>

---

<sup>1\*</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt-Türkiye.  
zkaripcin@siirt.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0105-6052



## GİRİŞ

Anadolu denince ilk akla gelen medeniyetler Urartu, Hititler, Asur, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı medeniyetleridir. Bunların dışında elbette bilinen başka medeniyetlerin de yaşanmışlığı yanında henüz ortaya çıkarılmamış medeniyetlerin de olduğuna inanıldığı, kadim ve uğruna nice savaşların yapıldığı yerdir Anadolu. Konumu itibari ile gerçek doğu ile batı arasındaki yerdir. Sadece bu özelliğiyle bile bitki çeşitliliği konusunda yüksek potansiyele sahip bir yer olmaktadır. Sahip olduğu farklı toprak ve iklim çeşitliliği, bitki çeşitliliğini besleyen önemli özelliklerindedir. Her şeyden önce Anadolu, diğer yerlerde görülen ve asırlarca süren buzul, su baskınları veya benzeri doğal olaylara da maruz kalmadığından dolayı hem hayvansal hem de bitkisel açıdan adaptasyon süresi en uzun olan tarımsal kaynakların gelişmesine ev sahipliğiyle övünmesi gereken yerdir. Taş devrinden beri insanların yaşam alanı olduğuna da inanılmaktadır. Verimli hilal kapsamında olması, çeşitli mikro klima iklim özelliklerinin yanında çok farklı iklimleri bir arada barındırması ve Çukurova, Amik Ovası ile bitkisel, geniş mera alanlarıyla da hayvancılığın geliştiği yerdir Anadolu.

Gerek tarih boyunca birbirinden farklı medeniyetler etkisiyle gerekse tarihteki eski ticari güzergâhta yer almasından dolayı tarımsal üretim açısından her zaman güncel kalmış bir yerdir Anadolu.

İnsanoğlunun ilk yerleşim yerlerinden olduğuna inanılan Göbeklitepe, Çatalhöyük, Hacılar, Nevalı Çori, Erbaba, Aşıktepe gibi yerlere ev sahipliği yapmış Anadolu, dolayısıyla yerleşik düzene geçişin en etkili faktörü olan tarımın kültüre alındığı yer olarak da kabul edilmelidir.

Buğday, çavdar, arpa gibi insan ve hayvanlarının beslenmesi açısından vazgeçilmez ürünler, her medeniyette ön planda olan tarımsal ürünlerdir. Üzüm ve sonradan zeytin yetiştiriciliği daha sonrasında ise narenciye kültürü ve bu bitkilerin ürününden hayatı şekillendirmede (hem beslenmede hem aydınlatmada hem de mesire alanları olarak) kullanılmıştır.

Anadolu'da hüküm sürmüş medeniyetlerden yakın geçmişte olanlara baktığımızda; Selçuklular ve Osmanlılar'da toprak dağıtımı oldukça sorunlu olmuştur ve hala etkisi hissedilmektedir. Toprak, devletin olduğu halde, bazı koşullar çerçevesinde kullanımı, uygun gördükleri halka bırakılmıştır. Özel mülkiyet hakkı, Osmanlı İmparatorluğu'nun son zamanlarına denk gelen düzenlemelerle verildiği halde, 1970'li yıllarda Cumhuriyet döneminde bile büyük ses getiren düzenlemelere tabii olmuştur. Osmanlı döneminde, toprakları sınıflara ayırarak, kullanım yönetmenliği sayılabilecek en önemli kanun 1858 yılında çıkarılmıştır (Dinler, 1996). Bununla birlikte devletin vergi toplaması, halkın ise geçimini sağlaması gerçekleri arasında Anadolu'da toprak, yönetimleri ve halkı oldukça fazla meşgul etmiştir. Dinler (1996)'nın araştırmaları sonucunda, 1913 yılı bilgilerine göre üretici ailelerin %8'i olan 80000 ailenin hiç toprak sahibi olmadığı saptanmıştır. Anadolu'nun yakın geçmişinden günümüze kadar süren bir tartışma tarımsal üretimin açmazı için yapılmıştır; üretim mi, yatırım mı? Yine Anadolu'nun yakın zamanından itibaren tarımsal üretim yatırımsız oluşundan dolayı durmuş veya teşvik ile üretim arttırılarak yatırımların sürdürülebilirliği sağlanmıştır. Yatırım olmadan sadece üretim, fiyatların

maliyetlerinden de aşağısına düşmesine, tarıma bağımlı olan sektör (sanayi vb.) ürünlerine olan talebin de olumsuz etkilenmesine ve elbette üretici ülkeleri de en fazla hammadde tedarikçisi konumunda tutarken, üretimsiz veya yetersiz üretim ise yatırımların verimli olarak yaşamasına engel olmuştur. Yatırım denilince akla ilk gelen GAP projesidir. Bu büyük bir yatırımdır ve semeresini Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin üretim alanında ve miktarındaki pozitif etkisiyle kendini göstermiştir. Ürün türlerinde çeşit değişimi dahi desteklemelerle/teşviklerle gerçekleştirilmiştir. Anadolu'da ürün ticaretinde (iç veya dış satım) ise özellikle itina göstermemek (bal ve Antep fıstığı ihracatında olduğu gibi), bu yollardan çok önceleri geçmiş başta Avrupa ülkelerinde olumsuz tepkilere neden olarak neredeyse asırları alan dezavantajlara sebebiyet vermiştir.

Koca Osmanlı'nın yegâne serveti tarımdır ve savaşlarda gerekli olan parasal kaynak tarım olmuştur. Özellikle 1. Dünya Savaşı'nda erkeklerin çoğunun savaşa alınmasıyla tarımsal üretim sekteye uğramıştır. Yine Cumhuriyet döneminin ilk yıllarındaki Kurtuluş Savaşlarının finansal kaynağı ve insan kaynağının %70'den fazlası tarım sektöründen karşılanmıştır. Üstüne üstlük savaşın tarıma fiziki tahriplerinin giderilmesi de uzun yılları alacak büyüklükte idi. Osmanlı dönemindeki aşar vergisi cumhuriyet döneminde kaldırılmıştır ancak ağnam vergisinin dört kat alınması kanunlaşmıştır (Metintaş & Kayıran, 2016).

Anadolu'da tarım, ekonomik açıdan her geçen yıl önemi azalan sektör olmuştur. Yerleşik hayatın kanıtı olan tarım, Selçuklular zamanında



özellikle dokumacılığın gelişmesi ile ipek kumaşlar ve halı dokumacılık konusunda çağına göre ileri seviyelerde idi. Buna bağlı olarak halı, dokuma ve boyama endüstrisi geliştiğinden özellikle tiftik hayvancılığındaki gelişme, bu çağlarda doğal olarak yaşanmıştır. Bu sayede özellikle tiftik ve dericilikten dolayı hayvancılık ivme kazanmıştır. Osmanlı döneminde kayıtlı nüfusun %80-90'ının tarımsal uğraşlarla işteğal ettiğiyazılmıştır (Yavuz, 2005). Tarım her ne kadar yaşamın idamesi için gerekli olan gıda ihtiyacını karşılaması, istihdam yaratması, endüstriye hammadde temin etmesi ve ihracattaki kalemlerinin ekonomiyekazandırmasıyla ülkemiz için büyük ve emsalsiz öneme sahip olsa da maalesef Cumhuriyet dönemindeki ülke ekonomisindeki yeri gerilere gitmiştir. Cumhuriyetin ilk yıllarında tarımın Gayri Safi Milli Hasıladaki (GSMH) payı yaklaşık olarak %43 iken, bu rakam 1970'lerde %36'a, 1980'li yıllarda %25'e, 1990'larda %16'a ve 2000'li yıllarda %13.5'e ve nihayet 2019 yılında ise tarihinin en düşük seviyesine %6.4'e kadar gerilemiştir. Avrupa, Çin ve ABD gibi ekonomik olarak ön planda duran ülkelerde de tarımın GSMH'daki payı düşük seviyelerdedir. Avrupa'da tarım sektörünün GSMH'daki payı %1.3 ABD'nin %1.6 ve Çin'in %7.1'dir.

Ülkemizde tarımın istihdamdaki payı da GSMH'daki durumuna ve gelişmiş ülkelerin istatistikleri ile paralellik göstermiştir; 1923 verilerine göre tarımın istihdamdaki payı %89.9 (Sengul & Üngör, 2011) iken 2020 yılında bu oran %18.02 (URL-1) olmuştur. 1927 yılında ABD'de %23.3 iken (2020 yılında %5.2), 1964 yılında Japonya'da %22.8 (2020 yılında %3.4) olarak kaydedilmiştir. İsveç'te

tarımın istihdamdaki payı 1946 yılında %23.3 (2020 yılında %1.6) olarak saptanmıştır (Sengul & Üngör, 2012).

Tarım sektörünün büyüme hızı ise hem ülkemizde hem de gelişmiş ülkelerde artmaktadır. 1988 ile 2002 diliminde tarım sektörü ortalama olarak %1.1 oranına büyümüştür (Miran, 2008). 2015-2019 dilimleri arasında ise ortalama olarak tarım sektörü %3.8 büyüme gösterdiği halde genel büyüme rakamından (%4.1) daha düşük seviyede bulunmuştur (URL-2). Bununla birlikte 2017-2020 yılı tarımda ihracatın ithalatı karşılama oranı %59.51'dir (TÜİK, 2021). Teknolojik tarım argümanları ile bu oran hızla yükselecektir. Bunun için tarımın her biriminde katma değeri yüksek çıktılarının üretilmesi gerekmektedir. Ülkemiz, teknolojinin biçimlendirdiği tarımsal gerçeklik karşısında pahalı da olsa çağa ayak uydurmaya gayret göstermektedir.

GSMH rakamlarına ve istihdamdaki payına göre ekonomideki payı hızla gerileyen tarımın, hayattaki rolü ise sağlıklı beslenme anlayışının artması, dünya çapında nüfusun çoğalması, doğal (kuraklık, hastalık vb.) veya yapay (savaş, kimyasal kazalar vb.) afetler vb. durumlarda ise emsalsiz bir değere sahip olduğu tekrar tekrar daha iyi anlaşılmaktadır.

Tarım, tarif edilirken çok fonksiyonlu olması gerekiyormuşçasına asli ve aziz görevi olan gıda üretiminin dışında ayrıca toplumlara istihdam yaratmalı, devletlere nüfusunu beslemek yetmiyormuşçasına, kalkınması için el atılması gereken kurumlarına sermaye ve hammadde sağlamalı, sanayiye de ne üretmesi gerektiği konusunda ilham vermeli, sosyal olarak mesire alanları yaratmalı, toplum psikolojisine katkıda bulunmalı ve bunları yaparken uluslararası geri itilmişliğine aldırış

etmeden, ekolojinin de bozulmasında payı olduğu konusundaki iddialara da aldırış etmeden ve hatta kutsal görevini yerine getiren çalışanlarının ulaşım, sağlık, eğitim vb. hayati sorunlarına da kendisi çözüm bulmalıdır!? Dünyada, ülkelerin büyük çoğunluğunun şimdiki durumlarını tarıma borçlu oldukları halde, kaçınılmaz yeni bir kaos (ekonomik, sosyal vb.) ortamında darbeyi vuracakları yegâne sektör yine tarım olacaktır. Bilişim, hizmet, savunma sanayilerin tümü gardını düşürdüğünde veya bulaşanların %97.7'sinin dahi iyileştiği pandemiler döneminde dahi evde ekmek yapmaya, bulgur, kuru gıda, bağışıklığı arttırıcı başta probiyotikler olmak üzere fonksiyonlu gıdalarıyla hayata tutunuyorlar. Zira hayatın para birimi gıdadır (Shiva, 2021). Gıdayı da tarım sektörü üretmektedir. Bununla birlikte dünya genelinde devletlerin eski konumunda büyük şirketler yer alarak her bir sektörde farklı birer enstrümantal görevi yerine getirmeye, devletler arası soğuksıcak savaşlarda gerekli olan yeniliklerin yaratılması için konumlanmış vaziyettedirler. Büyük buhranlar veya doğal afetlerde topyekûn değil yeterli ama kalifiye (her devletin ölçüsüne göre) kurtuluş mantığıyla en az gelecek 50 yıllık planlar kurgulanmış gibi rahat duruyorlar. Doğa da bir o kadar rahat zira gerekirse bir milyon yıl daha buzul veya her neyse yaşar ama kendini tımar etmesini ve yeni koşullarında uyum sağlayanlarla devinime devam edebilecek yetidedir.

Dünya genelinde vazgeçilmez konuma sahip tarım, aşırı liberal ülkelerde bile daha çok teknolojik ürünlerin pazarı konumuna indirgenerek sıkı kontrol altına alınmıştır. Teknolojik gelişmelerin

hedefinde bulunan tarım, bilindik ilgiye muhtaç halde neredeyse diğer sektörlerin krikosu olarak kullanılmaktadır.

Oysa tüm sektörler özellikle ekonomik olarak birbirine bağıdırlar. Talebi karşılayacak kadar üretim dahi sanayi ürünlerinin azlığı karşısında gerçek değerini bulamayacaktır. Yeteri sanayi ürünü de olumsuz tarım üretimi ortamından olumsuz yönden etkilenecektir.

Tarımın asıl sorunu kendi içerisinde. Üreticiler arasında olmayan dürüst dayanışma tarıma her dönem zarar vermiştir. A.B.D. ve Şili'deki devlet ve büyük şirketlere karşı avokado üreticilerin sözüm ona su probleminden dolayı geldikleri son durum, geçmiş dönemlerdeki problemlerin çağdaşı olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak düşük üretim zamanlarında üreticinin çok çok fahiş fiyatlarla pazarda sahne alması kendisine yapılarına cevap niteliğinden olmasından çok fırsatçılıktır. Serbest piyasa ekonomisini sürdüren devletler, bu koşullarda enflasyonu aşağıda tutmak ve tüketicilerin fahiş fiyatlarla karşı karşıya kalmaması için ithal etmek zorunda bırakılmamalıdır. Kaldı ki, Toprak Mahsulleri Ofisi'nin yükümlülükleri arasında üreticiyi korumanın yanında fiyat kontrolünü sağlamak da bulunmaktadır.

Büyük risklerle yatırımlarını üretime yönlendiren yeni sera üreticilerinin aynı sektördeki daha büyük oluşumlarca önü kesilerek tekelleşmenin hızı arttırılmıştır; 10 TL'lik domates sebzesinin fiyatının Aralık-Ocak döneminde 1 TL'ye büyük şirketlerce halka arz edilmesi ise tüketicinin lehine değil direkt üreticinin dolaylı olarak da tüketicinin aleyhine olmuştur/olacaktır. Şayet üretici hasat ettiği marul sebzesini hal pazarına getirdiğinde eline nakliye parasını dahi karşılamayan bir

ücret verilirse ve sebze üretiminden başka da bilgisi yoksa çocuklarının başka sektörlere kaymasına engel olamayacaktır. Bu durumda diğer sektörler yoğun işçi talebi karşısında bol miktarda düşük ücrete razı çalışan bulabilecektir. Ülkemizde artık herkes biliyor ki tarım sektörü asli görevi olan gıdayı üretmektedir, bu durum ülkeye çok kıymetli kazanımlar sağlamışsa da sektör takdir edilmemiştir maalesef. Yine diğer sektörlerdeki hantallık tarım sektöründeki giderleri yükselterek üreticinin emeğinin gerçek karşılığını almasına engel olmuştur; yağ sanayisinde veya bitki koruma ilaçlarındaki dışa bağımlılık, ülkesini doyura bilen tarım sektörünün frenleyicisi durumuna düşmektedirler.

Cumhuriyetin ilk yıllarında gerçekleştirilen kongre sonuç bölümünde, günümüzde dahi hiç de yabancı olunmayan öneriler arasında **“ziraat teknik elemanlarının, işlerini, görev yaptıkları yerde değil, eğitimlerini aldıkları okullarda öğrenmelidir”** bulunması büyük şaşkınlık yaratmış olmalıdır.

Ortakçılık, her ne kadar hem manevi hem de hukuki olarak düzenlemeye sahip ise de tarım sektöründeki ortaklıktan şikâyet asırlardır devam etmektedir.

Gerçek tüketicilerle köylüler arasındaki statü çizgisinin belirgin bir şekilde olduğu yıllarda ve tersi durumlarda dahi hem kültürel hem de ekonomik olarak durum köylü kesiminin menfaatine olmamıştır. Baskın olduğu yerde dahi, daha çok duyguları ve hırslarıyla hareket ettiğinden dolayı kendisinin dışındaki yöneticiliklere muhtaç olmuştur maalesef.

Gerçeklik her alanda gerekli olduğu kadar tarım mesleğinde olduğu kadar çok derinden kendini hissettirmemiştir herhalde. Haklı olarak hızla ileriye koşan medeniyetleri yakalama çabası, sahadaki gerçekliğimizle her ne kadar uyumlu olmazsa da çağı yakalamak adına tarımdaki gelişmeleri kuyruğundan tutmamız da bence büyük başarıdır. Aksi takdirde ne olacağını kestirmek de oldukça zordur.

Gerek tütün ve gerekse fındıkla başlayan dünyaya hâkim ülke çizgisinde üretim politikası, eski koşullarda darboğazları aşmak için kullanılmış yol olup sadece günü kurtarmıştır. Mevcut sorunlarına çözüm olarak iyi niyetle buldukları çözüm yoluna üretici adaptasyonu doğal olarak sağlanamamıştır. Sadece yol gösteren ülkelerin direkt menfaatine gözükmeyen çözüm yolları (zeytin üreticilerin zeytinyağı fabrikalarının inisiyatifine bağlanması) da büyük çoğunluğu köylü olan üreticiye yaramamıştır. Zira fiyat belirlerken borçlu olduğu veya ürününü satmak zorunda olduğu sermaye sahibinin üstünde bir söz hakkı olamayacaktır çünkü tekrar kredi-borç alacağı merci aynı yer olacaktır. Üretim açısından faiz yüksekliğinin zararlarını Anadolu köylüsü-üreticisi, bizzat elindeki üretim sahasını kaybederek de yaşamıştır.

Ülkemizde yaşanmış/yaşanan gerek kırsal kesimdeki nüfus azalması ve gerekse GSYH'deki tarım sektörü payının düşmesi dünyada yaşananlarla paralellik göstermektedir. Ancak ülkemizde çok büyük düşüşler yaşanmışken diğer ülkelerde bu tür bir düşüş saptanmamıştır. Örneğin Almanya tarım sektörünün 2000 yılındaki GSYH'deki payı %0.99 iken 2019 yılında %0.7 oranına gerilemiştir. Ülkemizde 1960

yılında bu oran % 54.92 iken, 2000 yılında %10.08 ve 2019 yılında %6.4'e düşmüştür. Aynı oran ABD'de 2000 yılında %1.15 iken 2018 yılında %0.9'a gerilemiştir (Dünya Bankası, 2021).

Dünyada en fazla Doğu Afrika'da (%30.9) en düşük Kuzey Amerika ve Avrupa'da (%2.5'den az) olmak üzere yetersiz beslenme mevcuttur (FAO, 2018). FAO (2017) verilerine göre dünyada yetersiz beslenme oranı %10.8 olmuştur.

1980-2017 yılları arasında ihracatçı ve ithalatçı ilk 15 ülke arasında ihracatta Çin söz konusu dönem arasında ihracatını (%1782) ve ithalatını (%2783) en fazla arttıran ülke konumunda olmuştur. Bu ülkeler arasında ve ihracat oranlarına göre en son sırada Belçika<sup>1</sup> (%246), ithalat oranına göre ise Rusya<sup>2</sup> (%164) yer almıştır. Dünya Ticaret Örgütü'nün 2010-2017 dönem verilerine göre Hollanda, ihracat ithalat dengesi en istikrarlı olan ülke olarak saptanmıştır. İtalya ve Rusya ise pozitif yönde denge sağlayan ülkeler olmuştur. ABD'nin ise ithalat ihracat dengesi negatif yönde gelişmektedir (WTO, 2018).

## SONUÇ

Kırsal alanlar boş kaldıkça yatırımların oralara gitme olasılığı düşeceği gibi elbette üretim de ilgisizlikten dolayı düşecektir. Ormancılık ve Tabiat Turizmi İhtisaslaşma Stratejik yol haritası vb. geliştirilen çözüme yönelik çabalar ne kadar etkili olur? Bu konuda çok çok umutlu olmak bile yeterli olacak mı?

---

<sup>1</sup> Belçika verileri 2000-2017 dönemine aittir.

<sup>2</sup> Rusya verileri 1995-2017 dönemine aittir.

Tekelleşmenin önüne geçebilmek için küçük aile işletmeleri desteklenmelidir. Büyük çiftliklerde verimli üretim yapıldığı iddiaları pek gerçeğe yakın değil zira verimlilik karşılaştırılmaları yapılırken endüstriyel çiftliklerin ucuz ve vatandaştan alınan vergilerle ödenen işçi sağlık giderleriyle, küçük işletmelere tahakkuk eden gerçek işçi giderleri aynı kefedede düşünülerek yapılmıştır. Bir tarafta birtakım vergiler yoluyla bazı giderleri karşılanan endüstriyel işletmeler; diğer tarafta ise bu giderleri kendi imkânlarıyla karşılamaya çalışan ve sonuç olarak verimsiz olarak nitelendirilen küçük çiftlikler...

Türkiye’de tarımsal sorunlar dendiğinde ilk akla gelen şeylerden biri aile işletmeciliği ve küçük işletmeler oluyor. Aslında temelde sorun olarak görmemiz ve çözmemiz gereken şey işletmelerin küçüklüğü değil, örgütlenme, kooperatifleşme, pozitif rekabetin ve işbirliğinin yetersizliği olması, altyapı sorunları ve üretim maliyetleriyle ilgili dezavantajlardır. Bizim gibi ülkelerde bu problemin toplumsal yönünü de düşünmek zorundayız. Küçük aile işletmeleri faaliyet dışı kaldığında kırsal bölgeler boşalmakta, kente gelen her insana sanayi ve hizmet sektöründe yeterli iş sağlanamadığı için yoksulluk ve işsizlik de artmaktadır. Onun için küçük ölçekli işletmelerin devamlılıkları için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Önceki dönemlerde Anadolu’da, ekonomik buhran döneminde çiftçilik terkedilmeye başlanmış, geçimlerini sağlayamayan çiftçiler, alım güçleri azalması bir tarafa borçlarını ödeyemez olmuştur. Küçük çiftçiler ürünlerini pazarlamada güçlükler yaşamış, aracılardan ve borçlarından dolayı da tefecilerin insafına kalmışlardır. Çoğu çiftçi



varlık mücadelesi vermiştir. 1920'lerin başında azınlıklardan kalan arazilerin sahiplenilmesi, kullanılan tarımsal krediler büyük çiftlik sahipliğini güçlendirmiştir. 1930'larda yürütülen politikalarla köylü maddi kayıplara uğramış, büyük arazi sahipleri zor durumdaki köylülerden arazilerini ucuza satın almış, daha da güçlü duruma gelmişlerdir. Görevi, köylüyü finanse etmek olan Ziraat Bankası köylü yerine büyük çiftlikler, çay üretim alanları, şarap fabrikaları gibi kesimlere kredi vermeyi tercih etmiştir. İkinci Dünya Savaşı sonrasında iç ticaret hadlerinin tarım lehine dönmesiyle büyük arazi sahiplerinin birikimi daha da değerlenmiştir.

Temelde tarımsal işletmeler aynı zamanda ekonomik birer birim olmakla birlikte; söz konusu olan işletme, aile çiftçiliği yapan küçük bir işletme olunca içinde barındırdığı insan faktörü ön plana çıkmaktadır. Genelde aile işletmelerinin hayatı tarımsal faaliyetlerinin etrafında şekillenir, arazileri, gelirleri ve üretim potansiyelleri belli bir büyüklüğün altındadır ve sıklıkla işgücü aile bireylerinden karşılanır. Geçimlerini sağlamaları, hayatlarını idame ettirmeleri tarım ve hayvancılığa bağlıdır. Aile çiftliklerinin sürekliliğinin sağlanması birçok ekonomik, demografik, çevresel ve sosyolojik sebep dışında etik olarak da desteklenmesi gereken bir durumdur. Aksi takdirde şartların eşitsizliğinden dolayı *sosyal adaletten* bahsetmek mümkün olmayacaktır. Ayrıca küçük aile çiftçiliği tarımsal biyoçeşitlilik, geleneksel tarım ürünleri için gen kaynaklarının çeşitliliği ve korunması gibi hayati noktalarda da kilit rolde bulunmaktadır aslında. Günümüzde başta A.B.D. olmak üzere aile çiftliklerinin yok olmaması,

devamlılıklarının sağlanması için tarım bütçelerinden her sene oldukça fazla kaynak kullanılmaktadır. Tarımda ve kırsalda varlıklarını koruyabilmeleri adına aile çiftçiliğiyle uğraşanların eğitim, ulaşım, imkânları, tarımsal girdi maliyetinin düşürülmesi, pazar bulma, sosyal yaşam koşullarının düzeltilmesi ve adaletin sağlanması gibi birçok önlem alınarak insanların yerini yurdunu terk edip kente-kör betonlara göçünün önüne geçilmelidir.

Konvansiyel tarım diye tabir edilen tarım bir zamanlar şimdiki Organik-Ekolojik-Biyolojik tarım için kullanılırken ve tabir edilirken, şimdi konvansiyel tarım endüstriyel tarım olarak anılmakta ve adlandırıldığı tarım sistemiyle (organik-50-60 yıllık tecrübelerin aktarılmasından oluşmuştu) zıt anlamda kullanılmaktadır ve sürdürülebilirlikten uzaklaştığından dolayı da yeni bir sistem olarak sürdürülebilir tarım diye yeni bir tarım sistemi çözüm yolu olarak sunulmaktadır. Oysa serbest piyasa ekonomisi demek plansızlık demek değildir. İnsanların ihtiyaçları sonsuz, buna mukabil kaynaklarımız sınırlıdır. Tarım arazileri tarım dışında kullanılmamalıdır. Anadolu köylü/üreticisinin veya kırsal kesimin kendi eliyle yaşadığı mağduriyetlerden bir örnek vermek gerekirse; yanlış teşhislerle, atadan babadan gördükleriyle yürütülen tarımın, verimde azalmaların nedeni gösterilerek, bu durumdakilerin aşağılanmaları neticesinde üreticiler küçümsenerek demode yaftası ile yaftalanılıyor, bölgeler arasındaki ekonomik geri kalmışlığın en büyük göstergeleri arasında suni gübre ve ilaçların kullanılmaması gösterilmekteyken, yeni nesil elbette kendini ispatlamak veya yanlış (!) devam ettirmemek adına veya söyleneni

doğru kabul ederek veya atasının hatasına düşmemek adına hızla yeşil devrim yolunda ilerlemiştir. Sonra “*babam haklıydı*” dediğinde en az 30 yıl geçmiş ve toprak iflah olmayacak kadar uzaklaşmıştır kendisinden. Yerel genotipler ise milyonlarca karakter arasında bir yerlere sıkışmıştır, geri getirilmesi büyük sermaye, emek ve zaman gerekecektir artık.

Değil Anadolu’da her yerde, *Tarım sadece şimdiye hizmet etmemelidir*; geleceği düşünmeden, toprak ve su gibi kaynakların bilinçsizce kirletilip tüketilmesi, dolayısıyla ekosistemin bozulup biyoçeşitliliğin azalması gibi problemler nedeniyle gıda üretiminin tehlike altına girmesi sonraki nesillerin hakkının gasp edilmesidir.

Dundon (2003)’ün belirttiği *Altın Kural*; **“Uzayda olduğu kadar zamanda da bizden uzak olan insanların olduğunun farkına varılmasıdır”.**

## KAYNAKLAR

- Dinler, Z. (1996). Tarım Ekonomisi. IV. Basım, Ekin Yayınları, Bursa.
- Dundon, S.J. (2003). Agricultural ethics and multifunctionality are unavoidable. *Plant Physiology*, 133(2): 427-437.
- Dünya Bankası, (2021).  
<https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS> (Erişim Tarihi: 31.05.2022)
- FAO (2017). <https://www.fao.org/home/en/> (Erişim Tarihi: 18.05.2021)
- FAO (2018). <https://www.fao.org/> (Erişim Tarihi: 18.05.2021)
- Metintaş, M.Y. & Kayıran, M. (2016). 1929 Dünya ekonomik krizinin Türk tarımına etkileri ve 1931 Birinci Türkiye Ziraat Kongresi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (23): 33-82.
- Miran, C.G.B. (2008). Çiftçilerin temel işletmecilik kararlarının öncelik ve destek alma açısından analizi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 67-80.
- Sengul, G. & Üngör, M. (2012). Increasing share of agriculture in employment in the time of crisis: Puzzle or not? *Review of Middle East Economics and Finance*, 7(3): 1-32.
- Shiva, V. (2021). Cocreating Responsible Food and Agriculture Systems. In *Rethinking Food and Agriculture*. Woodhead Publishing. p. 413-418.
- TUİK (2021). <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim Tarihi: 16.05.2022)
- WTO (2018). <https://www.wto.org/>. (Erişim Tarihi: 18.05.2021)
- Yavuz, F. (2005). Türkiye’de Tarım. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayınları, Ankara. 1, 252.
- URL-1. <https://tradingeconomics.com> (Erişim Tarihi 31.05.2022)
- URL-2. [www.aa.com.tr/tr/ekonomi/tarim-sektoru](http://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/tarim-sektoru) (Erişim Tarihi: 31.05.2022)



## BÖLÜM 3

### TOPRAKSIZ TARIMDA BİTKİ BESLEME UYGULAMALARI

Doç. Dr. İlker SÖNMEZ<sup>1\*</sup>

Prof. Dr. Sahriye SÖNMEZ<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya-Türkiye. ilkersonmez@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7264-7805

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya-Türkiye. ssonmez@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2753-229



## GİRİŞ

Tarım alanlarının elverişsizliği, toprak kökenli hastalık etmenlerinin tarımda sürdürülebilirliği olumsuz etkilemesi, mevcut alanların sanayileşme ve kentleşme baskısıyla azalması, birim alandan daha düşük verim eldesi, endüstriyel tarımın ivme kazanması gibi birçok etken topraklı tarım yetiştiriciliğinin yerini “Topraksız Tarım” tekniklerinin artmasına neden olmaktadır. Özellikle endüstriyel tarımın ivme kazanarak gelişimini sürdürmesi nedeniyle verim ve ekonomik karlılığın daha yüksek olduğu topraksız tarım yönteminin öne çıkmasını sağlamıştır. Tüm dünyada kuraklık ve susuzluğun olumsuz etkilerinden dolayı kısıtlı sulama uygulamalarının gelecekte tarımsal yetiştiricilikte önemli bir yer tutması muhtemel görünmektedir. Bu kapsamda topraksız yetiştiricilik yöntemleri suyu daha ekonomik kullanan ve verimliliği yüksek bir tarım modeli olarak varlığını sürdürecektir. Topraksız tarım tekniklerinde farklı sulama yöntemleri ve farklı yetiştirme ortamları kullanılırken hepsinde ortak olan bitki besleme ve gübreleme uygulamalarının diğer tarım yöntemlerinde olduğu gibi bitki gelişmesi için gereken besin elementlerinin sağlanması gerekmektedir. Kullanılan teknik veya ortamın özellikleri bitki besleme pratiklerinin farklılaşmasına neden olabilmekte birlikte toprak faktörünün olmaması bu uygulamaların daha özenli ve bilgiye dayalı olarak gerçekleşmesini zorunlu kılmaktadır.

### 1. TOPRAKSIZ TARIMDA BİTKİ BESLEMENİN ÖNEMİ

Topraksız tarımda bitki besleme uygulamaları diğer tarım yöntemlerine göre farklı olarak gerçekleşmektedir. Özellikle toprak faktörünün bu



yöntemde bulunmaması nedeniyle toprakta oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişim ve dönüşümlerin etkileri gerçekleşmediği için uygulama pratikleri farklılaşmaktadır. Örneğin toprak organik maddesinin topraktaki ayrışma süreçleri toprağın verimlilik özelliklerini ve besin kapsamlarını artırırken bu etkilerin topraksız tarımda gerçekleşmemesi nedeniyle sadece kullanılacak ortam özellikleri dikkate alınmaktadır. Topraksız tarımda bitki başına kullanılacak yetiştirme ortamı miktarı sınırlı olup bu ortamların büyük çoğunluğunda katyon değişim kapasitesi düşüktür. Bu nedenle bitkilerin besin alımları ve kontrolü büyük önem taşımaktadır ve suda çözünürlüğü yüksek olan kaliteli gübrelerin kullanımı bu kapsamda büyük önem taşımaktadır (Gül, 2008). Yetiştiriciliği yapılan bitkilerin yetiştirme ortamından alacakları besin elementleri ortamda bulunmadığı için topraksız tarımda verilmesi gereken besin elementlerinin tamamı suda çözülmüş olarak yapılacak sulamalarla sağlanmalıdır. Bitkilerin optimum gelişebilmeleri için bu besin elementlerine tepkileri oldukça hızlı olup verilen besin elementlerinin eksiklik ve fazlalıklarının olumsuz etkileri hızlı bir şekilde ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle topraksız tarımda bitki besleme yönetimi bilgi ve tecrübeyi önceleyen, her türlü analiz ve ölçümlerin kullanıldığı modern bir tarım tekniği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bitkilerin gelişmesi ve metabolik işlemlerde kullanılması için gereksinim duydukları mutlak gerekli olan elementler “Bitki Besin Elementi” olarak ifade edilmektedir ve bu elementler bitkiler tarafından tüketimlerine göre makro ve mikro elementler olarak iki kısma

ayrılırlar. Makro besin elementleri bitkiler tarafından nispeten daha fazla ihtiyaç duyulan, mikro besin elementler ise oransal olarak daha az ihtiyaç duyulan ve bitki bünyesinde daha az oranda bulunan elementlerdir (Karaman, 2012). Topraksız tarımda bitki beslemede temel esas topraklı yetiştiricilikle aynı olup bitkilerin ihtiyaç duydukları besin maddelerinin sağlanması esasına dayanmaktadır. Bu kapsamda mutlak gerekli besin elementlerinin bitki gelişimini sağlamak için toprak alternatifi ortamlarda veya sulama tekniklerinde bitkilere su içerisinde çözülmüş halde verilmesi gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken hususlar besin elementlerinin birbirleriyle olan etkileşimlerinin bilinmesi ve bitkilerin ihtiyaç duydukları dönemlerde bu besin elementlerinin bitkilere verilmesidir.

## **2. TOPRAKSIZ TARIMDA BESİN ÇÖZELTİLERİ**

Topraksız tarımda bitki besleme yönetimi, özellikle besin çözeltisi hacmini ve besin bileşimini kontrol etmede, bitki gereksinimlerini karşılamada, verimin artırılmasında, gübre kullanım değerleri ve kirliliğin azaltılmasında önemli bir parametredir (Dufour & Guerin, 2005). Topraksız yetiştiricilikte bitki ihtiyacına göre yetiştirme ortamlarında bulunması gerekli besin elementi miktarını ayarlamak önemli bir avantajdır. Bitkilerin besin elementlerine olan ihtiyaçları gelişme dönemlerine göre değişkenlik göstermektedir. Topraksız tarımda bitkiler için mutlak gerekli besin elementlerini bitkilerin ihtiyaç duyduğu oranda ve miktarda içeren çözeltilere “Besin Çözeltileri-Besin Solusyonları” adı verilir (Güneş ve ark., 2012).

Bitkisel üretimde özellikle topraksız tarımda kullanılacak optimum besin çözeltisi formülasyonunun belirlenmesinde; yetiştirilecek bitkilerin türleri ve çeşitleri, bitkilerin gelişme evresi, bitkilerin hasat edilerek değerlendirilen kısımları, yetiştiricilik dönemi iklimsel özellikleri (gün uzunluğu, sıcaklık, ışık yoğunluğu, güneşlenme süresi) gibi önemli çevresel faktörler etki etmektedir (Resh, 1991; Sevgican, 1999). Kuşkusuz topraksız tarımda besin çözeltisi hazırlamada kullanılacak materyallerde kullanılacak su ve gübreler önemli rol oynamaktadır. Kullanılacak suyun kalitesi besin çözeltisini ve bitki gelişiminin etkinliğini belirlemektedir. Bu kapsamda kaliteli su kaynaklarına ihtiyaç söz konusudur ve bu su kaynaklarının kullanımları zorunludur.

### **2.1. Su Kalitesi**

Su kalitesi topraksız tarımın verimliliğini belirleyen en önemli faktörlerin başında gelmektedir (Çizelge 1). Topraksız tarımda kullanılacak su kaynakları üretim yapılan yörelerdeki yeraltı su potansiyelleri, yörenin şebeke suyu kaynakları ve yüzey akışa sahip akan sulardan temin edilebilmektedir. Besin çözeltisi ve sulamada kullanılacak suların mikrobiyal olarak steril olması ve içerisinde bulunan mineraller bakımından yetiştiricilikte sorun oluşturmayacak özelliklerde olması istenir. Bu kapsamda sudan kaynaklanacak kirlilik unsurlarının giderilmesi için filtreleme ve dezenfeksiyon işlemleri gerekiyorsa bu işlemlerin daha önceden yapılması zorunludur. Besin çözeltilerinde kullanılacak sulama sularında sulama suyu sınıflandırmalarında belirtilen ve kalite bakımından 1. ve 2. sınıf suların

kullanımı tavsiye edilir. 1. sınıf sulama sularının EC değeri 0,5 mS/cm, sodyum içeriği 30, klor içeriği 50 ve sülfat içeriği 100 mg kg<sup>-1</sup> düzeyindedir. 2. sınıf sularında ise EC: 0,5-1 mS cm<sup>-1</sup>, Na:30-60 mg kg<sup>-1</sup>, Cl:50-100 mg kg<sup>-1</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:100-200 mg kg<sup>-1</sup> aralığındadır. 1. sınıf ve 2. sınıf sulama sularındaki azot, fosfor, potasyum, demir ve alüminyumun 5 mg kg<sup>-1</sup>, kalsiyum 120 mg kg<sup>-1</sup>, magnezyum 25 mg kg<sup>-1</sup>, bor ve çinkonun 0.5 mg kg<sup>-1</sup>, mangan ve florun 1 mg kg<sup>-1</sup>, bakırın 0.2 mg kg<sup>-1</sup> ve molibdenin 0.02 mg kg<sup>-1</sup> değerlerini aşmaması gerekmektedir. Ayrıca sulama sularının pH'sı 5-7 arasında olması tavsiye edilmektedir (Varış, 1991). Topraksız üretimde, 5.6 ile 6.8 arasında bir sulama suyu pH aralığı gerekli iken bazı bitkiler için daha düşük pH seviyelerinin bile gerekli olduğu belirtilmiştir (Raviv & Lieth, 2008). Sulama sularında besin ve mineral düzeyleri analizlerle kontrol edilmeli, suyun içerdiği iyonlar besin çözeltisi hazırlanırken verilmesi gereken değerlerden çıkarılmalıdır. Burada demirde istisnai bir durum mevcuttur ve demir alınmaz forma Fe(OH)<sub>3</sub> dönüşür. Sularında bulunan bikarbonatlar (HCO<sub>3</sub>) bir bitki besin maddesi olmamasına rağmen besin çözeltisi hazırlığında hesaplamalarda dikkate alınmalıdır. HCO<sub>3</sub> birikimi pH'ı önemli ölçüde artırır ve bu nedenle asitlerle nötrale edilmelidir (Kreij ve ark., 2013). Çizelge 1'de topraksız kültürde besin çözeltisi için kullanılacak sulara aranan kalite özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 1:** Topraksız Kültürde Besin Çözeltisi İçin Kullanılacak Sularda Aranılan Kalite Özellikleri (Benoit, 1992)

Element	Maksimum Değerler	
	mmol l <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
Sodyum (Na <sup>+</sup> )	<0.5	<11.5
Klor (Cl <sup>-</sup> )	<1.0	<35.5
Kalsiyum (Ca <sup>+2</sup> )	<2.0	<80.2
Magnezyum (Mg <sup>+2</sup> )	<0.5	<12.2
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )	<0.5	<48.1
Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> )	<4.0	<244.0
	µmol L <sup>-1</sup>	µg L <sup>-1</sup>
Demir (Fe <sup>+2</sup> )	<0.5	<28.0
Manganez (Mn <sup>+2</sup> )	<10.0	<549.0
Bakır (Cu <sup>+2</sup> )	<1.0	<63.5
Çinko (Zn <sup>+2</sup> )	<5.0	<327.0
Bor (B <sup>-3</sup> )	<25.0	<270.0
Flor (F <sup>-</sup> )	<25.0	<475.0
EC (mS/cm) 25°C	<0.5	

## 2.2. Besin Çözeltilerinde pH

Besin elementleri çözelti pH'ı ile farklı etkileşimlere maruz kalabilmekte birlikte besin elementlerinin bitkiler tarafından alınmaları pH'ya bağlı olarak değişebilmektedir. Bitkiler genellikle 5-7 aralığındaki pH değerlerinde normal gelişme gösterirler. pH:4'ün altına düştüğünde ve 8'in üzerine çıktığında gelişmenin yavaşlayarak bitkilerin ölümünün gerçekleştiği görülmektedir. Çözelti pH'sı 5 in altında katyon alımı, 7'nin üzerinde ise anyon alımı engellenmeye

başlamaktadır. Sera ürünlerinin besin çözeltisinde pH genellikle 5.5-6.5 arasında tutulması gerekir (Trejo-Téllez & Gómez-Merino, 2012). Besin çözeltilerinin pH değerleri alkaliler veya asitlerin ilave edilmesiyle kontrol altına alınabilir. Çözelti pH'larının yükseltilmesi için genelde sodyum hidroksit veya potasyum hidroksit, düşürülmesi için sülfürik asit, nitrik asit, fosforik asit veya hidroklorik asit kullanılır. Sülfürik asit ve nitrik asit çok aşındırıcı oldukları ve seyreltikten sonra kullanılmalrı daha uygundur. Hidroponik ortamda yetiştirilen bazı sebzeler için ideal EC ve pH değerleri Çizelge 2'de görülmektedir.

**Çizelge 2:** Hidroponik Ürünlerde Yetiştirilen Sebzeler İçin Optimum EC ve pH Değerleri Aralığı (Sharma ve ark., 2019)

Ürün	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH
Fasulye	2.0-4.0	6.0
Brokoli	2.8-3.5	6.0-6.8
Lahana	2.5-3.0	6.5-7.0
Kereviz	1.8-2.4	6.5
Hıyar	1.7-2.0	5.0-5.5
Patlıcan	2.5-3.5	6.0
Pırasa	1.4-1.8	6.5-7.0
Marul	1.2-1.8	6.0-7.0
Biber	0.8-1.8	5.5-6.0
Ispanak	1.8-2.3	6.0-7.0
Domates	2.0-4.0	6.0-6.5

### 2.3. Besin Çözeltilerinde EC (Elektriksel İletkenlik)

Besin çözeltilerinde EC değerleri verimliliği ve gübre tüketimini doğrudan etkileyen önemli faktörlerdendir. EC, besin çözeltilerindeki eriyebilir tuz miktarını ifade etmektedir ve bu eriyebilir tuzların kaynağını suda çözünen gübreler oluşturmaktadır. Bitkilerin EC değerlerine karşı dirençleri farklılık göstermekte olup EC değerlerinin yüksekliği bitkilerin tuz stresine maruz kalmasını sağlamakta ve oluşan

osmotik basınç etkisiyle verimlilik değerlerinde düşüşler gözlenmektedir. İdeal EC, her bitki için özeldir ve çevresel koşullara bağlıdır (Sonneveld & Voogt, 2009); ancak hidroponik sistemler için EC değerleri genel olarak 1.5-2.5 dS m<sup>-1</sup> aralığındadır. Daha yüksek EC, ozmotik basıncı artırarak besin alımını engellerken, düşük EC düşük besin girdisi nedeniyle bitki sağlığını ve verimini ciddi şekilde etkileyebilir (Samarakoon ve ark., 2006). Su alımındaki azalma, EC ile güçlü ve doğrusal olarak ilişkilidir (Dalton ve ark., 1997).

Genelde substrat kültüründe, iyi bir bitki gelişimi için kök bölgesinde elektriksel iletkenlik değerinin 1.5 dS m<sup>-1</sup> düzeyinde olması yeterli olarak belirtilmektedir. Kök bölgesinde toplam element konsantrasyonunun 1.5 dS m<sup>-1</sup> civarında olması yüksek verim hedeflerine ulaşmayı mümkün kılmakta ancak kalitenin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir. Özellikle meyvesi tüketilen türlerde kök bölgesinde EC değerinin 3.0-4.0 dS m<sup>-1</sup> düzeyinde olması tavsiye edilmektedir (Gül, 2008). Bitkilerin gelişme dönemlerinde çözelti EC değeri sürekli kontrol edilmeli, terleme ile su kaybının yüksek olduğu zamanlarda EC değerlerinin yükselmesi durumunda çözelti sulandırılarak veya besin maddesi tüketiminin yoğun olduğu zamanlarda besin çözeltisi ilave edilerek olası eksiklikler giderilmektedir (Güneş ve ark., 2012). Bazı bitkiler yüksek EC seviyelerinde gelişmelerini sürdürebilirler ve hatta besin çözeltilerinin EC değerlerinin yüksekliği bazen kaliteyi iyileştirmek için etkili bir araç olarak görev yapabilir (Gruda, 2009). Özellikle çözünebilir katı madde, titre edilebilir asitlik ve kuru madde gibi bazı kalite

parametrelerinin, besin çözeltisinin EC seviyesinin 2 dS m<sup>-1</sup>'den 10 dS m<sup>-1</sup>'e yükseltilmesiyle arttırıldığı görülmüştür (Chadirin ve ark., 2007). Domateste tuzluluğun meyve kalitesi üzerindeki başlıca olumlu etkileri arasında kuru madde içeriğindeki artışlar, şeker içeriği ve meyve suyundaki titre edilebilir asitlik sayılabilir (Schnitzler & Gruda, 2002).

#### **2.4. Besin Çözeltilerinin Sıcaklığı**

İyi bir çözelti sıcaklığı 23-26 °C'ler arasında olup çözelti sıcaklığının 13 °C'nin altına inmesi ve 35 °C'nin üzerine çıkması istenmez. Su kültüründe köklerin bir kısmı veya tamamının besin çözeltisi içinde gelişmesi nedeniyle çözelti sıcaklığının etkisi su kültüründe substrat kültürüne kıyasla daha belirgindir. Besin çözeltisi sıcaklığının etkisi substrat kültüründe, su kültüründe olduğu kadar hızlı bir şekilde ortaya çıkmamakla birlikte, substrat kültüründe de besin çözeltisi sıcaklığı mümkün olduğunca istenen aralıkta tutulmalıdır (Gül, 2008). Çözelti sıcaklığı birkaç önemli değişkeni etkilemektedir. Sudaki oksijen çözünürlüğü sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişmekle birlikte sıcaklık arttıkça azalır ve böylece bitki köklerinde oksijen kullanılabilirliği azalmaya başlar. Çözelti sıcaklığı arttıkça, bitki köklerindeki kimyasal reaksiyonların hızı artar, bu nedenle sıcaklık artışı kaynaklı bitkilerin solunum oranlarında da bir artış olur.

#### **2.5. Besin Çözeltilerinin Oksijen Kapsamı**

Bitki kök bölgesinde, solunum için yeterli oksijenin bulunmaması köklerin hızlı bir şekilde ölümüne neden olmaktadır. 3 mg L<sup>-1</sup>'in üzerindeki oksijen kapsamı besin çözeltisi için yeterlidir. Besin çözeltisindeki oksijen içeriği, çözelti sıcaklığı ve çözeltideki



mikroorganizma miktarından etkilenmektedir. Çözelti sıcaklığındaki artış çözeltinin oksijen içeriğinde azalmaya neden olduğu Çizelge 3’de görülmektedir (Gül, 2008). Besin çözeltisindeki oksijen kapsamı genel olarak 5-8 mg L<sup>-1</sup>’nin altına düşmemesi tavsiye edilmektedir (Güneş ve ark., 2012). Çözelti sıcaklığının azalması çözünmüş oksijen içeriğinde artış sağlar. 22 °C'nin altındaki sıcaklıklarda, besin çözeltisindeki çözünmüş oksijenin, domates bitkilerinde oksijen talebini karşılamaya yeterli olduğu gözlemlenmiştir (Graves, 1983).

**Çizelge 3:** 760 mm Hg Atmosferik Basınçta Saf Sudaki Oksijen Çözünürlüğü (Trejo-Téllez & Gómez-Merino, 2012)

Sıcaklık °C	Oksijen çözünürlüğü mg L <sup>-1</sup> (saf suda)
10	11.29
15	10.08
20	9.09
25	8.26
30	7.56
35	6.95
40	6.41
45	5.93

## 2.6. Besin Çözeltilerinin Hazırlanması ve Örnek Çözeltiler

Bitkilerin gelişebilmeleri için vejetasyon dönemi boyunca ihtiyaç duydukları besin elementi miktarları yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Topraksız tarımda bitkiler tarafından ihtiyaç duyulan besin elementleri sulama suyu içerisinde çözülen gübrelerle sağlanmaktadır. Vejetasyon dönemlerinde tüketim oranları farklılık gösteren bu besin elementleri besin çözeltileri içerisinde bitki kökleri tarafından hemen alınabilir formlarda bulunmaktadır. Topraksız

tarımda besin elementlerinin miktarları yetiştirme ortamına, topraksız tarım tekniğine, bitki türü ve çeşidine ve çevresel etmenlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

**Çizelge 4:** Besin Çözeltileri ve Bitki Dokularındaki Element Konsantrasyonlarının Aralıkları ve Yıllık Tüketim Miktarları (Silber & Bartal, 2008)

Element	Alınabilir form	Besin çözeltisi	Bitki dokusu	Yıllık Tüketim
<b>Makroelementler</b>		<b>mg L<sup>-1</sup></b>	<b>g kg<sup>-1</sup></b>	<b>kg ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup></b>
Kalsiyum (Ca)	Ca <sup>+2</sup>	40–200	2.0–9.4	10–200
Magnezyum (Mg)	Mg <sup>+2</sup>	10–50	1.0–2.1	4–50
Azot (N)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	50–200	10–56	50–300
Fosfor (P)	HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5–50	1.2–5.0	5–50
Potasyum (K)	K <sup>+</sup>	50–200	14–64	40–250
Kükürt (S)	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	5–50	2.8–9.3	6–50
<b>Mikroelementler</b>		<b>mg L<sup>-1</sup></b>	<b>µg g<sup>-1</sup></b>	<b>g ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup></b>
Bor (B)	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , HBO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.1–0.3	1.0–35	50–250
Bakır (Cu)	Cu <sup>+</sup> , Cu <sup>+2</sup>	0.001–0.01	2.3–7.0	33–230
Demir (Fe)	Fe <sup>+3</sup> , Fe <sup>+2</sup>	0.5–3	53–550	100–4000
Mangan (Mn)	Mn <sup>+2</sup>	0.1–1.0	50–250	100–2000
Molibden (Mo)	MoO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0.01–0.1	1.0–2.0	15–30
Çinko (Zn)	Zn <sup>+2</sup>	0.01–0.1	10–100	50–500

Ancak topraksız tarımda bitki ihtiyacına göre verilmesi gereken besin elementlerinin ayarlanabilir olması bitki beslemeyi topraksız tarımda daha avantajlı hale getirmektedir (Çizelge 4).

Topraksız yetiştiricilikte farklı yetiştirme dönemlerinde bitkilerin ihtiyaç duydukları besin elementi miktarları Çizelge 5’de verilmiştir.

**Çizelge 5:** Topraksız Kültürde Gelişme Aşamasında Bazı Bitkiler İçin Tavsiye Edilen Besin Solüsyonları (Raviv & Lieth, 2008)

Gelişme Dönemi Serada Çilek	N	P	K	Ca	Mg
	(mg L <sup>-1</sup> )				
Dikim dönemi	55-60	20-25	45-60	60-70	35-40
Çiçeklenme-İlk meyve oluşumu	70-85	20-25	70-90	100	45
İkinci meyve oluşumu dönemi	80-85	25-30	80-90	100	45
Üçüncü meyve oluşumu dönemi	80-85	25-30	80-90	100	45
Üçüncü meyve oluşumu dönemi	55-60	20-25	55-60	80	35
<b>Serada Yazlık Tatlı Biber</b>					
Dikim-Çiçeklenme arası dönem	50-60	50-60	78-80	-	-
Çiçeklenme-Meyve oluşumu dönemi	80-100	80-100	100-120	-	-
Meyve olgunlaşma-Hasad arası dönem	100-120	100-120	140-160	-	-
Hasad dönemi	130-150	130-150	180-200	-	-
<b>Serada Güzlük-Kışık Domates</b>					
Dikim dönemi	80-90	30-40	120-140	180-220	40-50
Çiçeklenme-Meyve oluşumu dönemi	120-150	30-40	180-220	230-250	40-50
Meyve olgunlaşma-Hasad arası dönem	180-200	30-40	230-250	180-220	40-50
Hasad dönemi	120-150	30-40	180-220	180-220	40-50

Topraksız tarımda besin çözeltilerinin hazırlanmasında dikkate alınması gereken bazı unsurlar bulunmaktadır. Çözelti içerisinde besin elementi formlarının etkileşimleri çözeltinin etkinliğini ve dolayısıyla bitki gelişimini etkileyebilmektedir. Besin çözeltisinde fazla fosfor bulunması durumunda çinko ile çökelti oluşturabilir veya besin çözeltisindeki fazla miktardaki karbonat ve bikarbonat demir ve çinko ile çökelti oluşturabilir. Kalsiyumlu gübreler ile fosfatlı ve sülfatlı

gübrelerin karıştırılmaları olası çökelme riskleri nedeniyle tavsiye edilmemektedir. Bu nedenle topraksız tarımda gübre çözeltileri besin elementlerinin birbirleriyle olumsuz etkileşimlerini engellemek amacıyla farklı tanklarda hazırlanmalı ve gübreleme bu şekilde sürdürülmelidir (Kaplan & Sönmez, 2012). Bu husus fertigasyonla gübrelemenin gerçekleştirildiği tüm tarım sektöründe dikkate alınması gereken önemli bir uygulama pratiğidir.

Besin çözeltisi hazırlamada kullanılacak gübrelerin etkinlik değerleri ve suda çözünürlüklerinin yüksek olması ve tuz indekslerinin ise düşük olması istenmektedir. Besin çözeltilerindeki anyonların toplamı ile kationların toplamının eşit olması gerekmekte, daha çok makro elementlerin etkilerini dikkate almak büyük önem taşımaktadır. Anyonlar;  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , kationlar ise  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$ 'dan oluşmaktadır (Güneş ve ark., 2012). Anyonlar konusunda fosfor miktarının yüksekliğinde meyve kalitesinde bozulma ve çinko noksanlığı durumu oluşabilmektedir. Anyon-Kasyon dengesinin sağlanması için ilave gerekmesi durumunda çözelti EC değerleri de dikkate alınarak fosfor haricinde ilaveler yapılmalıdır (Gül, 2008).

Topraksız tarımda besin çözeltisi hazırlamada kullanılacak olan gübrelerin %100 suda çözünebilir ve özellikle klor (Cl) içermemesi gerekmektedir. Çünkü çözeltideki klor dozunun artması sonucu çözeltinin osmotik basıncının yükselmesine neden olur ve bitki gelişimi olumsuz etkilenir. Akdeniz iklim koşullarında açık veya kapalı topraksız kültür sistemlerinde yetiştirilen domates bitkilerine sağlanan besin çözeltilerinde önerilen EC ( $\text{dS m}^{-1}$ ), makro besinlerin ( $\text{mmol L}^{-1}$ )

ve mikro besinlerin ( $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) pH ve konsantrasyonları Çizelge 6'da verilmiştir (Savvas ve ark., 2013; 2017).

**Çizelge 6:** Topraksız Kültürde Açık veya Kapalı Sistemde Besin Çözeltisinde EC, pH ve Besin Elementi Miktarları

Parametre	Vejetatif dönem			Gelişme dönemi		
	Açık <sup>1</sup>	Kapalı <sup>2</sup>	Kök Bölgesi <sup>3</sup>	Açık <sup>1</sup>	Kapalı <sup>2</sup>	Kök Bölgesi <sup>3</sup>
EC*	2.80	2.30	3.20	2.70	2.10	3.40
pH	5.60	-	5.80–6.70	5.60	-	5.80–6.70
K <sup>+</sup>	8.20	8.20	7.50	8.00	8.00	8.20
Ca <sup>2+</sup>	5.00	3.50	7.80	4.80	3.00	8.00
Mg <sup>2+</sup>	2.80	1.80	3.40	2.60	1.40	3.40
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1.40	1.60	<0.60	1.20	1.40	<0.40
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.30	2.40	5.00	4.40	1.80	6.00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	14.60	13.70	18.00	13.20	12.80	17.20
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1.50	1.40	1.00	1.50	1.30	1.00
Fe	15.00	15.00	25.00	15.00	15.00	25.00
Mn	10.00	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00
Zn	8.00	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00
Cu	0.80	1.00	0.80	0.70	0.80	0.80
B	30.00	20.00	50.00	25.00	20.00	50.00
Mo	0.50	0.50	-	0.50	0.50	-

<sup>1</sup> Açık: Açık sistemde besin solüsyonu <sup>2</sup> Kapalı: Kapalı sistemde besin solüsyonu <sup>3</sup> Kök bölgesindeki hedef besin konsantrasyonları.

\* Sulama suyunda 1 mmol L<sup>-1</sup> NaCl'ye karşılık gelen EC değerleri.

Sapkota ve ark. (2019) tarafından hidroponik sistemde marul yetiştiriciliğinde farklı besin konsantrasyonlarında hazırlanan besin solüsyonlarında N:250 mg L<sup>-1</sup>, P:56 mg L<sup>-1</sup>, K: 300 mg L<sup>-1</sup>, Ca:250 mg L<sup>-1</sup>, Mg: 45 mg L<sup>-1</sup>, Zn: 0.35 mg L<sup>-1</sup> ve B: 0.4 mg L<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Thakulla ve ark. (2021) marulda NFT hidroponik sistemde yetiştirilen marul bitkilerine pH:5.5-6.5 ve EC:1.5-2.5 aralığında olması gerektiği ve besin solüsyonunda N:150 mg L<sup>-1</sup>, P: 48 mg L<sup>-1</sup>, K: 216 mg L<sup>-1</sup>, Ca: 139 mg L<sup>-1</sup>, Mg: 31 mg L<sup>-1</sup>, Fe: 3 mg L<sup>-1</sup>, Mn: 0,05 mg L<sup>-1</sup>, Zn: 0,15 mg L<sup>-1</sup>, B: 0,50 mg L<sup>-1</sup>, Cu: 0,15 mg L<sup>-1</sup> ve Mo: 0,10 mg L<sup>-1</sup> bulunduğunu bildirmişlerdir. Smoleń ve ark. (2018)

besleyici film tekniği (NFT) adlı sistemde yetiştirdikleri patates bitkilerine uyguladıkları besin solüsyonunda yoğun vejetatif büyüme evresi sırasında (ekim başlangıcından ilk stolon gelişimine kadar) EC:2.0 dS m<sup>-1</sup> içeren besin çözeltisi ile yetiştiricilik yaparken besin çözeltisinde besin elementi konsantrasyonları sırasıyla: 175 mg dm<sup>-3</sup> N, 30 mg dm<sup>-3</sup> P, 200 mg dm<sup>-3</sup> K, 50 mg dm<sup>-3</sup> Mg, 170 mg dm<sup>-3</sup> Ca, 30 mg dm<sup>-3</sup> Cl, 2 mg dm<sup>-3</sup> Fe, 0.55 mg dm<sup>-3</sup> Mn, 0.33 mg dm<sup>-3</sup> Zn, 0.33 mg dm<sup>-3</sup> B, 0.15 mg dm<sup>-3</sup> Cu ve 0.05 mg dm<sup>-3</sup> Mo şeklinde uygulanmıştır. Yetiştirmenin sonraki döneminde, stolon gelişimi aşamasından hasata kadar kullanılan besin çözeltisi EC 2.0 mS cm<sup>-1</sup> ve sırasıyla besin elementi konsantrasyonları 150 mg dm<sup>-3</sup> N, 30 mg dm<sup>-3</sup> P, 210 mg dm<sup>-3</sup> K, 50 mg dm<sup>-3</sup> Mg, 150 mg dm<sup>-3</sup> Ca, 30 mg dm<sup>-3</sup> Cl, 2 mg dm<sup>-3</sup> Fe, 0.55 mg dm<sup>-3</sup> Mn, 0.33 mg dm<sup>-3</sup> Zn, 0.33 mg dm<sup>-3</sup> B, 0.15 mg dm<sup>-3</sup> Cu ve 0.05 mg dm<sup>-3</sup> Mo içermiştir.

Gül (2008) substrat kültüründe domates bitkisine verilmesi gereken besin solüsyonunu dikim-meyve başlangıcı ve meyve tutum başlangıcı-hasat dönemlerinde belirlemiş ve bu miktarlar Çizelge 7'de görüldüğü üzere kalsiyum nitrat, amonyum nitrat, potasyum nitrat, magnezyum sülfat, potasyum dihidrojen fosfat, fe-eddha, mangan sülfat, borik asit, bakır sülfat, çinko sülfat ve amonyum molibdat gübreleri ile verilmiştir.

**Çizelge 7:** Domates Bitkisine Uygulanan Besin Solüsyonunda Besin Elementi Konsantrasyonu

Element	Dikim-Meyve tutum başlangıcı	Meyve tutum başlangıcı-Hasat
N	242	242
P	31	54
K	234	263
Ca	160	160
Mg	48	48
Fe	2.5	2.5
Mn	0.5	0.5
B	0.5	0.5
Cu	0.02	0.02
Zn	0.05	0.05
Mo	0.01	0.01

Nascimento ve ark. (2020) NFT hidroponik sistemde kavun yetiştiriciliğinde vejetatif aşama için önerilen N:K oranı  $17 \text{ mmol L}^{-1} \text{ N}$  ve  $5 \text{ mmol L}^{-1} \text{ K}$  ve üreme aşaması için  $14 \text{ mmol L}^{-1} \text{ N}$  ve  $4.5 \text{ mmol L}^{-1} \text{ N}$  olarak belirtmiş, diğer temel besin elementi konsantrasyonlarının ise P:  $39 \text{ mg L}^{-1}$ , Ca:  $156 \text{ mg L}^{-1}$ , Mg:  $24 \text{ mg L}^{-1}$ , S:  $32 \text{ mg L}^{-1}$ , B:  $0.3 \text{ mg L}^{-1}$ , Fe:  $2.2 \text{ mg L}^{-1}$ , Mn:  $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ , Zn:  $0.3 \text{ mg L}^{-1}$ , Cu:  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  ve Mo:  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  şeklinde olduğunu ifade etmiştir. Cherry domatesin topraksız koşullarda yetiştirilmesi üzerine yapılan bir araştırmada besin solüsyonu EC değerlerinde fide dönemi ve çiçeklenme arası dönemde  $\text{EC}:1.5 \text{ dS m}^{-1}$ , meyve oluşumu ve hasat dönemi boyunca  $\text{EC}:4.5 \text{ dS m}^{-1}$  olması gerektiği, besin solüsyonu hazırlanırken ise  $1090 \text{ mg L}^{-1}$  kalsiyum nitrat,  $430 \text{ mg L}^{-1}$  potasyum nitrat,  $205 \text{ mg L}^{-1}$  monopotasyum fosfat,  $33 \text{ mg L}^{-1}$  amonyum sülfat,  $430 \text{ mg L}^{-1}$  magnezyum sülfat,  $305 \text{ mg L}^{-1}$  potasyum sülfat,  $6.4 \text{ mg L}^{-1}$

Fe-EDTA, 1.7 mg L<sup>-1</sup> mangan sülfat, 1.5 mg L<sup>-1</sup> çinko sülfat, 6.3 mg L<sup>-1</sup> sodyum perborate tetrahydrate, 0.2 mg L<sup>-1</sup> bakır sülfat ve 0.2 mg L<sup>-1</sup> sodyum molibdat şeklinde verildiği belirtilmiştir (Lu ve ark., 2022).

**Çizelge 8:** Ticari Sebze ve Süs Bitkileri İçin Kullanılan Besin Çözeltilerinde Makro ve Mikro Besin Maddelerinin Konsantrasyonu

Makro elementler (mol m <sup>-3</sup> )						
Ürün	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg
Domates	11-15	1.0-1.5	1.5-2.0	5-9	3.5-5	2-2.5
Biber	14-17	1.0-1.25	1.5-2.5	4-7	4-5	1.5-2
Patlıcan	13-17	1.5-2.0	1.5-2.0	4-6	3-3.5	2-2.5
Hıyar	16-18	1.0-1.25	1.25-2.0	5-8	3.5-4	1.5-2
Kabak	15-18	1.0-1.5	1.5-2.0	5-8	3.5-4.5	2-2.5
Çilek	11-13	1.0-1.25	1.0-1.75	4-6	3-3.5	1-1.5
Kavun	16-19	0.5-1.0	1.0-1.75	5-8	4-5	1.5-2
Karanfil	13-16	1.5-2.5	2.0-2.5	7-9	3.5-4	2-2.5
Gerbera	11-13	0.5-1.5	1.75-2.0	4.5-6	3.5-4	1.5-2
Gül	12-15	1.0-1.5	1.5-2.0	4.5-6	3.5-4.5	2-2.5
Mikro elementler (mmol m <sup>-3</sup> )						
	Fe	B	Cu	Zn	Mn	Mo
Domates	20-25	30	1	5	10	0.5
Biber	20-25	30	1	7	10	0.5
Patlıcan	15-20	30	1	5	10	0.5
Hıyar	15-20	25	1	5	10	0.5
Zucchini	10-15	30	1	5	10	0.5
Çilek	20-25	15	1	7	10	0.5
Kavun	10-15	25	1	5	10	0.5
Karanfil	30-35	30	1	5	5	0.5
Gerbera	35-45	35	2	5	5	0.5
Gül	35-45	30	1	5	10	0.5

Pardossi ve ark. (2011) bazı ticari sebze ve süs bitkileri için topraksız tarımda kullanılabilecek besin solüsyonları Çizelge 8’de verilmiştir. Çokuysal ve ark. (2020)’a göre biber, gül ve çilek bitkilerinin topraksız koşullarda yetiştiriciliğinde uygulanacak besin solüsyonunun



hazırlanmasında kullanılacak örnek gübreleme programı Çizelge 9'da verilmiştir.

**Çizelge 9:** Biber, Gül ve Çilek Bitkilerinin Topraksız Yetiştiricilikte Örnek Gübreleme Programı

Gübre Adı	Gübre Formülü	Biber Gül Çilek			STOK
		g L <sup>-1</sup> (1/100)			
Kalsiyum Nitrat	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	112.15	76.73	76.73	A
Amonyum Nitrat	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	10.0	12.0	8.0	
Fe-EDDHA	Fe-EDDHA	1.68	2.80	2.24	
Potasyum Nitrat	KNO <sub>3</sub>	7.69	7.58	35.4	B
MonoPotasyum Fosfat	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	17.01	17.01	13.61	
Potasyum Sülfat	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	30.50	21.79	26.15	
Magnezyum Nitrat	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	38.45	28.83	32.04	
Boraks	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> .10H <sub>2</sub> O	0.29	0.19	0.24	
Mangan Sülfat	MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0.17	0.085	0.17	
Çinko Sülfat	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0.15	0.10	0.20	
Bakır Sülfat	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0.019	0.019	0.019	
Amonyum Molibdat	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	0.0089	0.0089	0.0089	

Schiavon ve ark. (2022) tarafından yapılan bir araştırmada Aramos ve Camarosa çilek çeşitlerinde en etkili besin solüsyonunda NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 7.44 mmol L<sup>-1</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>: 2.97 mmol L<sup>-1</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>: 1.15 mmol L<sup>-1</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: 1.86 mmol L<sup>-1</sup>, K<sup>+</sup>: 5.43 mmol L<sup>-1</sup>, Ca<sup>2+</sup>: 1.95 mmol L<sup>-1</sup> ve Mg<sup>2+</sup>: 0.76 mmol L<sup>-1</sup> olması gerektiğini belirtmişlerdir. Dyško ve ark. (2009) farklı yetiştirme ortamlarında domates yetiştiriciliği üzerine olan etkilerinin belirlenmeye çalışıldığı bir araştırmada en yüksek değerlerin kaya yünü

kullanılan ortamda pH:5.5'da elde edildiğini ve besin solüsyonunda N: 200-260 mg dm<sup>-3</sup>, P: 40, K: 220-380 mg dm<sup>-3</sup>, Mg: 60-80 mg dm<sup>-3</sup>, Ca: 180-200 mg dm<sup>-3</sup>, S-SO<sub>4</sub>: 80-120 mg dm<sup>-3</sup>, Fe: 2.5 mg dm<sup>-3</sup>, Mn: 0.8 mg dm<sup>-3</sup>, B: 0.43 mg dm<sup>-3</sup>, Zn: 0.33 mg dm<sup>-3</sup>, Cu: 0.1 mg dm<sup>-3</sup> ve Mo: 0.05 mg dm<sup>-3</sup> olduğunu belirtmişlerdir. Dufour & Guérin (2005), farklı toplam N, K ve Ca konsantrasyonlarına ve farklı NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub> oranlarına sahip besin çözeltilerinin antoryum bitkilerinin büyümesi ve verimi üzerindeki etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, antoryum için iyi bir çiçek kalitesi ve verim için 8.9 mmol L<sup>-1</sup> N besin çözeltisi konsantrasyonunun yeterli olduğu bulunmuştur. Khater ve ark. (2021) reyhan bitkisinde farklı topraksız yetiştiricilik yöntemlerinin (aeroponik, hidroponik, peat) etkisini araştırdığı çalışmalarında kullanılan besin solüsyonunda N=210 mg L<sup>-1</sup>, P=31 mg L<sup>-1</sup>, K=234 mg L<sup>-1</sup>, Ca=200 mg L<sup>-1</sup>, Mg=48 mg L<sup>-1</sup>, S=64 mg L<sup>-1</sup>, Fe=14 mg L<sup>-1</sup>, Mn=0,5 mg L<sup>-1</sup>, Zn=0,05 mg L<sup>-1</sup>, Cu=0,02 mg L<sup>-1</sup>, B=0,5 mg L<sup>-1</sup>, Mo=0,01 mg L<sup>-1</sup> besin elementi içerdiğini bildirmişlerdir. Tangolar ve ark. (2017) topraksız koşullarda üzüm bitkisi için besin solüsyonunda N:150 ppm, P:20 ppm, K: 100 ppm, Mg: 15 ppm, S: 10 ppm, Fe: 5 ppm, Mn: 3 ppm, B: 0.4 ppm, Mo: 0.05 ppm besin elementi bulunması gerektiği bildirilmiştir. Bitkilerin besin elementi kullanım alışkanlıkları bitki türlerine, çeşitlerine, topraksız tarım tekniğine, substrat özelliklerine ve iklimsel parametrelere göre değişim göstermektedir. Çizelge 10'da farklı bitkilerde kullanılacak örnek besin çözeltisi formülasyonları verilmiştir (Sonneveld, 1992).

**Çizelge 10:** Farklı Bitkilerde Örnek Besin Çözeltisi Formülasyonları

Parametre	Patlıcan	Hıyar	Biber	Marul	Domates	Çilek
EC mS cm <sup>-1</sup>	2.1	2.2	2.1	2.6	2.3	1.5
NO <sub>3</sub> _N mmol L <sup>-1</sup>	15.50	16.00	15.25	19.00	13.75	10.00
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.25	1.25	1.25	2.00	1.25	1.25
SO <sub>4</sub>	1.50	1.375	1.75	1.125	3.75	1.125
NH <sub>4</sub> _N	1.50	1.25	1.00	1.25	1.25	0.50
K	6.75	8.00	7.50	11.0	8.758	5.25
Ca	3.25	4.00	4.25	4.50	4.25	2.75
Mg	2.50	1.375	1.50	1.00	2.00	1.125
Fe µmol L <sup>-1</sup>	15	15	15	40	15	20
Mn	10	10	10	5	10	10
Zn	5	5	5	4	5	4
Cu	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	30	25	30	30	30	20
Mo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

### 3. TOPRAKSIZ TARIMDA BİTKİ BESİN ELEMENTLERİ

Topraksız tarımda bitki besin elementleri makro ve mikro element olarak bilinen elementler olup bu elementlerin yeterlilikleri veya eksiklikleri bitki yetiştiriciliğinde verim ve kalite gibi önemli parametreleri etkilemektedir. Bitki besin elementlerinin besin çözeltisindeki formlarını ve miktarlarını belirleyen faktörler bitki çeşidi, yetiştirme ortamı, topraksız tarım üretim tekniği ve iklimsel parametreler olarak belirtilebilir. Bu kapsamda yaygın kullanılan bazı besin elementlerinin yetiştiricilikte kullanımları ve etkinlikleri aşağıda belirtilmiştir.

### 3.1. Makro Besin Elementleri

#### 3.1.1. Azot

Bitki kuru maddesinde bulunan azot miktarı, bitki cinsi, yaşı, bitki organı gibi faktörlere göre farklı değerlerde olsa da daha çok %2-4 aralığında değişmektedir. Genç bitkilerin yaşlı bitkilere göre daha fazla azot içerdiği, azotun bitki içerisinde birçok organik bileşiğin yapısında yer aldığı ve bitkide yeni hücrelerin oluşumunda yer aldığı bilinmektedir. Proteinler, enzimler, amino asitler, klorofil, nükleik asitler, ATP ve ADP gibi organik bileşiklerin temel yapısını azot oluşturmaktadır. Bitkilerin vejetatif gelişimlerinin en önemli aktörü olarak azot elementi öne çıkmaktadır.

Azot esas olarak nitrat ve amonyum formlarında bitki kökleri ile alınırken bitkiler pratikte daha çok nitrat ile beslenirler (Aktaş, 1995). Amonyum miktarının besin çözeltisindeki oranının %50'nin üzerinde olması bitki gelişmesini olumsuz etkilemesi muhtemel olduğu için %10-15 oranında olması tavsiye edilebilir (Gül, 2008). Topraksız tarımda besin çözeltisindeki azot miktarı 50-250 mg L<sup>-1</sup> arasında değişmekle birlikte çoğunlukla 200 mg L<sup>-1</sup> civarında olması önerilmektedir (Çokuysal ve ark., 2020). Azot formlarının hastalık etmenleri üzerine farklı etkileri bulunmakta olup yetiştiricilikte hastalık etmenlerini minimize etmek için gerekli uygulamalar yapılmalıdır. *Verticillium*'un neden olduğu solgunluk riskini aşırı nitrat artırırken amonyum azaltmaktadır veya yüksek amonyum azotu uygulaması *Fusarium* riskinin artmasına da neden olur. Bu gibi sorunlar için bitki

besleme ve bitki koruma uygulamalarının dikkatli bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

### 3.1.2. Fosfor

Birçok fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlarda görev alan fosfor elementi bitki kuru ağırlığında yaklaşık %0.2'lik bir kısmı oluşturmaktadır (Theodorou & Plaxton, 1993). Topraksız tarımda besin çözeltisinde fosfor 5-50 mg L<sup>-1</sup> arasında bulunması önerilmektedir (Pardossi ve ark., 2011). Fosfor elementi bitkilerde enzimler, proteinler, nükleik asitler ve fosfolipidlerin yapıtaşdır. Fotosentez ve solunumda bulunması gereken NAD, NADH, ADP ve ATP gibi fosfor ihtiva eden ve enerji bakımından zengin bileşiklerin sentezlenmesinde önemli rol oynayan temel besin elementidir. Çiçeklenmeyi, tohum bağlamayı, erken büyümeyi ve kök gelişimini teşvik ederken olgunlaşmanın hızlanması ve tohum/meyvenin artmasını da sağlar (Aktaş, 1995). Topraksız tarımda verilmesi gereken fosforun damla sulama sistemleri veya su kültüründe uygulanmasında bitki gelişim dönemleri dikkate alınarak sağlanması büyük önem taşımaktadır.

### 3.1.3. Potasyum

Bitki dokularında en fazla bulunan besin elementlerinden birisidir ve kuru ağırlık esasına göre %1-10 gibi bir orana sahiptir. Topraksız tarımda besin çözeltisinde önerilen potasyum miktarı 50-200 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Bitki membran geçirgenliğinin yüksek olması nedeniyle bitkiler tarafından çok miktarda ve hızlı bir alım gücüne sahip olan potasyum elementi bitki dokularında çok

önemli fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlarda rol oynar. Meristematik dokuların büyümesinde rolü olan bitkisel hormonlarının etkisini artırır (Aktaş, 1995). Kök gelişimini artırarak kuraklığa karşı direnç sağlayan potasyum bitkilerin su kaybını azaltarak solmayı engeller. Bitkilerde protein içeriğini, şeker ve nişasta taşınımını artırır ve bitkilerde verim ve kalitenin artmasını sağlar (Turan & Horuz, 2012). Potasyumla yeterli beslenme, bitki bünyesinde mekanik bariyer oluşturan ve savunma mekanizmasını oluşturan fenollerin artışını sağlar (Perrenoud, 1990).

### **3.1.4. Kalsiyum**

Bitki dokularında kalsiyumun büyük bir bölümü hücre duvarlarında yer alır ve bitki ve meyvelerde dayanıklılığın artmasını sağlar. Bitkilerin kalsiyum içerikleri kuru ağırlık ilkesine göre %0.2-3.0 arasında değişmekte olup çoğu bitkide yeterli kalsiyum miktarı %0.3-1.0 arasındadır (Kacar & Katkat, 2007). Topraksız tarımda besin çözeltisinde önerilen kalsiyum miktarı 40-200 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Bitki dokularında düşük kalsiyum miktarı, hücre zarı geçirgenliğini artırarak enfeksiyonlara karşı bitkiyi daha hassas hale getirmektedir. Hastalık etmenlerine karşı engelleyici rolü kalsiyumun hücre turgorunu artırması ve hücre duvarı bütünlüğünü korumasıyla ilgilidir (Kalkan & Sönmez, 2011). Kalsiyumun yetersiz olduğu durumlarda çok farklı parazit funguslar tercihen ksilemi kuşatır ve ksilemde tıkanmaya neden olan *Fusarium oxysporum*'un artmasına neden olmaktadır (Corden, 1965). Ayrıca azalan kalsiyum kapsamı ile

bitkiye zarar veren botrytis enfeksiyon oranı artış göstermektedir (Kacar & Katkat, 2007).

### 3.1.5. Magnezyum

Magnezyum bitkilerde klorofilin merkez atomu olarak önemli bir rol üstlenmektedir ve bitkilerin magnezyum içerikleri kuru ağırlık ilkesine göre %0.15-1.0 arasında değişmektedir. Ayrıca magnezyum protein sentezi, hücre çekirdeğinde RNA sentezi ve DNA oluşumunda da etkilidir (Kacar & Katkat, 2007). Topraksız tarımda besin çözeltilisinde önerilen magnezyum miktarı 10-50 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Klorofil ile doğrudan ilişkili olması vejetatif gelişme ve yeşil aksam oluşumu konusunda magnezyumun önemini daha da artırmaktadır. Magnezyum ATP ve enerji metabolizmasında enerji aktarımında da görev alır (Turan & Horuz, 2012).

### 3.1.6. Kükürt

Kükürt bitkilerde temel olarak proteinlerin yapısında, uçucu bileşikler ve sülfat bileşikleri şeklinde bulunur ve bitkilerin kükürt içerikleri kuru ağırlık ilkesine göre %0.15-0.50 arasındadır. Bitkilerde yaygın olarak bulunan sistin, sistein ve methionin gibi amino asitlerin yapıtaşısı olan kükürt elementi genellikle bitkilerin gelişmelerinin ilk dönemlerinde daha çok kullanılırlar (Kacar & Katkat, 2007). Topraksız tarımda besin çözeltilisinde önerilen kükürt miktarı 5-50 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Hastalıklara karşı bitkilerin dayanıklılığını arttırdığı ifade edilen bazı kükürt içerikli maddeler sırasıyla; glutathione, glucosinolatesler, serbest haldeki kükürt gazları,

phytoalexinler, kükürtçe zengin proteinler ve elementel kükürt olarak ifade edilebilir (Kalkan & Sönmez, 2011).

### 3.1.7. Bazı Önemli Mikro Besin Elementleri

Demir bitkilerde çeşitli enzimleri aktive ederek biyokimyasal reaksiyonların katalizlenmesini sağlar. Protein sentezinde görev alan demir bitkilerde iyon taşınımında rol alır (Turan & Horuz, 2012). Topraksız tarımda besin çözeltisinde önerilen demir miktarı 0.5-3.0 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Topraksız tarımda demir kaynağı olarak şelat formlardaki EDTA, EDDHA ve DTPA formlarının yaygın kullanımlarının olduğu daha çok çözelti pH'sının optimum pH aralığında Fe-EDTA veya Fe-DTPA kullanımı tercih edilebilir (Gül, 2008). Demir ve manganın yeterliliği *Fusarium oxysporum*'a dayanıklılığı artırmaktadır (Kalkan & Sönmez, 2011).

Mangan bitkilerde daha çok genç dokularda bulunmakta olup tercihen meristematik dokulara taşınır. Bitkilerde çok sayıda yaşamsal enzimin aktive edilmesinden sorumlu olan mangan protein sentezi, askorbik asit sentezi ve klorofil oluşumuna yardımcı olur (Turan & Horuz, 2012). Topraksız tarımda besin çözeltisinde önerilen mangan miktarı 0.1-1.0 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Mangan bitkilerin hem kök hem de yaprak hastalıklarının artmasının engellenmesinde önemli bir mikro elementtir. Mangan gübrelemesi ile külleme, mildiyo, yaprak benek hastalığı vs. gibi birçok hastalık kontrol edilebilir (Dordas, 2008).



Çinko bitkide yaklaşık 100 mg kg<sup>-1</sup> civarında bulunup birçok enzimin aktifleştirilmesinde önemli rol oynar. Triptofanın sentezinde aktif olan çinko indol asetik asit (IAA) gibi gelişme hormonlarının üretimi için gerekli bir elementtir. Fotosentez, solunum, protein, şeker ve karbonhidrat sentezi, ürün miktarı ve kalitesi gibi önemli işlevleri vardır (Turan & Horuz, 2012). Topraksız tarımda besin çözeltisinde önerilen çinko miktarı 0.01-0.1 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Çinkolu gübreleme bakterilerin etkinliğini sınırlandırmaktadır. Çinko noksanlığında bakteriyel enfeksiyonların arttığı gözlemlenmiştir. Mikorizal fungus gelişimi yavaş olur. Çinkoya biyolojik membranların dayanıklılığı için de gereksinim vardır. Böylece patojenlerin bitki içine girmeleri engellenir (Marschner, 2008).

Bakır kuru madde ilkesine göre bitkilerde 5-20 ppm civarında bulunan bir element olup proteinlerle kompleks oluşturur ve çeşitli enzimlerin yapısında yer alır (Kacar & Katkat, 2007). Topraksız tarımda besin çözeltisinde önerilen bakır miktarı 0.001-0.01 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020). Fotosentezde, klorofil oluşumunda, hücre duvarlarında lignin oluşumunda, solunumda, A vitamini sentezinde önemli rol oynar (Turan & Horuz, 2012). Fungusit olarak bitki yüzeyindeki fungusa karşı doğrudan etkilidir (Kalkan & Sönmez, 2011).

Bor bitki bünyesinde noksanlık, yeterlilik ve toksisite sınırları birbirine yakın olan elementlerden birisidir. Bitkilerde hücre bölünmesi, RNA sentezi, lignin oluşumu, hücre duvarı oluşumu, solunum, IAA ve fenol metabolizmalarının oluşumu gibi birçok önemli işlevi vardır. Paraziter

olmayan birçok hastalık gerçekte bor noksanlığından ileri gelmektedir. Bor noksanlığında bitkisel hormon olan sitokinin sentezi gerilerken oksin miktarında artış meydana gelmektedir. Bor noksanlığı görülen bitkilerde özellikle büyüme noktalarında görülen nekrozlar oksin birikimi nedeniyle meydana gelmektedir (Marschner, 2008). Topraksız tarımda besin çözeltilerinde önerilen bor miktarı  $0.1-0.3 \text{ mg L}^{-1}$  aralığındadır (Pardossi ve ark., 2011).

Molibden bitkilerde genellikle  $1 \text{ ppm}$ 'den daha düşük miktarlarda ihtiyaç olan özellikle nitrojenaz ve nitrat redüktaz enzimlerinin temel bileşeni olan elementtir. Klorofil sentezine doğrudan eden molibden C vitamini sentezinde ve polen oluşumunda da önemli etkilere sahiptir (Dufour & Guerin, 2005; Çokuysal ve ark., 2020). Topraksız tarımda besin çözeltilerinde önerilen molibden miktarı  $0.01-0.1 \text{ mg L}^{-1}$  aralığındadır (Çokuysal ve ark., 2020).

## **SONUÇ**

Topraksız tarımda bitki besleme uygulamaları topraklı yetiştiricilik yöntemleri ile temelde benzer nitelikte olmasına karşın topraktan karşılanan besin rezervleri bu yöntemde bulunmamaktadır. Yani topraksız tarımda bitkiler sadece besin çözeltileri ile sağlanan bitki besleme unsurlarıyla yetiştirilmek zorundadırlar. Bu süreç özel olarak bitki besleme ve gübreleme uzmanlığı gerektirmekle birlikte topraksız yetiştiricilik yöntemleri bilgi ve tecrübeyi önelemektedir. Çevresel zararlı etkileri minimize eden, ekonomik bitki besleme ve gübreleme imkanları sunan, sulama etkinliği ve su tasarrufu konusunda büyük avantajlar sağlayan, verim ve kalite parametreleri yüksek bir üretim

yöntemi olarak karşımıza çıkan topraksız tarım sağlıklı ve gıda güvenliğini dikkate alarak üretim alanlarını ve üretim miktarlarını her geçen gün daha da artırmaktadır. Endüstriyel tarımın önemli bir kolu olan topraksız yetiştiricilik sistemlerinde bitki besleme uygulamalarıyla maksimum verim ve kalite sağlanabilmekle birlikte hastalık ve zararlılara karşı yüksek direnç oluşturulduğu da dikkate alınmalıdır. Ayrıca yüksek etkinliğe sahip gübrelerin kullanımları ile gübre maliyetlerinin azaldığı bu yöntemde kullanılan otomasyon sistemleri tüm süreçlerin kontrol altına alınmasını sağlamaktadır. Yüksek bilgi, tecrübe ve modern sistemlerin kullanılması topraksız tarımda bitki beslemeyi diğer tarım tekniklerinden daha avantajlı hale getirmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aktaş, M. (1995). Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Benoit, F. (1992). Practical Guide for Simple Soilless Culture Techniques. European Vegetable R&D Centre. Belgium.
- Chadirin, Y., Matsuoka, T., Suhardiyanto, H., & Susila, A.D. (2007). Application of Deepsea water (dsw) for nutrient supplement in hydroponics cultivation of tomato: Effect of supplemented DSW at different EC levels on fruit properties. Jurnal Agronomi Indonesia, 35(2): 118–126.
- Corden, M.E. (1965). Influence of calcium nutrition on *Fusarium* wilt of tomato and polygalacturanose activity. Phytopathology, 55: 222-224.
- Çokuysal, B., Anaç, D., Eryüce, N., Çolak Esetlili, B., Özkan, C.F., & Tepecik, M. (2020). Topraksız Tarım ve Bitki Besleme Teknikleri. Nobel Akademik Yayınevi. Ankara.
- Dalton, F.N., Maggio, A., & Piccinni, G. (1997). Effect of root temperature on plant response functions for tomato: Comparison of static and dynamic salinity stress indices. Plant and Soil, 192(2): 307-319.
- Dordas, C. (2008). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development, 28: 33–46.
- Dufour, L. & Guérin, V. (2005). Nutrient solution effects on the development and yield of *Anthurium andreanum* Lind in tropical soilless conditions. Scientia Horticulturae, 105: 269-282.
- Dyško, J., Kowalczyk, W., & Kaniszewski, S. (2009). The influence of pH of nutrient solution on yield and nutritional status of tomato plants grown in soilless culture system. Vegetable Crops Research Bulletin, 70: 59-69.
- Graves, C.J. (1983). The Nutrient Film Technique. Horticultural Reviews, USA, Wiley Online.
- Gruda, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? Journal of Applied Botany and Food Quality, 82(2): 141-147.
- Gül, A. (2008). Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık. İstanbul.

- Güneş, A., İnal, A., Karaman, M.R., & Geboloğlu, N. (2012). Topraksız Yetiştiricilik Sisteminde Bitki Besleme Yönetimi. Bitki Besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, Ankara. s. 637-685.
- Kacar, B. & Katkat, V. (2007). Bitki besleme. Nobel Akademik Yayınevi. Ankara.
- Kalkan, H. & Sönmez, İ. (2011). Bitki Besleme ve Bitki Sağlığı İlişkileri. Hasad Dergisi, 319: 100-104.
- Kaplan, M. & Sönmez, İ. (2012). Damla Sulama ile Gübreleme (Fertigasyon) Tekniği. Bitki Besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, Ankara. s. 599-637.
- Karaman, M.R. (2012). Bitki Besin Elementleri ve Bitkilerde Beslenme Fizyolojisi. Bitki Besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, Ankara. s.1-93.
- Khater, E., Bahnasawy, A., Abass, W., Morsy, O., El-Ghobashy, H., Shaban, Y., & Egela, M. (2021). Production of basil (*Ocimum basilicum* L.) under diferent soilless cultures. Scientific Reports, 11: 12754.
- Kreij, C.D., Voogt, W., & Baas, R. (2013). Nutrient Solutions and Water Quality for Soilless Cultures. Applied Plant Research - Divion Glasshouse. Netherlands.
- Lu, T., Yu, H., Wang, T., Zhang, T., Shi, C., & Jiang, W. (2022). Influence of the electrical conductivity of the nutrient solution in different phenological stages on the growth and yield of cherry tomato. Horticulturae, 8(378): 2-14.
- Marschner, H. (2008). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. USA.
- Nascimento, C.S., Nascimento, C.S., & Filho, A.B.C. (2020). N:K ratio for phenological growth stages of net melon cultivated in NFT hydroponic system. Revista Caatinga, 33(1): 108-115.
- Pardossi, A., Carmassi, G., Diara, C., Incrocco, L., Maggini, R., & Massa, D. (2011). Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture. Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie, University of Pisa, Pisa, Italy.
- Perrenoud, S. (1990). Potassium and Plant Health. Basel/Switzerland: IPI Research Topics.
- Raviv, M. & Lieth, J.H. (2008). Soilless Culture: Theory and Practice. Elsevier Publishing. UK.
- Resh, M.H. (1991). Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook of Soilless Food Growing Methods. Woodbridge. Press Publishing Company. USA.

- Samarakoon, U.C., Weerasinghe, P.A., & Weerakkody, A.P. (2006). Effect of electrical conductivity [EC] of the nutrient solution on nutrient uptake, growth and yield of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) in stationary culture. *Tropical Agricultural Research*, 18(1): 13-21.
- Sapkota, S., Sapkota, S., & Liu, Z. (2019). Effects of nutrient composition and lettuce cultivar on crop production in hydroponic culture. *Horticulturae*, 5(72): 2-8.
- Savvas, D., Gianquinto, G.P., Tüzel, Y., & Gruda, N. (2013). Soilless culture. In good agricultural practices for greenhouse vegetable crops – Principles for mediterranean climate areas (Rome: FAO), Plant Production and Protection Paper, 217, pp. 303–354.
- Savvas, D., Öztekin, G.B., Tepecik, M., Robokis, A., Tüzel, Y., Ntatsi, G., & Schwarz, D. (2017). Impact of grafting and rootstock on nutrient to water uptake ratios during the first month after planting of hydroponically grown tomato. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 92: 294–302.
- Schiavon, A.V., Becker, T.B., Delazeri, E.E., Vignolo, G.K., Mello-Farias, P., & Antunes, L.E.C. (2022). Production and quality of strawberry plants produced from different nutrient solutions in soilless cultivation. *Revista Ceres*, 69(3): 348-357.
- Schnitzler, W.H. & Gruda, N. (2002). Hydroponics and Product Quality. In *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Savvas, D. & Passam, H.C. (eds.). Athens, Greece: Embryo Publ., pp. 373–411.
- Sevgican, A. (1999). Örtüaltı Sebzeçiliği, Topraksız Tarım. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. İzmir.
- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O.P. (2019). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17: 364-371.
- Silber, A & Bartal, A.D. (2008). Nutrition of Substrate-Grown Plants. Raviv, M. & Lieth, J.H. (Eds), *Soilless Culture: Theory and Practice* Publisher: Elsevier Science. pp. 291–341.

- Smoleń, S., Kowalskaa, I., Skoczylasb, L., Liszka-Skoczylaset, M., Grzanka, M., Halka, M., & Sady, W. (2018). The effect of salicylic acid on biofortification with iodine and selenium and the quality of potato cultivated in the NFT system. *Scientia Horticulturae*, 240: 530–543.
- Sonneveld, C. (1992). *Nutrient Solution for Vegetables and Flowers Grown in Water or Substrates*. Glasshouse Crops Research Station. Naalwijk-The Netherlands.
- Sonneveld, C. & Voogt, W. (2009). *Plant Nutrition in Future Greenhouse Production*. Springer: Heidelberg. The Netherlands.
- Tangolar, S., Tangolar, S., Torun, A.A., Tarım, G., & Ada, M. (2017). Investigation of table grape cultivation in soilless culture system. *Journal of Turkey Agricultural Research*, 4(2): 163-170.
- Thakulla, D., Dunn, B., Hu, B., Goad, C., & Maness, N. (2021). Nutrient solution temperature affects growth and brix parameters of seventeen lettuce cultivars grown in an NFT hydroponic system. *Horticulturae*, 7: 321, 2-10.
- Theodorou, M.E. & Plaxton, W.C. (1993). Metabolic adaptations of plant respiration to nutritional phosphate deprivation. *Plant Physiology*, 101: 339-344.
- Trejo-Téllez, L.I. & Gómez-Merino, F.C. (2012). *Nutrient Solutions for Hydroponic Systems*. Hydroponics-A Standard Methodology for Plant Biological Researches. Intechopen Book Series.
- Turan, M. & Horuz, A. (2012). Bitki Beslemenin Temel İlkeleri. Bitki Besleme Karaman, M.R. (Ed), Gübretleş Rehber Kitaplar Dizisi, Ankara. s. 123-347.
- Variş, S. (1991). Sera Sebzelelerinin Perlit Doldurulmuş Torbalarda Topraksız Yetiştirilmeleri. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Tekirdağ.

## BÖLÜM 4

### SÜRDÜRÜLEBİLİR BİTKİSEL ÜRETİMDE YAPRAK GÜBRELEMESİ VE ÖNEMİ

Dr. Tülin PEKCAN<sup>1\*</sup>

Doç. Dr. Bihter ÇOLAK ESETLİLİ<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup>Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir-Türkiye.  
tulhan35@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-5534-2548

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, İzmir-Türkiye. bihter.colak@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5707-2011

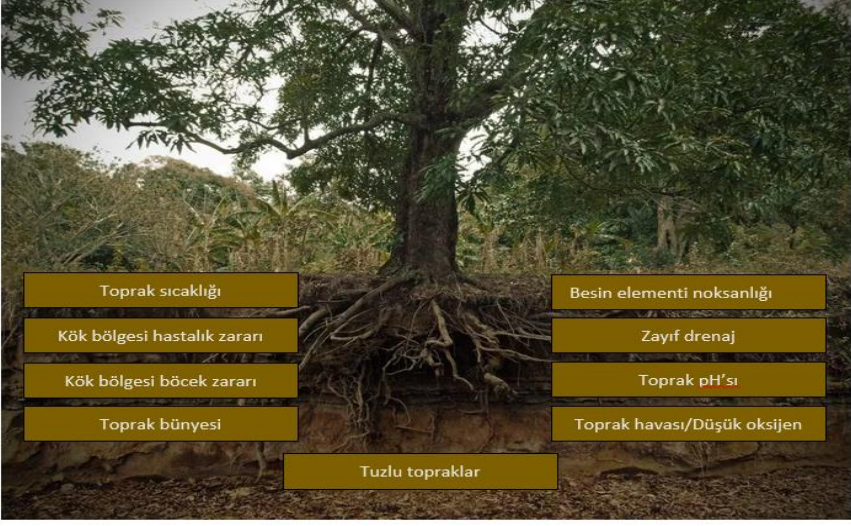




## GİRİŞ

Tüm bitkiler, büyüyüp gelişmek ve kaliteli ürün verebilmek için bitki besin maddelerine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu besin maddelerinin büyük bir bölümü, topraktaki minerallerin ve organik materyalin ayrışması ile sağlanırken, eksik olan kısım toprağa uygulanan gübrelerden tamamlanmaktadır (Anaç, 2010). Ancak iklim, toprak özellikleri ve bazı çevresel etkilere bağlı olarak, bitkiler bazı besin elementlerini topraktan kökleri vasıtası ile yeterli miktarda alamamaktadır. Bitki besin elementleri yapraktan uygulandığında ise kök ve gövdeye göre daha hızlı alınmaktadır (Smoleń, 2012). Özellikle bazı makro ve mikro besinlerin, yaprakta ve meyvede görülen eksikliklerini kısa sürede gidermek için sıvı halde yaprağa püskürtüldüğü bir bitki besleme tekniği olan yaprak gübrelemesi, bitkinin besin maddesi isteğinin kök besin alımı kapasitesinden fazla olduğu, bitki içindeki elementel hareketliliğin dokulara taşınımının sınırlandığı, olumsuz çevresel koşulları nedeni ile besinlerin topraktan alınabilirliğinin düşük olduğu durumlarda topraktan gübrelemeye göre avantajlıdır (Fernández ve ark., 2013) (Şekil 1).

Bitkilerin yaprakları ile suyu ve besin elementlerini alabilme yeteneği yaklaşık üç yüzyıl önce fark edilmiştir (Fernández & Eichert, 2009). Yapraktan besleme ilk olarak Fransa'da 1844 yılında demir sülfatın yapraklara püskürtülmesi ile Fe klorozuna karşı kullanılmıştır (Haytova, 2013; URL-1; URL-2).



Şekil 1: Bitki Kökleri ile Besin Alımını Azaltan Bazı Faktörler

Ancak yapraktan besin elementlerinin alımında stomaların rolü, 20. yüzyılın başından beri ilgi konusu olmuş ve farklı modern araştırma teknikleri ile birlikte besin solüsyonlarının yaprağa uygulanmasının ardından bitki içinde yaprak kütikül penetrasyon ve yer değiştirme mekanizmaları araştırılmaya başlanmıştır. Özellikle bitki yaprak kütikülünün kimyasal ve fiziksel doğası, yaprakların hücresel fizyolojisi ve yapısı karakterize edilmeye çalışılarak, potansiyel penetrasyon mekanizmalarına odaklanılmış (Kannan, 2010) ve kontrollü tarımsal üretim şartlarında yapılan araştırmalar ile yaprak gübresinin etkinliği birçok ürün için standart bir uygulama olarak geniş çapta benimsenmiştir (Fernández & Brown, 2013). Günümüzde tamamlayıcı bitki besleme teknikleri içerisinde aktif rol oynayan yaprak gübrelemesi, doğrudan uygulanabilir, hızlı etkili ve yüksek alınabilirlik gibi avantajlara sahiptir (Marschner, 2012).

Yaprak gübreleri;

- 1) Olumsuz toprak özelliklerine bağlı olarak besin elementlerinin bitki tarafından alınamaması,
- 2) Toprağa uygulanan besin maddelerinin yüksek oranda kaybolması,
- 3) Bitki gelişim sürecinde ihtiyaç duyulan elementlerin, çevre koşulları nedeniyle kritik organlara iletiminin sınırlandırılması,
- 4) Bitki gelişim sürecinde kök gelişiminin engellenmesi/gerilemesi durumlarında kullanılmalıdır (Fernández ve ark., 2013).

Yapraktan gübreleme, pratik açıdan her geçen gün önemi artan tarımsal bir uygulamadır. Bitki büyümesinin kritik aşamalarında besinler doğrudan bitki dokularına iletilebildiğinden, yaprak gübrelemesi toprak gübrelemesine göre daha çevre dostu, hızlı ve hedef odaklıdır. Ancak yapraktan besin uygulamasında pek çok faktörün (iklim, toprak vb.) etkisine bağlı olarak gübre kullanım etkinliğinin belirlenmesi zor olsa da (Fernández & Brown, 2013), bitki fenolojisi ölçeğinde zaman dikkate alınarak yapılan uygulamalarda etkinliğin arttığı belirlenmiştir (Alexander, 1986; Lovatt, 1990).

Günümüzde fonksiyonel gıda üretiminde, Ca, Mg, mikro elementler ve biyojenik eser elementler olmak üzere mineral besinlerle bitki biyotakviyesinin yapılmasına yönelik eğilim artmaktadır. Bitkinin gelişme süreci ile eşzamanlı yaprak gübresi ve gelişim biyostimülatörü uygulamaları, bitkinin veriminin ve kalitesinin artmasını sağlamaktadır. Ancak yapraktan gübre uygulamaları, çok sayıda endojen (yaprak anatomik yapısı ile ilgili), eksojen (besin konsantrasyonu, toprak tipi,

pH) ve çevresel faktörden etkilenmektedir. Yaprak gübre uygulamalarında çevresel faktörler (saat, nem, sıcaklık ve rüzgâr hızı) bitki tarafından besin elementlerinin alımını etkilemektedir (Çizelge 1). Bitki doku geçirgenliği üzerine etki eden yaprak şekli, kütikül bileşimi, yaprak tüyleri, yaprak yüzey oluşumu, fenolojik aşamalar ile abiyotik streslerin varlığı da besin elementlerinin bitki tarafından alınabilirliğini etkileyen önemli faktörler arasındadır (Fernández & Eichert, 2009). Genellikle akşam geç saatlerde ve bazen de sabahın erken saatlerinde en yüksek doku geçirgenliğini destekleyen koşullar sağlanmaktadır (Alshaal & El-Ramady, 2017).

**Çizelge 1:** Yapraktan Uygulamaları Destekleyen Meteorolojik Koşullar  
(Alshaal & El-Ramady, 2017)

Gün içinde en uygun saatler	Akşam saatleri (Saat 18:00 ve sonrası) Sabah Saatleri (Saat 09:00 ve öncesi)
Sıcaklık	21 °C
Nem	%70'den fazla bağıl nem
Sıcaklık/Nem indeksi	140-160
Rüzgâr Hızı	8 km/saatten düşük olmalı

Yaprak gübresi etkinliği değerlendirilirken, yaprak/penetrasyon oranı, fitotoksitenin görülmemesi, noksanlığın giderilmesi, fizyolojik süreçlerin hızlanması, verim ve kalite parametreleri üzerine olan etkiler dikkate alınmalıdır (Bai ve ark., 2008; Amiri ve ark., 2008).

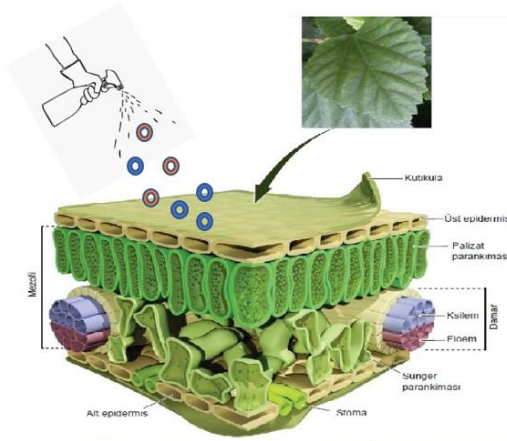
Günümüzde yaprak gübreleri yaygın olarak meyve ve sebze üretiminde kullanılmaktadır. Yetersiz besin kullanımına bağlı olarak bitkide ortaya çıkan noksanlık semptomları arına karşı yapraktan besin uygulamalarının olumlu etkisi dikkat çekici düzeyde olabilmektedir. Özellikle Ca, B, Fe, Mn veya Zn gibi floem hareketliliği daha düşük olan elementlerin,

bitkide eksiklik semptomları olmasa da yapraktan uygulanması önerilmektedir. Yapraktan gübrelemenin ticari olarak uygulanabilirliğinin sınırlı olduğu büyük ölçüde kabul edilmekle birlikte, bazı özel durumlarda (bitki kök bölgesi problemlerine bağlı noksanlık görülmesi durumlarında, besin ihtiyacının yüksek olduğu zamanlarda veya besin içeriği düşük toprak koşullarda hızlı çözüm amacıyla vb.) bitkilere besin sağlamak için iyi bir alternatif olarak görülmektedir (Weinbaum, 1988; Lester ve ark., 2006). Özellikle dünya nüfusunun yaklaşık yarısının kalitesiz beslenme nedeniyle mikro besin eksikliğine bağlı olarak sağlık problemlerine sahip olduğu günümüzde, biyo-zenginleştirme amaçlı yaprak gübresi uygulamaları da ön plana çıkmaktadır. Buğday tanelerinin Zn, Cu, Fe, Mn ve B ile zenginleştirilmesi amacıyla yapılan yaprak gübresi uygulamalarının, buğday verimini, kardeşlenme kabiliyetini, başak boyunu, tane verimini ve besin element içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Mikro besinlerin yapraktan uygulaması ile buğday ununda %21 Zn, %47 Cu, %22 Mn, %22 Fe ve %25 B artışı olduğu ve bu zenginleştirmenin insan sağlığı açısından etkili bir yaklaşım olabileceği bildirilmektedir (Aziz ve ark., 2019).

Günümüzde yaprak gübreleri, kimyasal, organomineral, organik gübreler, yeni nesil yaprak gübreleri (nano gübreler) ve biyostimulantlar olarak sınıflandırılabilir. Derlemede, yaygın kullanıma sahip bu gübrelerin etkinliklerinin ortaya çıkarılması, yaprak gübrelemesinin önemini ve günümüz eğilimlerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

## 1. YAPRAKTAN BESLEME

Bitki yüzeyinin yapısı ve kimyasal bileşimi, yaprak yüzeyi ve çevre ortam arasındaki maddelerin çift yönlü difüzyonunu ve dolayısıyla yaprak gübrelерinin alım oranını etkilemektedir. Yapraktan gübre uygulamasının etkili olabilmesi için besin elementlerinin yaprak yüzeyinden içeriye girerek, yaprağın dış koruyucu katmanı olan kütikula tabakası ile bazı epidermal yapıları geçmesi ve iç kısımda bulunan hücrelere ulaşabilmesi gerekmektedir (Şekil 2) (Fernandez & Eichert, 2009; Fernández & Brown, 2013).



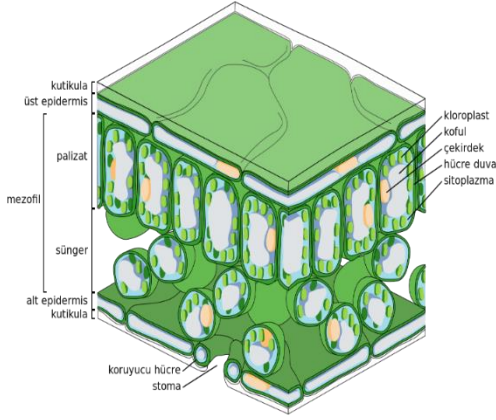
**Şekil 2:** Bitki Besin Elementlerinin Yapraktan Girişi  
(Fernández & Eichert, 2009; Fernández & Brown, 2013)

Bitki yaprak yüzeyine uygulanan besin elementleri, kütikulanın aşılması, hücre duvarından geçiş ve plazmalemmmanın yarı geçirgen plazma membranında ortaya çıkan aktif bir süreç sonunda yaprak içine girebilmektedir. Bu geçiş;

- Kütikula

- Kütiküler çatlaklar ve kusurlar.
- Stomalar, trikomlar, lentiseller aracılığıyla olmaktadır.

Genellikle pektin, kütin ve balmumu içeren kütiküla, yüzeye gömülü (intra-kütiküller) veya üzerine birikmiş (epi-kütiküler mumlar) mumlarla bir biyopolimer matristen oluşan hücre dışı bir katman olarak bilinmektedir (Şekil 3) (Heredia, 2003).



Şekil 3: Kütikülanın Şematik Yapısı (Anonim, 2022)

Kütiküla, hücre duvarı üzerinde keskin sınırlı bir tabaka halinde bulunduğu gibi kütiküler tabakalar halinde sıkışmış şekilde de bulunabilmektedir. Kütin, pektin ve selüloz içeren bu tabaka genellikle lamel tabakaları benzeri bir yapı göstermektedir (Danışman & Bellitürk, 2007).

Kütikül matrisi genellikle çapraz esterlenmiş hidroksi C16 ve/veya C18 yağ asitlerinden oluşan bir ağ oluşturan biyo-polyester kütin'den yapılmaktadır. Bazı bitkilerin kütikülasında, kutan olarak bilinen ve hızlı piroliz üzerine oldukça karakteristik bir dizi uzun zincirli n-



alkenler ve n-alkanlar veren, sabunlaştırılmayan ve özütlenemeyen alternatif bir polimer içerebilmektedir. Boom ve ark. (2005), *Agave americana*, *Podocarpus* sp. veya *Clusia rosea* gibi kuraklığa dayanıklı türlerin kütiküllerinde belirledikleri kutan polimerinin özellikle kseromorfik (su depolayan) bitkilerde korunmuş bir biyopolimer olabileceğini bildirmektedir. *Agave americana* gibi bazı bitki türlerinin yapraklarından elde edilen kütikül zarları ile yumuşak çekirdekli meyveler, elma ve biber gibi bazı meyve çeşitlerinde kütin ve kutanın değişken oranları belirlenmiştir (Villena ve ark., 1999; Jeffree, 2006; Johnson ve ark., 2007). Biyopolimer matrisinin bileşimi, bitki organına, tür ve genotiplere, gelişme aşamasına ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Kerstiens, 2010).

Kütikülde, kütikül matrisi üzerine çökeltilmiş veya içine gömülmüş olarak, esas olarak uzun zincirli alifatik moleküllerin ve aromatik (halka zincirli) bileşiklerin karışımı olan mum tabakası da bulunmaktadır. Balmumu bileşiminin farklı bitki türleri ve organları, gelişme aşaması ve çevre koşulları arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Kosma ve ark., 2009). Kütin ve/veya kutan matrisi ile mumların yanı sıra, kütikülde bazı fenolikler de değişken miktarlarda bulunabilmektedir. Bitki yapraklarındaki bu fenoller, biyotik (mikroplar veya otoburlar) ve abiyotik (UV radyasyonu, kirleticiler) stres faktörlerine karşı koruma sağladıkları gibi, tozlayıcılar için çekici olarak rol oynamaktadırlar (Liakopoulos ve ark., 2001).

Gevşek bir yapıya sahip olan kütikula tabakasında hidrofilik karakterli çok küçük boşluklar (kanallar) bulunmaktadır. Kütikula tabakası içinde

bulunan çok ince mikrofibril (ipliksi) kanallar aracılığı ile su ve suda erimiş halde bulunan besin maddeleri yaprakların iç kısımlarına doğru girebilmektedir. Bitkilerin yaprak yüzeylerine püskürtülerek uygulanan bitki besin maddeleri, bu kanallardan içeri geçerek, bitkilerin beslenmesine yardımcı olmaktadır. Hidrofilik boşlukların negatif (-) elektrik yüküne sahip olmaları nedeni ile pozitif (+) elektrik yüküne sahip olan katyonlar bu boşluklardan eksi (-) elektrik yüklü besin maddesi olan anyonlara oranla bitkinin yaprağına daha zor girmektedir. Bu boşlukların çapları çok küçük olup katyonların çapına ve elektrik yüküne bağlı olarak yapraktan besin elementlerinin giriş hızları birbirlerinden farklı olmaktadır (Kacar ve ark., 2002) Bitki besin elementlerinin çok az bir bölümü ise yapraklarda bulunan ve bitkinin hava alışverişini sağlayan stomalar (gözenek) ile alınmaktadır. Bitkiler  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  ve  $\text{SO}_2$  gibi gazları yapraklarındaki stomalar aracılığı ile alarak metabolizma olaylarında kullanabilmektedir (Kacar ve ark., 2002; Danışman & Bellitürk, 2007).

Uygulanan yaprak gübrelerinin kütiküldeki hareketi, besin elementlerinin konsantrasyonuna, uygulanan elementin moleküler boyutuna, organik veya inorganik form oluşuna, uygulama süresine, kütikül boyunca süregelen yük yoğunluğuna bağlı değişmektedir.

### **1.1. Yaprak Besin Elementlerinin Alımında Kullanılan Çözeltiler ve Özellikleri**

Yaprak gübreleri, genellikle aktif bileşenler olarak besin elementlerini içeren sulu çözeltilerdir. Yapraktan uygulanan besin elementlerinin alımı, bitki büyüme süreci, çevresel koşullar ve uygulamanın etkisine

bağlı olarak değişmektedir (Bukovac, 1985). Çözünürlük, pH, ve moleküler ağırlık gibi spesifik besin çözeltilisinin fiziko-kimyasal özellikleri, elementin yaprak tarafından absorpsiyon hızı üzerine büyük bir etkiye sahiptir. Genellikle katyonların alınma hızı anyonlara göre daha yüksektir.

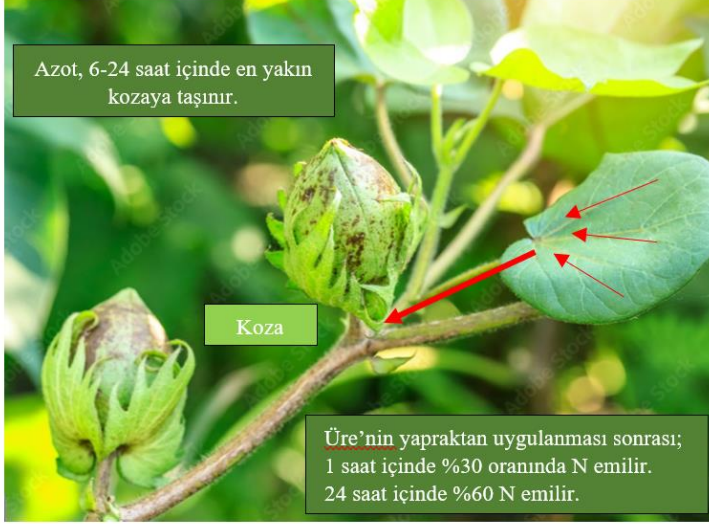
Gübredeki besin maddesinin konsantrasyonu, her zaman bitki organında bulunan konsantrasyondan önemli ölçüde daha yüksek olacaktır. Bu nedenle, bitki yüzeyine besin çözeltisi uygulandığında bir konsantrasyon gradyanı oluşarak, besin maddesinin yüzey boyunca difüzyonu sağlanacaktır. İzole kütiküllerle yapılan çalışmalarda, uygulanan çeşitli mineral elementlerin artan konsantrasyonları ile bağlantılı olarak daha yüksek penetrasyon oranları bildirilmiştir. Ancak kütikula tabakasının kalınlığı bitki türlerine göre farklılık göstermekte ve çevresel değişimlerden etkilenmektedir. Bitki besin element noksanlığının yoğun olduğu bitkilerde besin elementlerinin yapraktan alınımı ve diğer organlara taşınımı daha yüksek olabilmektedir. Bununla birlikte, uygulanan çözeltilinin konsantrasyonu ile yaprak penetrasyon oranları arasında hala tam olarak anlaşılamayan ilişkilerde mevcuttur (Schlegel ve ark., 2006; Schönherr ve ark., 2005). Bu nedenle yapraktan uygulanan mineral besinlerin ideal konsantrasyon aralığı, besin elementi çeşidi (mikro ya da makro vb.), bitki çeşidi, bitki yaşı, beslenme durumu ve hava koşulları gibi faktörlere göre belirlenmelidir. Yapraktan uygulanan besin maddelerinin alım hızları birbirinden farklı olduğu için bitki gelişim süreci dikkate alınarak en az 2-3 uygulama yapılması da önerilmektedir. Bazı besin elementlerinin

yaprağa geçişi ve %50'sinin bitki tarafından alınım süresi, Tablo 1'de verilmiştir (Epstein & Bloom, 2005; Fernández & Brown, 2013; Alshaal & Ramady, 2017).

**Tablo 1:** Bazı Bitki Besin Elementlerinin Uygulama Sonrası %50'sinin Emilim Süresi ve Geçiş Hızları

Besin Elementi	%50'sinin emilim süresi	Geçiş Hızları
Üre (Üre-N)	0.5-2.0 saat	Hızlı
Fosfor (P)	5-10 gün	Orta hızlı
Potasyum (K)	10-24 saat	Hızlı
Kalsiyum	1-2 gün	Çok yavaş
Magnezyum (Mg)	2-5 saat	Çok yavaş
Kükürt (S)	8 gün	Orta hızlı
Çinko (Zn)	1-2 gün	Yavaş
Mangan (Mn)	1-2 gün	Yavaş
Demir (Fe)	10-20 gün	Yavaş-Çok yavaş
Molibden (Mo)	10-20 gün	Yavaş

Besin elementlerinden N yaprak yüzeyinden hızlı alınabilirken, P'un daha yavaş alındığı bilinmektedir. Üre en hızlı alınan azot formudur (Şekil 4). Hızlı alınmasının nedeni katı formda olan üre, suda eritildiği zaman elektriksel yüke sahip değildir. Çapı hidrofilik boşlukların çapından daha küçüktür ve bu nedenle ürenin bitki bünyesine geçişi çok kolay olmaktadır. Bir molekülün çapı ne kadar büyük ise onun yapraktan içeriye girişi o kadar zor olmaktadır. Ancak organik bağ halinde bağlanmış (EDTA ve türevleri) olan Cu, Fe, Mn, Zn gibi bitki besin elementleri (B ve Mo hariç) yapraktaki hidrofilik boşluklardan içeriye daha kolaylık girebilmektedir (Kacar ve ark., 2002).



**Şekil 4:** Pamuk Yaprığına Uygulanan Ürenin Alınımı ve Kozaya Hareketi (Oosterhuis & Bondada, 2001)

Fitotoksosite riskinin bilinmesine rağmen yaprağına yüksek besin konsantrasyonuna sahip çözeltili uygulamaları ile daha iyi sonuç alınacağına dair yaygın bir inanç bulunmaktadır (Fernández & Brown, 2013). Ancak yaprak gübrelere çok yüksek konsantrasyonlarda uygulanması, yaprak hasarına (yanıklık, kuruma vb.) yol açabilmektedir. Mevcut yaprak gübreleme çalışmalarında bildirilen besin elementi uygulama aralığının çok değişken olduğu görülmektedir (Fernández & Ebert, 2005; Fernández ve ark., 2008). Örneğin yapraktan Fe uygulama aralığı 1 mM-29 mM arasında değişirken (Leonard, 1967; Rombola ve ark., 2000; Fernández ve ark., 2008); Zn 1 mM-2 M aralığında önerilebilmektedir (Castagnoli ve ark., 1990; Zhang & Brown, 1999). Genellikle Fe-şelat ve  $MnSO_4$  gübrelere, 5 g/l konsantrasyonunda, Ca ise  $Ca(NO_3)_2$  formunda 5 – 10 g/l oranında kullanılmaktadır (Deckers, 2013; Fernández ve ark., 2013). Ancak

etkili madde miktarı dikkate alındığında, makro elementler için %1, mikro elementlerde ise %0.1 yaprak gübre uygulamalarının yeterli olduğu bildirilmektedir (Fernández & Ebert, 2005; Gülser ve ark., 2017).

Yaprak gübreleri bitki koruma ürünleri ile birlikte de uygulanabilmektedir. Özellikle hastalık baskısının yüksek olduğu tropikal bitkilerde fungusit ve insektisit yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle üreticiler, maliyetten, zamandan ve emekten tasarruf etmek için genellikle bitki koruma ürünleri karışımına yaprak besinlerini de eklemektedir (Marschner, 2012). Ayrıca yaprak gübre çözeltilisinin performansını iyileştirmek amacıyla bazı katkı maddeleri formülasyonlara dâhil edilebilmektedir. Besin maddelerinin alınabilirliğini arttırmak amacıyla yayıcı yapıştırıcı ve yüzey gerilimini azaltıcı maddeler kullanılmaktadır. Bu maddeler gübre kullanım etkinliğini de artırmaktadır. Marulda yapılan bir çalışmada, piyasada satılan yayıcı-yapıştırıcılar içinde organik silikonlu preparatların etkinliğinin daha iyi olduğu ve marul yetiştiriciliğinde başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir (Kaptan, 2021).

## **1.2. Yaprak Gübrelerinin Besin İçerikleri ve Kalite Parametreleri**

Tüm gübreler yapraktan kullanım için uygun değildir. Yapraktan uygulama da amaç besin maddelerinin bitki dokusuna maksimum emilimini sağlamaktır. Bu nedenle yaprak gübresi formülasyonları, bitkiye zarar vermeyecek şekilde tasarlanmalı ve belirli standartları karşılamalıdır (Patil & Chetan, 2018). Bu standartlar;

-*Düşük tuz indeksi*: Yüksek tuz konsantrasyonu bitkiye zarar verebilir. Özellikle nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve klorür ( $\text{Cl}^-$ ) içeriklerinin yüksek olmaması önemlidir.

-*Yüksek çözünürlük*: Çözelti hacmini düşürmek ve uygulamanın kolay bir şekilde yapılması için önemlidir.

-*Yüksek saflık*: Gübrenin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için gerekmektedir.

Yaprak gübreleri, sıvı ve katı formda bulunmaktadır. Sıvı formda olan yaprak gübrelerinin büyük çoğunluğu katı formda olan mineral gübrelerin su, asit ve özel çözücülerle eritilerek konsantre eriyik haline getirildikten sonra uygun şelatlayıcılar ilave edilerek hazırlanması ile oluşmaktadır. Sıvı yaprak gübrelerinin etkili madde miktarı, katı formda olanlara göre 2-3 kat daha azdır. Katı ya da sıvı olan yaprak gübreleri kimyasal tuz formunda ya da gübrenin etkinliğini arttırmak amacı ile şelat formunda üretilmektedir. Şelatlama materyali olarak EDTA, EDDHA, HEDTA, DTPA olabildiği gibi aminoasitler, organik ve humik asitler kullanılmaktadır. Ancak B ve Mo elementlerinin anyon olması nedeniyle şelatlama işlemi yapılamamaktadır.

Yaprak gübreleri, N, P, K, ikincil ve mikro besin elementlerini içermektedir.

*Azot*: Üre diğer N kaynaklarına kıyasla düşük tuz indeksi ve yüksek çözünürlüğü nedeniyle yapraktan uygulamalar için en uygun kaynaktır. Yaprak gübrelerinde kullanılan ürenin, biüre içeriği düşük (düşük biüre maksimum 0.2) olmalıdır. Amonyum polifosfat, amonyak içeren orto-fosfat (sıvı), amonyum tiyosülfat (12-0-0-26S) ve sıvı amonyum sülfat

(8-0-0-9S) diğerk N kaynakları arasındadır (Patil & Chetan, 2018). Bu kaynaklar, düşük oranlarda kullanıldıklarında bitkide toksisite etkisi göstermemektedir.

*Fosfor:* Poli ve orto-fosfatların toksite riski düşüktür. Ayrıca P emiliminin yüksek olması nedeniyle yapraktan beslemede kullanımları uygundur.

*Potasyum:* Potasyum polifosfatlar düşük tuz indeksi, yüksek oranda çözünebilir K kaynağıdır. Potasyum sülfat düşük tuz indeksine sahiptir, ancak çözünürlüğü oldukça düşüktür. Potasyum nitrat ve K tiyosülfat, yüksek çözünürlüğe ve düşük tuz indeksine sahip olmaları nedeniyle yapraktan kullanıma uygun K kaynaklarıdır.

*İkincil ve Mikro Besin Maddeleri:* İkincil (Ca, Mg ve S) ve mikro (Zn, Mn, Fe, Cu, Mo ve B) besin elementlerinin yapraktan uygulanması etkili sonuç vermektedir. Ancak yaprak dokusundan bu elementlerin alınımı ve bitki içinde yer değiştirmeleri ile ilgili zorluklar dikkate alınarak doğru gübre kaynaklarının seçilmesi ve uygulama aşamasında su ile karıştırılan çözeltilerin pH değerinin 6.5-7 arasında olması önemlidir.

Bitkilere yaprak gübresi uygulamaları, besin eksikliğinin hızla düzeltilmesine yardımcı olduğu gibi böcek, mantar hastalıkları ile mücadele amacıyla kullanılan ilaçlarla kombine edilerek uygulanabilmekte ve üretim maliyeti düşürülmektedir (Dordas, 2009; Smoleń, 2012; Shalaby & El-Ramadi, 2014; Simões ve ark., 2017).



Ancak Ca'lu gübreler ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  vb.) bitki koruma ilaçları ile kullanılmamalıdır.

Yaprak gübrelerinin doğru şekilde, doğru zamanda ve bitki çeşidi özelinde uygun dozlarda kullanımı, sürdürülebilir gübre yönetimi açısından çok önemlidir. Üreticilerin yaprak gübrelerinin etkinliği konusunda eksik bilgiye sahip olmaları ekonomik, sosyal ve çevresel düzeyde problemlere neden olabilmektedir. Ayrıca yaprak gübresi kalite parametrelerinin, evrensel düzeyde net ve kapsamlı bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir. Yerel ve Uluslararası düzeyde besin içerikleri dışında takip edilen genel kalite ölçütleri bulunmadığından, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaprak gübrelerinin kalitesi;

- Yaprak gübresinin menşei (yerli ve ithal ürünler) ve içeriğindeki elementin kaynağı;
- Gübre yerel endüstrisinin gelişme derecesi;
- Fabrikadaki ürünün kontrolünü ve uygun kontrol tedbirlerini sağlayabilir tesisin varlığı
- Kontrol makamları tarafından ürünün denetlenmesi
- Yaprak gübresi ve uygulamaları ile ilgili bilgi düzeyinden etkilenmektedir.

Modern bitkisel üretim sürecinde, artan gıda talebinin karşılanabilmesi amacıyla verim ve kalite parametrelerini artıran her türlü yöntem değerlendirilmektedir. Tarımsal üretimde artan endüstriyel üretime bağlı olarak ortaya çıkan çevresel ayak izini azaltmak için gübre verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Standart toprak gübreleme stratejilerinde, fiksasyon, yıkanma ve/veya buharlaşma yoluyla besin

kayıpları oluşabilmekte ve bu nedenle de optimum verime ulaşamamaktadır. Yapraktan gübrelemenin ise olumsuz toprak koşullarının etkisini atlamaya yönelik ek bir strateji olmakla birlikte uygulama sürecinde ortaya çıkan zayıf penetrasyon, yaprakta hasar veya besinlerin yer değiştirme yeteneğinin sınırlı olması gibi nedenlerden etkinliği sınırlanmaktadır. Bu bağlamda nanoteknolojideki son gelişmeler, besin maddelerinin daha verimli bir şekilde bitkiye iletilmesi için bitki dokusu ile etkileşime girebilen akıllı nanopartiküllerin tasarlanmasına yönelik çalışmaları hızlandırmıştır (Husted ve ark., 2022).

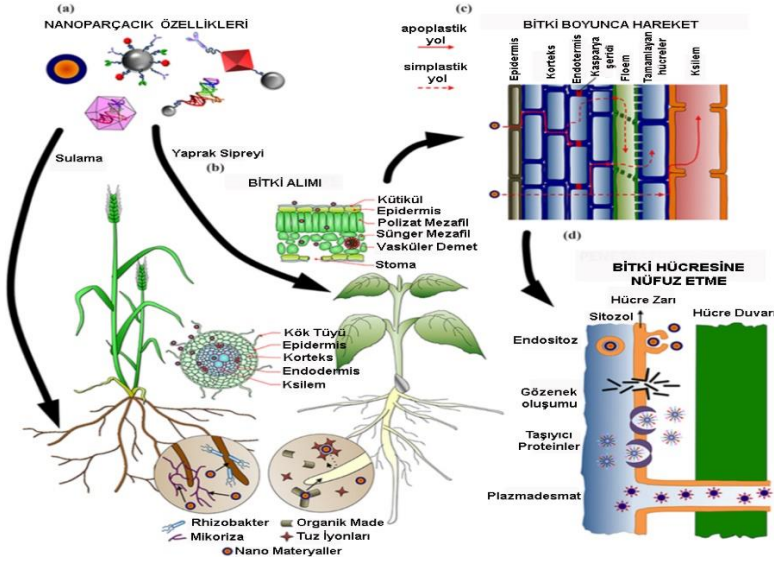
### **1.3. Yeni Nesil Yaprak Gübreleri (Nano Gübreler)**

Nanoteknoloji, nano boyuttaki malzemelerin özelliklerinin incelenmesi, yeni malzemelerin tasarlanması ve işlevsellik kazandırılması, yeni üretim tekniklerinin bulunması ve kullanım alanları yaratılmasını kapsayan bir teknoloji, mühendislik ve bilimdir. Son yıllarda, birim alandan yüksek miktarda ve kalitede üretimin sağlanabilmesi için iyi bir alternatif olarak görülen nano gübreler üretilmeye başlanmıştır. Nano gübreler tarımda, ürün verimi ve besin maddesi kullanım etkinliğini artırmak, aşırı dozda kullanılan kimyasal gübrelerin kullanımını azaltmak için önemlidir. Nano-tarımsal formülasyonlar, besin kullanım verimliliğini arttırmaktadır, aşırı doza bağlı potansiyel olumsuz etkileri en aza indirmekte ve gübre uygulama sıklığını azaltmaktadır (Raliya ve ark., 2017).

Nano materyallerin tarımda ve özellikle bitki büyümesinin teşviki ve korunması için nano gübreler olarak uygulanmasına ilişkin yayınlanmış çok sayıda bilimsel yayın ve patent bulunmaktadır (Yata ve ark., 2018; Kah ve ark., 2018 Mejias ve ark., 2021; Mahapatra ve ark., 2022). Nanogübreler, nanopestisitler, nanosensörler ve nanotaşıyıcılar olarak tasarlanmış nanopartiküllerin (NP'ler) yaprak gübresi olarak kullanımına yönelik ürünler her geçen gün artmaktadır. Nano yaprak gübrelerinin, geleneksel toprak-kök uygulamasına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (Peralta-Videa, 2018; Zülfigar ve ark., 2019). Yaprğa püskürtülen nanopartiküller stoma yoluyla yaprğa girerek, apoplastik ve simplastik yollarla farklı bitki kısımlarına taşınmaktadır. Makro ve mikro boyutların aksine, nano boyutlara getirilmiş elementler, bitkinin stoma açıklığından rahatça geçebildiği için bitki besin elementlerinin alınabilirliği artmaktadır. Artan besin kullanım verimliliği, azaltılmış gübre israfı ve azalan yetiştirme maliyeti ile ürün büyümesini, verimi ve kalite parametrelerini iyileştirmek için tarımda önemli bir görev üstlenen bu nano yapılar, uzun süre boyunca yavaş bozunma ve aktif bileşenin kontrollü salımını yapabilmektedir (Quezada ve ark., 2022).

Yapraklar yoluyla nanopartiküllerin alımı, bitkilerin fizyolojisine bağlıdır (Schwab ve ark., 2016). Genellikle, nano partiküller trikomlar, stoma, stigma ve hidatodlar tarafından emilir ve bitki içinde floem ve ksilem yoluyla taşınmaktadır (Wang ve ark., 2016). Nano partiküller, apoplastik ve simplastik yolları kullanarak yer değiştirmektedir. Nano malzemeler, bitkide yukarı ve aşağı hareket etmek için apoplastik

ve/veya simplastik yolları ve radyal hareketi takip edebilir, bir yoldan diğerine geçiş kolaylıkla yapabilmektedir. Makro-moleküllerin (nano partiküller, su, vb.) apoplast içindeki hareketi, hücre duvarı ve diğer hücreler arası boşluklar yoluyla gerçekleşmektedir. Ancak makro-moleküllerin alınımı, hücre duvarlarının geçirgenlik limit (5–20 nm) değerleri içerisinde sınırlıdır (Bernela ve ark., 2021). Bununla birlikte, makro-moleküllerin simplastik olarak bir hücreden diğerine hareketi, plazma zarının iç tarafı olan plazmodesmata da gerçekleşmektedir. Nano partiküller ise hücrelere endositoz yoluyla hücre duvarından girebilmektedir (Şamaj ve ark., 2004; Etxeberria ve ark., 2006). Nanopartiküller bitki hücre duvarından girdikten sonra çapı 5 ile 20 nm arasında değişen stomalara (Fleischer ve ark., 1999) ve dokulara aktarılmaktadır.



**Şekil 5:** Bitkilerde Nanopartiküllerin Absorpsiyon, Alım, Transport ve Penetrasyonuna Farklı Faktörlerin Etkisi (Pérez de Luque, 2017)

Nano gübreler 3 çeşittir.

1. Nano ölçekli gübre (besin içeren nanopartiküller),
2. Nano ölçekli katkı maddeleri (nano besin elementi katkılı geleneksel gübreler)
3. Nano ölçekli kaplama (nanopartiküllerle kaplanmış geleneksel gübreler).

Nano gübreler, sürdürülebilir ve çevre dostu verim üretimi için geleneksel gübrelere göre;

- Besin maddelerinin daha yüksek kayıplar olmadan daha iyi emilmesi ve verimli kullanılması,
- Besin kayıplarının azalması nedeniyle çevre kirliliği riskinin önemli ölçüde azaltılması,
- Kimyasal gübrelere kıyasla nano gübrelerin difüzyon hızı ve çözünürlüğü çok daha yüksektir,
- Kimyasal gübrelere göre kıyasla nano gübreler besinlerin kontrollü salınımını sağlar,
- Nano gübrelerin düşük miktarlarda gereksinimi azaltılmış kayıp ve daha yüksek absorpsiyon nedeniyle sentetik gübrelere daha avantajlıdır,
- Toprak verimliliğinin iyileştirilmesi ve ayrıca mikroorganizmalar için uygun bir ortamın geliştirilmesi için önemlidir (Taraftar ve ark., 2020; Thavaseelan ve ark., 2021). Geleneksel gübreler ve nano gübreler arasındaki farklar Tablo 2’de verilmiştir

**Tablo 2:** Nanoteknoloji Temelli Gübre Formülasyonları ile Geleneksel Gübre Özellikleri Arasındaki Farklar (Rai ve ark., 2015; Tarafdar ve ark., 2020)

Özellikleri	Nano Gübre	Geleneksel Gübre
Çözünübilirlik	Yüksek	Düşük
Kontrollü besin salımı	Yüksek	Düşük
Besin elementlerinin kaybı	Düşük	Yüksek
Besin elementi alımını	Yüksek	Düşük

Yapılan çalışmalar, geleneksel gübrelere göre nano gübrelerin daha etkili olduğunu göstermektedir. Bitkilerin nano-mikro gübreleri %18 oranında daha fazla aldığı, makro besinli nano gübrelerin geleneksel gübrelere göre büyümeyi %29 oranında arttırdığı bildirilmiştir (Kah ve ark., 2018).

## SONUÇ

Günümüzde yapraktan besleme bitkisel üretimde önemli bir rol oynamaktadır. Besin elementlerinin yapraktan uygulanması, verim ve kalitenin artırılması için gereklidir. Yapraktan beslemenin etkinliği, bitki yapraklarının karakterizasyonuna, gübre malzemelerinin doğasına ve çevresel hava faktörleri ile direk ilişkilidir. Özellikle tek başına uygulandıklarında, düşük çevresel etkiye sahip olmaları ve gıda güvenliği açısından risk oluşturmamaları nedeniyle bitkisel üretim süreci için çok önemli tamamlayıcı ürünlerdir. Ancak yaprak gübrelerine özel düzenlemeler bulunmadığı için piyasada bulunan birçok yaprak gübresi ürünü standardize olmaması, gübre ve bitki koruma ürünlerinin birlikte kullanımına bağlı etkileri önceden tahmin edilememesi, bitki hastalıkları ile mücadele amacıyla yaprak besin

elementi uygulamalarının etkinliğini gösteren mekanizmaların tam olarak anlaşılması kullanımını sınırlandıran faktörler arasındadır. Bu bağlamda yeni nesil yaprak gübreleri arasında nanogübreler ümit vericidir. Sadece laboratuvar ölçeğinde çalışılan nanomalzemelerin avantajlarının daha iyi anlaşılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle nanopartiküllerin bitkide tamamen iyonik formlara dönüştürülüp daha sonra proteinlere ve farklı metabolitlere dâhil edilip edilmediği veya bozulmadan gıda zinciri yoluyla tüketicilere ulaşp ulaşmadığı bilinmemektedir. Ayrıca, nano gübrelerin yapraktan uygulamalarını optimize etmek amacıyla nano-formülasyonların standardizasyonun sağlanması da gerekmektedir.

Nanogübre üretiminde (enerji kullanımı, teknoloji maliyeti vb.) ve benimsenmesinde (çevrede bilinmeyen etkileşimler, toksisite) eksikliklerin giderilerek nanogübrelerin kullanımının artırılması, özellikle gıda talebinin yüksek olduğu yoğun gübre kullanımı olan bölgelerde çevresel bozulmayı durdurabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Alexander, A. (1986). Optimum Timing of Foliar Nutrient Sprays. p. 44-60. In Alexander, A. (ed). Foliar Fertilization. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Alshaal, T. & El-Ramady, H. (2017). Foliar Application: From Plant Nutrition To Biofortification. Environment, Biodiversity and Soil Security, 1: 71-83.
- Amiri, M.E., Fallahi, E., & Golchin, A. (2008). Influence of foliar and ground fertilization on yield, fruit quality and soil, leaf and fruit mineral nutrients in apple. J. of Plant Nutr., 31(3): 515- 525.
- Anaç, D. (2010). Önemli Kültür Bitkilerinin Gübrenilmesi. Prof. Dr. Dilek Anaç (Edt.). Ege Üniversitesi. Uluslararası Potasyum Enstitüsü, p. 1-103, İzmir-Bornova.
- Anonim (2022). <https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCtikula> (Erişim tarihi: 15.10.2022).
- Aziz, M.Z., Yaseen, M., Abbas, T., Naveed, M., Mustafa, A., Hamid, Y., Saeed, Q., & Xu, M.G. (2019). Foliar application of micronutrients enhances crop stand, yield and the biofortification essential for human health of different wheat cultivars. Journal of Integrative Agriculture, 18(6): 1369–1378.
- Bai, R.Q., Schlegel, T.K., Schonherr, J., & Masinde, P.W. (2008). The effects of foliar applied  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  and  $\text{K}_2\text{CO}_3$  combined with the surfactants glucocon and plantacare on gas exchange of 1 year old apple (*Malus domestica* Borkh.) and broad bean (*Vicia faba* L.) leaves. Scientia Horticulturae. 116: 52-57.
- Bernela, M., Rani, R., Malik, P., & Mukherjee, T.K. (2021). Nanofertilizers: Applications and Future Prospects. In: Sindhu RK, Chitkara M, Singh IS, Editors. Nanotechnology Principles and Applications. 1st edn. Singapore: Jenny Stanford Publishing. p. 289–332.
- Boom, A., Damste, J.S.S., & De Leeuw, J.W. (2005). Cutan, a common aliphatic biopolymer in cuticles of drought-adapted plants. Organic Geochemistry, 36: 595-601.



- Bukovac, M.J. (1985). Citation classic absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Current Contents/Agriculture Biology & Environmental Sciences*, 16-16.
- Castagnoli, S.P., DeJong, T.M., Weinbaum, S.A., & Johnson, R.S. (1990). Autumn foliage applications of ZnSO<sub>4</sub> reduced leaf nitrogen remobilization in peach and nectarine. *J. American Society for Horticultural Science*, 115(1): 79-83.
- Danışman, F. & Bellitürk, K. (2007). Yapraktan Beslenme. *HR.Ü.Z.F. Dergisi*, 11 (1/2): 7-12.
- Dordas, C. (2009). Role of Nutrients in Controlling Plant Diseases in Sustainable Agriculture: A Review. In: E. Lichtfouse et al. (Eds.), *Sustainable Agriculture*, DOI 10.1007/978-90-481-2666-8-28, Springer Science + Business Media B.V., p. 443 – 460.
- Epstein, E. & Bloom, A.J. (2005). *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 380.
- Etxeberria, E., Gonzalez, P., Baroja-Fernandez, E., & Pozueta-Romero, J. (2006). fluid phase uptake of artificial nano-spheres and fluorescent quantum-dots by sycamore cultured cells plant signal. *Behav.*,1: 196-200.
- Fernández, V. & Brown, P.H. (2013). From plant surface to plant metabolism: The uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, 1–5.
- Fernández, V. & Ebert, G. (2005). Foliar iron fertilization: A Critical Review. *J. Plant Nutr.*, 28: 2113-2124.
- Fernández, V. & Eichert, T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 28: 36–68.
- Fernández, V., Eichert, T., Del Rio, V., Lopez-Casado, G., Heredia-Guerrero, J.A., Abadia, A., Heredia, A., & Abadia, J. (2008). Leaf structural changes associated with iron deficiency chlorosis in field-grown pear and peach: Physiological implications. *Plant and Soil*, 311: 161-172.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., & Brown, P. (2013). *Foliar Fertilization: Scientific Principles and Field Practices*. Paris. International Fertilizer Industry Association.

- Fleischer, M.A., O'Neill, R., & Ehwald, R. (1999). The pore size of non-graminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross-linking of the pectic polysaccharide rhamnoga lacturonan II. *Plant Physiol.*, 121: 829–38.
- Gülser, C., Kızılkaya, R., Küren, N., Oy, G., & Yalçın, U. (2017). The effect of foliar fertilizer produced from biogas waste on yield and protein content of wheat. ICAFOF, International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, 15-17 May 2017. Cappadocia, Türkiye. Book of Proceedings. p. 260.
- Haytova, D. (2013). A Review of foliar fertilization of some vegetable crops. *Annual Review and Research in Biology*, 3(4): 455-465.
- Heredia, A. (2003) Biophysical and biochemical characteristics of cutin, a plant barrier biopolymer. *Biochim. Biophys. Acta*, 1620, 1–7.
- Husted, S., Minutello, F., Pinna, A., Le Tougaard, A., Møse, P., & Kopittke, P.M. (2022). What is missing to advance foliar fertilization using nanotechnology? *Trends in Plant Science*.
- Jeffree, C.E. (2006). Structure and Ontogeny of Plant Cuticles. in: Kerstiens, G., (Ed.) *Plant Cuticles*, Bios Scientific Publishers, p. 33-82. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470988718.ch2>.
- Johnson, E.J., Dorot, O., Liu, J., Chefetz, B., & Xing. B. (2007). Spectroscopic characterization of aliphatic moieties in four plant cuticles. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 38: 2461-2478.
- Kacar, B., Katkat, V., & Öztürk, Ş. (2002). *Bitki Fizyolojisi*, Uludağ Üniv. Güçlendirme Vakfı, Yayın No: 198, Bursa.
- Kah, M., Kookana, R.S., Gogos, A., & Bucheli, T.D.A. (2018). Critical evaluation of nanopesticides and nanofertilizers against their conventional analogues. *Nat Nanotechnol.*,13: 677–84.
- Kannan, S. (2010). Foliar fertilization for sustainable crop production. *Sustainable Agriculture Reviews*, 4: 371- 402.

- Kaptan, M.A. (2021). Marulda yapraktan gübrelemede farklı yayılcı yapıştırıcı kullanımının etkisi üzerine bir araştırma. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 15–20.
- Kerstiens, G. (2010). Plant cuticle. ELS.
- Kosma, D.K., Bourdenx, B., Bernard, A., Parsons, E.P., Lü, S., Joubès, J., & Jenks, M.A. (2009). The impact of water deficiency on leaf cuticle lipids of Arabidopsis. Plant Physiology, 151(4): 1918–1929.
- Leonard, C.D. (1967). Use of dimethyl sulfoxide as a carrier for iron in nutritional foliar sprays applied to citrus. Annals of New York Academy of Science, 141: 148–158.
- Lester, G.E., Mon, J.L., & Makus, D.J. (2006). Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. Hortscience, 41: 741-744.
- Liakopoulos, G., Stavrianiakou, S. Nikolopoulos, D., Karvonis, E., Vekkos, K.A., Psaroudi, V., & Karabourniotis, G. (2009). Quantitative relationships between boron and mannitol concentrations in phloem exudates of Olea europaea leaves under contrasting boron supply conditions. Plant and Soil, 323: 177-186.
- Lovatt, C.J. (1990). A definitive test to determine whether phosphate fertilization can replace phosphate fertilization to supply p in the metabolism of hass on Duke 7. California Avocado Society Yearbook, 81: 61-64.
- Mahapatra, D.M., Satapathy, K.C., & Panda, B. (2022). Biofertilizers and nanofertilizers for sustainable agriculture: phycoprosects and challenges. Sci Total Environ., 803: 149990. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149990.
- Marschner, P. (2012) Mineral Nutrition of Higher Plants, San Diego: Academic Press.
- Mejias, J.H., Salazar, F., Pérez Amaro, L., Hube, S., Rodriguez, M., & Alfaro, M. (2021). Nanofertilizers: A cutting-edge approach to increase nitrogen use efficiency in grasslands. Front Environ Sci., 9: 635114.
- Oosterhuis, D.M. & B.R. Bondada. (2001). Yield response of cotton to foliar nitrogen as influenced by sink strength, Petiole Maskovetz, N.1941. Plant Virus Diseases and Their Control. Traous. Sci. USSR.

- Patil, B. & Çetani, H.T. (2018). Foliar Fertilization of Nutrients. Marumegh. Agriculture is an Art, Patience Devotion and Support.
- Peralta-Videa, J.R. (2018). Are nanomaterials a real solution for sustainable agriculture? *Acta Sci. Agric.*, 2: 16–17.
- Perez de Luque, A. (2017). Interaction of nanomaterials with plants: what do we need for real applications in agriculture? *Frontiers in Environmental Science*. Vol 5:12. doi:10.3389/fenvs.2017.00012.
- Quezada, G.D.A., Ingle, A.P., Golińska, P., & Rai, M. (2022). Strategic applications of nano-fertilizers for sustainable agriculture: Benefits and bottlenecks. *Nanotechnology Reviews*, 11: 2123–2140.
- Rai, M., Ribeiro, C., Mattoso, L., & Duran, N. (2015). *Nanotechnologies in Food and Agriculture*, Springer.
- Raliya R., Saharan V., Dimkpa C., & Biswas P. (2017). Hassas ve sürdürülebilir tarım için nanogübre: Mevcut durum ve gelecek perspektifler. *J. Agric. Gıda Kimyası*, 66: 6487–6503.
- Rombola, A.D., Bruggemann, W., Tagliavini, M., Marangoni, B. & Moog, P.R. (2000). Iron source affects iron reduction and re-greening of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) leaves. *J. Plant Nutr.*, 23: 1751-1765.
- Šamaj, J., Baluška, F., Voigt, B., Schlicht, M., Volkmann, D., & Menzel, D. (2004). Endocytosis, actin cytoskeleton, and signalling. *Plant Physiol.*, 135: 1150–61.
- Schlegel, T.K., Schönherr, J., & Schreiber. L. (2006). Rates of foliar penetration of chelated Fe (III): Role of light, stomata, species, and leaf age. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 6809-6813.
- Schönherr, J., Fernández, V., & Schreiber. L. (2005). Rates of cuticular penetration of chelated Fe (III): Role of humidity, concentration, adjuvants, temperature, and type of chelate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4484-4492.
- Schwab, F., Zhai, G.S., Kern, M., Turner, A., Schnoor, J.L., & Wiesner, M.R. (2016). Barriers, pathways and processes for uptake, translocation and accumulation of nanomaterials in plants: Critical review. *Nanotoxicology*, 10: 257–78.

- Shalaby, T.A. & El-Ramady, H.R. (2014). Effect of foliar application of some bio-stimulants on growth, yield and its components and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 8(2): 271–275.
- Simões, L. de S., Madalena, D.A., Pinheiro, A.C., Teixeira, J.A., Vicente, A.A., & Ramos, Ó.L. (2017). Micro and nano bio-based delivery systems for food applications: In vitro behavior. *Advances in Colloid and Interface Science*, 243: 23-45.
- Smoleń, S. (2012). Foliar Nutrition: Current State of Knowledge and Opportunities. In: Srivastava, A.K. (Edt), *Advances in Citrus Nutrition*, DOI 83.
- Tarafdar, C., Daizy, M., Alam, M.M., Ali, M.R., Islam, M.J., Islam, R. (2020). Formulation of a hybrid nanofertilizer for slow and sustainable release of micronutrients. *ACS Omega*, 5: 23960–2396.
- Thavaseelan, D. & Priyadarshana, G. (2021). Nanofertilizer use for sustainable agriculture. *J Res Technol Eng.*, 2(1): 41–59.
- Villena, J.F., Domínguez, E., Stewart, D., & Heredia, A. (1999). Characterization and biosynthesis of non-degradable polymers in plant cuticles. *Planta*, 208(2): 181–187.
- Wang, P., Lombi, E., Zhao, F.J., & Kopittke, P.M. (2016). Nanotechnology: A new opportunity in plant sciences. *Trends Plant Sci.*, 21: 699–712.
- Weinbaum, S. (1988). Foliar nutrition in fruit trees. In *Plant Growth and Leaf Applied Chemicals*. Neumann, P.M. (Edt). CRC Press, Boca Raton. p. 81-100.
- Yata, V.K., Tiwari, B.C, & Ahmad, I. (2018). Nanoscience in food and agriculture: Research, industries and patents. *Environ Chem Lett.*, 16: 79–84.
- Zhang, Q.L. & Brown, P.H. (1999). Distribution and transport of foliar applied zinc in pistachio. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124: 433-436.
- Zulfiqar, F., Navarro, M., Ashraf, M., Akram, N.A., & Munné-Bosch, S. (2019). Sürdürülebilir tarım için nanogübre kullanımı: Avantajlar ve sınırlamalar. *Bitki Bilimi*, 289: 110270.
- URL-1 (2022). <https://manicobotanix.com/beneficial-additives-in-hydroponics/4/>. (Erişim Tarihi: 25.05.2022)
- URL-2 (2022). Midwestlabs. [https://midwestlabs.com/wp-content/uploads/2017/01/foliar\\_nutrition.pdf](https://midwestlabs.com/wp-content/uploads/2017/01/foliar_nutrition.pdf). (Erişim Tarihi: 25.05.2022)

## BÖLÜM 5

### SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIKTA KİMYASAL PESTİSİTLERE ALTERNATİF YÖNTEMLER

Doç. Dr. Ruhan İlknur GAZİOĞLU ŞENSOY<sup>1\*</sup>

Araş. Gör. Ethem Ömer BAŞ<sup>1,2</sup>

Zir. Müh. Bilal SOYSAL<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye. rigazioglu@yyu.edu.tr ORCID: 0000-0002-2379-0688

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van-Türkiye. soysalb72@gmail.com ORCID: 0000-0002-3325-7086;

<sup>1,2</sup> ethemomerbas@yyu.edu. ORCID: 0000-0002-5729-5191



## GİRİŞ

Tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve artan dünya nüfusuna paralel olarak gelişen beslenme ve açlık sorunları, küresel bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nüfus artışına paralel olarak da yeterli gıda arzının sağlanabilmesi için tarım ürünlerinde verim ve kalite artışına yönelik çalışmalar, gün geçtikçe artmaktadır. Bu konuda alınan önlemlerin başında da büyük kayıplara neden olan bitki hastalık ve zararlılarıyla mücadele gelmektedir. Bu mücadelenin ise en çok tercih edilen yöntemi de ne yazık ki kimyasal pestisit uygulamalarıdır (Topuz, 2005). Ancak günümüzde kimyasal mücadelenin ve pestisit kullanımının olumsuz etkileri toplum tarafından da bilinmektedir. Bu nedenlerle ekolojik dengeyi bozmayan, çevre kirliliğini en aza indiren, insan ve hayvan sağlığına zararlı olmayan, kimyasal mücadeleye alternatif, çevre dostu tarım sistemlerine büyük oranda yönelim başlamıştır. Yoğun pestisit kullanımının insan ve çevre sağlığına olan olumsuz etkilerinin her geçen gün daha iyi anlaşılması, yetiştiricileri ve bilim insanlarını çeşitli sürdürülebilir tarım uygulamalarına yöneltmiştir. Ülkemizde ve dünyada tarımsal girdilerin gereksiz ya da aşırı kullanılması işletmeye maddi yük olarak dönmesinin yanında, çok sayıda sağlık problemini de beraberinde getirmektedir. Tarımsal sürdürülebilirliğe zarar veren bu uygulamalar, gıdalarda ciddi kimyasal kalıntılara yol açmakta; özellikle üzüm gibi, zirai ilaç kalıntılarının meyve kabuğunun soyulmasıyla ya da yıkanarak uzaklaştırılmasının daha zor olduğu ürünlerde, bu sorunların önüne geçebilmek daha da zorlaşmaktadır (Gazioğlu Şensoy ve ark., 2019a). Özellikle gelir düzeyi



yüksek ülkeler başta olmak üzere birçok ülkelerde bilinçlenerek örgütlenen üretici ve tüketiciler, doğayı tahrip etmeyen yöntemlerle, insanlarda olumsuz etki yapmayan tarımsal ürünleri üretmeyi tercih etmeye başlamıştır (Turhan, 2005).

## **1. PESTİSİTLER VE ETKİ MEKANİZMALARI**

Pestisitler, “insan veya hayvanlarda oluşabilecek hastalıkları taşıyıcı; gıdaların, tarımsal ürünlerin, ahşap ve ahşap ürünlerinin veya hayvan yemlerinin üretimi, işlenmesi, taşınması, depolanması ve/veya pazarlanması sırasında bu uygulamaları olumsuz etkileyecek her türlü zararlının önlenmesi, yok edilmesi veya kontrol altına alınması amacıyla veya hayvanlar üzerinde veya vücutlarında bulunabilecek zararlıların kontrol altına alınması amacıyla kullanılan maddelerdir” şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2022).

Tarımda en yaygın şekilde kullanılan pestisitler; insektisitler, fungusitler, herbisitler, nematositler ve rodentisitlerdir (Öncüler, 1995; Francisco ve ark., 2012; Burçak ve ark., 2015) Dünyada kimyasal pestisit kullanım oranına bakıldığında ise; 2019 verilerine göre %52’si Asya, %33’si Amerika, %12’si Avrupa, %2’si Afrika ve %1’inin ise Avustralya’da olduğu görülmektedir. Son 20 yıl içinde dünyada pestisit kullanımı, yılda 4.2 milyar kg seviyesine kadar yükselmiş olup, küresel piyasa değeri 45 milyar dolardan fazladır. Dünyada pestisit satışlarının %54’ünü herbisitler, yaklaşık %17’sini insektisitler, %23’ünü fungusitler, %6’sını ise diğer pestisitler oluşturmaktadır (Anonim, 2022). Kullanılan bu kimyasalların dünyanın pek çok ülkesinde,

gereksiz yere kullanıldığı ve tarımsal girdiler içerisinde önemli maliyetlere sebep olduğu görülmektedir. Son 20 yılda başta İngiltere, Fransa, Danimarka, Japonya olmak üzere bazı ülkelerin pestisit kullanımını azaltmasına karşın, bazı orta Asya ülkelerinde ise son yıllarda pestisit kullanımı büyük ölçüde artmıştır (Anonim, 2022).

Pestisitler, öncelikle hava, su ve toprağa bulaşmakta, oradan da canlıların bünyesine girerek, ölümcül sonuçlara yol açmaktadır. Pestisitlerin çevredeki hareketleri, fiziksel özellikleri, kimyasal yapısı, formülasyon tipi, uygulama yöntemi, uygulanan yerin iklim özellikleri, tarımsal ve ekolojik koşullar gibi birçok faktör etkilemektedir. Uygulanan pestisitlerin önemli bir kısmı, hava akımları, sızıntı veya yüzey akıntısı yoluyla çevreye yayılır böylece toprakta, yüzey ve yeraltı sularına geçerek kalıntı bırakırlar. Tatlı su kaynaklarındaki pestisit kalıntıları ciddi ve gittikçe maliyeti artan bir sorun oluşturmakta ve tespit edilen kalıntı seviyeleri resmen belirlenmiş olan sınırlarının aştığı rapor edilmektedir (Eyhorn ve ark., 2015).

## **2. PESTİSİTLERİN SEBEP OLDUĞU PROBLEMLER**

Tarımsal üretim aşamalarında yoğun ve tekrarlamalı bir şekilde yapılan pestisit uygulamaları, birçok sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu uygulamalar sonucunda patojenlerin dirençleri artmakta ve zararlı popülasyonların ortaya çıkmasına neden olmakta, bu durum da mücadele için daha yüksek pestisit dozların ya da daha etkili pestisitlerin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu döngü sonucunda giderek artan pestisit uygulamaları, fitotoksisite sonucu

bitkilerde zarar oluşturması yanında, toprak ve su kirliliğine neden olmakta, doğal yaşamı tehdit etmekte ve faydalı organizma popülasyonunu da azaltmaktadır. Aynı zamanda bu uygulamalar sırasındaki kayıplar, üreticilere ekonomik zarar olarak yansımaktadır (Marsala ve ark., 2020). Bu olumsuz etkilerinin yanında pestisitlerin tarım ürünlerindeki kalıntılarının insan sağlığını tehdit ettiği başta kanser olmak üzere birçok hastalığa sebep olduğu da bilinmektedir. Yoğun ve bilinçsiz kimyasal pestisit kullanımı sonucunda gıdalarda, toprak, su ve havada kullanılan pestisit kendisi ya da dönüşüm ürünleri kalıntılar bırakmakta, hedef olmayan diğer organizmalar ve insanlar üzerinde birçok olumsuz etkilerinin olduğu görülmektedir (Aktar ve ark., 2009; Francisco ve ark., 2012). Pestisitlerin insan sağlığı üzerine etkileri akut ya da kronik olabilmektedir. Bu zararlı kimyasallara üretici ya da tüketici düzeyinde maruz kalan insanlarda ortaya çıkan akut zehirlenmeler konusunda net veriler bulunmamakla beraber, yılda birkaç milyon vaka olduğu tahmin edilmektedir (Williamson, 2011). Gelişmekte olan ülkeler ve yükselen ekonomilerde pek çok üreticinin üretim ve muhafaza aşamasında koruyucu önlemler alınmaksızın bu zehirli kimyasallara maruz kaldığı ve bu temasın akut zehirlenmelere yol açtığı görülmektedir. Bu zararın özellikle gelir seviyesi düşük ülkelerde daha ciddi bir sorun haline aldığı bir gerçektir. Bu konuda bir dizi önlem alınması; tehlikeli pestisitlerin yerine zarar eşiği daha düşük materyallerin kullanılması, çiftçilerin doğru pestisit kullanımı konusunda eğitilmeleri gibi akut zehirlenme oranını düşürebilecek uygulamaların acilen gündeme alınması gerekmektedir. WHO verilerine göre her yıl 3 milyon tarım işçisi pestisit

zehirlenmesine maruz kalmakta, bunların 18.000 kadarı hayatını kaybetmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde yılda 25 milyon işçinin pestisit zehirlenmesi riski taşımakta olduğu, çiftlik yakınlarında oturup kimyasal pestisitlere maruz kalan hamilelerde, otistik çocuk doğurma riskinin diğerlerine oranla sekiz kat yüksek olduğu bildirilmiştir (Aktar ve ark., 2009; Anonim, 2021).

Pestisitlere maruz kalmış bireylerde, immün sistemde zayıflamalar, obezite, diyabet, üriner sistem problemleri, hormonal yapıda düzensizlik, çeşitli gıdalara intolerans, Alzheimer, Parkinson gibi birçok kronik hastalık ortaya çıkmaktadır (Isman, 2008; Wezel ve ark., 2014). Küçük çocuklar ve doğmamış bebekler, özellikle pestisit maruziyetine oldukça hassastır. Aşırı düzeyde pestisitlere maruz kalan çocuklarda davranışsal etkiler, bilişsel gelişimlerinde azalma ve doğum kusurlarında artış olduğunu gösteren çok sayıda çalışma vardır. Farklı çalışmalarda ise beslenme ile pestisit maruziyetindeki bireylerde daha zayıf entelektüel gelişim, dikkat eksikliği veya hiperaktivite bozukluğu ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. Ne yazık ki, pestisitler günümüzde bir intihar aracı olarak da kullanılmaktadır (Philippe ve ark., 2021; Li & Fantke, 2022; Parks ve ark., 2022). Ayrıca karşımıza çıkan diğer bir sorunda düşük dozda uzun süreli sentetik pestisit alımına ilişkin belirsizlik ve pestisit kullanımına veya pestisite bağlı hastalıkları takip sistemlerindeki yetersizlik olduğudur (Jorgen, 2004; Hicks, 2013).

### 3. SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIK

Günümüzde 'sürdürülebilirlik' terimi sıklıkla kullanılmaktadır ve çeşitli tanımları mevcuttur (Baiano, 2021). Birleşmiş Milletler tarafından 1987 yılında yapılan genel tanıma göre ‘*sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan bir kalkınma anlayışı*’ olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma 2005 yılında sürdürülebilirlik kavramının üçayağı olarak çevresel, ekonomik ve sosyal yönler eklenmiştir. Tarım sektöründe ise sürdürülebilirlik, üretim ve muhafaza aşamalarında yapılan her bir uygulamanın, çevresel, ekonomik, çalışan hakları, insan kaynakları ve toplum dahil olmak üzere tüm sosyal ve ekolojik çevreye olan etkilerini kapsamaktadır (Candar, 2021). Mevcut kaynakların, gelecek nesillere kayıpsız şekilde aktarılabilmesi ilkesiyle ortaya çıkmış sürdürülebilirlik kavramı; üretim, tüketim, ticaret ve büyüme gibi ekonomik alanlar ile kültürel, siyasal, sosyal ve çevresel alanlarda da uygulanması elzem bir bakış açısıdır (Kuşat, 2013). Sürdürülebilirlik, tarımsal üretimde önemli bir payı olan bağcılıkla da ilişkilidir ve son yıllarda sürdürülebilir bağcılık alanında yapılan çalışmalar hızla artmaktadır (Pertot ve ark., 2017). Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü sürdürülebilir bağcılığı “*üzüm üretim ve işleme sistemleri kapsamında, yapısal ve bölgesel ekonomik sürdürülebilirliği içeren kaliteli ürünler üretebilen, hassas tarım gereksinimlerini, çevreye yönelik riskleri, gıda güvenliğini ve tüketici sağlığını dikkate alan, kültürel, tarihi, ekolojik ve peyzaj öğelere değer veren küresel bir stratejidir*” şeklinde tanımlanmıştır (OIV, 2008).

Son yıllarda yeşil, organik, biyodinamik ve biyolojik gibi sürdürülebilir bağcılık kavramları, ileri bağcılık yapılan ülkeler ve şarap imalathaneleri için önemli uygulama şekilleri arasında yer almaktadır. Bu kavramlar dahilinde yürütülen üretim aşamaları, “sürdürülebilir tarım/bağcılık” yönüyle, çevre dostu uygulamalar için kapsayıcı alan oluşturmakta ve her geçen gün daha önemli hale gelmektedir (Candar, 2021).

Sürdürülebilir bağcılık faaliyetlerinin kapsamı, çevresel risk değerlendirmesi çerçevesinde yönlendirilmelidir. Bunun yanında yeni bağ ve şaraphaneler için yer seçimi, biyolojik çeşitliliğin korunma - kullanılma dengesinin sağlanması için çeşit seçimi, katı atık yönetimi, toprak yönetimi, enerji kullanımı, su yönetimi, hava kalitesi, atık su, komşu arazi kullanımı, insan kaynakları yönetimi ve zirai ilaç kullanımı gibi konuların dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Candar, 2021). Bağcılık ve şarapçılığın sektörel bazda en önemli görülen konusu, çevresel kaygılar ve etkileridir. Çevresel boyutta en önemli hususlar ise girdi kullanımının en aza indirgenmesi, işletme atıklarının geri kullanımının sağlanması ve en ekonomik şekilde kullanılmasının hedeflenmesi, hastalık- zararlı yönetiminin çevreci bakış açısıyla ele alınması, ana materyaller olan toprak ve su kaynaklarının sürekliliğinin sağlanarak kullanılması, karbon ayak izinin takibi, erozyon kontrolü ve uygun bitki örtüsünün tespiti gibi konuları kapsamaktadır (Santiago-Brown ve ark., 2015). Avrupa Birliği tarafından önerilen metodoloji ve yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapıldığı ve ilk kez üzümlerin çevresel ayak izinin sunulduğu çalışmada, geleneksel yüksek girdili,

düşük girdili ve organik olmak üzere üç farklı üretim sisteminden veriler kullanılmış, sonuç olarak düşük girdili bağcılık tekniklerinin asmaların çevresel etkisini azaltabileceği ortaya konulmuştur (Litskas ve ark., 2020). Üzümün her ne kadar ülkemiz ihracat rakamlarında çok önemli bir yeri olsa da kalıntı sorununun halen tüm dünyada en önemli sorun olarak göze çarptığı ifade edilmiştir (Çakır, 2015). Van ilinde satılmakta olan yaş ve kuru üzümler ile salamura asma yapraklarında pestisit kalıntı miktarlarının belirlenmesi amacıyla, Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Birliği MRLs (Maksimum Residue Limiti)'ne göre değerlendirilmiş olan örneklerde, özellikle sofralık olarak kullanılan üzümlerde kalıntı sorununun daha fazla olduğu ifade edilmiş; ülkemizin en köklü tarımsal kooperatiflerinden biri olan Tariş Üzüm Birliği tarafından piyasaya arz edilmiş olan kuru üzümlerde, pestisite rastlanmamış olduğu bildirilmiştir (Gazioğlu Şensoy ve ark., 2017). Avrupa Birliği, üzümde kullanılacak toplam tarım ilaçlarını, en fazla 5 aktif madde ile sınırlamıştır ve bu kalıntı limitlerini de sürekli düşürmektedir. Bu durum asmadaki zararı hasat sonrası kayıplarla birlikte %50'yi bulan hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede, kimyasallara alternatif sürdürülebilir mücadele metotları ön plana çıkmaktadır (Akbaş ve ark., 2021). Bugün pestisit kullanımının aşamalı olarak azaltılarak sürdürülebilir tarım ve bağcılık uygulamalarının artırılması, halihazırdaki üretim sistemleri içinde mevcut bilgi teknolojileri ve alternatiflerle mümkündür (Eyhorn ve ark., 2015). Pestisit kullanımının son çare olarak düşünüldüğü doğal denge, çevre ve insan sağlığını gözeterek sürdürülebilir tarım sisteminin temelini oluşturan mücadele sistemi olan sürdürülebilir entegre mücadele, son

yıllarda kabul gören ve pestisit kullanımını azaltan en popüler mücadele yaklaşımıdır. Entegre mücadele zararlı organizmalarla mücadelede “kültürel, mekanik, biyolojik, biyoteknik, organik ve kimyasal” olmak üzere tüm mücadele metotlarının birbiriyle uyumlu bir şekilde kullanılmasını içeren bir zararlı yönetim sistemidir (Öncüer, 1993; Farrar ve ark., 2016). Bağ alanlarında entegre mücadelenin ilk ve en önemli prensibi diğer ürünlerde olduğu gibi zararlı organizmalarla mücadelede onları ekonomik seviyenin altında tutacak en iyi ve uygun mücadele metodunu belirlemektir (Akbaş, 2018). Entegre mücadelenin, çevreci yöntemlerle uygulanması, verim ve kaliteyi de sürdürülebilirlik çerçevesinde olumlu yönde düzenleyecektir.

## **4. SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIKTA KİMYASAL PESTİSİTLERE ALTERNATİF YÖNTEMLER**

### **4.1. Kültürel Uygulamalar**

Toprağın işlenmesi, sertifikalı fidan kullanımı, besleme, gübrelemenin uygun bir şekilde ve zamanında yapılması, gençleştirme budama faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi, sağlam ve dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi, bağda kullanılan alet-ekipmanın temizliği, hasat zamanının ayarlanması ve bitki artıklarının üretim alanlarından toplanıp uzaklaştırılması, bağda yapılan sürdürülebilir kültürel yöntemlerden bazılarıdır (İlçin & Sivrikaya, 2021; Ünal, 2022). Kültürel önlemlerin dikkatlice ve toplu halde yapılması; pestisit kullanımını en az %50 azaltabilmektedir (Özkan, 2021).



Bağlarda enfekteli çubukların imha edilmesi, iyi bir hava sirkülasyonunun ve güneşlenmenin sağlanması için yeşil budamanın yapılması, konukçu yabancı otlarla mücadele, aşırı sulamadan kaçınma, aşırı vejetatif gelişmeyi teşvik eden gübrelemelerden kaçınılmak yaprak ve salkım hastalıkları ile kimyasal pestisit kullanmadan kültürel mücadele yapılabilmektedir (Akbaş ve ark., 2021).

Tüm bitki virüs hastalıklarında olduğu gibi bağ virüs hastalıklarının da en önemli mücadele yolu koruyucu ve kültürel tedbirlere dayanmaktadır. Virüsten arı sertifikalı üretim materyali kullanılması, hastalıklı anaç ve asmaların sökölüp bağ alanından uzaklaştırılması, dayanıklı çeşitler kullanılması, yeni tesis bağlar, nematodlarla bulaşık olmadığı bilinen alanlarda kurulmalı enfeksiyonun söz konusu olduğu durumlarda; meristem uç kültürü ve sıcaklık terapisi gibi sanitasyon uygulamaları ile bağ virüs hastalıklarının kültürel olarak rahatlıkla elimine edilmesi mümkündür (Akbaş ve ark., 2021).

Dünyanın birçok yerinde üzüm üretimini sınırlayan zararlılarından biri olan salkım güvesi (*Lobesia botrana*), ile mücadelede, bağ alanı için uygun yerlerin seçimi, sık taneli çeşitler yerine seyrek taneli çeşitlerin seçimi, asmanın özellikle iç kısmında yapılacak budamalarla havalandırmayı sağlayarak nemin düşürülmesi gibi kültürel önlemler salkım güvesi istilasını önemli ölçüde azaltabilmektedir. Salkım güvesinin 3. ve bazen de 4. döl zararından kurtulmak için hasadın erkene alınması ve bağda kavlayan kabukların ve budama atıklarının uzaklaştırılması da mücadeleye önemli katkılar sağlamaktadır (Özkan, 2021).

## 4.2. Allelopatik Bitkilerin Etkilerinden Yararlanma

Yabancı otlardan korunmada ön plana çıkan en önemli sürdürülebilir kültürel uygulamalardan biride allelopatik bitkilerin kullanımınıdır. Allelopatik bitkilerin en önemli özelliği herbisit alternatifi olması ve sürdürülebilir tarım açısından önemli bir etkiye sahip olmasıdır. Bu bağlamda yabancı ot kontrolünde bu bitkilerin değişik şekillerde kullanılma potansiyeli vardır. Bazı kültür bitkileri ve bitki artıklarının sahip bulunduğu allelopatik etkilerin, yabancı ot tohumlarının çimlenmesini önlediği ve sürdürülebilir bağcılıkta kimyasal pestisitlere alternatif uygulamalardan olduğu belirtilmektedir (Gazioğlu Şensoy ve ark., 2019a). Bağcılıkta en çok kullanılan allelopatik bitkiler; arpa, yulaf, korunga, sorgum, yabani hardal, bezelye, buğdaygiller, turp, üçgül, lahanagiller, arı otu, yonca, kadife çiçeği, zakkum, antepturpu, brokoli, fiğ, karnabahar ve zakkum kullanılmakta özellikle brokoli ve zakkum uygulamalarının tüm yabancı otlara karşı, ortalama %58 oranında etkili olduğunu belirlemişlerdir (İşçi ve ark., 2010; Gazioğlu Şensoy ve ark., 2019a). Ceviz ağacından salgılanan Juglon ve ballıbaba bitkisinden salgılanan katekol allelokimyasalların büyüme engelleyici etkileri bu allelokimyasalların bağcılıkta herbisit olarak kullanım potansiyeli vardır. Ayrıca kültürel bağcılıkta yoncanın önemli bir yeri bulunmakta allelokimyasal olan saponin salgılayan yoncalar bağ alanında fungusit etkisi oluşturarak mantari hastalıklara karşı kullanılmaktadır (Kuru, 2016).

Allelopatik bitkiler zararlılar üzerinde de etkili olmaktadır. Afitler üzerinde arpada bulunan gramin ve buğdayda bulunan hidroksamik asit

allelokimyasallarının toksik etki gösterdikleri bilinmekte ve bu özellikleri sebebiyle pestisit olarak da kullanılma potansiyelleri bulunduğu tespit edilmiştir. Bağcılıkta örtü bitkileri, faydalı böcekler için doğal bir ortam oluşturarak, gerektiğinde besin sağlayan örtü bitkileri, bağ alanlarında da doğal döngüye yardımcı olmakta aynı zamanda avcı böceklere yem olarak afit, mite, tırtıl ve benzeri canlılar sağlamaktadır. Allelokimyasalların bir kısmı da bakteriler üzerinde öldürücü veya büyüme engelleyici etkileri ile bilinmektedir (Kuru, 2016). Kanola, solucan otu, kekik ve sedef otu bitkilerinin allelopatik bir etki oluşturduğu ve asma köklerinde oluşan *Xiphinema* nematodunun zararını %65-%80 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Aballay ve ark., 2004).

Genel olarak, çoğu bağda pestisit tedavilerinin en büyük payını fungusitler oluşturmaktadır. Dirençli/toleranslı çeşitlerin kullanımı bağda fungusit kullanımını önemli oranda azaltmaktadır (Pertot ve ark., 2017). *Vitis vinifera* türleri genelde mantari hastalıklara özellikle mildiyöye hassasiyet göstermektedir. Bu nedenle Asya ve Amerika kıtasındaki lokal asma tür ve çeşitleri dayanımlı çeşit üretilmesinde büyük öneme sahiptir. Bağcılıkta hastalıklara dayanımda kullanılan bazı çeşitlerin orijinini *V. aestivalis*, *V. cinerea*, *V. lincecumii*, *V. riparia*, *V. rupestris* ve *V. labrusca* Amerikan milli çeşitleri oluşturmaktadır (Gargın & Öztürk, 2013). Bu türler, geleneksel çeşitlere kıyasla hastalıklara dayanıklı oldukları için kimyasal fungusit kullanımını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir (Pertot ve ark., 2017). Farklı mantari hastalıklara dayanıklı asma çeşitleri yapılan

çalışmalarda belirtilmiştir (Alonso-Villaverde ve ark., 2008; Lacombe ve ark., 2011).

### **4.3. Fiziksel ve Mekaniksel Mücadele**

Fiziksel ve mekaniksel mücadele, hastalık, zararlı, yabancı ot ve parazit bitkilerin, el ile ya da çeşitli alet, ekipman ve makinalar kullanılarak kültür bitkilerine zarar vermeden toplanması, faaliyetlerinin engellenmesi ve öldürülmesini sağlayan bir tarımsal mücadele şeklidir. Bu mücadele, toplama, engelleme, çeşitli tuzaklarla yakalama, solarizasyon, malçlama ve suya daldırma gibi uygulamaları kapsamaktadır (İlçin & Sivrikaya, 2021).

### **4.4. Toprak İşleme**

Bağ alanlarında yabancı otlarla mekanik mücadelede en kullanışlı yöntemlerden biri toprağın değişik aletlerle işlenmesidir. Mekanik mücadele ile yabancı ot kontrolü özellikle ilk bağ kurulum aşamasında tek yıllık yabancı otların kontrolünde oldukça etkili olmaktadır. Uygulanabilecek bir diğer mekanik mücadele yöntemi de biçmedir. Biçme işlemi genellikle yabancı otların asma ile rekabetini azaltmak, tohum bağlamalarını önlemek ve çok yıllık yabancı otların toprak altı organlarındaki depo maddelerini azaltmak amacıyla uygulanır (Asav, 2021).

### **4.5. Malçlama**

Bağlarda, özellikle sıra üzerinde bulunan yabancı ot sorunu için, kimyasal herbisitlere alternatif olarak bağ yetiştiriciliğine uygun farklı

örtücü bitki ve örtü materyallerinin kullanılması esasına dayanmaktadır (Temel ve ark., 2019).

#### **4.6. Ateşle Müdahale**

Bağ alanlarında kimyasal yabancı ot mücadelesine alternatif olabilecek diğer bir fiziksel yöntem alevle müdahale edilmesidir. Alevleme, özellikle toprak yüzeyine yeni çıkmış yabancı otların büyüme noktalarına ısı uygulaması ile zarar verilmesi dayanan fiziksel bir yöntemdir. Bu tür fiziksel ve mekanik mücadele yöntemleri kullanılarak bağda kimyasal pestisit kullanmadan yabancı ot kontrolü sağlanabilmektedir (Asav, 2021).

#### **4.7. Feromon Tuzakları**

Zararlılarla kültürel mücadelede tuzak bitkiler, ışık ve ses gibi fiziksel etkileyciler, ışık su, görsel ve besin tuzakları, feromon tuzakları ve feromon tuzaklarının bu fiziksel uygulamalarla kombine haline getirilmiş tuzak yapıları kimyasal kullanmadan hedef zararlı popülasyonunu azaltan kültürel uygulamalardandır (Aksu Altun, 2022).

#### **4.8. Patojen, Parazitoit, Predatörlerden Faydalanma**

Biyolojik mücadele; zararlı, hastalık ve yabancı otların diğer canlıların yardımı ile doğada zararlı olan canlıları tamamen yok etmeden doğal dengeyi koruyucu, onarıcı ve destekleyici önlemleri alarak bu etmenleri tarımsal üretimde ekonomik zarar eşiğinin altında tutulmasıdır. Biyolojik mücadelede etkili olan doğal düşmanlar Predatörler; zararlılar beslenerek etkili olan faydalı böcekler, Parazitoidler;

yumurtalarını diğer bir böceğin ergin ya da ergin öncesi dönemlerde yumurta, larva ve pupa içerisine bırakarak etkili olan faydalılar ve Patojenler olarak üç ana grupta toplanmıştır. Biyolojik mücadelede üç temel yaklaşım bulunmaktadır: mevcut doğal düşmanların korunması ve etkinliklerinin artırılması, doğal düşman popülasyonunun çoğaltılması ve desteklenmesi, doğal düşmanların ithal edilmesidir. Bu yöntemler bir zararlıya karşı uygulanacak biyolojik mücadelenin aşamalarını oluşturur ve birbirinin tamamlayıcısı olduğundan dolayı bağımsız olarak düşünülemez (Topuz, 2005; Öztemiz 2008; Anonim 2020; Aksu Altun, 2022).

Bağda sentetik pestisitlere alternatif yöntemleri arasında en çevreci ve sürdürülebilir olanı biyolojik mücadele olarak bilinmektedir. Bağcılıkta biyolojik mücadelenin diğer mücadele yöntemlerine göre birçok üstünlüğü bulunmakta ve etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Özkan ve ark., 2021).

Bağ zararlılarına karşı biyolojik mücadelede kullanım potansiyeli olan çok sayıda patojen, parazitoit, predatör bulunmaktadır. Salkım güvesi mücadelesinde en ümit vaat eden türler *Trichogramma* cinsine ait yumurta parazitoitleridir. Salkım güvesinin yumurta paraziti dışında tespit edilen *Bracon hebetor*, *Bracon pillerianae*, *Actia pilipennis*, *Agrothereutes pumilus* ve *Habrobracon hebetor* gibi birçok larva ve pupa parazitoitleri de bulunmaktadır. Bağ salkım güvesine karşı bu faydalı böceklerin kullanımını hiç tarım ilacı kullanmadan zararlıyı %95-100 oranında baskılamaktadırlar (Özkan, 2021; Işık ve Çınar, 2022).

Salkım güvesinin, Coleoptera, Neuroptera, Hymenoptera ve Hemiptera takımlarına bağlı 30 kadar predatörü bulunmaktadır (Anonim, 2017). Yapılan çalışmalarda bu faydalı böcekler, salkım güvesinin mücadelesinde hiçbir tarım ilacı kullanılmadan çiftçi düzeyinde etkin bir şekilde kullanılabilir özellikle olduğu belirtilmektedir (Özkan, 2021).

Salkım güvesinin tespit edilmiş en önemli patojeni *Bacillus* cinsidir ve *Bacillus thuringiensis* önemli türdür. Ayrıca bağcılıkta bu patojen Bağ çadır tırtılı, Bağ göz kurdu ve bağ piraline karşı kullanılan biyolojik mücadele patojenidir (Çakır ve ark., 2015; Özkan ve ark., 2021; Işık ve Çınar, 2022). Uzun zamandır bağcılık zararlılarının doğal düşmanları olarak bilinen yırtıcı veya parazitöitler olarak etkin bir şekilde hareket eden çok sayıda faydalı organizmaların da olduğu bağcılıkta biyolojik mücadelede kullanıldığı belirtilmektedir (Pertot ve ark., 2017).

#### **4.9. Biyoteknik Mücadele**

Biyoteknik mücadele; hedef zararlı, hastalık ve yabancı otların biyolojik, fizyolojik ve davranış şekilleri üzerinde etkisi olan bir takım yapay ve doğal maddeler kullanarak bu etmenlerin normal özelliklerini bozmak amacıyla kullanılan sürdürülebilir mücadele yöntemidir. Sentetik kimyasal pestisitlerin patojenlere, zararlılara ve hastalık vektörlerine karşı biyokontrol ajanları ile ikame edilmesi ve/veya semiokimyasalların kullanımı ve fiziksel çiftleşmenin bozulması ile sürdürülebilir zararlı kontrolü başarılı bir şekilde sağlanmaktadır (Pertot ve ark., 2017). Son yıllarda zararlılara karşı kullanılan

insektisitlerin çevresel etkisini azaltmak için etkili semiokimyasal bazlı kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi biyoteknik mücadelede etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Eşeyssel (cinsel) feromon-tuzak sistemleri zararlılar ile mücadelede en fazla kullanım alanı olan biyoteknik yöntemdir. Sentetik insektisit kullanımını engellemek veya en aza indirmek için uygulanan bu yöntemde feromon tuzakları, besi tuzakları, görsel tuzaklar ya da bunların kombinasyonları kullanılmaktadır. Ayrıca biyoteknik mücadelede zararlılara karşı beslenmeyi engelleyiciler, kısırlaştırıcılar, böcek gelişmesini düzenleyiciler veya engelleyiciler ve kısır böcek salınması gibi bazı organik veya inorganik birçok yöntemler kimyasal pestisit kullanmadan zararlı ve hastalık etmenini azaltmak için kullanılmaktadır (Aksu Altun, 2022). Elle uygulanan çok amaçlı rezervuar dağıtıcılarla çiftleşme bozma dünya çapında asma güvelerine karşı kullanılan en etkili ve yaygın olarak uygulanan feromon bazlı kontrol tekniğidir (Sanders, 1997; Ioriatti ve Lucchi, 2016; Pertot ve ark., 2017).

Salkım güvesine karşı biyoteknik mücadelede çiftleşmeyi engelleme ya da şaşırma teknikleri etkin şekilde kullanılmaktadır. Bu amaçla bazı ülkeler tarafından bağlarda yapay olarak üretilmiş salkım güvesi dışısının çiftleşme feromonu kullanılmaktadır. Ayrıca "oto-şaşırtma tekniği" ile elektrostatik özelliğe sahip bir toz, dişi feromonu ile karıştırılarak uygulanmaktadır. Erkek kelebek, feromon tarafından cezbedildiğinde, elektrostatik toz erkek antenlerine yapışır. Böylece erkek kelebeğin dişiyi bulamaması sağlanarak, çiftleşme engellenmiş olur. Aynı zamanda bu kelebeklerin uçuş esnasında bir feromon izi



oluşturarak diğer erkekleri şaşırtması yoluyla da çiftleşmenin önlemesi sağlanmaktadır (Özkan, 2021).

#### **4.10. Funguslar**

Funguslar, biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılan biyopestisitler içerisinde önemli bir yer bulmaktadır. Bazı bitki hastalıklarının biyolojik yolla kontrol olanakları özellikle toprak patojeni funguslar ve nematodlara karşı mücadelede önerilebilmektedir (Demir ve Onoğur, 1999; Avan ve Kotan 2021; Seymen ve ark., 2021). Biyolojik mücadelede kullanılan entomopatojenik fungusların zararlı böcek popülasyonlarının doğal dengesini sağlanmakta etkili olduğu ve mikorizal fungusların, bitki, toprak ve bitki patojenleri ile arasında etkileşim sağladıkları ifade edilmiştir (Avan ve Kotan, 2021). Farklı bitki zararlılarına, bitki fungal hastalıklarına ve farklı bakteriyel hastalık patojenlerine karşı yapılan çalışmalar sonucunda, etkinliği %70 ile %100 arasında değişen izolatların elde edildiği bildirilmiştir (Kotan, 2020).

#### **4.11. Biyostimülantlar**

Dünyada ve ülkemizde, sürdürülebilir bağcılık uygulamalarında kullanım alanı bulan bir diğer materyal grubu biyostimülantlardır. Organik veya inorganik bileşikler içeren bu biyoaktivatörler, yapraklara, toprağa veya tohumlara uygulanabilmekte, bitki büyümesini, verimini, beslenmesini ve ürün kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Sürdürülebilir bir yaşam ve gelecek nesillerin sağlıklı bir şekilde devamlılığına yönelik bu ihtiyaç, bilim insanlarını ve

üreticileri biyostimülantlar gibi dostane uygulamalara yöneltmektedir (Yılmaz ve Gazioğlu Şensoy, 2021). Biyostimülantların bitkilerin biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı direncini arttırdığı ve ayrıca toprak yapısını düzenlediği çeşitli araştırmalarla tespit edilmiştir. Biyostimülantlar bazı araştırmacılar tarafından hümik maddeler, amino asitler ve diğer azotlu bileşikler, deniz yosunu ve bitki özleri, kitin ve kitosan benzeri polimerler, inorganik bileşikler, faydalı mantarlar ve faydalı bakteriler, tohum, yaprak ve köklerin atıkları, eksüdatları ve özleri olarak sınıflandırılmıştır. Biyostimülantlar sürdürülebilir bağcılık kapsamında başta toprak ve su olmak üzere doğal kaynakların korunması, erozyon ve orman yangınlarıyla mücadele, biyolojik çeşitliliğin sağlanması ve entegre haşere yönetimi, toprak ve bitki verimliliğinin artırılması, ekolojik dengenin oluşturulması ve en önemlisi insan ve diğer canlıların sağlığının korunması yönüyle her geçen gün değer kazanmaktadır (Du Jardin, 2015; Külahtaş ve Çokuysal, 2016; Roupheal, 2018; Yılmaz ve Gazioğlu Şensoy, 2021).

#### **4.12. PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Uygulamaları**

Biyolojik mücadelede kullanılacak bir diğer grup ise PGPR bakterileridir (Tunçtürk ve ark., 2019). Bağlarda verim ve kaliteye olan etkilerinin yanı sıra, hastalık ve zararlı kontrolü ile bitkinin sistemik dayanıklılığı üzerine olan etkileri de biyopestisit olarak kullanım alanı bulmasını sağlamaktadır. Ancak bağlarda hastalık ve zararlı kontrolü sağlamak, ürün verim ve kalitesi ile bitki gelişimini artırmak için

kullanılan mikroorganizmaların etkinlikleri; türler ve izolatlar düzeyinde ve uygulandıkları bitkisel materyale göre farklılıklar göstermektedir (Atasever, 2015; Sabır ve ark., 2017; Gazioğlu Şensoy ve ark., 2019b). Dünyadaki asma üretimini etkileyen en önemli hastalıklardan biri olan *Botrytis cinerea*'nın sebep olduğu fitopatojenik funguslara karşı antagonistik bir etki gösterdikleri; bakteri aşılınmış asma bitkilerinin aşılınmamış bitkilere kıyasla *B. cinerea*'ya karşı önemli bir koruma gösterdiği bildirilmiştir (Esmael ve ark., 2019). Ayrıca bu bakterilerin; fungal ve bakteriyel hastalıkların kontrolünde ve zararlıların uzaklaştırılmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Saharan ve Nehra, 2011).

#### 4.13. Diğer Biyopestisitler

Mikroorganizmalara veya doğal moleküllere dayalı biyopestisitlerin bağcılıkta hastalık ve zararlılara karşı kullanımı belirli bağlamlarda sentetik kimyasal pestisitlere karşı biyolojik korunma sağlayarak hastalık ve zararlı yönetimini önemli ölçüde iyileştirdiği ve daha sürdürülebilir yöntemler olduğu birçok araştırmacı tarafından da kanıtlanmıştır (Lamichhane ve ark., 2017; Pertot ve ark., 2017). Bu amaçla bağcılıkta hastalık ve zararlılara karşı kimyasal pestisitlerin yerine kullanılan birçok biyopestisit kullanılmaktadır.

**Azadirachtin:** *Azadirachta indica* ağacının yaprak, kabuk ve tohumlarından elde edilmektedir. Birçok böcek türüne etkili olduğu bilinmektedir. Ticari üretimi yapılmaktadır. Öldürücü, kısırlaştırıcı, beslenmeyi engelleyici etkileri vardır. Bağ yaprak uyuzu, salkım

güvesi, filoksera, asma ağustos böceği, bağ çadır tırtılı, bağ göz kurdu, bağ maymuncukları, asma hortumluböceği, bağ thripsleri, bağ üvezi, bağ yaprak pireleri, bağda haziran böceği, bağda unlu bit ve bağ piralilerine karşı kimyasal insektisitler yerine kullanılmaktadır (Çakır ve ark., 2015; Pertot ve ark., 2017; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Pyrethrin:** Krizantem bitkisinin çiçeklerinden elde edilmektedir. Böceklerin sinir sistemlerini hedef alarak güçlü insektisidal aktiviteye sahip olan bir organik bileşiktir. Isırıcı ve emici böceklere uygulanmaktadır. Bağ yaprak uyuzu, salkım güvesi, filoksera, asma hortumluböceği, bağ thripsleri, bağ yaprak pireleri ve bağ piralilerine karşı kullanılmaktadır (Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Rotenon:** *Lonchocarpus*, *Derris* ve *Terphrosia* bitkilerinin köklerinden ekstrakte edilmektedir. Geniş spektrumlu olarak kullanılan kokusuz, renksiz, kristalli yapıda doğal bir insektisittir. Böceklerde hem kontakt hem de mide zehiri olarak etkisini gösterir. Bağ yaprak uyuzu, salkım güvesi, bağ çadır tırtılı, bağ thripsleri bağ üvezi, bağ yaprak pirelerinin mücadelesinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Nikotin:** Tütün yapraklarının sulu ekstraktlarının emici tipte ağız yapısına sahip olan böceklere karşı insektisit olarak kullanılmaktadır. Bağ yaprak uyuzu, salkım güvesi, iki noktalı kırmızı örümcek, bağ thripsi ve bağda unlu bitlere karşı etkilidir (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Ryania:** *Ryaniaspeciosa* bitkisinin kök, yaprak ve gövdesinden elde edilen alkaloid yapıdaki ryania, uzun yıllardır bitkisel kökenli bir insektsit olarak kullanılmaktadır. Özellikle böceklerin kas sistemine etkili olmaktadır. Salkım güvesi, bağ çadır tırtılı, bağ göz kurdu, bağ piralilerinin mücadelesinde kimyasal insektisitlere alternatif olarak kullanılmaktadır (Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Sabadilla:** *Schoenocaulon officinale* tohumundan elde edilmektedir. İnsektisit özelliği, tohumun yapısında bulunan cevadine ve veratridine alkaloidlerinden kaynaklanmaktadır. Böcekte kalp, sinir ve çizgili kas hücrelerinin membranında bulunan sodyum kanallarının işleyişini bozmaktadır. Bağ thripslerine karşı oldukça etkili doğal bir insektisittir (Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018).

**Sarımsak tozu:** Sarımsak ekstraktı böcekler için etkin bir uzaklaştırıcı etkiye sahiptir. İki noktalı kırmızı örümcek, salkım güvesi, filoksera, asma ağustos böceği, bağ çadır tırtılı, bağ göz kurdu, bağ maymuncukları, asma hortumluböceği, bağda haziran böcekleri ve birçok zararlıya karşı etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Capsaicin:** *Capsicum* bağlı bitkilerde acı tattan sorumlu olan bileşiktir ve zararlılar için daha çok uzaklaştırıcı olarak kullanılmasına rağmen öldürücü etkisi de bulunmaktadır. Capsaicin böceğin sinir hücrelerinde zehir etkisi yaparak ölümüne neden olmaktadır. Salkım güvesi, asma ağustos böceği, bağ çadır tırtılı, bağ göz kurdu, bağ maymuncukları,

asma hortumluböceği, bağda haziran böceği gibi zararlılara karşı kullanılan önemli bir doğal insektisittir (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018).

**Bitkisel yağlar:** Belirli uçucu yağlar zararlılara karşı uzaklaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bitkisel yağların uzaklaştırıcı etkisinin yanında kontakt ve solunum yoluyla da etkili olabileceği belirlenmiştir. Örneğin; kolza ve nem bitkilerinden hazırlanan yağlı preparatlar bağda kırmızı örümceklere, yazlık yağlar unlu bitlere karşı kullanılmaktadır (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Domates yaprağı:** Domates yaprağı zehirli alkaloid içerdiğinden suda bekletildiğinde kolay çözünür. Bağda özellikle afitlere ve diğer zararlılara karşı kullanılan etkili bir doğal insektisittir (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Aksu Altun, 2022).

**Alkol spreyi:** Afifler, beyaz sinek, tripsler ve unlu bite karşı uygulanmaktadır. Bağ thrips ve bağda unlu bitlere karşı etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015).

**Otlarla hazırlanan spreylere:** Aromatik otlardan ve allelopatik özelliği olan bitkilerden elde edilmektedir. Bu solüsyonlar repellent (itici) etki yapmaktadır. Bu amaçla; adaçayı ve kekik gibi bitkiler kullanılmaktadır (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Pertot ve ark., 2017; Karakaş, 2018; Aksu Altun, 2022).

**Tuz spreyi:** Bağda iki noktalı kırmızı örümceklere karşı kullanılmaktadır (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015).

**Kaolin:** Fiziksel engel, uzaklaştırıcı, rahatsız edici ve renk olarak etkili olur. Bağda bazı böcek ve sineklere karşı repellent (itici) olarak kullanılmaktadır (Pertot ve ark., 2017; Kaptan ve ark., 2018).

**İnsektisit etkili sabunlar:** Sabun tozları ve sabunlu prepatlar bağ yaprak uyuzu, iki noktalı kırmızı örümcek, filoksera, bağ thripsleri, bağ üvezi, bağ yaprak pireleri ve bağda unlu bitlerle mücadelede insektisitlere alternatif olarak kullanılmaktadır (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Aksu Altun, 2022).

**Parafin yağları:** Organik tarımda insektisit ve akarisit olarak zararlıların kış yumurtalarına karşı kullanılmaktadır. Bağcılıkta iki noktalı kırmızı örümceklerle mücadelede kullanılmaktadır (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Anonim 2017; Aksu Altun, 2022).

***Chrysanthemum cinerariaefalium*:** *Chrysanthemum cinerariaefalium* (krizantem) çiçeklerinden soğuk su ekstraksiyonuyla elde edilen piretrin, ısırıcı ve emici böceklere karşı insektisit olarak kullanılır. Bağ çadır tırtılı, bağ göz kurdu, bağ maymuncukları, asma hortumluböceği, bağda haziran böceği, bağ piraline karşı oldukça etkili bir doğal insektisittir (Yetgin, 2010; Çakır ve ark., 2015; Karakaş, 2018).

**Kükürt:** Asmayı etkileyen en önemli hastalıklardan biri küllemedir ve mücadelesinde kullanılan en etkili doğal kimyasal kükürttür (Yetgin,

2010; akır ve ark., 2015; Anonim 2017; Akbaş ve ark., 2021; Aksu Altun, 2022).

**Bakırlı bileşikler:** zellikle bakırsulfat (bordo bulamacı), bakırhidroksit, bakıroksit ve bakıroksiklorit formlarındaki bakırlı fungusitler geniş çapta bağcılıkta fungal ve bakteriyel patojenlere karşı etkilidirler (Yetgin, 2010). Bakırlı bileşikler bağ mildiyöşü mücadelesinde kimyasal fungusitlere karşı kullanılan en etkili doğal kimyasal bileşiklerdendir. Ayrıca bağ antraknozu, yaprak uyuzu ve bağda ölü kol mücadelesinde de etkin bir şekilde kullanılmaktadır (akır ve ark., 2015; Anonim 2017; Akbaş ve ark., 2021; Aksu Altun, 2022).

**Propolis:** Bağ mildiyöşü mücadelesinde kimyasal fungusitlere ve bakırlı bileşiklere karşı alternatif olarak kullanılabilir (Yetgin, 2010; akır ve ark., 2015).

**Potasyum permanganat:** Bağda fungusit ve bakterisit olarak kullanılabilir (Aksu Altun, 2022).

**Lesitin:** Soyadan elde edilen, su ve yağların bir arada bulunmasını sağlayan emülgatör bir maddedir. Külleme hastalıklarına karşı kullanılır (Aksu Altun, 2022).

**Süt:** Süt bağda virüs hastalıklarına karşı kullanılan doğal bir üründür. Asma gövde ukurlaşması virüsü, asma yaprak kıvrıcıklığı, asma yelpaze yaprak virüsüne karşı kimyasal kullanmadan virüs etkisi



azaltılabilmektedir. Ayrıca mildiyöye karşıda kullanılmaktadır (Çakır ve ark., 2015).

**Sodyum bikarbonat:** Bağ antraknozu ve külleme mücadelesinde fungusit, bakır ve kükürtte alternatif olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bağda kurşuni küf mücadelesinde de kullanılmaktadır (Çakır ve ark., 2015).

## SONUÇ

Pestisit kullanımının arttığı dönemde ürün kaybındaki iki katlık artış çevre bilimcilerini, verim veya maliyetlerde fazla bir kayıp yaşanmadan pestisit kullanımının azaltılması yönündeki arayışları artırmıştır. Bugün ekoloji bilinci gelişmiş ülkelerde özellikle çevreci araştırmacılar, tüketiciler, sivil toplum kuruluşları ve konunun farklı paydaşları; pestisit kullanımının aşamalı olarak azaltılması gerektiği, sürdürülebilirlik anlayışı ile tarımda verimliliği sağlamak için pestisit kullanımının etkili bir seviyeye indirilmesi ve pestisit uygulama risklerinin mümkün olduğunca azaltılması gerektiği konusunda hem fikirdirler. Yapılan çalışmalarda, pestisit kullanımının tarımsal üretimde maliyetleri artırmadan veya verimliliği aşırı derecede düşürmeden bu kimyasalların kullanımını önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir. Günümüzde gelinen nokta, kimyasal ilaçlar kullanılarak yapılan tarımın sürdürülebilir olmadığı ve tarımda alternatif yöntemlerin uygulanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bütün bunlar kimyasal pestisit alımını sınırlandırmak ve daha güvenli alternatiflere yönelmemizi zorunlu kılmaktadır. Bu nedenlerle, sentetik

pestisit kullanımını azaltarak bunların yerine insan, hayvan ve bitkilere zarar vermeyen sürdürülebilir ürünlerin üreticiler tarafından kullanılması, yaygınlaştırılması ve sürdürülebilir tarım sistemlerinde bu olumsuz etkileri azaltmak için kullanılması gerekmektedir.

**KAYNAKLAR**

- Aballay, E., Sepúlveda, R., & Insunza, V. (2004). Evaluation of five nematode-antagonistic plants used as green manure to control *Xiphinema index* Thorne et Allen on *Vitis vinifera* L. *Nematropica*, 34(1): 45-52.
- Akbaş, B. (2018). Bağ alanlarında entegre mücadele prensipleri ve gelinen nokta. *Bahçe*, 47(Özel Sayı 1): 111-116.
- Akbaş, B., Özben, S., & Maden, S. (2021). Bağ Hastalık ve Mücadelesi, 11. Bağcılık. Nobel Akademik Yayıncılık. Sağlam, H. (ed.). Buca, İzmir. s.122-137.
- Aksu Altun, A. (2022). Organik tarımda zararlılarla mücadele yöntemleri. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(2): 400-409.
- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdiscipl Toxicol*, 2: 1–12.
- Alonso-Villaverde, V., Boso, S., Luis Santiago, J., Gago, P., & Martínez, M.C. (2008). Relationship between susceptibility to *Botrytis* bunch rot and grape cluster morphology in the *Vitis vinifera* L. cultivar Albariño. *International Journal of Fruit Science*, 8(4): 251-265.
- Anonim (2017). Bağ Entegre Mücadele Teknik Talimatı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Ankara.
- Anonim (2020). Bitki Koruma. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı. Ankara Üniversitesi Basın Yayın Müdürlüğü. Ankara. s. 9-99.
- Anonim (2021). WHO <https://www.who.int/data/global-health-estimates>. (Erişim Tarihi: 02.11.2022)
- Anonim (2022). FAO <https://www.fao.org/faostat/en/#data/EP>. (Erişim Tarihi: 02.11.2022)
- Asav, Ü. (2021). Yabancı Otlar ve Mücadelesi, 13. Bağcılık. Nobel Akademik Yayıncılık. Sağlam, H. (ed.). Buca, İzmir. s. 149-155.
- Atasever, M.B. (2015). Aşılı Asma Fidanlarının Vegetatif Gelişmesine Bazı Mikroorganizmalar ile Bitki Büyüme Aktivatörlerinin Etkileri (Doktora tezi). S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Avan, M. & Kotan, R. (2021). Fungusların mikrobiyal gübre veya biyopestisit olarak tarımda kullanılması. Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 3(1): 167-191.
- Baiano, A. (2021). An overview on sustainability in the wine production chain. Beverages, 7(1): 15.
- Burçak, A.A., Duru, A.U., & Örnek, H. (2015). Bitki Koruma Ürünleri ve Pestisit Kalıntıları. TAGEM Yayınları, Ezgi Ofset Matbaacılık, ISBN: 978-605-9175-16-6. Ankara. s. 164.
- Candar, S. (2021). Ekolojik Perspektiften Sürdürülebilir Bağcılık ve Şarapçılık. Sürdürülebilirlik İçin Gıda, Çevre, Tarımsal Ormançılık ve Tarımda Yeni Araştırmalar. Bellitürk, K. & Baran, M.F. (ed.), İksad Publishing House. Ankara. s. 313-364.
- Çakır, A., Doğan, E., & Kaplan E. (2015). Organik bağcılıkta bitki koruma yöntemleri. Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi, 06-09 Ekim 2015 Pazar/Rize. s. 562-570.
- Demir, S. & Onoğur, E. (1999). Bitkilerde vesiküler-arbusküler mikorrhiza oluşumunun bitki besleme ve bitki korumadaki önemi. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 9(2): 12-31.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 196: 3–14.
- Esmael, Q., Jacquard, C., Clément, C., Sanchez, L., & Barka, E.A. (2019). Genome sequencing and traits analysis of *Burkholderia* strains reveal a promising biocontrol effect against grey mould disease in grapevine (*Vitis vinifera* L.). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 35(3): 40.
- Eyhorn, F., Roner, T., & Specking, H. (2015). Pestisit Kullanımını ve Pestisitlere İlişkin Riskleri Azaltmak: Nasıl Bir Eyleme İhtiyaç Var? Bilgilendirme Raporu. Helvetas İsviçre İş Birliği, 1-39.
- Farrar, J.J., Baur, M.E., & Elliott, S.F. (2016). Adoption and impacts of integrated pest management in agriculture in the Western United States. Journal of Integrated Pest Management, 7(1): 1–8.

- Francisco, G.P., Ascencio, S.Y.C., Oyarzún, J.C.G., Hernandez, A.C., & Alavarado, P.V. (2012). Pesticides: classification, uses and toxicity. Measures of exposure and genotoxic risks. *J. Res. Environ. Sci. Toxicol*, 1(11): 279-293.
- Gargın, S. & Öztürk, Y. (2013). Eğirdir koşullarında bazı üzüm çeşitlerinin bağ mildiyösüne (*Plasmopara viticola* (Berk. et. Curt.)) karşı reaksiyonlarının araştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1): 134-136.
- Gazioğlu Şensoy, R.İ., Ersayar, L., & Doğan, A. (2017). Van ilinde satılmakta olan yaş ve kuru üzümler ile salamura asma yapraklarında pestisit kalıntı miktarlarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3): 436-446.
- Gazioğlu Şensoy, R.İ., Yılmaz, Y., Baş, E.Ö., & Akköprü, A. (2019b). Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin sürdürülebilir bağcılıkta kullanım olanakları. ISPEC III. Uluslararası Tarım Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi, 20-22 Aralık 2019, Van, Türkiye. s. 798-811.
- Gazioğlu Şensoy, R.İ., Yılmaz, Y., Baş, E.Ö., & Kısaca, G. (2019a). Sürdürülebilir bağcılıkta allelopatik bitkilerin kullanım olanakları. Uluslararası Tarım ve Kırsal Kalkınma Kongresi, 10-12 Haziran 2019, Siirt. s. 516-524.
- Hicks B. (2013). Agricultural pesticides and human health. In: National Association of Geoscience Teachers. Accessed Jan 13, 2014.
- Ioriatti, C. & Lucchi, A. (2016). Semiochemical strategies for tortricid moth control in apple orchards and vineyards in Italy. *Journal of Chemical Ecology*, 42(7): 571-583.
- Isman, M.B. (2008). Botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Management Science. Formerly Pesticide Science*, 64(1): 8-11.
- Işık, Ç. & Çınar, A. (2022). Bitki korumada mikrobiyal pestisitlerin kullanım olanakları ve etki mekanizmaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36): 214-221.
- İlçin, M. & Sivrikaya, S. (2021). Sürdürülebilir Tarımda Bitki Koruma Uygulamalarının Önemi. *Akademik Perspektiften Tarım'a Bakış*. Bengisu, G. (ed.). İksad Publishing House. Ankara. s. 157-171.

- İşçi, B., Türkseven, S., & Altındişli, A. (2010). Allelopatik Etkiye Sahip Bazı Kültür Bitkileri ve Bitki Artıklarının Organik Bağda Yabancı Otlara Karşı Kullanımı. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova İzmir.
- Jorgen S. (2004). Chemical Pesticides Mode of Action and Toxicology. Library of Congress Cataloging-in Publication. p. 224.
- Kaptan, S., Akşit, T., & Başpınar, H. (2018). Zeytin sineği (*Bactrocera oleae* (Rossi), Diptera: Tephritidae) mücadelesinde uygulanan biyoteknik mücadele yöntemleri. Zeytin Bilimi, 8(1): 1-12.
- Karakaş, M. (2018). Bitkisel insektisitler. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 11(2): 32-37.
- Kotan, R. (2020). Tarımda Biyolojik Çözümler. Harman Yayıncılık, İstanbul, ISBN: 978-605-68060-4-9. s. 158.
- Kuru, A. (2016). Entansif Tarımda Kullanılan Jojoba ve Lavanta Bitkilerinin Allelopatik Potansiyellerinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Denizli.
- Kuşat, N. (2013). Yeşil sürdürülebilirlik için yeşil ekonomi: Avantaj ve dezavantajları–Türkiye incelemesi. Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 8(29): 4896-4916.
- Külahtaş B. & Çokuysal, B. (2016). Biyostimulantların sınıflandırılması ve Türkiye’deki durumu. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31(3): 185-200.
- Lacombe, T., Audeguin, L., Boselli, M., Bucchetti, B., Cabello, F., Chatelet, P., & This, P. (2011). Grapevine European catalogue: Towards a comprehensive list. Vitis, 50: 65-68.
- Lamichhane, J.R., Bischoff-Schaefer, M., Bluemel, S., Dachbrodt-Saaydeh, S., Dreux, L., Jansen, J.P., & Villeneuve, F. (2017). Identifying obstacles and ranking common biological control research priorities for Europe to manage most economically important pests in arable, vegetable and perennial crops. Pest Management Science, 73(1): 14-21.

- Li, Z. & Fantke, P. (2022). Toward harmonizing global pesticide regulations for surface freshwaters in support of protecting human health. *Journal of Environmental Management*, 301: 113909.
- Litskas, V., Mandoulaki, A., Vogiatzakis, I.N., Tzortzakis, N., & Stavrinos, M. (2020). Sustainable viticulture: First determination of the environmental footprint of grapes. *Sustainability*, 12(21): 1–18.
- Marsala, R.Z., Capri, E., Russo, E., Bisagni, M., Colla, R., Lucini, L., & Suci, N.A. (2020). First evaluation of pesticides occurrence in groundwater of Tidone Valley, an area with intensive viticulture. *Science of the Total Environment*, 736: 139730.
- OIV (2008). Guidelines for Sustainable Vitiviniculture: Production, Processing and Packaging of Products. <http://www.oiv.int/public/medias/2089/cst-1-2008-en.pdf>. (Erişim Tarihi: 01.12.2022)
- Öncüer, C. (1993). Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları. Ege Üniv. Zir. Fak. Bitki Koruma Böl. Bornova, İzmir, s. 326.
- Öncüer, C. (1995). Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçlar. Ege Üniversitesi Basım Evi. Bornova, İzmir.
- Özkan, C. (2021). Bağ Zararlıları ve Mücadelesi. 12. Bağcılık. Nobel Akademik Yayıncılık. Sağlam, H. (Ed.). Buca, İzmir. s. 138-148.
- Özkan, C., Şen, F., Cangı, R., Maden, S., Atak, A., Akbaş, B., Gazioğlu Şensoy, R.İ., Sağlam, H., Doğan, A., Uyak, C., Çakır, A., Çalkan Sağlam, Ö., Asav, Ü., & Ünal, M.S., Özben, S. (2021). Bağcılık (Üzüm Yetiştiriciliği). Nobel Akademik Yayıncılık. Sağlam, H. (Ed.) ISBN: 978-625-439-165-1.
- Öztemiz, S.C. (2008). Organik tarımda biyolojik mücadele. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2008(2): 19-27.
- Parks, C.G., Costenbader, K.H., Long, S., Hofmann, J.N., Beane, F.L., & Sandler, D.P. (2022). Tarım sağlığı çalışmasında pestisit kullanımı ve sistemik otoimmün hastalık riski. *Çevre Araştırması*, 209: 112862.

- Pertot, I., Caffi, T., Rossi, V., Mugnai, L., Hoffmann, C., Grando, M. S., ... & Anfora, G. (2017). A critical review of plant protection tools for reducing pesticide use on grapevine and new perspectives for the implementation of IPM in viticulture. *Crop Protection*, 97: 70-84.
- Philippe, V., Neveen, A., Marwa, A., & Basel, A.A. (2021). Occurrence of pesticide residues in fruits and vegetables for the Eastern Mediterranean Region and potential impact on public health. *Food Control*, 119: 107457.
- Rouphael Colla, G. (2018). Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers Plant Science*, 9: 1655.
- Sabır, A., Karaca, U., Yazar, K., Sabır, F.K., Yazıcı, M.A., Dogan, O., & Kara, Z. (2017). Vine growth and yield response of Alphonse Lavallee (*V. vinifera* L.) grapevines to plant growth promoting rhizobacteria under alkaline condition in soilless culture. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 16(4).
- Saharan, B.S. & Nehra, V. (2011). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. Department of Microbiology, Kurukshetra University, Kurukshetra, Haryana 136 119, India.
- Sanders, C. (1997). Mechanisms of mating disruption in moths. In *Insect pheromone research*. Springer, Boston, MA. p. 333-346.
- Santiago-Brown, I., Metcalfe, A., Jerram, C., & Collins, C. (2015). Sustainability assessment in wine-grape growing in the new world: Economic, environmental, and social indicators for agricultural businesses. *Sustainability*, 7: 8178–8204.
- Seymen, M., Erdinç, Ç., Kurtar, E.S., Kal, Ü., Şensoy, S., & Türkmen, Ö. (2021). Potential effect of microbial biostimulants in sustainable vegetable production. In *Microbiome Stimulants for Crops*. Woodhead Publishing. p. 193-237.
- Temel, N., Torun, H. & Tangolar, S. (2019). Farklı sulama suyu seviyeleri ve malç materyallerinin bağda yabancı ot yoğunluğuna etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(1): 69-75.
- Topuz, E. (2005). Tarımsal zararlılarla mücadelede kimyasal pestisitlere alternatif bazı yöntemler. *Derim*, 22(2): 53-59.



- Tunçtürk, F., Akköprü, A., & Şensoy, S. (2019). Investigation of the effects of some root bacteria on bean blight bacteria (*Xanthomonas axonopodis* cv. phaseoli (Xap)) in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). III. Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, Antalya, Turkey, 17-20 October 2019. p. 437-448.
- Turhan, Ş. (2005). Tarımda sürdürülebilirlik ve organik tarım. Tarım Ekonomisi Dergisi, 11(1-2): 13-24.
- Ünal, M.S. (2022). Genel Bağcılık. Akademisyen Kitapevi. ISBN: 978-625-8399-29-5.
- Wezel, A., Casagrande, M., Celette, F., Vian, J. F., Ferrer, A., & Peigné, J. (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development, 34(1): 1-20.
- Williamson, S. (2011). Understanding the full costs of pesticides: experience from the field, with a focus on Africa. In Pesticides-The Impacts of Pesticides Exposure. IntechOpen.
- Yetgin, M.A. (2010). Organik Tarımda Bitki Koruma Yöntemleri. Samsun İl Tarım Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi. Samsun.
- Yılmaz, Y. & Gazioglu Şensoy, R.İ. (2021). The Use of biostimulants in sustainable viticulture. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(2) :846-856.

## BÖLÜM 6

### **BİTKİLENDİRME TEKNİKLERİNDE YENİ YAKLAŞIMLAR: KÜÇÜK BAHÇE ÖRNEKLERİ**

Prof. Dr. Şevket ALP<sup>1\*</sup>

Araş. Gör. Nursevil YUCA<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Van-Türkiye. alp.sevket@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9552-4848

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Van-Türkiye. nursevilyuca@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7985-7706



## GİRİŞ

Son 30 yıldır gelişmiş ülkelerde ve özellikle ABD, Avrupa Birliği, Japonya ve Kuzey ülkelerinde tarımda ve bitkilendirme tekniği yöntemlerinde alternatif yatırımlarla ilgili tartışmalar sürekli gündemdedir. Küreselleşmenin yoğun etkisi sonucu; yerel, ulusal ve küresel ölçekte çevre sorunlarının artış başta çevreciler olmak üzere, sanatçılar, medya ve politikacılar konuyu sürekli gündemde tutmaktadırlar. Özellikle 1950’li yıllardan sonra, daha verimli ve daha kaliteli ürün elde etmek için ileri teknoloji, kimyasallar (tarımsal gübreler ve zirai mücadele ilaçları, hibrit tohumlar), modern tarımsal yönetim teknikleri ve desteklemeler sebebiyle tarımda verimlilik önemli ölçüde arttı.

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra yaşanan gıda kıtlığı yüksek teknoloji kullanımını da devletlerin tarımı desteklemelerini hızlandırdı. İstikrarlı gelişmiş ülkelerin ekonomilerinde gelir yükselirken gıdaya ayrılan pay azaldı yani arz önemli ölçüde artarken talep artışı göreceli olarak sınırlı kaldı. Bunun sonucu tarımda çalışan işgücü azaldı ve tarım ürünlerinde özellikle tahıllar ve sığır etinde fazla üretim gündeme gelmeye başladı. Yeni kimyasallar gübre ve zirai mücadele ilaçları ve yüksek miktarda enerji tüketen mekanizasyon kullanımı sonucu doğal çevrenin kirlenmesi, değişmesi ve yaban hayatının ciddi oranda zarar görmeye başlaması kamuoyunu; sağlık ve çevre konusunda çok daha duyarlı hale getirdi.

Tüm bu gerçekler “alternatif tarım veya alternatif bitkilendirme teknikleri”ne ilginin artmasına ve öncelik verilmesine yol açtı. Bugün

alternatif tarımsal yatırımlar konusu gelişmiş ülkelerde önemli tarım konuları arasında yer alırken, gelişmekte olan ülkeler de konuya yenim yeni bu konulara ilgi göstermektedirler. Ancak tarımda alternatif yatırımlar pek çok sorunla karşı karşıya ve oldukça risklidir. Alternatif tarımsal yatırımların tanımı ve kapsamı açıklıkla yapılmamıştır. Ülke hükümetleri, özel sektör, bilim ve araştırma kurumları tarafından desteklenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Geleneksel tarımsal yatırımlara göre etkinliği, sürdürülebilirliğe katkısı, karlılığı ve pazar payına ilişkin; ekolojik, ekonomik ve piyasa araştırmaları yapıldıktan sonra üreticilere tavsiye ve destekleme yapılabilir.

Tarımda alternatif yatırımlar son yıllarda ilgi çekmemesine rağmen genel kabul görmüş bir tanımlaması olmaması yanında alternatif tarıma ilişkin yaklaşımlar oldukça farklı ve çeşitlidir. Çünkü tarımsal durum bir ülkeden diğerine değişmektedir. Şöyle ki, tarımla ilgili kavramlar ve düşünceler ülkeler arasında değiştiği gibi bir ülkenin insanları arasında da değişmektedir. Alternatif tarım son 50 yıldır var olan geleneksel tarıma alternatiftir bu anlamda alternatif tarım yeni değildir. Genel geçer kabule göre, alternatif üretim terimi, piyasa şartları ve eğilimine göre çiftçilerin tercihlerini belli şartlardaki belli tip bir tarımdan diğerine değiştirmelerini ifade etmektedir.

## **1. ALTERNATİF BİTKİLENDİRME TEKNİKLERİNE NEDENLERİ**

Çoğu gelişmiş ülkelerde ve özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika Kıtasındaki ülkelerinde tarımsal üretim artışı birçok tarım ürünlerinde fazlalıklar oluşmasına neden oldu. Bu fazla üretim; ihracat desteği,

depolama ve yüksek satın alma maliyetleri ile ülkelerin bütçesine ağır bir yük getirdi. Dolayısıyla bu ülkeler tarım politikasında reformlar yaparak; tahıllarda, hayvancılıkta ve sütte kotalar; bitkilendirmede doğal bitkilerin kullanılması, yabancı türlerin ticaretinin kısıtlanması ve dolaşımın engellenmesi gibi uygulamaları getirerek üretimi kısımaya, fazlalıkları eritmeye ve yabancı bitki ve hayvanların dolaşımını yavaşlatmaya çalışılmıştır. Daha sonra bu tedbirlere ilaveten üretici ve yetiştiricileri alternatif tarım yatırımlarına yöneltilmeye çalışılmaktadır. Devletlerin ilgili kurumları, üniversiteler ve sivil toplum örgütleri özellikle yeşiller hareketi yeni çözüm arayışlarına ve geleneksel tarıma alternatif olabilecek tarımsal faaliyetlere yönelik alternatifleri gündeme getirmektedir.

Dünyada tarımsal üretime ayrılan kaynakların giderek azalırken, doğal kaynakların kullanımını artırmaya dayanan politikalarla, GDO'lu (Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar) bitki kullanım baskısı ve iklim değişikliği tarımsal üretiminde alternatif tarım veya bitkilendirme tekniklerine daha fazla yönlendirmektedir. Gümümüzde, alternatif tarımın küçük tarım işletmeleri olan sebze ve meyve bahçelerinde daha çok kabul görmektedir. Bazı insanlar için bir tutku veya hobi olan sebze bahçeciliği, bazı insanlar için de ailelerini beslemenin bir yoludur.

## **2. ALTERNATİF BİTKİLENDİRME ÇEŞİTLERİ**

### **2.1. Organik Bahçecilik**

Herkes organik bahçeciliğin sentetik gübrelerden ve böcek ilaçlarından kaçınmak anlamına geldiği konusunda hem fikirdir. Ancak organik bahçecilik felsefesi ve uygulaması bu basit kavramın çok ötesine geçer.

Organik gıda, çiçek ve peyzaj yetiştirmek, doğayla uyum içinde olan sürdürülebilir bir yaşam sistemine olan bağlılığı temsil eder. Birçok insan için organik bahçecilik bir yaşam biçimidir.

Organik bahçecilik; toprak verimliliğinin sürekliliğini sağlayan, zararlıları kontrol altına alarak canlılığın sürekliliğini sağlayan, doğal kaynakların kullanımında sürdürülebilirlik ilkesi kapsamında devamlılığını sağlayan ve böylelikle doğal ortamdaki dengeyi koruyan bir sistemdir. Bu sistemde amaç; doğada bulunan ve yenilenemeyen doğal kaynakların kullanımında sürdürülebilirliği dikkate alarak kullanmak ve hastalıklardan arınmış insan ve hayvan gıdası üretmektir. Organik bahçecilik, hastalıklardan arınmış sağlıklı gıda üretme, doğayı koruma, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltma, biyolojik çeşitliliği teşvik etme gibi amaçları benimsemektedir. Organik bahçecilik ile bir taraftan tüketicilere hastalıklardan arındırılmış gıda üretilmekte diğer taraftan da doğa ve doğal kaynaklar korunup kırsal kalkınma desteklenmektedir.

## 2.2. Organik Bahçeciliğin Temel İlkeleri

- Çürüyen toprağı organik maddelerle beslemek,
- Hastalık ve haşere kontrolü için doğal döngüleri ve yırtıcıları (biyolojik yöntemleri) kullanmak,
- Organik bahçecilikte, organik gübreleme ve uygun toprak işlemler yapılarak; toprağın iyileştirilmesi ve toprakta bulunan organizmaları koruyarak beslenmelerini sağlanması,
- Organik bahçecilikte nöbetleşe ekim yapılırken dikkat edilmesi gereken nokta baklagillere ağırlık verilmesi,

- Organik bahçecilikte yeterli miktarda ve yüksek kalitede ürün elde edilmesi,
- Enerji kaynağı olarak güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi doğal enerji kaynaklarının olabildiğince tercih edilmesi,
- Bitki ve hayvan yetiştirmede kullanılan hormonlar ve büyümeyi düzenleyen maddeler, depoda kurumayı arttıran kimyasal gübreler ile kimyasal ilaçlar ekolojik tarımda kullanımının sonlandırılması,
- Ekolojik bahçecilik ve tarımda sentetik ve kimyasal kullanımı yerine; çiftlik gübresi, kanatlı gübresi, çiftlik ile sıvı atıklar, saman, torf, mantar üretim artığı, organik ev artıkları, işlenmiş hayvansal atıkları, yosunlar, talaş ve ağaç kabukları gübre olarak kullanılması şeklindedir.

Organik olarak bahçeciliğin pek çok faydası bulunmaktadır.

Muhtemelen en önemlileri ise;

- Organik bahçecilik kullanılarak üretilen gıdaların daha besleyici ve daha sağlıklıdır.
- Organik olarak yetiştirilen ürünlerde ortalama olarak C vitamini ve kuru madde içerikleri organik olmayan ürünlere göre daha yüksektir.
- Organik olarak yetiştirilen ürünlerde ortalama olarak mineral içerikleri de daha yüksektir.
- Organik olarak yetiştirilen gıdalar, “pestisitlerle üretilen mahsullerden önemli ölçüde daha yüksek konsantrasyonlarda antioksidanlar ve diğer sağlığı geliştirici bileşikler” içerir.



- Yaban hayatın devamını sağlar.
- Gübreleme maliyeti düşüktür.
- Toprak canlılarının yaşam ortamını düzenler.
- Topraktaki organik madde artar.
- Toprağı iyileştirerek verimliliğini artırır.
- Toprak uygun şekilde işlenir.

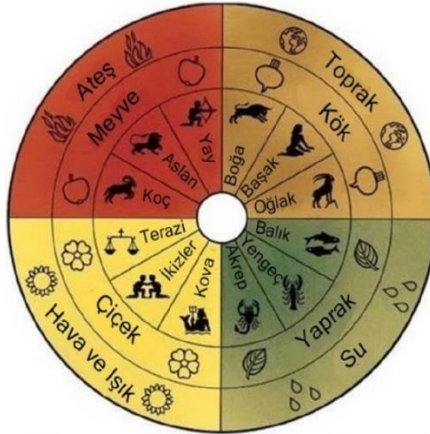
Organik bahçecilik, geri dönüşüm konseptiyle çalışır. Malçlamak ve kompost yapmak için hayvan atıkları, mutfak artıkları ve sebze atıkları kullanılmaktadır. Zararlıları ve yabancı otları önlemek için sirke ve sabun gibi yaygın ev eşyaları kullanılır. Organik bahçecilikte, bitkiler ve toprak birdir ve sadece insanlara değil, hayvanlara ve organizmalara da yiyecek ve besin sağlamak için birlikte çalışır. Bu amaçla başarılı bir organik bahçeciliğin anahtarı uygun toprak hazırlığıdır. Toprak kış boyunca çıplak bırakıldığında oksidasyon yoluyla organik madde kaybı olmaktadır. Bu nedenle toprak asla çıplak bırakılmamalıdır. Hasatın sonunda yulaf ekilir ve kış aylarında ekilen yulafların ölmelerine ya izin verilir ya da bahçenin yaprak ve samanla örtülmesi gerekir. Toprak donar donmaz, çok yıllık bitkileri ve çiçeklerin etkilememesi için yoğun bir şekilde malçlanmalıdır.

### **2.3. Biyodinamik Bahçecilik**

Biyodinamik bahçecilik; tarıma, bahçeciliğe, gıda üretimine ve beslenmeye yönelik bütüncül, ekolojik ve etik bir yaklaşımdır. Biyodinamik tarım, organik yöntemlerden biri olarak, ekolojik, ekonomik ve fiziksel sürdürülebilirliği sağlama esasına dayanır. Biyodinamik bahçecilik uygulamalarında en önemli nokta bahçenin

kendi kendine yetebilmesi ve kimyasal ilaç ya da gübrenin kullanılmamasıdır. Bu önemli noktalara dikkat edildiği takdirde gelecek nesiller günümüzdeki ekolojik ortamdan daha iyi bir ekolojik ortama sahip olacaklardır. Biyodinamik bahçecilik anlayışında çiftlik tek bir organizma olarak düşünülür ve bir organizma hayatını nasıl devam ettiriyor ise çiftlikte aynı şekilde kendi içinde kendi ihtiyaçlarını karşılayarak hayatını devam ettirebilmesi beklenmektedir. Eğer organizmada hastalık olursa kendi kendini iyileştirmesi ve olası dış tehlikelere karşı kendinin savunma yapması gerekmektedir (Çakır ve ark., 2018). Biyodinamik tarım ile organik tarım birbirine benzemektedir. Her iki uygulama da mineral gübreleme yerine kompostlama ile örtü bitkisi kullanır. Ayrıca iki uygulama da pestisitler herbisitler, hormonlar ve diğer kimyasalların kullanımı yasaktır. Biyodinamik tarımda organik tarımdan farklı olarak toprak ve bitkideki canlılığı arttırabilmek için özel preparatlar kullanılmaktadır. Bu preparatların kullanımında ise belli bir takvime uyulması gerekmektedir. Biyodinamik tarımda kullanılan bu preparatlar kendilerine has üretim teknikleri bulunmaktadır. Ayrıca bu preparatların hazırlanmasında üç önemli nokta bulunmaktadır. Bu noktalardan ilki, preparatın özünü oluşturan bitkilerde çiçeklerin kullanılmasıdır. İkinci önemli nokta bitki kısımlarının dönüştürülmesinde hayvan organlarının kullanılmasıdır. Son olarak ve en önemli noktalardan biri ise bu uygulamaların yapılacağı en uygun zamanın belirlenmesidir (Koepf, 1993; Aishwath, 2007).

İnsan, hayvan ve bitkilerin yaşamının büyük bir bölümünde dünya ile gezegenlerin konum ve hareketlerinin etkisi bulunmaktadır. Bundan dolayı Biyodinamik tarımda evrendeki kozmik olay ve enerji değişimlerinden yararlanmak için farklı tarımsal işlemlerde gezegenlerin konfigürasyonuna dayalı her yıl için ayrı tarım takvimi hazırlanmaktadır (Ram & Kumar, 2019; Karadağ ve ark., 2019). Ayın dünyanın etrafında dönmesinin dönüşünün bitkilerin çeşitli organ ve kısımlarının üzerinde de farklı etkilere sahiptir. Bundan dolayı bitkinin yaprağı ve meyvesi için gerçekleştirilecek olan uygulamalarda ay takvimine göre farklılıklar bulunmaktadır (Çakır ve ark., 2018). Bu takvimin eski zamanlarda çiftçiler tarafından kullanılmıştır (Jariene & ark., 2015). Maria Thun'ın 1960'larda kendine ait olan bahçesinde yaptığı deney ve gözlemlere dayanarak ay takvimini geliştirmiş ve bu takvim tarım uygulamalarında kullanılmaktadır (Bayturan, 2018) (Şekil 1).



Şekil 1: Ay Takvimine Göre Ekim ve Dikim Zamanları (Çakır ve ark., 2018)

Biyodinamik olarak bahçeciliğin faydaları;

- Biyodinamik tarımda elde edilen ürünlerin konvensiyonel tarımda elde edilenlere göre daha uzun süre taze kalmaktadır.
- Elde edilen ürünlerin daha lezzetlidir.
- Kuru madde içerikleri daha yüksektir.
- Nitrat içeriği daha düşüktür.
- Besinlerin canlılığını artırır.
- Toprak gibi doğal kaynakları yeniler (restorasyon yaparak).
- Toprakta bulunan organik maddeyi artırır.
- İçinde yaşadığımız dünya ile kişisel bir ilişki kurmak için biyodinamik bahçecilik önemlidir.

#### **2.4. Lazanya Bahçeciliği**

Lazanya bahçeciliği, bahçıvanın çok az çalışmasıyla zengin, kabarık toprakla sonuçlanan, kazma gerektirmeyen, işleme gerektirmeyen bir organik bahçe olmayan bir bahçe yöntemidir. "Lazanya bahçesi" adının, bu bahçede yetiştirilen ürünle hiçbir ilgisi olmayıp, bahçeyi inşa etme yöntemine atıfta bulunur. Ayrıca "levha kompostlama" olarak da bilinen lazanya bahçeciliğinde, bahçe ve mutfak atıklarının kullanılmasından dolayı çevreye dost olan bir yaklaşımdır.

##### **2.4.1. Lazanya Bahçeciliğinin Yapım Aşamaları**

- Öncelikle bahçedeki mevcut çim ve yabancı otların temizlenmesi gerekmemektedir.
- Toprakta çift kazı yapma zorunluluğu yoktur. Aslında, toprağı işlemeye hiç gerek yoktur.

- İlk kata kahverengi oluklu karton veya bahçe için seçilen alandaki çimenlerin ya da yabancı otların üzerine doğrudan serilecek olan üç kat gazete serilir.
- Daha sonra her şeyi yerinde tutmak ve ayrıştırma sürecini başlatmak için bu karton veya gazete katmanı ıslatılır.
- Çimlen veya yabancı otlar, gazete veya kartonun yanı sıra üzerlerine koyulacak olan malzemeler tarafından boğulacakları için oldukça hızlı bir şekilde parçalanacaktır.
- Bu katman ayrıca, tüneller halinde toprağı gevşetecek olan solucanları çekmek için karanlık ve nemli bir alan sağlar.
- Lazanya bahçeciliğinde yılın her vakti dikim yapılabilir. Tabii kolay uygulama, ücretsiz organik malzeme olarak yaprak döküntüleri kullanılabilirliğinden dolayı en uygun zaman sonbahardır. Ayrıca, sonbahar yağmurları ve kış karları lazanya bahçesindeki malzemeleri nemli tutacak ve bu da daha hızlı parçalanmasına yardımcı olacaktır.
- Dikim zamanı geldiğinde, diğer bahçelerde yapıldığı gibi yatak kazılır.
- Alt katmanda gazete kullanıldıysa, kürek doğrudan içeri girecek ve alttaki güzel gevşek toprağı açığa çıkaracaktır.
- Karton kullanıldıysa, bir şey dikilmek istendiğinde her noktada kartona bir delik açılması gerekebilir.
- Bahçeyi korumak için, yatağın üstüne saman, ağaç kabuğu malç veya doğranmış yapraklar şeklinde malç eklenir.

### 2.4.2. Lazanya Bahçesinin Avantajları

- Yapımı çok kolaydır.
- Yabani otları aşağıdan bastıran gazete ve toprağı yukarıdan kaplayan malç sayesinde lazanya bahçesinin bakımı daha kolaydır.
- Kompostun suyu normal bahçe toprağından daha iyi tutması nedeniyle, özellikle de doğal toprağıınız kumlu veya organik madde açısından yetersiz ise daha iyi su tutar.
- Besin açısından oldukça zengindir. Saf kompostla ekildiğı için daha az gübre ihtiyacı duyulur.
- Toprak yapısının ufalanan, gevşek ve kabarık olmasından dolayı işlenmesi kolaydır.
- Lazanya bahçeciliğı eğlencelidir, kolaydır ve eski çift kazma yönteminden çok daha hızlı bir şekilde yeni bahçeler yapılmasını sağlar (URL-1).

Lazanya bahçeciliğinde; bahçeye konulacak olan malzemeler parçalanarak toprağı besin bakımından zenginleştireceğinden dolayı kompost yığına konulan malzemeler kullanılabilir. Bu kapsamda lazanya bahçeciliğine; yapraklar, gübre, organik gübre, çim kupürleri, çay yaprakları ve çay poşetleri, otlar, deniz yosunu, rendelenmiş gazete veya önemsiz posta, çam iğneleri, torf yosunu kullanılabilen malzemelerdir.

## 2.5. Refakatçi Dikim Bahçeciliği

Refakat dikim; bazı kombinasyonların bir bütün olarak bahçeye sağladığı faydaları elde edebilmek için çiçeklerin, bitkilerin, meyvelerin ve sebzelerin başkalarının yanında ekilmesi şeklindeki yöntemdir.

Bahçe bir topluluk olarak düşünüldüğü zaman, bahçedeki bazı türlerin birbiriyle iyi geçinerek daha iyi büyüdüğü görülebilir. Fakat bazı türlerin ise birbirleriyle iyi geçinemediği aksine birbirlerini kötü etkiledikleri görülür. Birbirleriyle iyi geçinemeyen yani karşıt eşlemeler aslında büyümeyi ve gelişmeyi engelleyebilir ve bahçedeki zararlı sayısını artırabilir. Refakatçi bitkiler birbirlerinin farklı şekillerde büyümelerine yardımcı olarak bunun önüne geçerler. Bu kapsamda refakatçi bitkiler ilk olarak, zararlıları kontrol etmeye yardımcı olabilirler. Bazı bitkiler belirli zararlıları daha hassas bitkilerden uzaklaştırır. Diğer bitkiler yaprak bitleri veya lahanalar gibi yaygın bahçe zararlılarını avlayan eşekarısı veya örümcekler gibi böcekleri çeker. Bazı eşleşen bitkiler, toprağa diğer bitkilerin ihtiyaç duyduğu besinleri ekler (URL-2). Böylelikle oluşturulacak olan organik bahçede kimyasal böcek ilacı ve gübre kullanımına gerek kalmaz.

Refakatçi dikimde; bitkilere büyümek için mümkün olan en iyi ortam verilmelidir. Uyumlu olan bitkilerin bir araya dikerek bitkilerin birbirlerinden faydalanmasını sağlayarak mahsullerin daha verimli olması sağlanır.

Örneğin soğan ile refakatçi olabilecek uyumlu bitkiler: Domates, marul, çilek, biber, yaban havucu ve ıspanak şeklindedir. Soğanlar, yaprak bitleri, böcekler ve hatta tavşanlar gibi zararlıları doğal olarak caydırdığı için uyumlu olduğu bitkilere organik koruma sağlar. Diğer yandan frenk soğanı, soğan/sarımsak ailesinin yakın akrabaları olmasından dolayı soğanların yanında tavsiye edilmez.

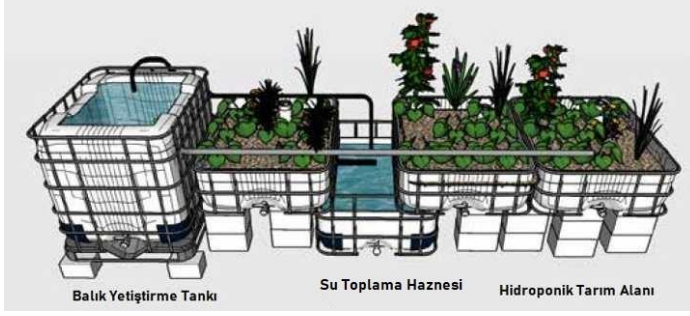
Refakatçi dikimde bitkilerin birbirlerine fayda sağlamalarının yanında;

- Bahçe alanının daha verimli kullanılmasını sağlar.
- Zararlıları organik olarak caydırır.
- Bahçe yatağının toprağını korur.
- Beslemek için canlı bir malç görevi görür.
- Ayrıca eşlik eden ekimin sağladığı biyolojik çeşitlilik, tozlayıcılar, vahşi yaşam ve genel toprak sağlığı için de mükemmeldir.

## **2.6.Akuaponik**

Akuaponik, su ürünleri yetiştiriciliği ve hidroponik olmak üzere iki ayrı sistemin birleşimidir. Bu birleşik sistemin amacı, aynı sistemde aynı anda bitki ve balık yetiştirmektir. Bu sisteme tek girdi balık yemidir. Bunu yapmanın en büyük avantajı, yetiştirilen balık atıklarının ürettiği besin maddelerinin bitkiler tarafından kullanılmasına izin vermesidir. Bu besinleri tüketirken bitkiler suyun arıtılmasına yardımcı olur (URL-3) (Şekil 2).





Şekil 2: Akuaponik Tarım Aşaması (URL-3)

### 2.6.1. Aquaponik Avantajları

- Toprağa gerek olmaması,
- Besinlerin balıktan gelmesinden dolayı ek besin maliyeti gerektirmemesi,
- Pestisit kullanımı olmaması,
- Ayıklama olmaması,
- Konumda esneklik olması,
- Yıl boyu üretim (kontrollü ortamlarda) sağlaması,
- Hidroponiğe göre hastalığa daha az eğilimli olması şeklindedir.
- Geleneksel tarıma göre aynı alandan 8 kat daha bitki yetiştirilebilir.
- Geleneksel tarıma göre yüzde 85 su tasarrufu sağlar.
- Sürdürülebilir tarıma imkan sağladığı için çevre dostudur.
- Topraksız olduğu için toprak kaynaklı hastalıkları ortadan kaldırır.
- Tarıma elverişli olmayan tüm topraklarda uygulanabilir.

### **2.6.2. Aquaponik Dezavantajları**

- Topraklı tarım ve hidroponik tarıma göre daha yüksek maliyet gereklidir.
- Sistemde meydana gelebilecek arıza ve bakım için tesisat bilgisi gereklidir.
- Yüksek enerji gereksinimi vardır.
- Hem hidroponik bahçecilik hem de balık yetiştiriciliğinde beceri ve bilgi gereklidir.
- Balıklar ve bitkiler için su kalitesinin test edilmesini gerektirir.
- Sınırlı bitki türü kullanılabilir.
- Sistemde meydana gelebilecek hatalar diğer tarım şekillerine göre daha hızlı bir şekilde sistemin olumsuz etkilenmesine ve hatta ölümüne neden olabilir.
- İhtiyaçlar anlık olarak değişebilir. Bundan dolayı kontrollerin günlük düzenli bir şekilde yapılması gereklidir.

### **2.7. Permakültür Tasarımı**

Permakültür, doğal ekosistemlerin çeşitliliğini ve direncini taklit eden, sürdürülebilir, organik gıda üreten bir peyzaj tasarım konseptidir. İlk olarak 1970'lerde Avustralya'da Mollison ve Holmgren'in çalışmalarıyla gündeme gelmiş ve ikisi de permakültürü farklı şekillerde tanımlamıştır. Mollison (2017)'de permakültürün; doğal ekosistemlerin çeşitliliğine, istikrarına ve esnekliğine sahip olan tarımsal olarak üretken ekosistemlerin bilinçli tasarımı ve bakımlarının sağlanması şeklinde tanımlarken (Aktüel, 2020); Holmgren (2001) permakültürü; yerel ihtiyaçların karşılanması, doğal kaynakların

sağlıklı üretilebilmesi için sürdürülebilir yerleşim alanlarının ve gıda üretim sistemlerinin uygulandığı bir peyzaj olarak tanımlamıştır.

Teknolojik gelişmelerin artmasıyla beraber insan faaliyetlerinde artışlar meydana gelmiştir. Bu durum da doğaya zarar vermeye başlamış ve sonuç olarak doğanın korunması için toplumda bilinçlenme artarak permakültür tasarımı literatüre girmiştir. Japon tarımcı-yazar Masanobu Fukuoka, organik tarımın babası olarak bilinmektedir. Masanobu Fukuoka, 'Ekin Sapı Devrimi' isimli kitabında permakültürün temel felsefesini; doğaya rağmen değil doğayla birlikte çalışmanın, bilinçsiz bir şekilde yapılacak uğraşlar yerine, uzun süreli bilinçli bir gözlemin, öğeleri tek ürünlük bir sistem olarak değil bitkilerle hayvanların tüm işlevlerini göz önünde bulundurarak ele almak olarak tanımlamaktadır (Aktüel, 2020). Yani kısacası permakültür; doğaya karşı gelmek değil aksine, doğa ile uyumlu bir şekilde hareket etmek olduğunu, uzun süren ve gözlemlerin iyi yapıldığı, sistemin bütün parçalarını dikkate alarak ve kendi döngüsüne izin verme felsefesini içeren bir tür ekolojik tasarım yöntemidir. Permakültür tasarım, insan ve doğanın gıda, enerji, barınak gibi tüm maddi ve manevi gereksinimlerini sürdürülebilir bir biçimde karşılamasını sağlar. Bunların dışında Permakültür tasarımının yaygınlaşmasıyla birçok fayda sağlanacaktır. Permakültürün sağlayacağı başlıca faydalar arasında;

- Yanlış kullanımlar sonucunda bozulan doğanın ve toprağın iyileştirilmesi,

- İhtiyaç duyulan besinlerin verimli tarım, doğal yollar ve daha az uğraş ile üretilmesi,
- Diğer uygulamalarda olduğu gibi doğaya, toprağa ve doğal kaynaklara zarar vermeden, ihtiyaçtan duyulandan daha fazla ürün alınabilmesi,
- İhtiyaç duyulan enerjinin önemli bir kısmının üretilmesi,
- Fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması,
- Daha doğal ve daha sağlıklı bir ortamda yaşayabilme imkânı sağlaması olarak sıralanabilir.

### **2.6.1. Permakültür Etik ve Tasarım İlkeleri**

Permakültür tasarımının doğa, insan ve dünyadaki diğer canlılar için yararlı olması temel üç temel etik kuralı içermektedir (Mollison, 1979; Althouse, 2016). Permakültür tasarımının ekolojik ve sürdürülebilir olarak başarılı olabilmesi için iki temel adım bulunmaktadır. Bu adımlardan birincisi; tasarımın tüm iklimsel ve kültürel şartlarda geçerli olabilecek evrensel kurallara ve ilkelere uygun olarak oluşturulması, ikincisi ise; farklı iklim ve kültürel koşullara göre değişiklik gösteren pratik uygulamalarla ilgilidir (Aktüel, 2020).

**Yeryüzüne özen gösterme (dünyayı gözetme):** Tüm canlıların yaşadığı yer olan yeryüzünün korunması etik kuralların ilkidir. Canlı cansız bütün varlıkların ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, devamı ve çoğalması için yeryüzüne özen göstermek gerekmektedir.

**İnsanlara özen gösterme (insanı gözetme):** İnsanların; gıda, barınma, eğitim, tatmin edici iş ve sosyal ilişkilere sahip olarak, sağlıklı bir şekilde var olmaları için gerekli kaynaklara erişimlerini sağlamak.

**Nüfus ve tüketime sınır getirme:** Doğal kaynakların kullanılmasıyla elde edilen gıda ve enerji gibi birçok ihtiyacın tüm canlılar arasında eşit olarak pay edilebilmesi için gereklidir.

Aşağıda herhangi bir iklim ve ölçekte başarılı olabilecek permakültür tasarımının ilkeleri verilmiştir. Bu ilkeler Mollison ve Holmgren'in çalışmalarından yola çıkarak aşağıdaki gibi derlenmiştir.

1. Gözleme ve etkileşime geçme,
2. Enerjiyi depolama,
3. Verim alma,
4. Geri bildirim kabul edin,
5. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı,
6. Atık üretmeyin,
7. Tasarım öğelerinin birden çok işleve sahip olması,
8. Ayırıştırmak yerine bütünleştirmek (Bağlantılı tasarlama),
9. Küçük ve yavaş çözümler kullanın,
10. Çeşitliliği artır,
11. Kenarların kullanın ve marjinali değerlendirir,
12. Fosil yakıt kaynakları yerine biyolojik kaynak kullanımı,
13. Enerji etkin planlama,
14. Tekrar eden detaylara göre tasarım yapma

Permakültür kalıcı tarım anlamına gelmesinden dolayı insanlar bu sistemin sadece kırsal alanlarda yapılabileceği yanlışına düşmektedirler. Fakat permakültür şehirlerde de yapılabilmektedir. Evlerin çatılarında, balkon ve teraslarda gıda üretilmesi, boş arazilerin tarım için temizlenip kullanılması, atıkların geri dönüştürülüp kullanılması, temiz enerjilerin üretilmesi, atık suların geri kazandırılması ve su tasarrufunun yapılması gibi çalışmalar permakültür adı altında toplanıp uygulanabilir. Bu durumda tasarımda göz önüne alınan en önemli unsurlar ise şöyle sıralanabilir;

- Permakültür tasarımda yapılacak olan sistemler sürdürülebilir ve az uğraş gerektirmelidir.
- Mevcut olan durumdan daha fazla fayda edilebilmesi için yapılacak değişimler minimum düzeyde olmalıdır.
- Güneş enerjisi kullanan bu sistemler sadece kendi ihtiyaçlarını değil, aynı zamanda sistemi tasarlayan kişilerin de ihtiyaçlarını karşılamalıdır.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra yüksek doğum oranı ve düşük bebek ölüm oranları ile hızlı nüfus artışı dünyanın birçok yerinde açlık sorunu ortaya çıkmıştır. Bu sorunu çözmek amacıyla tarımda üretimi hızlandırabilmek için başta çeşitli kimyasallar (tarımsal gübreler ve zirai mücadele ilaçları) olmak üzere ileri teknoloji tarımsal üretimi belli bir noktaya kadar artırmıştır. Fakat kimyasal maddelerin fazla ve bilinçsizce kullanımı sonucunda ekolojik dengenin giderek

bozulduğu ve tarımda kullanılan kimyasalların toprak, su ve tüm canlılar üzerinde telafisi zor negatif etkilere sebep olduğu anlaşıldı. Tüm bu olumsuz sebeplerden dolayı geleneksel tarıma itiraz eden kişi ve kurumlar bu yöntemin dünyayı hoyratça kullandığını ve ekolojiyi dikkate almadığını ileri sürmekte, dünyanın geleceği için insan-doğa ilişkisinin yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini ve insanoğlunun doğa ile yeniden bütünleşmiş bir bitkisel ve hayvansal üretimde alternatifleri dile getirmektedirler. Modern veya geleneksel tarım olarak adlandırılan bu yöntemin olumsuz etkileri azaltılmış, doğaya zarar vermeyen, daha güvenilir bitkisel ve hayvansal üretimini sürdürülebilir bir şekilde sağlayan alternatif tarım arayışına girilmiştir. Bu kapsamda; ekolojik sistemi dikkate alan, zarar gören doğal dengeyi onaran hem doğal çevreye hem de insana dost birçok alternatif bitkisel ve hayvansal üretim metotları ortaya çıkmıştır. Bu metotların temel bakış açısı; bitkisel ve hayvansal üretime geçmeden önce bölgenin iklimi ve peyzajının temel özelliklerini tespit edip anlamak ve ekolojiye katılarını belirlemek, daha sonra istikrarlı bir şekilde bitki ve hayvan yetiştirmek için bitki türlerini ve hayvan çeşitlerini belirleyip ekim yapıp ve hayvanlar için yaşam alanlarını oluşturulmaktır. Bu yöntemlerin genelleşmesi geleceğin teminatı olan tarımsal ekosistemleri sağlıklı ve dengeli bir şekilde korunacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aishwath, O.P. (2007). Concept, background and feasibility of organic agriculture and biodynamic agriculture. *Asian Agri History*, 11(2): 119-132.
- Aktüel (2020). Koronavirüs Kaygısıyla Nasıl Baş Ederiz. *Permakültür Doğayla Birlikte Yaşama Sanatı. Fabrika Yangınları ve Alınabilecek Önlemler. Ytong Aktüel Dergisi*, 54: 30-33.
- Althouse, K. (2016). *An Instructional Module on Permaculture Design Theory for Landscape Architecture Students*, Utah State University.
- Bayturan, N. (2018). En eski organik tarım metodu olan biyolojik-dinamik tarım. *Apelasyon Dergisi*, 51.
- Çakır, Ö., Yıldız, H., & Karataş, N. (2018). Biyodinamik tarım ve organik tarımın karşılaştırılması. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4): 438-443.
- Jariene, E., Vaitkeviciene, N., Danilcenko, H., Gajewski, M., Chupakhina, G., Fedurajev, P., & Ingold, R. (2015). Influence of biodynamic preparations on the quality indices and antioxidant compounds content in the tubers of coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanica*, 43(2): 392-397.
- Karadağ, H., Unal, B., & Aksut, B. (2019). A part of sustainable agricultural sector: biodynamic agriculture. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, 3(2): 345-349.
- Koepf, H.H. (1993). *Research in Biodynamic Agriculture: Methods and Results*. Bio-Dynamic Farming and Gardening Association Inc., Kimberton, Pennsylvania.
- Mollison, B. (1979). *Permaculture: A Designers' Manual*, Publishers for the Permaculture Institute, Second Edition.
- Ram, R.A. & Kumar, A. (2019). Biodynamic agriculture: An advance stage of organic farming. *Journal of Eco-friendly Agriculture*, 14(1): 34-37.



- URL-1. <https://tr.insterne.com/lazanya-bahcesi-nasil-yapilir/>. (Erişim Tarihi: 21.11.2022)
- URL-2. <https://tr.lutums.net/articles/home-improvement/companion-planting-guide-layout-tips-for-your-home-vegetable-garden.html>. (Erişim Tarihi: 21.11.2022).
- URL-3. <https://muhendisce.com/akuaponik-tarim-nedir-nasil-yapilir/> (Erişim Tarihi: 21.11.2022).

## BÖLÜM 7

### PARKLARDA SU KULLANIMININ TARİHÇESİ

Muhammed AKTAŞ<sup>1</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Okan YELER<sup>2\*</sup>

---

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Van-Türkiye. mhmdakts65@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4218-9927

<sup>2\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Van-Türkiye. okanyeler@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0405-4829



## GİRİŞ

İlk zamanlarda mağaralarda yaşayan insanoğlu, yaşam biçimleri ve ihtiyaçlarının değişmesiyle çevreye uyum sağlamış, dış etkilerden korunmak amacıyla suyu kullanmış ve yapılarını su kıyısına ya da su içine çaktığı kazıkların üzerine inşa etmiştir. Zamanla yaşam biçimindeki değişme, sosyalleşme ihtiyacı, teknolojik gelişmeyle beraber su kıyılarının daha içlerine gelen insanoğlu, toprak üstüne yerleşmeyi yaşam biçimi edinmiştir. Toprağı ekonomik ihtiyaçlar dışında da kullanarak zamanla sanatsal bahçeler oluşturmak için kullanmaya başlamıştır. Doğadaki en önemli bileşenlerden biri olan su, yerleşim alanlarında ve özel bahçelerde her daim yer edinmiştir (Akkan, 1994). Kentleşme süreci boyunca su, insanlar tarafından imge ve temizlik ihtiyaçlarının yanı sıra estetik amaçlarla da kullanılmıştır. Kentleşen insanlar tarafından ilk su kullanımı doğu ülkelerinin su kanalları inşa etmesi ile başlamakta ve kültürel gelişmeler su çalışmaları ile paralel ilerlemiştir. Her devirdeki önemli gelişmeler suyun tasarımını daha etkili gösterilerine karşın aslında hareket ve dinlendirici yönleri yer almaktadır. Su, göze ve akla hitap eden bir peyzaj elemanı olarak, tarihi bahçelerin birçoğunda değişik kullanımlarla bulunduğu söylenebilir. Çünkü suyun iyi tasarlanması, hem göze hem de kulağa hitap ederek zevk ve dinlenme unsuru oluşturmaktadır (Uzun, 1999).

İnsanoğlunun yeni şehirler inşa etmesi, inşa ettiği bu şehirlerde toplanarak bir araya gelmek, sosyalleşmek için kentsel açık alanları ve parkları tasarlamıştır. Park ve bahçelerin, toplumun yaşam biçimi ve

uygarlık seviyeleri arasında ilişkiler bulunmaktadır (Sarıkaya, 2007). Park ve bahçeler, sosyalleşme alanları olmakla birlikte insanlar arasında alışverişin olduğu, bilgi ve becerilerin paylaşıldığı odak alanlardır. Odak noktaları olmasının en önemli faktörlerinden biri de sudur (Kürkçüoğlu & Akın, 2013).

Yaşamın devamı için en önemli öğelerden olan su, varlığı ile bulunduğu alanın farklı şekillerde ve farklı büyüklüklerde algılanmasına olanak sağlar. Suyun varlığı farklı kullanıcılar tarafından önem arz etmektedir. Su, peyzajda ses, hareket, rekreasyon gibi farklı işlevleriyle çok yönlü bir tasarım elemanıdır. Bu sebeple tarih boyunca farklı işlevlerde kullanılmıştır (Yılmaz ve ark., 2013). Peyzaj mimarisinde su, yerin topoğrafyası ve bitki varlığı kadar önemli görülmektedir (Rychkov & Lushnikova, 2015). Peyzaj tasarımlarında kullanılan su elemanları gerek mimari gerek peyzaj mimarisi için boyunca kültürel ve tarihi anıların olduğu sosyal ortamlar yaratmaktadır (Ruban, 2018). Suyun rekreasyon amacıyla kullanılması çok eski zamanlara dayanmaktadır. Peyzaj mimarisinde kolay uygulanabilen esnek bir malzeme olmasıyla farklı formlarda kullanımına imkân sağlamıştır. Hem iç hem dış mekanlarda; havuz, çeşme gölet gibi farklı kullanımlarıyla karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte suyun rekreasyonel kullanımları da zamanla artmıştır (Yılmaz ve ark., 2013).

## **1. İLKÇAĞ BAHÇE SANATINDA SU KULLANIMI**

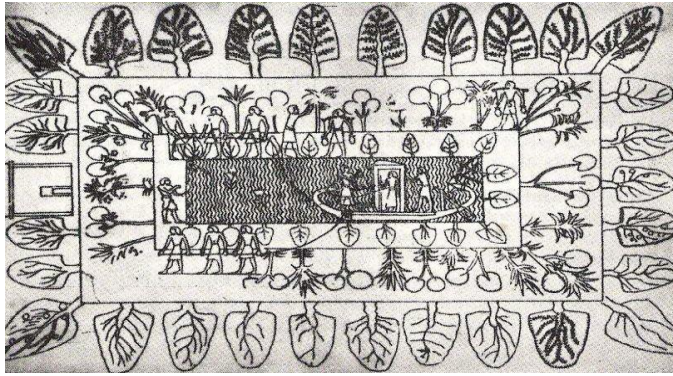
Dünyadaki neredeyse tüm tanınmış bahçelerde su elemanı, farklı form ve ölçülerde tasarlanmıştır. Su öğesinin bu şekilde tasarlanması, ülkelerin iklim koşullarına, kullanıcıların isteklerine ve sanatsal

yönelimlerine göre planlanmıştır. İnsanlar, yüzyıllarca süregelen yaşamlarında yerleşim alanlarında her ne kadar suyu içme ve hijyen amacıyla kullanmışlarsa da estetik amaçla kullanım da önemli bir yer edinmiştir (Öztaş, 1970). Suyun ilk çağlarda kullanımı ekonomik ve işlevsel temellere dayanmaktadır. Çok sıcak iklime sahip olan Mısır'da tarım alanlarının sulanması ve yerleşim alanlarının su ihtiyacını karşılamak için Nil Nehri'nden geniş kanallar açılmıştır. Bu kanallardan bazıları büyük gemilerin de geçebileceği kadar büyük ve geniş kanallar iken, bazıları ise sadece havuz ve kuyulara suyu ulaştırmak için küçük ve dardır (Okutan, 2003).

### **1.1. Eski Mısır'da Su Kullanımı**

Mısır Uygarlığı Nil vadisinde doğup gelişmiş, jeolojik yapısı ve iklim yapısından oldukça etkilenmiştir. Nil'in yalnızca bahçelerde değil, Mısır'ın bütün hayatında ve en çok da ekonomisi üzerinde etkileri oldukça fazladır. Nil, mevsimin belirli zamanlarında taşması ile geniş arazilerde verimli bir tabaka bırakması bereketli toprakların oluşmasına yol açmıştır. Bu bereketli topraklar dışında kalan geniş arazilerde bulunan evlere nehrin belli noktalarında açılan kanallarla su taşınmıştır. Dikdörtgen veya T şeklinde olan başlarda sebzeleri, meyveleri ve çiçekleri sulamaya yarayan kanallar daha sonraları bahçenin dekoratif havuzlarına dönüşmüştür. Mısırlılar, iklim yapısı ve toprak şartları sebebiyle zamanla su uzmanı haline gelmiştir. Resim 1'de görüldüğü üzere bir bahçede cenaze için yapılan tören görülmektedir. Küçük bir yazlık köşkü temsil eden bu geniş bahçe içerisinde büyük bir havuz bulunmaktadır. Ev sahibine ait olan cenaze, bir kayıkla havuzla

gezdirmekte, köleler ise kıyıda papirüs bitkisine benzeyen buhurdanlıklar ile ellerinde bulunan çiçekleri ölüye takdim etmek için beklemektedir. Törende, asma yapraklarıyla sarılmış ve böylece soğuk kalması sağlanmış şarap testileriyle de sunum yapılmaktadır. Asıl bitkisel elemanlar ise; bahçede ritmik şekilde sıralanmış hurma, firavun inciri ve palmyelerdir (Akdoğan, 1974).



**Resim 1:** Bahçenin İçinde Yapılan Cenaze Töreni (M.Ö. 1450) (Akdoğan, 1974)

## 1.2. Eski Pers (İran)'de Su Kullanımı

İran'daki birçok bölgede yağış yetersiz ve intizamsızdır. Su, uzaklardaki karlı dağlardan yeraltında bulunan kanallar ile şehre ulaştırılması sağlanmıştır. Bu kanallar ile kentlere ulaşan su, açık kanallarla ve havuzlarla gösteriş için kullanılmaya başlanmıştır. Sarayın etrafında çok sayıda heykel bulunmakta ve saray bahçesinde su giderek yükselen teraslar birbirine basamaklarla bağlanmaktaydı. Su, Pers bahçelerinde avlu sistemli planlamaya dayalıydı. Bu şekilde tüm bahçelerin en temel özelliği şeklindeydi. Aynı zamanda gösteri için açık havuzlarda toplanmaktaydı (Karahana, 2005). Pers döneminden

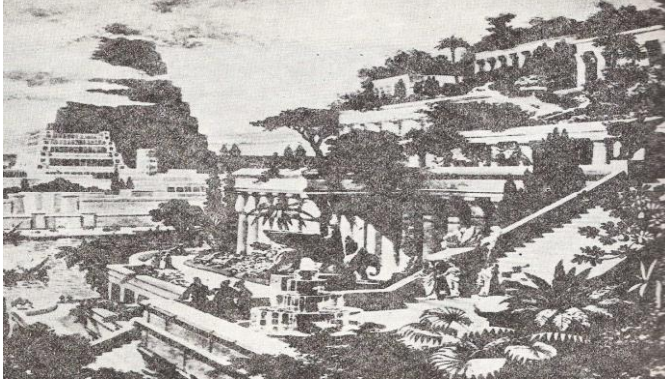
günümüze ulaşan emareler, Mimarinin daha çok Kiyaniyan dönemlerinden (M.Ö. 550-330) kalmış birtakım yapılar olduğunu göstermiştir. Bu yapılarının duvarları genellikle tuğla veya kerpiç gibi dayanıksız malzemeler ile yapılmıştır. Duvarlarda seramik süslemelerde göze çarpmaktadır. Çatılarda da ahşap ve türevi dayanıksız malzemeler kullanılması bu mimari yapıların izlerini silmiş ve günümüze yalnızca taş sütunlar ve pylonlar gelebilmiştir. Neredeyse tüm dönemlerde ev bahçelerine ve havuzlara verilen önem gözw çarpmaktadır (Akdoğan, 1974). Pers bahçelerinde havuzlar genellikle arktekonik yapıdır. Baskın karakterde tasarlanmışlardır. Havuzların merkezinde ince ve büyük bir ustalıkla yapılmış fiskiye bulunur. Suyun serinletme etkisi, dinlendirme ve ses etkisi titizlikle işlenmiştir (Özta, 1970).

### **1.3. Mezopotamya’da Su Kullanımı**

Mezopotamya’daki savaşçı toplumlar, ekolojik şartların fizyolojik reaksiyonlara dayanıklı bahçe ve ormanlık alan bakımından oldukça fakir olan bu topraklarda insanlar, parkları kurmuş ve suni tepelerin üzerine kurduğu bahçeleri yapay göllerle süslemişlerdir (Pamay, 1978). Nabukodonosor tarafından İranlı eşi için yaptırdığı Babil’in Asma Bahçeleri, dünyanın yedi harikası olarak bilinmekte ve ilkçağ uygarlıkları içerisinde en fazla üne sahip bahçelerindedir. Bu teras bahçeleri daha çok formal yapıda olmakta ve eğlence amaçlı serin bölgeler, hareketli sular, fiskiyeli su öğeleri, gölge amaçlı ağaçlar ve bezemeli çiçekler bulunmaktaydı. Babil kentine ve nehre uzanan güzel



görüntülere sahip bahçeler uzaktan yeşil bir tepeyi anımsatmaktaydı (Akdoğan, 1974) (Resim 2,3).



**Resim 2:** Babil'in Asma Bahçeleri (Akdoğan, 1974)



**Resim 3:** Babil'in Asma Bahçelerine Örnek Olacak Başka Bir Resim (URL-1)

#### **1.4. Antik Yunan'da Su Kullanımı**

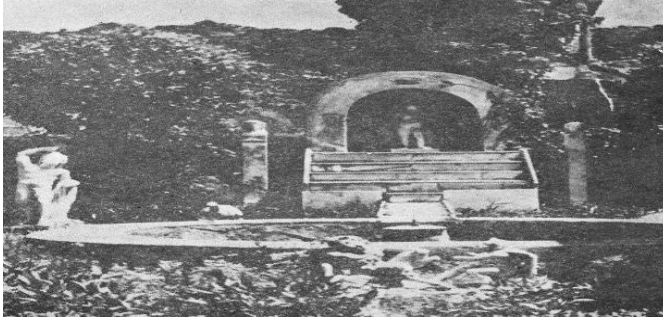
Antik yunan döneminde bahçeler, ilk başlarda meyve ağaçlarından oluşmaktaydı. Sulama amaçlı çeşmeler ve havuzlar bulunmaktaydı. Aynı zamanda yararlı bitkiler de bulunmaktaydı. Bahçe çalışmaları dini

inançlarla başlamış daha sonra su oyunlarının yapıldığı yeşil bahçeler halini almıştır. Soylular, oryantal bahçelerden esinlenmişler ve açık yeşil alanları grotto havuzlar ile yeniden tasarlamışlardır. Helenistik dönemlerde çeşmeleri hidrolik sistemlerle kullanmış; suyun gücünü insanları ve hayvanları tasvir etmek için kullanmışlardır. Filozoflara ait bahçeler sonraki zamanlarda halka açılmış ve klasik peyzajla bütünleşmiş yapılar içermiştir. Bu yapılar ise; grottolar, su perileri, gölgeli revaklar, ağaçları yürüme yollarıdır (Cendere, 1998).

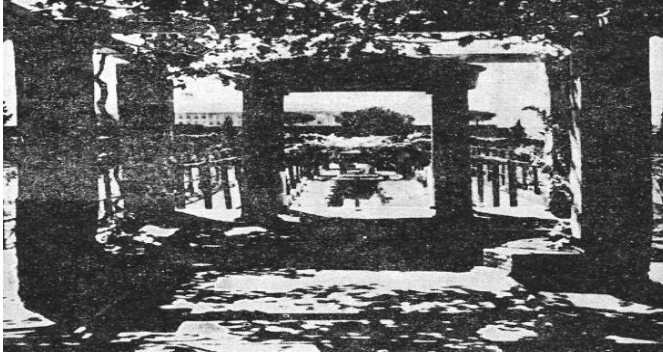
### **1.5. Eski Roma’da Su Kullanımı**

Romalılarda suyun ayrı bir önemi vardı. Çeşmeler anıt biçimindeydi ve şehrin gücünü simge ettiği inancı hakimdi. Antik dönemlerden itibaren başlayan suya karşı duyulan saygı ve sevgi ortaçağda da devamlılığını sürdürmüş ve çeşmeler, anıt şeklinde inşa edilmiştir. Su; çeşmelere, evlere doğru sarnıçlardan dağıtılmaktaydı. Büyük bir mühendislikle inşa ettikleri anıtsal kaplıcalar ve su kemerleri suya verdikleri önemi göstermektedir (Cendere, 1998). Büyük Roma İmparatorluğu üç kıtaya yayılmış ve bu alanlarda bahçe mimarisine katkıları büyük yeşil alanların ve villa bahçelerinin tasarlanması şeklinde olmuştur. Oluşturulan bu yeşil alanlar halkın kullanabileceği tesisler ve eğlence amaçlı yapay göller oluşturularak ve üzerinde su oyunları yapılmaktaydı. Roma nüfusunun artmasıyla kentte gelişen villa sanatı, Akdeniz kıyıları boyunca yayılmıştır. Pompei kenti, halkın sıcak banyo ve kaplıca için gelmesiyle büyük önem kazanmıştır. Su, avlularda hayvan figürleriyle süslenmiş bir oluktan, avlunun ortasında yer alan derinliği düşük olan “İmplivium” adlı havuza akmaktaydı (Bekiroğlu,

1992). Roma'da yapı mimarisi, daha çok aristokratik, devletçi ve resmi olmuştur. Yine de asıl ilgi uyandıran mimari eserler; tiyatrolar, hamamlar, bazilikalar, sirkler, yollar kemerler, su yolları çeşmeler, köprüler gibi yapılardır (Akdoğan, 1974) (Resim 4, 5).



**Resim 4:** Pompei'de Bulunan Terastaki Bir Bahçe Örneği (Akdoğan, 1974)



**Resim 5:** Pompei'de Bulunan Villa Bahçesi (Akdoğan, 1974)

## 2. ORTAÇAĞ BAHÇE SANATINDA SU KULLANIMI

Ortaçağ, büyük siyasal, sanatsal, kültürel değişimlerin olduğu bin yıllık süreçtir. Roma'da gelişen Hıristiyanlığın etkisiyle bu çağda, dini sanat anlayışı hakimdir. Bu çağda, Gotik Sanatı ve Roman Sanatıyla Avrupa

Bölgesi'nden iki akım gözlemlenmiştir. Manastır ve derebeyi şatolarının çevresi Romanesk mimari ile oluşmuştur. Gotik mimarisinin kendine özgü yapıları katedrallerdir. Saraylar, şatolar, resmi binalar, surlar bu mimari eserlerdendir. Ortaçağ'da bahçe çalışmaları, şato çevresinde hüküm süren manastır ve derebeylerde yapılmıştır (Resim 6) (Nurlu & Erdem, 1994).



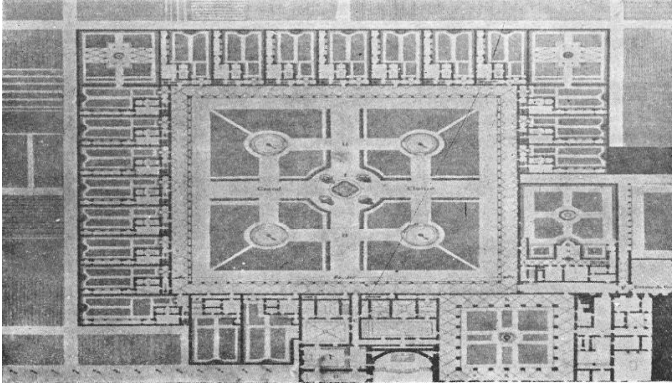
**Resim 6:** Ortaçağ Bahçelerinden Çim Parteri ve Süs Bitkileri Kullanım Örneği (Nurlu & Erdem, 1994)

## 2.1. Manastır ve Şato Bahçelerinde Su Kullanımı

Estetikten çok fonksiyonel amaçlarla tasarlanmış bahçelerdendir. Genellikle manastırların bir avlusu ve bu avluyu dikine kesen iki yolla dört parçaya ayrılırdı. Avlunun orta kısmında havuz, bitkilerin sulanması için çeşme veya kuyu yer alırdı (Akdoğan, 1974).

Ortaçağ şato bahçelerinin su kullanımını farklıdır. Suyun öncelikli amacı korumadır ve şato etrafında ‘‘Moad’’ adında su kanalları bulunmaktaydı (Bekiroğlu, 1992). Su, Ortaçağ bahçe mimarisinde suya hiçbir zaman İslam ve Bizans bahçelerindeki kadar önem verilmemiştir.

Bunun en önemli sebebi şatoların yerleşiminden itibaren su temininin sınırlı olmasıdır. Su, kale duvarları arasında fonksiyon kullanımıyla beraber zevk için de farklı şekillerde küçük havuz, su kuyuları ve su çanağı şeklinde kullanılmıştır. Bunlardan bir kısmı gotik tarz ile, bir kısmı mermer çanak şeklinde, bir kısmı kare veya dikdörtgen ve bir kısmı da taş havuzları şeklindedir. Bahçelerde fıskiye kullanımı özellikle İslam alemi ile olan ilişkilerinden sonra kullanılmaya başlanmıştır (Akdoğan, 1974) (Resim 7).



**Resim 7:** Ortaçağdaki Manastır Planına Bir Örnek (Akdoğan, 1974)

## 2.2. Bizans Bahçelerinde Su Kullanımı

Roma'daki klasik sanattan ve sadelik anlayışından uzaklaşmış, çeşitli renklerde, parlak ve göz alıcı bezemeleri ile fark yaratmıştır. Bizans bahçeleri formal şekillerde olmakla beraber, suya çok önem verilen bahçelerdir. Özellikle derecikler, çağlayan, çeşme ve havuzlar ön plana çıkmaktadır. İstanbul'da yapılmış saray bahçeleri en önemli olanlardandır. Bu bahçelerde; geniş iç avlular, altın veya gümüşlerle

kaplanmış su kanalları, farklı renklerle ve geometrik şekillerle bezenmiş süsler bulunmaktaydı (Pamay, 1978). Bizans'ın kültür ve sanat izleri Anadolu'da da görülmektedir. Burada geç Roma döneminden izler taşır. Yunan ve Roma döneminde açık alanlarda dini törenler düzenlenmiş, sosyal ve ticari aktiviteler kapalı alanlara yönlendirilmiş, meydan ve kolon adlı yollar kaldırılmış, açık alanlar Roma forumu alanları halkın bir araya geldiği açık alanlar olmaktan çıkmış, etkinlikler açık alanlara taşınmıştır. Avlular, mozaik döşeme kaplamalar, çeşmeler, kanallar ve havuzlar ile zenginleşmiştir (Erdoğan, 1996). İstanbul'da yaptıkları saraylardaki bahçeler, Bizans bahçe sanatının en göz alıcı olanlarıdır. Geniş avlularda kurulan bu bahçeler, altın ve gümüşle kaplı kanallar ve geometrik şekilde süslerle dizayn edilmiştir. Bizans bahçelerinde suyun önemi büyük olmakla birlikte havuz, çağlayan, derecikler ve çeşmelerden faydalanılmıştır (Pamay, 1978).

### **2.3. İslam Bahçelerinde Su Kullanımı**

İslam bahçe sanatı, din felsefesi kadar yayıldığı farklı coğrafyalardaki sıcak ve kurak iklimin de etkisi altında şekillenmiştir. Günümüze kadar gelen İslam bahçe örneklerine Hindistan, İran ve İspanya'da rastlamak mümkündür (Akdoğan, 1970).

Su, İspanya'da en büyük lüks halindeydi. Su, şairane kullanımı ile Müslümanların kendilerinden sonra gelecek olan bahçecilik anlayışına devrettikleri en önemli kaynaklardan biridir. Su, hareketsiz su ögesi şeklinde bahçedeki yerini almaktaydı. Böylece kullanılan geniş ve derin havuzlarda suyun ayna etkisi ön plana çıkmaktadır. Su, İspanya

bahçelerinde yarım daire, dikdörtgen veya poligon içinde bulunan kare şekilde bulunmaktaydı (Bekiroğlu, 1992). İran bahçelerinde suya büyük önem verilmekte ve yaygın kullanılmaktadır, su ögesinin yer almadığı bahçelerin olması şaşırtıcı olmaktadır. Havuzlar, bahçe sanatı için oldukça önemli bir tasarım unsurudur. Kır ve kent evlerindeki avlularda bulunan su ögeleri, caddelerde bulunan kanallara bağlı olması ile belirli sürede tekrar dolmaktadır. Bazen su yüzeylerine farklı etkiler vermek için çubuklarla bölümlere ayırırlar ve oluşan her bölümde farklı çiçekler yüzer (Cendere, 1998). Hindistan'da su, havuz, göl veya kanal ortasına yerleştirilen mermer pavyon ile her tarafa dağıtılırdı. Pavyonlar dinlenmeyle beraber özel etkinlikler ve ziyafetler için de kullanılmaktaydı. Şah Cihan, 1631 yılında ölen eşi için Taç Mahal'i inşa ettirmiştir. Önündeki hareketsiz su ögesi bulutların hareketini, rengini ve canlılığını yansıtmaktadır. Suyun çevresinde serviler kullanılarak ölüm sembolize edilmektedir. Zemindeki çiçek bordürleri ise hayatı ve canlılığı sembolize etmektedir (Öztan, 1970) (Resim 8).



**Resim 8:** Taç Mahal (URL-2)

## 2.4. Uzak Doğu Bahçelerinde Su Kullanımı

### 2.4.1. Çin Bahçelerinde Su Kullanımı

Geleneksel Çin bahçeleri doğal duygular ile ruhun güzelliklerini bulunabileceği mekanlar olmaktadır. Göller, nehirler, kayalar bahçe sanatının doğal unsurları olmuştur. Dağlar, kayalar dünyanın iskelet sistemini nehir yatakları ise damar sistemini temsil etmektedir (Kavaklı, 1994). Taoizm tesiri ile suyun, durgun havuzlarla, şelalelerle, kıvrılan derelerle doğayı yansıtması amaçlanmıştır. Tasarımın ana unsurları su ve kayalardır. Su, ortamı yumuşatır ve üst yüzeyi diğer tasarım unsurlarını yansıtır (Cendere, 1998). Çin'deki bahçe sanatı detaylarını kıvrımlı yollar, çevre duvarları, ağaçlar ve çiçekler oluşturmaktadır. Taoist felsefeye göre su, yeryüzünün can damarlarını oluşturur. Su hayat veren bir anlam taşır. Su, ışığı yakalar, yansımalarla içindeki gizemi ortaya çıkarır ve farklı bir atmosfer yaratır (Bekiroğlu, 1992) (Resim 9).



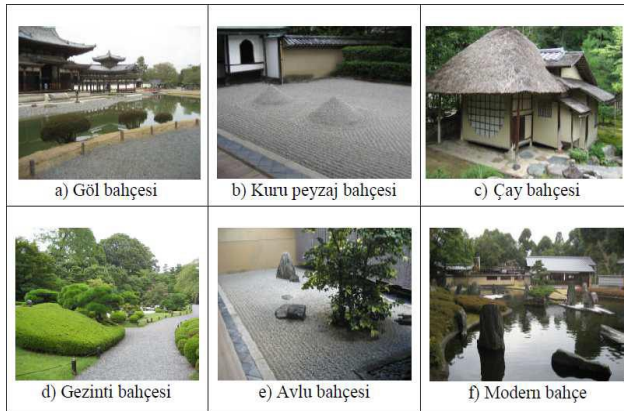
**Resim 9:** Çin Bahçe Sanatına Bir Örnek (Akdoğan, 1974)



Çincede bahçe, dağ kelimesinden türemiştir (Shan-Shui). Bahçe elemanları; kayalar, köprüler, göletler, bitkiler ve kaskatlardır. Büyük yüzeyler şeklinde kullanılan suyun üstünde geçiş için köprüler bulunmaktadır. Köprüler daha çok yarım daire şeklindedir ve sudaki yansıması ile tam daire şeklini almaktadır (Erdal, 2003).

#### 2.4.2. Japon Bahçelerinde Su Kullanımı

Japon bahçelerinde suyun kullanımındaki amaç, huzurlu ortamlar oluşturmak, serinlik ve canlılık etkisi vermektir. Su, göller, nehirler gibi farklı kullanımların dışında çanakların içinde bahçede farklı konumlarda yer almıştır. Suyun yer almadığı bahçelerde su ögesini, taş ve çakıllarla temsil etmektedir (Nurlu & Erdem, 1994). Japon bahçelerinde suyun yansıma özelliğine çok sık yer verilmektedir. Doğal materyaller düzgün geometrik formlarla durgun su yüzeylerindeki yansımaları ile farklı etkiler yaratmaktadır. Dere yatağında kullanılan taşlar da tasarıma eklenmekle birlikte mekâna farklı bir hava katmaktadır (Erdal, 2003) (Resim 10).



**Resim 10:** Japon Bahçe Sanatından Örnekler (Tüfekçioğlu, 2008)

Japon bahçelerinde iki tür bahçe bulunmaktadır. Bunlar; yapay tepeler ve göllerden oluşan tepe bahçeleri bahçeleridir. Bahçeler, toplumun yaşama şeklini, kültürünü ve sanatsal yaklaşımını, dini inançlarını etkilemesiyle 6 farklı bahçe tasarımı ortaya çıkmıştır. Bunlar; göl bahçeleri, çay bahçeleri, avlu bahçeleri, kuru peyzaj bahçeleri, gezinti bahçeleri ve modern tarzda bahçelerdir (Tüfekçioğlu, 2008).

### 3. YENİÇAĞ BAHÇE SANATINDA SU KULLANIMI

#### 3.1. Rönesans Bahçelerinde Su Kullanımı

Rönesans İtalya’da doğmuştur. Eski sanat anlayışını hüküm sürdüğü topraklara yeni bir sanat anlayışı getirmiştir. Resimde, edebiyatta, heykelde görülen bu anlayış mimaride ve bahçe sanatında da görülmüştür. Bahçelerde, teraslar, düz alanlar, merdivenler, pergolalar, sütunlar, labirentler, su testisi, çağlayan, kaskatlar, çeşmeler, havuzlar, çok katlı fiskiyeler ve form verilmiş bitkiler daha çok görülmektedir (Pamay, 1978) (Resim 11, 12).



**Resim 11:** Villa D’Este, Roma (URL-3)



**Resim 12:** Villa D'Este Yüz Fıskiyeler Koridoru, Roma (URL-4)

### 3.2. Fransız (Barok) Bahçelerinde Su Kullanımı

Rönesans dönemi bahçeleri gelişme göstermesi ile beraber Barok bahçelerini oluşturmuştur (Pamay, 1978). Avrupa'da çok iyi bir şekilde korunmuş olan barok bahçesine örnek olarak Almanya'da bulunan Herrenhausen Garden verilebilir (Resim 13, 14).



**Resim 13:** Herrenhausen Garten, Almanya (URL-5)



**Resim 14:** Herrenhausen Kaskatları (Almanya) (URL-6)

Fransız bahçelerindeki su tasarımlarında görsel etki ön plandadır. Geometrik formlu kanallar ve suyun yansıtıcı özelliğinin ön planda oldu tasarımlar yaygındır. Su havuzları geometrik şekillerde tasarlanmış ve mimari yapıları yansıtması amaçlanmıştır. Saraylardan ve şatolardan uzanan ana aksların veya çapraz aksların kanallarla ön plana çıkması ile havuzlarla beraber çeşmelerin, fiskiyelerin, heykellerin, kaskatların suya hareket katması ön planda tutulmaktadır (Cendere, 1998) (Resim 15).



**Resim 15:** Schonbrunn Sarayı Neptün Çesmesi, Avusturya (URL-7)

### 3.3. İngiliz Bahçelerinde Su Kullanımı

İngiltere’de Natüralizmin etkisi ile Rönesans ve Barok bahçelerinin birçoğu yeniden düzenlenmiştir. Formal bahçe yapısının en değerli eserleri özellikle de klasik heykeller depolarda korumaya alınmış, tanınmış mimari eserlerden olan havuz detayları, basamaklar, duvarlar yıkılmıştır. Bazı Rönesans ve Barok eserleri de korunmaya çalışılarak informal bir düzen yaratılmaya çalışılmıştır (Akdoğan, 1974) (Resim 16).



**Resim 16:** Warwick Kalesi, İngiltere (URL-8)

Avrupa’yı etkisi altına alan yapay Barok anlayışı yerine zamanla İngiliz stilineki doğal formlu bahçe tasarımları yapılmıştır. Bahçeler belirli bir planla devam etmiştir. Geometrik şekilli tekrarlardan vazgeçilmiş, akslar, duvarlar ve çitler kaldırılmıştır. Formal havuzların yerine doğal göller inşa etmişlerdir. Daha yumuşak çizgilere yer vermeye başlanmıştır. Tasarımlar doğala yakın olduğundan, su tasarımları doğa ile uyumlu bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Kavisli, düzensiz çizgiler hâkimdir (Cendere, 1998) (Resim 17).



**Resim 17:** Chatsworth Villası, İngiltere (URL-9)

### **3.4. Türk Bahçelerinde Su Kullanımı**

Türk bahçelerinde su, havuzlar, çeşmeler, şadırvanlar ve çağlayanlar şeklinde kullanılmıştır. Suyun hareketi için çağlayanlar ve fiskiyeler kullanılmıştır. Havuzlar genelde kare şeklindedir. Havuz derinliği 1 m ile 1.5 m arasındadır. Topkapı Sarayı'ndaki havuzlar mimarisıyla ön plana çıkmaktadır. Anadolu topraklarının doğu-batı ve kuzey-güney arasındaki değişken coğrafyası suyun kullanımına farklılıklar getirmiştir. İslam dininin etkisiyle evlerin ve bahçelerin etrafı yüksek duvarlarla örülmüş, avlu sistemi oluşturulmuştur. Bu avlular içerisinde hemen hemen her evde mermer veya taştan yapılmış su kuyusu ya da havuz bulunmaktadır. Bunun örneklerine yazları sıcaklığın yükselmesi ve kuraklığın da artmasıyla Şanlıurfa, Diyarbakır, Gaziantep ve Hatay' da rastlanmaktadır (Karahan, 2005). Anadolu' da Erken Türk Çağı olarak bilinen Beyliklerde konut, saray, cami ve medreselerin neredeyse tümünde avlu sistemleri görülmektedir. Bu avlular içerisinde havuz, çeşme ve şadırvanlar bulunmaktadır (Erdoğan, 1996) (Resim 18).



**Resim 18:** Dolmabahçe Sarayı Bahçesi, İstanbul (1) (URL-10)

Su ögesinin Türk bahçelerindeki yeri oldukça önemlidir. Bahçe sistemi mevsimlere göre değişkenlik göstermekte ve küçük de olsa bir havuz bulunmaktadır (Sazak, 2005) (Resim 19).

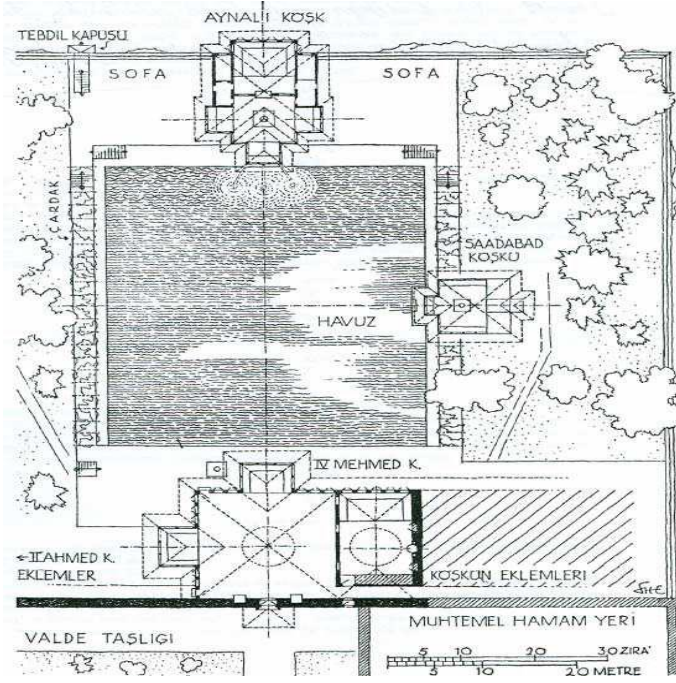


**Resim 19:** Dolmabahçe Sarayı Bahçesi, İstanbul (2) (URL-11)

Türk bahçelerinde su, tasarım ögesi olmakla birlikte dinlenme ihtiyacını gidermek için de kullanılmaktadır. Çoğu durumda köşkler, deniz veya dere kenarlarına konumlandırılmış veya çeşme ve havuzlar ile su bahçede kullanılmıştır. Hareketli sular durgun sulara oranla daha çok tercih edilmiştir. Bahçelerde su her zaman kullanılmış, çağlayanlar

ve fiskiyeler ile hareket kazandırılmıştır (Erdoğan, 1996). Saraylarda su öğeleri büyük önem taşımaktadır. Saray inşaatıyla birlikte sarayın yanında yer alan Hadika-i Hassa bölgesine binlerce ağaç diktiren sultan II. Mehmet, sarayı bahçeye bağlayan Fatih Köprüsü'nü inşa ettirmiştir. Avlu içerisinde padişaha ait camlı köşkün olduğu teraslar bulunmaktadır. İkinci avluda bulunan, bahçenin su üzerine kurulmasını en iyi şekilde anlatan Havuzlu Mermerlik adı verilen yapı bu teraslardan en önemlisidir. Edirne Sarayı'nda bahçe ihtiyacını ve estetik açıdan su kullanımını Havuzlu Mermerlik adlı taşlıktan sağlanmaktadır. Taşlık, bir tarafı camlı limonluk şeklindedir. Orta kısmında dört köşeden oluşan fiskiyeli bir havuz bulunmaktadır. Bu havuzla birlikte terasta serin bir alan tasarlanmıştır. Fiskiyelerden akan sularla dolan havuzun fazla suyu, mermer zemin üzerinde açılmış kanallarla dolaşarak bir kısmı hamamdaki camekanın havuzuna, bir kısmının ise bahçede bulunan havuza döküldüğü ve misafirlerin, yabancı elçilerin burada ağırlandığı kaynaklarda yazmaktadır (Sazak, 2005) (Resim 20).





**Resim 20:** Edirne Sarayındaki Havuz ve Etrafında Bulunan Köşkler  
(Sazak, 2005)

## KAYNAKLAR

- Akdoğan, G. (1974). Bahçe ve Peyzaj Sanatı Tarihi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 3, Ankara.
- Akkan, O. (1994). Dış Mekânda Tasarım Ögesi Olarak Su. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Sanat Dalı, Sanatta Yeterlilik Tezi. Ankara.
- Bekiroglu, Z.D. (1992). Tarihsel Süreç İçerisinde Su Ögesinin Peyzaj Planlamada Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış). Yıldız Teknik Üniversitesi, 207 s., İstanbul.
- Cendere, A. (1998). Su Elemanlarının Kentsel Mekânlarda ve Yeşil Alanlarda Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış). İstanbul Teknik Üniversitesi, 203 s., İstanbul.
- Erdal, Z. (2003). Su Elemanlarının Kentsel Mekânlarda Kullanımı “İstanbul Örneği”. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış). İstanbul Teknik Üniversitesi, 221s., İstanbul.
- Erdoğan, E. (1996). Anadolu kültür mozaiğinde avlu. Çevre Planlama ve Tasarımına Bütüncül Yaklaşım Sempozyumu, s.38-48, Ankara.
- Karahan, F. (2005). Tarih boyunca bahçe sanatının gelişmesinde su. Ulusal Su Günleri 2005, 6–8 Ekim 2005, Trabzon.
- Kavaklı, K. (1994). Su Elemanlarının Kullanımı ve İstanbul Çevre Düzenlemelerindeki Su Elemanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış). İstanbul Teknik Üniversitesi, 393 s., İstanbul.
- Kürkçüoğlu, E. & Akın, O. (2013). The effects of water elements in urban space perception: A case study in Uskudar municipality square. Istanbul Technical University Journal of Faculty of Architecture, 1(10): 159-175.
- Nurlu, E. & Erdem, Ü. (1994). Peyzaj Sanatı Tarihi. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Okutan, H. (2003). Konut İç Mekân ve Avlusunda Tasarım Ögesi Olarak Su Kullanımı-Diyarbakır Konut Örnekleri. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış). Hacettepe Üniversitesi, 228 s., Ankara.
- Öztan, Y. (1970). Peyzaj mimarlığında su. Peyzaj Mimarlığı Dergisi, 1(2-3).

- Pamay, B. (1978). Park Bahçe ve Peyzaj Mimarisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Ruban, L. (2018). Principles of architectural and landscape design. Architecture and Urban Planning, 6: 29-40.
- Rychkov, P. & Lushnikova, N. (2015). Natural Materiality: Water As An Active Element Of the Gardens by Denis McClair at Volhynia.
- Sarıkaya, Y. (2007). Osmanlı dönemi Konya'sında medrese kurucusu ve patronu olarak sufiler ve âlimler (18.-19. Yüzyıllar). Journal of Turkish Studies, 2(1): 162-195.
- Sazak, S. (2005). Türk bahçe sanatına bir örnek: Edirne Sarayı Bahçesi. Trakya Univ J Sci, 6(2): 9-16.
- Tüfekçioğlu, A. (2008). Japon Bahçelerinde Kullanılan Tasarım Elemanları ve Tarihi Süreç İçerisindeki Değişimleri. Yüksek Lisans Tezi (basılmamış). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Uzun, G. (1999). Çevre Tasarımında Su Kullanımı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana.
- Yılmaz, T., Zırhlıoğlu, B., & Olgun, R. (2013). Üniversite yerleşke alanlarında su kullanımlarının incelenmesi: Akdeniz Üniversitesi örneği. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 7(3): 13-21.
- URL-1. <http://www.twbbs.net.tw/14501.html> (Erişim Tarihi 20.10.2022).
- URL-2. [http://tarih.batl.k12.tr/siniflar\\_ve\\_oss/sinif\\_9/images/9.jpg](http://tarih.batl.k12.tr/siniflar_ve_oss/sinif_9/images/9.jpg) (Erişim Tarihi: 04.02.2022)
- URL-3. [http://images.google.com.tr/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wiki/pedia/commons/1/1d/Villa\\_d%27Este\\_01.jpg&imgrefurl=http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa\\_d%27Este\\_01.jpg&usq=\\_\\_ityw2so5c8IBj1V2wTGkbYjmS0g=&h=1704&w=2272&sz=1724&hl=tr&start=4&um=1&itbs=1&tbnid=2j5kAbU8U15ZXM:&tbnh=112&tbnw=150&prev=/images%3Fq%3Dvilla%2Bd%2527este%26hl%3Dtr%26rlz%3D1T4WZPA\\_enTR311TR298%26um%3D1](http://images.google.com.tr/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wiki/pedia/commons/1/1d/Villa_d%27Este_01.jpg&imgrefurl=http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa_d%27Este_01.jpg&usq=__ityw2so5c8IBj1V2wTGkbYjmS0g=&h=1704&w=2272&sz=1724&hl=tr&start=4&um=1&itbs=1&tbnid=2j5kAbU8U15ZXM:&tbnh=112&tbnw=150&prev=/images%3Fq%3Dvilla%2Bd%2527este%26hl%3Dtr%26rlz%3D1T4WZPA_enTR311TR298%26um%3D1) (Erişim Tarihi: 01.10.2022)

URL-4.

[http://images.google.com.tr/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Villa\\_d%27Este\\_01.jpg&imgrefurl=http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa\\_d%27Este\\_01.jpg&usg=\\_\\_ityw2so5c8IBj1V2wTGkbYjmS0g=&h=1704&w=2272&sz=1724&hl=tr&start=4&um=1&itbs=1&tbnid=2j5kAbU8U15ZXM:&tbnh=112&tbnw=150&pre116v=/images%3Fq%3Dvilla%2Bd%2527este%26hl%3Dtr%26rlz%3D1T4WZPA\\_enTR311TR298%26um%3D1](http://images.google.com.tr/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1d/Villa_d%27Este_01.jpg&imgrefurl=http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa_d%27Este_01.jpg&usg=__ityw2so5c8IBj1V2wTGkbYjmS0g=&h=1704&w=2272&sz=1724&hl=tr&start=4&um=1&itbs=1&tbnid=2j5kAbU8U15ZXM:&tbnh=112&tbnw=150&pre116v=/images%3Fq%3Dvilla%2Bd%2527este%26hl%3Dtr%26rlz%3D1T4WZPA_enTR311TR298%26um%3D1) (Erişim Tarihi: 1.10.2022).

URL-5.

[http://images.google.com.tr/imgres?imgurl=http://blog.hannover.de/tr/wpoCSBuA8pfky8pBdkNw=&h=275&w=448&sz=153&hl=tr&start=2&um=1&itbs=1&tbnid=b2LrNjZLrr8doM:&tbnh=78&tbnw=127&prev=/images%3Fq%3Dherrenhausen%26um%3D1%26hl%3Dtr%26sa%3DN%26rlz%3D1T4SUNC\\_trTR372TR372%26tbs%3Disch:1](http://images.google.com.tr/imgres?imgurl=http://blog.hannover.de/tr/wpoCSBuA8pfky8pBdkNw=&h=275&w=448&sz=153&hl=tr&start=2&um=1&itbs=1&tbnid=b2LrNjZLrr8doM:&tbnh=78&tbnw=127&prev=/images%3Fq%3Dherrenhausen%26um%3D1%26hl%3Dtr%26sa%3DN%26rlz%3D1T4SUNC_trTR372TR372%26tbs%3Disch:1) (Erişim Tarihi: 23.10.2022)

URL-6.

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Hannover\\_\\_Herrenhausen\\_\\_Gro%C3%9Fer\\_Garten\\_-\\_Kaskade\\_-\\_20050502.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/Hannover__Herrenhausen__Gro%C3%9Fer_Garten_-_Kaskade_-_20050502.JPG) (Erişim Tarihi: 23.10.2022)

URL-7. <http://vienna-photo.esem.sk/viennaphoto.php?photo=schonbrunnneptune-fountain> (Erişim Tarihi: 25.09.2022)

URL-8. <http://www.avonparkhouse.com/Contents/places-to-visit.html> (Erişim Tarihi: 25.09.2022)

URL-9. [http://www.kinrara-bedandbreakfast.co.uk/Images/chatsworth\\_house.jpg](http://www.kinrara-bedandbreakfast.co.uk/Images/chatsworth_house.jpg) (Erişim Tarihi: 21.10.2022)

URL-10. <http://img510.imageshack.us/i/800pxdolmabahc3a7ec3b6n.jpg/> (Erişim Tarihi: 30.10.2022)

URL-11. [http://farm1.static.flickr.com/170/486197673\\_72f5eedf4e.jpg](http://farm1.static.flickr.com/170/486197673_72f5eedf4e.jpg) (Erişim Tarihi 30.10.2022)



## BÖLÜM 8

### BİTKİSEL ÜRÜNLERİN SU ÜRÜNLERİ İŞLEME SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

Yük. Gıda Müh. Aylin TAŞKAYA<sup>1\*</sup>

Doç. Dr. Nur CEYHAN GÜVENSEN<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Muğla-Türkiye. aylin.tutuncuoglu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6221-3365

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Tire Kutsan Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, İzmir-Türkiye. nur.ceyhan.guvensen@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8753-2664



## GİRİŞ

İnsan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan su ürünleri omega-3 yağ asitleri, D vitamini, selenyum, protein, mineral maddelerini miktar bakımından oldukça fazla içermektedir (Elbashir ve ark., 2018). Balık ve balıkçılık ürünleri, insan beslenmesinde en önemli besin kaynaklarından biridir ve hayvansal proteinlerin temel kaynaklarından biri haline gelmiştir (Zaini ve ark., 2019). Gıda olarak değerlendirilen su ürünlerinden, avcılığı yapılarak tüketilen başta balık olmak üzere karasal beslenme kaynaklarının artan nüfusla orantılı olarak azalması ve yaşanan bir çok sorundan dolayı beslenme kaynaklarında tercih sebebi olmaktadır. Bu sebeple Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından başta yetiştiriciliği olmak üzere su ürünlerinin öneminin artmakta olduğu bildirilmiştir (FAO, 2016). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2021 yılı su ürünleri istatistikleri kapsamında Türkiye’de 2020 yılında su ürünleri ihracatı, ithalatı, tüketimini ve üretimini açıklamış, toplam üretiminin 364.400 tonu avcılık yoluyla, 421.411 tonu yetiştiricilik yoluyla elde edildiğini bildirmiştir. Türkiye su ürünleri üretimi olarak baktığımızda, üretimin % 42.8’ini deniz balıkları, % 8.3’ünü diğer deniz ürünleri, % 5.1’ini iç su ürünleri ve %43.8’ini yetiştiricilik ürünleri oluşturmuştur. 2001-2017 yılları arasındaki süreçte, Türkiye’deki su ürünleri yetiştiriciliği 67.244 tondan 276.502 tona ulaşmıştır. Ülkemizde deniz ve içsu yetiştiricilik üretim miktarlarına bakılarak yetiştiricilik üretiminde toplamdaki % 69.6 pay oranı olarak denizlerden üretim, yetiştiriciliği en çok yapılan tür olarak da ilk sırada levrek, sonrasında çipura yetiştiriciliği



gelmektedir (TUİK, 2017). Ülkemizde beş yüz bin kişinin geçimine katkı sağlayan sektör, yaklaşık yüz bin ailenin de geçimini direkt ilgilendirmektedir (Sarıözkan, 2016).

Balık, diğer kaslı gıdalardan daha fazla bozulabilir bir üründür. Balığın ölümünden hemen sonra bozulması, çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar; protein ve lipid içeriğindeki değişiklikler ve biyolojik olarak oluşturulmuş aminler, hipoksantin oluşumu ve mikrobiyolojik bozulmalar ile gerçekleşen hızlı bir süreçtir (Matak ve ark., 2015). Bu, duyu kalitenin ve balığın besin değerinin bozulmasına neden olur. Balığın korunması, besleyici açıdan zengin olan bu doğal gıda kaynağının kaybını önlemek için önemlidir (Mohan ve ark., 2012).

Gıdalarda oksijenin etkisi ile kimyasal reaksiyonlar oluşarak aerobik mikroorganizmaların gelişimi etkilenmekte, böylece gıdaların raf ömürleri kısalmaktadır. Gıdaların kalitesinde oluşan bozulmalar bu faktörlerin birbirleriyle olan etkisiyle oluşmakta ve renk, tat, kokuda değişiklikler meydana getirmektedir (Kılınç & Çaklı, 2001). Gıdaların tazeliklerinin uzun süreli olması amacıyla ürünlere uygulanan ambalajlama tekniklerinden soğukta muhafaza tekniklerine kadar birçok uygulama yapılmaktadır (Kılınç & Çaklı, 2004). Gıdalarda raf ömrünü uzatmak amacıyla modifiye atmosferde paketlenme (MAP) ve vakum ambalajlama teknikleri oksijenin gıdadaki etkisini kısmen önlemektedir. Ancak uygulanan sistemlerde oksijen tamamen uzaklaştırılmaz, ayrıca paket malzemesinde bulunan ve dışarıdaki ortamdan gıdaya geçen oksijen engellenemez (Sürengil, 2010).

Su ürünlerinin bozulmasında mikroorganizmaların rolü önemlidir. Balık üretim zincirindeki mikrobiyolojik koşulların daha iyi bilinmesi ürünlerin kalitesini ve kaynak kullanımının koşullarını belirlemeye yardımcı olacaktır (Svanevik ve ark., 2015). Sağlıklı balıkların kasları ve iç organları sterildir. Balığın bağışıklık sistemi direnci düştüğünde balık kaslarının kontaminasyonu gerçekleşebilir. Bir çok çalışmada, kaslarda varolan bakterilerin (*Pseudomonas* spp., *V. harveyi*, *V. pelagius*, *V. splendidus*, *V. fischeri*'nin dahil olduğu *Vibrio* türleri) olduğu bildirilmiştir (Novoslavskij ve ark., 2016). Patojenik olmayan gram negatif bakteriler, özellikle *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae* ve *Acinetobacter* spp. gıda işleme sektörlerinde yüzeylerde varolan bakteriler olarak bildirilmektedir. Gıda sektörü işleme yüzeylerindeki bakteriler, sektörde kullanılan son ürüne kadar çapraz kontaminasyona sebep olabileceği gibi gıdaların kalitesini de etkileyebilmektedir (Møretro & Langsrud, 2017). Gıda ürünlerini mekanik hasardan ve fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik faaliyetlerden korumak için fiziksel bariyer olarak biyo-filmler ve kaplamalar kullanılabilir (Min ve ark., 2005).

Aktif ambalajlamada kullanılan gıda ambalaj materyallerinden plastikler, ekonomik oldukları için tercih sebebi olmaktadır. Fakat kullanımları açısından uygun olmalarına rağmen biyolojik olarak bozunuma uğramadığından çevresel problemler yaratmaktadır. Bu sebeple, biyobozunur, biyo-uyumlu, gıda ile birlikte alınmasında ya da temasında bir sakınca olmayan ve herhangi bir çevresel faktörde endişe yaratmayan doğal polimerlerin (protein, polisakkarit, lipid) ambalaj

materyali olarak kullanılması tercih edilmelidir. Biyopolimerler, son yıllarda üzerinde çalışılan ve sentetik ambalaj materyallerinin yerine geçmesi düşünülen ambalaj materyalleridir (Ayana, 2007). Biyopolimer içerikli ambalajlama materyalleri, gıdaların kalitesinin geliştirilmesinde ve ürünlerdeki mikrobiyal gelişmeyi yavaşlatarak gıdaların raf ömrünün uzatılmasında etkili ve çevre dostu seçimler olarak görülmektedir (Rhim & Ng, 2007; Bandyopadhyay-Gosh ve ark., 2018).

Biyobozunur film ve kaplamalar, iyi duyuşsal özellikler, yüksek bariyer ve mekanik özellikler, biyokimyasal, fiziko kimyasal ve mikrobiyal stabilite, güvenlik, kirletici olmayan doğa, basit teknoloji ve düşük ham madde malzeme ve işleme maliyeti gibi özelliklere sahiptirler (Salgado ve ark., 2015). Taze veya donmuş etlerin depolanması sırasında oluşan nem kaybı sebebiyle tekstür, lezzet ve renk değişimleri gibi faktörler kaplama materyallerinin sahip olduğu bariyer özelliğı ile engellenebilir. Böylece gıdanın nem içeriğı korunarak ürünün kaybı ve ekonomik kayıplar engellenebilir. Biyobozunur filmler ve kaplamalar, elde edildikleri malzemenin türüne göre kategorize edilebilir. Gıda film ve kaplamaları, kararmayı engelleyen ajanlar, antimikrobiyaller, tat vericiler, renklendiriciler gibi gıda katkı maddelerini içerebilir. Kaplamaların aktif özellikleri, gıda bozulmasını geciktirebilen ve/veya bozulmayı hızlandırabilen istenmeyen bileşikleri (örneğin serbest radikalleri) emebilen veya temizleyen bu bileşiklerin (örneğin, antimikrobiyaller ve otoksidasyon ajanları) yavaş salınımına bağılı olabilir (Dehghani ve ark., 2018). Son yıllarda, bazı doğal bitki özleri,

balık ürünleri kaplamalarında koruyucu etkileri için çalışılmış ve sentetik koruyucuların yerine umut vaatetmişlerdir (Sun ve ark., 2019). Bitkisel ve hayvansal kaynaklı birçok polisakkarit, lipit ve protein tek başına veya karışım halinde film ve kaplama üretiminde kullanılmaktadır (Tural ve ark., 2017). Yapılan çalışmalarda doğal koruyucuları kökenlerine göre üç sınıfa ayırmışlardır: Doğal koruyucu olarak bitki ürünleri, doğal koruyucu olarak hayvansal ürünler (kitosan: menşei, üretimi ve özellikleri), doğal koruyucu olarak mikrobiyal ürünler (biyokoruyucu maddeler olarak bakteriyosinler ve laktik asit bakterileri, nisin) (Baptista ve ark., 2020).

Bu anlamda, deniz ürünlerinin kalitesini ve güvenliğini sağlamayı amaçlayan, antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri için kullanılan çok çeşitli doğal koruyucularınsu ürünleri işleme teknolojilerindeki kullanımları araştırılmıştır. Amacımız, doğal deniz ürünleri koruyucularını, bunların mikroorganizmalara ve lipid oksidasyonuna karşı etki mekanizmalarını, etkinliklerine müdahale eden faktörleri ve uygulama biçimlerini gözden geçirmektir. Ayrıca bitkilerden oluşan doğal katkı maddeleri ve diğer muhafaza yöntemleri ile sinerjik etkileri ve etkileşimleri gözden geçirilmiş olacaktır.

## **1. GIDALARDA DOĞAL KORUYUCU OLARAK KULLANILAN BİTKİSEL ÜRÜNLERİN BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ**

Bitki türleri gıda endüstrisinde koruyucu maddeler olarak görülmektedir. Bitkilerde varolan tüm biyoaktif bileşikler koruyucu

özellikleri nedeniyle doğal gıda katkı maddeleri olarak yüksek potansiyele sahiptirler (Giacometti ve ark., 2018).

Bu bileşikler, bitkilerin metabolizmasının yan ürünleri olup bir savunma mekanizması olarak üretilen ürünlerdir. Ayrıca molekül aktiviteleri bileşikte bulunan fonksiyonel grupların varlığından ve maddenin yapısından etkilenirler. Üç ana gruba ayrılabilirler: terpenler, fenolik bileşikler ve alkaloidler (Cowan, 1999; Edeoga ve ark., 2005). Tokoferoller yani E vitaminleri doğal fenolik antioksidanlar grubunda yer almaktadır. Antioksidan özelliği en fazla olan  $\delta$ -tokoferoldür (Selmayer ve ark., 1996). Vitamin E, yağda çözünebilir, güçlü antioksidan aktiviteye sahip biyolojik bir antioksidandır. Ancak, tokoferollerin diğer sentetik antioksidanlara göre dayanıksız olması, kullanımında güçlükler neden olmaktadır (Akgül & Ayar, 1993). Bu nedenle, son yıllarda bazı aromatik bitkilerin antioksidan olarak kullanılması gündeme gelmiştir. Lipid oksidasyonunun bu tür doğal maddelerle önlenmesi veya azaltılması, üretici ve tüketici açısından güvenilir gıda maddelerinin üretimine olanak sağladığı için önemlidir. Askorbik asit (C vitamini), oksijen tutucu ve çift bağlarda radikal oluşumunu önleyici görevi nedeniyle, oksidasyonu önleyerek antioksidan olarak kullanılmaktadır. Askorbik asit, lipid içeren gıdalarda antioksidan olarak veya antioksidanlara sinerjistik olarak aktivite gösterebilmektedir (Felekoğlu, 2001). Bitki fenollerinin antioksidan etkileri redoks özelliklerinden kaynaklanır ve bu yüzden indirgeyici ajanlar, hidrojen vericiler, tekli oksijen önleyiciler ve metallere şelat yapıcılar olarak işlev gösterirler. Bitki fenollerini, fenolik

asitler, fenil propanoitler, monoterprenik fenoller, flavonoitler, tanenler vs. gibi maddelerdir (Cadenas & Packer, 1996; Packer ve ark., 1999; Shahidi & Ho, 2000).

Son yıllarda tüketici tercihleri doğrultusunda biberiye, adaçayı, aloe vera, hardal, çay kateşinleri, peynir altı suyu gibi doğal ürünler antioksidan özellikleri açısından dikkat çekmektedir (Rhee, 1987; Mc Carthy ve ark., 2001). Bilim adamları bazı meyvelerin flavonoid ve polifenol içerikleri nedeniyle iyi birer antioksidan kaynağı olduklarını bildirmişlerdir (Wang ve ark., 1996; Skrede & Wrolstad, 2002). Sentetik antioksidanların toksite etkisi nedeniyle doğal antioksidanlara olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Ahn ve ark., 2002). Pişmiş et ürünlerinde gıda kaynaklı doğal antioksidanlar kullanılmaktadır. Fenolik bileşik içeren bitki ekstraktları et ürünlerinde lipid oksidasyonuna karşı önemli rol oynamaktadırlar (Rhee, 1987; Murphy ve ark., 1998; Ahn ve ark., 2002; Vuorela ve ark., 2005; Salminen ve ark., 2006).

Yapılan birçok çalışmada meyve ve sebze ekstraktlarının antioksidan etkileri araştırılmıştır. Üzüm, domates ve yeşil çay gibi bitkiler farklı oranlarda içerdikleri fenolik madde, karatenoid, askorbik asit ve E vitamin gibi antioksidatif bileşikler ile BHA, BHT gibi sentetik antioksidanlara karşı farklı katkı maddeleri olarak kullanılmaktadırlar (McCarthy ve ark., 2001). Fitokimyasallar doğal antioksidanlar olarak sebzelerde büyük miktarda bulunmaktadır (Yue, 2001). Kronik hastalıkların risklerinin azaltılmasında bitkilerin tercih edilmesinin sebebi içerdikleri karotenoidler, antioksidan vitaminler, fenolik

bileşikler, terpenoidler, steroidler ve indollerdir. Yeni yapılan araştırmalarda bu liste başka bitkisel kaynaklı maddelerlede (çay kateşinleri, domates likopeni, yeşil yapraklı sebzelerden lutein ve zeaxanthin gibi) zenginleştiği görülmektedir. Et ve et ürünlerinin besleyici özelliklerini arttırmak ve üretim maliyetini azaltmak için yeşil sebzelerin ürünlere eklenmesi yapılan bir çok çalışmada görülmektedir. Bitkilerden elde edilen esansiyel yağlar (EO) ve bitki ekstraktlarının (PE) bileşimleri, antibakteriyel aktivite, antioksidan aktivitesi et ve et ürünlerinde koruyucu bileşikler olarak kullanılmaktadır. Meyveler içerisinde üzüm fenolik bileşikler açısından en önemli kaynaklardan biri olup üzüm cibresi de fenoller açısından zengindir (Yıldırım ve ark., 2008). Fenolik içeriği çok yüksek olan üzüm cibresi de et ürünlerinde yağ oksidasyonu önlenmesi açısından pek çok çalışmaya konu olmuştur. Üzümünden elde edilen cibrenin antioksidan aktivitesinin ürün kalitesi üzerindeki etkileri, su ürünleri (Pazos ve ark., 2004), pişirilmiş domuz köfteleri (Nissen ve ark., 2004) ve pişirilmiş hindi etleri (Mielnik ve ark., 2006) gibi pek çok farklı et ürününde denenmiş ve önemli sonuçlar elde edilmiştir. Fenolik bileşikler önemli bir antioksidan kapasiteye sahip olup yağ oksidasyonunun önlenmesinde büyük bir rol oynamaktadırlar. Bitki ekstraktlarının oksitlenmeyi azaltıcı etkilerinin olduğu ve bu ekstraktların hamsi, sardalya ve kadife balığı etlerinde kullanıldığı bildirmektedir (Can & Kaşıkçı, 2018). Bu sebeple su ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için kekik, biberiye, tarçın, defne, üzüm çekirdeği, keten ve limon gibi uçucu bitki yağlarının kullanımı tek başına veya modifiye atmosfer paketlenme (MAP)

tuzlama, radyasyon vb. koruyucu metotlarla kullanımı oldukça önemlidir (Diler & Genç, 2013).

Sonuç olarak su ürünleri sektöründe yapılan çalışmalarda, raf ömrünü uzatmak, mikroorganizmaların büyümesini önlemek ve gıdaların besinsel değerlerini korumak için bitkilerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin yenilebilir kaplamalara ilave edilebileceği gösterilmiştir.

## **2. SU ÜRÜNLERİ İŞLEME SEKTÖRÜNDE BİTKİSEL ÜRÜNLERİN KULLANIMI**

Bitkilerin içerdiği kimyasal moleküllerden sekonder metabolitlerin antioksidan ve antimikrobiyal etkisi gibi biyolojik aktiviteleri nedeniyle ziraat, ilaç, gıda ve kozmetik sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Su ürünleri işleme sektöründe kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin biyolojik aktiviteleri sebebiyle tercih edildiği görülmektedir. Bitkilerde etanol, metanol, etil asetat, aseton gibi çözügen maddeler kullanılarak bitkilerin ekstraksiyonu gerçekleştirilmekte ve böylece bitkilerin sekonder metabolitleri olan terpenoidler, fenolikler ve alkaloidler ortaya çıkmaktadır (Çelik, 2020). Bitkilerin içerdiği fenolik bileşikler, bitkilere antioksidan, antimikrobiyal, antikanserojenik ve antimutajenik gibi biyolojik aktivite özelliklerini vermektedirler. Fenolik bileşikler bilimsel çalışmalarda en fazla tercih edilen ve kullanıma en uygun olan sekonder metabolitler olarak kullanılmaktadır. Su ürünleri işleme sektöründe, Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyası üyelerinden olan sırasıyla biberiye (*Rosmarinus officinalis*) kekik (*Thymus vulgaris*) ve adaçayı (*Salvia officinalis*) gibi bitkiler biyolojik aktiviteleri sayesinde kullanımı en çok



tercih edilen bitkiler olarak görülmektedir. Bu çalışmada bitkilerin su ürünleri işleme sektöründe kullanımının literatürde taraması yapılarak, farklı depolama periyotları, farklı işleme yöntemleri ile ürünlerdeki antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteler, lipid ve protein oksidasyonu, biyokimyasal, fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşsal değişimlerdeki analizlerden hangilerinin yapıldığına bakılarak ürünlerin raf ömrü çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların derlemesi amacıyla, kullanılan balık türü, bitki türü, bitkinin kullanılan kısmı, uygulanan işleme teknolojisi, yapılan analizler ve denemeyi yapan araştırmacılar Tablo 1’de sunulmuştur.

Literatürde bakılan çalışmalarda su ürünleri işleme sektöründe bitkilerin kullanılmasında en çok tercih edilen balık türünün sırasıyla gökkuşuğı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), Avrupa levreği (*Dicentrarchus labrax*), istavrit (*Trachurus trachurus*) ve çipura (*Sparus aurata*) balığı olduğu görülmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından gökkuşuğı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) zeytin (*Olea europaea* L.) yaprağı, çöret otu (*Nigella sativa* L.), yeşilçay (*Camellia sinensis*), yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.), yaban mersini (*Vaccinium myrtillus*), gojiberry (*Lycium barbarum*), arpacık soğan meyvesi (*Allium ascalonicum* L.), mısır anasonu tohumu (*Trachyspermum ammi* L.), sumak (*Rhus coriaria* L.), biberiye (*Rosmarinus officinalis*), kekik (*Thymus vulgaris*), kurt üzümü (*Lycium barbarum*), çiya (*Salvia hispanica*) tohumu kullanılmış, deniz levreğinde (*Dicentrarchus labrax*) ise biberiye (*Rosmarinus officinalis*) ve adaçayı (*Salvia officinalis*), istavrit (*Trachurus trachurus*) balığında

beyaz üzüm (*Vitis vinifera*), patates (*Solanum tuberosum*), sardalya (*Sardina pilchardus*) balığına biberiye (*Rosmarinus officinalis*) ve soğan (*Allium cepa* L.), çipura (*Sparus aurata*) balığına defne (*Laurus nobilis*) ve kimyon (*Cuminum cyminum*) bitkileri farklı konsantrasyon ve ekstraktlarıyla balıklarda meydana gelen antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteler, lipid ve protein oksidasyonu, biyokimyasal, fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşsal değişimlerdeki analizlerden hangilerinin yapıldığına bakılarak ürünlerin raf ömrü çalışmaları incelenmiştir (Altinelataman ve ark., 2015; Kılıç, 2016; Mutlu & Bilgin, 2016; Emir Çoban ve ark., 2018; Raeisi ve ark., 2016; Fadıloğlu & Emir Çoban, 2018; Akarsu, 2016; Ayaş, 2017; Can & Kaşıkçı, 2018; Ergür & Emir Çoban, 2020; Sanchez-Alonso ve ark., 2007; Şimşek & Kılıç, 2012; Wada & Fang, 1992; Felekoğlu, 2001; Serdaroğlu & Felekoğlu, 2005; Attouchi & Sadok, 2012).

**Tablo 1:** Su Ürünleri İşleme Sektöründe Kullanılan Balık Türü, Bitki Türü, Bitkinin Kullanılan Kısmı, Uygulanılan İşleme Teknolojisi, Yapılan Analizler ve Denemeyi Yapan Araştırmacılar

Balık türü	Kullanılan bitki türü	Bitkinin kullanılan kısmı	Uygulanılan işleme teknolojisi	Yapılan analizler	Araştırmacı
Avrupa levreği ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Biberiye yaprağı ve distilatları ekstraktları	Buzdolabında (4±1°C) soğuk muhafaza depolama	pH, TVB-N, TBA, renk, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşsal analizleri	Altinelataman ve ark. (2015)
Hamsi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	Karanfil tomurcukları ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	Karanfil tomurcukları ( <i>Syzygium aromaticum</i> ) ekstraktı	Bitki özütü buzlama ile (4±1°C) soğuk muhafaza depolama	Kimyasal, duyuşsal ve mikrobiyolojik analizler	Bensid ve ark. (2014)
Hamsi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	Kekik ( <i>Origanum glandulosum</i> )	Kekik ( <i>Origanum glandulosum</i> ) ekstraktı	Bitki özütü buzlama ile (4±1°C) soğuk muhafaza depolama	Kimyasal, duyuşsal ve mikrobiyolojik analizler	Bensid ve ark. (2014)

Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum)	Kekik ( <i>Thymus vulgaris</i> )	Kekik ( <i>Thymus vulgaris</i> ) yağı	Buzdolabı nda ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) soğuk muhafaza depolama	Mikrobiyolojik, duyuşal ve fizikokimyasal analizler	Erkan (2012)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum)	Sarmısak ( <i>Allium sativum</i> )	Sarmısak ( <i>Allium sativum</i> ) yağı	Buzdolabı nda ( $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) soğuk muhafaza depolama	Mikrobiyolojik, duyuşal ve fizikokimyasal analizler	Erkan (2012)
Avrupa levreği ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Adaçayı ( <i>Salvia officinalis</i> )	Biberiye yaprağı ve ekstraktları	Buzdolabı nda ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) soğuk muhafaza depolama	pH, TVB-N, TBA, renk, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşal analizleri	Altınelatan ve ark. (2015)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum)	Çörek otu ( <i>Nigella sativa</i> L.)	Çörek otu destilasyonu, çörek otu yağı	Buzdolabı nda vakum paketlener ek ( $+2\pm 1^{\circ}\text{C}$ )' de soğuk muhafaza depolama	Besinsel kompozisyon, pH, TVB-N, TBA, renk, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşal analizleri	Kılıç (2016)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum)	Yeşilçay ( <i>Camellia sinensis</i> )	Yeşilçay destilasyonu, yeşilçay yağı	Buzdolabı nda vakum paketlener ek ( $+2\pm 1^{\circ}\text{C}$ )' de soğuk muhafaza depolama	Besinsel kompozisyon, pH, TVB-N, TBA, renk, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyuşal analizleri	Kılıç (2016)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Zeytin ( <i>Olea europaea</i> L.) yaprağı	Zeytin ( <i>Olea europaea</i> L.) yaprağı ekstraktı	Sıcak dumanlama, buzdolabı nda ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) soğuk muhafaza depolama	pH, TBA, TVB-N, mikrobiyolojik (TMA ve TPA, LAB ve ENT) ve duyuşal değişimler	Mutlu & Bilgin (2016)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Yağ gülü ( <i>Rosa damascena</i> Mill.)	Yağ gülü ( <i>Rosa damascena</i> Mill.) ekstraktı	Sıcak dumanlama, buzdolabı nda ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) soğuk muhafaza depolama	pH, TBA, TVB-N, mikrobiyolojik (TMA ve TPA, LAB ve ENT) ve duyuşal değişimler	Mutlu & Bilgin (2016)
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) ekstraktı	$-30^{\circ}\text{C}$ ' de soğuk muhafaza depolama	TBA	Wada & Fang (1992)
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) ekstraktı	$-20^{\circ}\text{C}$ ' de soğuk muhafaza depolama	TBA	Felekoğlu (2001)
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Soğan ( <i>Allium cepa</i> L.)	Soğan ( <i>Allium cepa</i> L.) suyu	$-20^{\circ}\text{C}$ ' de soğuk muhafaza depolama	TBA	Felekoğlu (2001)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Yaban mersini ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	yabanmersini ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	( $8^{\circ}\text{C}$ ) depolama	pH, TVB-N, PV, TBA, duyuşal analiz	Emir Çoban ve ark. (2018)

		ekstraktı eklenmiş kitosan kaplama			
Gökkuşuğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Gojiberry ( <i>Lycium barbarum</i> )	Gojiberry ( <i>Lycium barbarum</i> ) ekstraktı eklenmiş kitosan kaplama	(8°C) depolama	pH, TVB-N, PV, TBA, duyuusal analiz	Emir Çoban ve ark. (2018)
Avrupa levreği ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Karahindiba ( <i>Taraxacum officinale</i> )	karahindiba ( <i>Taraxacum officinale</i> ) ekstraktı ve distilatları	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Mikrobiyolojik gelişimi ve TBA	Altınelataman ve ark. (2018)
Avrupa levreği ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Isırgan out ( <i>Urtica dioica</i> )	Isırgan out ( <i>Urtica dioica</i> ) ekstraktı ve distilatları	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Mikrobiyolojik gelişim ve TBA	Altınelataman ve ark. (2018)
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> ) ekstraktı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Peroksit ve TBARS, mikrobiyolojik analizler	Gómez-Estaca ve ark. (2007)
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) ekstraktı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Peroksit ve TBARS, mikrobiyolojik analizler	Gómez-Estaca ve ark. (2007)
Hamsi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	Mersin ( <i>Myrtus communis myrtillos L.</i> )	Mersin ( <i>Myrtus communis myrtillos L.</i> ) ekstraktı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Peroksit ve TBARS, duyuusal analizler	Turhan ve ark. (2009)
Hamsi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	Isırgan otu ( <i>Urtica dioica</i> )	Isırgan otu ( <i>Urtica dioica</i> ) ekstraktı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Peroksit ve TBARS, duyuusal analizler	Turhan ve ark. (2009)
Hamsi ( <i>Engraulis encrasicolus</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) ekstraktı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Peroksit ve TBARS, duyuusal analizler	Turhan ve ark. (2009)
Morina ( <i>Gadus morhua</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> ) yağı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Mikrobiyolojik, duyuusal, kimyasal, fiziksel analizler	Mejlholm & Dalgaard (2002)
Somon ( <i>Salmo salar</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> ) yağı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Mikrobiyolojik, duyuusal, kimyasal, fiziksel analizler	Mejlholm & Dalgaard (2002)
Lüfer ( <i>Pomatomus saltatrix</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> )	Kekik ( <i>Origanum vulgare</i> ) yağı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Duyuusal, kimyasal, fiziksel, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler	Erkan ve ark., (2015)
Lüfer ( <i>Pomatomus saltatrix</i> )	Defne ( <i>Laurus nobilis L.</i> )	Defne ( <i>Laurus nobilis L.</i> ) yağı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Duyuusal, kimyasal, fiziksel, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler	Erkan ve ark. (2015)
Avrupa levreği ( <i>Dicentrarchus labrax</i> )	Eşek gevreği ( <i>Sonchus asper</i> )	Eşek gevreği ( <i>Sonchus asper</i> ) ekstraktı ve distilatları	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Mikrobiyolojik gelişimi ve TBA	Altınelataman ve ark. (2018)
Gökkuşuğu alabalığı	Arpacık soğan ( <i>Allium</i> )	Arpacık soğan ( <i>Allium</i> )	Buzdolabı şartlarında	Besinsel kompozisyon, TBA, TVB-N,	Raeisi ve ark. (2016)

( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	<i>ascalonicum</i> L.) meyvesi	<i>ascalonicum</i> L.) meyvesi ekstraktı	(+4 °C ±2) depolama	mikrobiyolojik ve duysal değişimler	
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Mısır anasonu ( <i>Trachyspermum ammi</i> L.) tohumu	Mısır anasonu ( <i>Trachyspermum ammi</i> L.) tohumu ekstraktı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Besinsel kompozisyon, TBA, TVB-N, mikrobiyolojik ve duysal değişimler	Raeisi ve ark. (2016)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Sumak ( <i>Rhus coriaria</i> L.)	Sumakla ( <i>Rhus coriaria</i> L.) zenginleştirilmiş kitosan içeren film	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	pH, TVB-N, PV, TBA, mikrobiyolojik ve duysal değişimler	Fadıloğlu & Emir Çoban (2018)
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Defne ( <i>Laurus nobilis</i> )	Defne ( <i>Laurus nobilis</i> ) yağı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Besinsel kompozisyon, TBA, TVB-N, mikrobiyolojik ve duysal değişimler	Attouchi & Sadok (2012)
Çipura ( <i>Sparus aurata</i> )	Kimyon ( <i>Cuminum cyminum</i> )	Kimyon ( <i>Cuminum cyminum</i> ) yağı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Besinsel kompozisyon, TBA, TVB-N, mikrobiyolojik ve duysal değişimler	Attouchi & Sadok (2012)
Sardalya ( <i>Sardina pilchardus</i> )	Soğan ( <i>Allium cepa</i> L.)	Soğan ( <i>Allium cepa</i> L.) suyu	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Oksidatif değişiklikler	Serdaroğlu & Felekoğlu (2005)
İstavrit ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Beyaz üzüm ( <i>Vitis vinifera</i> )	Beyaz üzüm ( <i>Vitis vinifera</i> ) cibresi	-20 °C depolanma	Lipid oksidasyonu	Sanchez-Alonso ve ark. (2007)
İstavritlerde ( <i>Trachurus trachurus</i> )	Patates ( <i>Solanum tuberosum</i> )	Patates ( <i>Solanum tuberosum</i> ) kabuğu ekstraktı	-20 °C depolanma	Lipit ve protein oksidasyonu	Şimşek & Kılıç (2012)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Kekik ( <i>Origanum onites</i> L.)	Farklı kekik ( <i>Origanum onites</i> L.) ekstratları	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Biyokimyasal, fizikokimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duysal değişimler	Akarsu (2016)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Yeşil çay ( <i>Camellia sinensis</i> )	Yeşil çay ( <i>Camellia sinensis</i> ) ekstraktı	Buzdolabı şartlarında soğuk muhafaza (4±1 °C)	Biyokimyasal değişimler	Ayaş (2017)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Biberiye ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ) yağı ekstraktı	Buzdolabı şartlarında soğuk muhafaza (4±1 °C)	Kimyasal değişimler	Can & Kaşıkçı (2018)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Tarçın ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> L.)	Tarçın ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> L.) yağı	Buzdolabı şartlarında soğuk muhafaza (4±1 °C)	Mikrobiyolojik, kimyasal (TVB-N, PV, TBA) ve duysal analizler	Ojagh ve ark. (2010)
Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Kekik ( <i>Thymus vulgaris</i> )	Kekik ( <i>Thymus vulgaris</i> ) yağı ekstraktı	Buzdolabı şartlarında soğuk muhafaza (4±1 °C)	Kimyasal değişimler	Can & Kaşıkçı (2018)

Gökkuşuğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Kurt üzümü ( <i>Lycium barbarum</i> )	Kurt üzümü ( <i>Lycium barbarum</i> ) ekstraktı	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Duyusal analiz	Ergür & Emir Çoban (2020)
Gökkuşuğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Çiya ( <i>Salvia hispanica</i> )	Çiya ( <i>Salvia hispanica</i> ) müsülaj	Buzdolabı şartlarında (+4 °C ±2) depolama	Duyusal analiz	Ergür & Emir Çoban (2020)

TVB-N (Toplam Uçucu Bazik Azot), TBA (Tiyobarbutiric asit), peroksit değeri (PV)

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Su ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için kekik, biberiye, tarçın, defne, üzüm çekirdeği, keten ve limon gibi uçucu bitki yağlarının kullanımı tek başına veya modifiye atmosfer paketleme (MAP), tuzlama, radyasyon vb. metotların tercih edilmesi oldukça önemlidir (Diler & Genç, 2013). Hazır et ürünlerinde gerçekleşen oksidasyona bağlı kalite kayıplarını geciktirmek amacıyla BHA ve BHT gibi sentetik antioksidanlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte gıda sektörünün her aşamasında kullanılan sentetik antioksidanların toksite etkisi nedeniyle doğal antioksidanlara olan ilgide her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple, son yıllarda yapılan çalışmalarda bitkilerin doğal antioksidan olarak kullanıldığı görülmektedir. Güvenilir gıda maddelerinin üretici ve tüketici açısından tercih edilmesinde, lipid oksidasyonunun azaltılmasında bu tür doğal maddelerin kullanılması gıdayı güvenilir hale getirmektedir.

Sonuç olarak su ürünleri işleme sektöründe de bitkilerin kullanımları bilimsel çalışmalar ile desteklenmektedir. Ayrıca bu bitkiler ve bitkisel ürünlerin antimikrobiyal, antioksidan etkilerinin yanı sıra, balıkların yenilebilir film kaplamaları ile raf ömrünü uzattığı görülmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde; kullanılan balık ve

bitki türü, bitkinin kullanılan kısımları ve ekstraksiyon yöntemleri, bitkinin balığa uygulanma şekli gibi bir çok faktör de ele alınmış olmaktadır.

Gıda sektörünün her aşamasında kullanılan sentetik antioksidanların toksite etkisi nedeniyle doğal antioksidanlara olan ilginin her geçen gün artması ve bu maddelerin tercih sebebi olması nedeniyle bu çalışmada doğal katkı maddelerinin su ürünleri işleme sektöründe kullanımının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılan bu çalışma ile, su ürünleri işleme sektörü raf ömrü çalışmalarında, bitkilerin ve onlardan elde edilen preparatların kullanımının oldukça fazla olduğu görülmektedir. Doğal antioksidan olan bitki ekstraktlarının, su ürünleri sektöründe de sentetik antioksidanlardan olan butil hidroksitoluen (BHT), butil hidroksianisol (BHA), tersiyer butil hidroksikinon (TBHQ) ve propil galatların yerine ambalajlama sektöründe alternatif ambalajlama materyali olarak kullanıldıkları görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ahn, J., Grün, I.U., & Fernando, L.N. (2002). Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. *Journal of Food Science*, 67: 1364–1369.
- Akarsu, H. (2016). Buzdolabında (+2±1 °C) Vakum Paketlenerek Depolanmış Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Filetolarının Kalitesine Farklı Kekik (*Origanum onites* L.) Ekstraktlarının Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize.
- Akgül, A. & Ayar, A. (1993). Yerli baharatların antioksidan etkileri. *Doğa-TR. J. of Agriculture and Forestry*, 17: 1061-1068.
- Altinelataman, C., Kışla, D., Kılınç, B., Şen-Yılmaz, E.B., Cadun-Yünlü, A., Dinçer, T., & Çelik, U. (2015). Antioxidant, antimicrobial and sensorial effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.) on Sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) filets. *Ege J Fish Aqua Sci*, 32(3): 121-126.
- Altinelataman, C., Yılmaz Şen, E.B., Yılmaz, Ş.T., Erdem, Ö.A., & Çelik, U. (2018). The effects of nettle (*Urtica dioica*), spiny sowthistle (*Sonchus asper*) and dandelion (*Taraxacum officinale*) on the fish quality during storage period. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(4): 423-431.
- Attouchi, M. & Sadok, S. (2012). The effects of essential oils addition on the quality of wild and farmed sea bream (*Sparus aurata*) stored in ice. *Food and Bioprocess Technology*, 5:1803–1816.
- Ayana, B. (2007). Antimikrobiyal Yenilebilir Filmlerin Üretimi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin, 61 s.
- Ayaş, S. (2017). Yeşil Çay Katkılı Yenilebilir Kaplama Uygulanan Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarındaki Bazı Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize.



- Bandyopadhyay-Ghosh, S., Ghosh S.B., & Rodriguez, A. (2018). Biosynthesis, microstructural characterisations and investigation of in-vitro mutagenic and eco-toxicological response of a novel microbial exopolysaccharide-based biopolymer. *J. Polym Environ.*, 26: 365-374.
- Baptista, R.C., Horita C.N., & Sant'Ana A.S. (2020). Natural products with preservative properties for enhancing the microbiological safety and extending the shelf-life of seafood: A review. *Food Research International*, 127: 108762.
- Bensid, A., Ucar, Y., Bendeddouche, B., & Özogul, F. (2014). Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. *Food Chemistry*, 145: 681-686.
- Cadenas, E. & Packer, L. (1996). *Handbook of Antioxidants*, New York: Marcel & Dekker.
- Can, Ö.P. & Kaşıkçı, G. (2018). Biberiye ve kekik yağı ilavesinin marine edilen gökkuşacağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1972) buzdolabında depolanması üzerine etkisi. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(12): 1701-1707.
- Çelik, S.Y. (2020). Tıbbi ve aromatik bitkilerin balık yetiştiriciliğinde kullanım potansiyelleri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, ISSN 2147-2254 | e-ISSN: 2667-8659.
- Cowan, M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Infectious Diseases*, 12(4): 564–582.
- Dehghani, S., Hosseini, S.V., & Regenstein, J.M. (2018). Edible films and coatings in seafood preservation: A review, *Food Chemistry*, 240: 505–551.
- Diler A. & Genç İ.Y. (2013). Isparta gülünün (*Rosa damascena* Mill.) su ürünlerinde gıda katkı maddesi olarak kullanımı: Antimikrobiyel ve antioksidan özellikleri açısından genel değerlendirme. *Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science*, 17(2), Özel Sayı: 4-6.
- Edeoga, H.O., Okwu, D.E., & Mbaebie, B.O. (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 4(7): 685–688.

- Elbashir, S., Parveen, S., Schwarz, J., Rippen, T., Jahncke, M., & DePaola, A. (2018). Seafood pathogens and information on antimicrobial resistance: A review. *Food Microbiology*, 70: 85-93.
- Emir Çoban, Ö., Gürel İnanlı A., Çelik S., & Yüce B. (2018). Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792) filetolarının muhafazası sırasında kimyasal ve duyuşal kalitesi üzerinde doğal koruyucu maddelerle zenginleştirilmiş kitosan yenilebilir kaplamaların etkileri. *Ecological Life Sciences Status: Original Study* ISSN: 1308 7258, ID: 2018.13.4.5A0107.
- Ergür, N. & Emir Çoban, Ö. (2020). Gökkuşluğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) duyuşal kalitesi üzerine kurt üzümü ekstraktı içeren çiya (*Salvia hispanica*) müsülij kaplamasının etkisi. *Ecological Life Sciences Status: Research Article*. ISSN: 1308 7258, ID: 2020.15.4.5A0140.
- Erkan N., Doğruyol H., Günlü A., & Genç İ.Y. (2015) Use of natural preservatives in seafood: Plant extracts, edible film and coating. *Food and Health*, 1(1): 33-49.
- Erkan, N. (2012). The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Bioprocess Technology*, 5(4): 1246-1254.
- Fadıloğlu, E.E. & Emir Çoban, Ö. (2018). Effects of chitosan edible coatings enriched with sumac on the quality and the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets. *Journal of Food Safety*, 38(6): 12545.
- FAO (2016). Food and Agriculture Organization of the United Nations e FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome, p. 200.
- Felekoğlu. E. (2001). Biberiye Ekstratı Ve Soğan Suyu Kullanımının Sardalya (*Sardine pilchardus*, Walbaum, 1792) Etinin Oksidatif Stabilitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir.
- Giacometti, J., Bursac Kovačević, D., Putnik, P., Gabrić, D., Bilušić, T., Krešić, G., & Režek Jambrak, A. (2018). Extraction of bioactive compounds and essential oils from mediterranean herbs by conventional and green innovative techniques: A review. *Food Research International*, 113: 245–262.

- Gómez-Estaca, J., Montero, P., Gimenez, B., & Gómez-Guillén, M.C. (2007). Effect of functional edible films and highpressure processing on microbial growth and oxidative spoilage in cold-smoke sardine (*Sardina pilchardus*). *Food Chemistry*, 105: 511-520.
- Kılıç, Ö. (2016). Vakum Paketlenerek Buzdolabında Depolanmış Gökkuşığı Alabalık (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Filetolarının Kalitesine Çörek Otu (*Nigella sativa* L.) ve Yeşil Çay (*Camellia sinensis* L.) Ekstraktları İle Yağlarının Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Rize.
- Kılınç, B. & Çaklı, Ş. (2001). Paketleme tekniklerinin balık ve kabuklu su ürünleri mikrobiyal florası üzerine etkileri. *Ege University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 18(1-2): 279-291.
- Kılınç, B. & Çaklı, Ş. (2004). Su ürünlerinin modifiye atmosferde paketlenmesi. *Ege University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 21(3-4): 349-353.
- Matak, K.E., Tahergorabi, R., & Jaczynski, J. (2015). A review: Protein isolates recovered by isoelectric solubilization/precipitation processing from muscle food by-products as a component of nutraceutical foods. *Food Research International*, 77: 697-703.
- Mc Carthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B., & Buckley, D.J., (2001). Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Science*, 57: 177-184.
- Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2002). Antimicrobial effect of essential oils on the seafood spoilage micro-organism *Photobacterium phosphoreum* in liquid media and fish products. *Letters in Applied Microbiology*, 34: 27-31.
- Mielnik, M.B., Olsen, E., Vogt, G., Adeline, D. & Skrede, G. (2006). Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT-Food Science and Technology*, 39: 191-198.
- Min, S., Harris, L.J., & Krochta, J.M. (2005). *Listeria monocytogenes* inhibition by whey protein films and coatings incorporating the lactoperoxidase system. *Journal of Food Science*, 70: 317-324.

- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Lalitha, K.V., & Gopal, T.S. (2012). Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage. *Food Hydrocolloids*, 26: 167–174.
- Møretrø, T. & Langsrud, S. (2017). Residential bacteria on surfaces in the food industry and their implications for food safety and quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.16: 1022-1041.
- Murphy, A., Kerry, J.P., Buckley, J., & Gray, I. (1998). The antioxidative properties of rosemary oleoresin and inhibition of off-favours in precooked roast beef slices. *Journal of Science and Food Agriculture*, 77: 235–243.
- Mutlu, A. & Bilgin, Ş. (2016). Zeytin (*Olea europaea* L.) yaprağı ve yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) ekstraktlarının buzdolabı koşullarında ( $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) depolanan sıcak dumanlanmış alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının raf ömrüne etkisi. *LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2(1): 19-29.
- Nissen, L.R., Byrne, D.V., Bertelsen, G. & Skibsted, L.H. (2004). The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Science*, 68(3): 485–495.
- Novoslavskij, A., Terentjeva, M., Eizenberga, I., Valcina, O., Bartkevics, V., & Berzins, A. (2016). Major foodborne pathogens in fish and fish products: A review. *Ann Microbiol*, 66: 1-15.
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., & Hosseini, M.H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120: 193-198.
- Packer, L., Hiramatsu, M. & Toshikawa, T. (1999). *Antioxidant Food Supplements in Human Health*, San Diego: Academic Press.
- Pazos, M., Gallardo, J.M., Torres, J.L., & Medina, I. (2004). Activity of grape polyphenols as inhibitors of the oxidation of fish lipids and frozen fish muscle. *Food Chemistry*, 92(3): 547–557.

- Raeisi, S., Sharifi-Rad, M., Young Quek, S., Shabanpour, B., & Sharifi-Rad, J. (2016). Evaluation of antioxidant and antimicrobial effects of shallot (*Allium ascalonicum* L.) fruit and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.) Sprague) seed extracts in semi-fried coated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets for shelf-life extension. *Food Science and Technology*, 65: 112-121.
- Rhee, K.S. (1987). Natural Antioxidant for Meat Products. In A. J. St. Angelo & M. E. Bailey (Eds.). *Warmed-Over-Flavor of Meat* (pp. 267–289). Orlando: Academic Press.
- Rhim, J.W. & Ng, P.K.W. (2007). Natural biopolymer-based nanocomposite films for packaging applications, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(4): 411-433.
- Salgado, P.R., Ortiz, C.M., Musso, Y.S., Giorgio, L.D., & Mauri, A.N. (2015). Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, 5: 86–92.
- Salminen, H., Estevez, M., Kivikari, R., & Heinonen, M. (2006). Inhibition of protein and lipid oxidation by rapeseed, camelina and soy meal in cooked pork meat patties. *European Food Research and Technology*, 223: 461–468.
- Sánchez-Alonso, J., Jiménez-Escrig, A., Saura-Calixto, F., & Borderías, A.J. (2007). Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies, *Food Chemistry*, 101: 372–378.
- Sarıözkan, S. (2016). Türkiye’de balıkçılık sektörü ve ekonomisi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 31(1): 15-22.
- Selmayer, A. Hrboticky, N., & Weber, C.P. (1996). n-3 fettsauren in der praventioin kardiovaskularer erkrankungen. *Ernahrung-Umschau*, 43(4): 122-128.
- Serdaroğlu, M. & Felekoğlu, E. (2005). Effects of using rosemary extract and onion juice on oxidative stability of sardine (*Sardina pilchardus*) mince. *Journal of Food Quality*, 28: 109–120.
- Shahidi, F. & Ho, C.T. (2000). *Phytochemicals and Phytopharmaceuticals*, Campaign, Illinois: AOAC Press.

- Şimşek, A. & Kılıç, B. (2012). Et ve et ürünlerinde antioksidan kullanımındaki güncel gelişmeler. *Akademik Gıda*, 10(2): 75-83.
- Skrede, G. & Wrolstad, R.E. (2002). Flavonoids and other polyphenolics in grapes and other berry fruit. *Functional Foods Biochemical Processing Aspects*, 2: 71-130.
- Sun, X., Guol, X., Ji, M., Wu, J., Zhu, W., Wang, J., Cheng, C., Chen, L., & Zhang, Q. (2019). Preservative effects of fish gelatin coating enriched with CUR/ $\beta$ CD emulsion on grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during storage at 4°C. *Food Chemistry*, 272: 643–652.
- Sürengil, G. (2010). Antimikrobiyal Ambalajlama ve Su Ürünlerinde Kullanımı. Lisans Tezi. Danışman Kılınc, B., Ege Üniversitesi, İzmir.
- Svanevik, C.S., Roiha, I.S., Levsen, A., & Lunestad, B.T. (2015). Microbiological assessment along the fish production chain of the Norwegian pelagic fisheries sector- Results from a spot sampling programme. *Food Microbiology*, 51: 144-153.
- TUİK (2017). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim Tarihi: 16.10.2018)
- Tural, S., Sarıcaoğlu, F.T., Turhan, S. (2017). Yenilebilir film ve kaplamalar: üretimleri, uygulama yöntemleri, fonksiyonları ve kashi gıdalarda kullanımları. *Akademik Gıda* 15(1) 84-94.
- Turhan, S., Sağır, İ., & Temiz, H. (2009). Oxidative stability of brined anchovies (*Engraulis encrasicolus*) with plant extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 386-393.
- Vuorela, S., Salminen, H., Mäkela, M., Kivikari, R., Karonen, M., & Heinonen, M. (2005). Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 8492–8497.
- Wada, S. & Fang, X. (1992). The synergistic antioxidant effect of rosemary extract and  $\alpha$ -tocopherol in sardine oil model system and frozen crushed fish meat. *Journal of Food Process'ng and Preservation*, 16: 263-274.
- Wang, H., Cao, G., & Prior, R.L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 701–705.

- Yıldırım, A., Bayram, M., & Döner, M., (2008). Ternary milling of bulgur with four rollers. *Journal of Food Engineering*, 84: 394–399.
- Yue, X. (2001). Perspectives on the 21st century development of functional foods: Bridging chinese medicated diet and functional foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 229–242.
- Zaini, H.B.M., Sintang M.D.B., & Dan, Y.N. (2019). Effect of addition of banana peel powder (*Musa balbisiana*) on physicochemical and sensory properties of fish patty. *British Food Journal*, 121(9): 2179-2189.

## BÖLÜM 9

### TUZ, KURAKLIK VE ÜŞÜME STRESLERİNE KARŞI BİTKİLERİN BAZI ANTİOKSİDATİF TEPKİLERİ

Prof. Dr. Fikret YAŞAR<sup>1\*</sup>

Öğr. Gör. Özlem YAŞAR<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye. fyasar@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6598-8580

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye MYO, Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, Van-Türkiye. ozlemyasar@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8722-8312





## GİRİŞ

Canlı sistemin en önemli parçası olan bitkiler, boyut ve biçim yönünden çok büyük farklılıklar gösterirler. Bitkiler çok farklı morfolojilere sahip olmalarına rağmen, özel adaptasyonlar hariç, tüm bitkiler, esas olarak benzer işlemler gerçekleştirirler ve yapısal planları aynıdır. Ancak, her bitkinin yapısal planlarını hayata geçirme kapasitesi farklıdır. Çünkü bitkilerin başarı ve performansları genetik yapılarına bağlıdır. Genetik yapılarının bir kısmı da yaşadıkları ekolojinin şartlarına göre şekillenmişlerdir. Ekoloji ile uyum içinde yaşama gayretinde olan yeşil bitkiler, vejetasyon süresi boyunca pek çok fizyolojik olayı gerçekleştirirler (Kadıoğlu, 2004).

Küresel iklim değişikliği, doğal ekosistemlerin hayatta kalması için büyük bir tehdit olarak tanımlanmaktadır. İklim değişikliği, dünyanın abiyotik ve biyotik bileşenlerini etkileyen çevresel koşullarda oluşan dinamik, çok yönlü bir değişiklik sistemidir. Küresel ısınma ile birlikte meydana gelen kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık dalgalanmaları sonucunda yağış yoğunluğu, CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve sıcaklık gibi çevre koşullarında değişikliklere neden olmaktadır. Atmosferdeki iklim değişiklikleri, bitki büyümesini ve gelişimini sınırlayan abiyotik stres faktörlerine neden olan küresel bir faktördür. Bitkileri çeşitli faktörlerin neden olduğu abiyotik strese karşı koruyan metabolik mekanizmalar, bitkinin hayatta kalması için gereklidir. Bitkilerde çevresel stresler sonucu oluşan oksidatif stres, bitkilerin yaşamını sürdürmek ve stresle baş edebilmek için ROS'un (radikal oksijen türevleri) kontrolünü ve detoksifikasyonunu sağlayan çeşitli antioksidanlara sahiptir.

Antioksidanlar, düşük konsantrasyonlarda oksitlenebilen ve başka bir substratın oksidasyonunu azaltan (elektron transferi ile) veya önleyen, yani oksidasyona karşı savaşan maddelerdir (Asada, 1999; Ksouri ve ark., 2008).

Antioksidant enzimlerin canlı metabolizma için önemini ve çalışma prensiplerini daha iyi anlayabilmemiz için bitkilerin fotosentez sisteminin özellikle ışık reaksiyonlarını kısaca anlatmamız gerekmektedir. Çünkü fotosentez, solunumun yapıldığı ve klorofil pigmentlerine sahip yaprak organlarındaki mezofil hücrelerinin kloroplast organelinde gerçekleşmektedir. Canlı organizmalarda, stres zararının ortaya çıkmasına sebep olan radikal oksijen türevleridir (ROS). ROS'ların oluşmasına sebep ise fotosentezin karanlık reaksiyonlarının yavaşlaması sonucunda, ışık reaksiyonlarında üretilen fakat kullanılmayan fazla enerjidir (Taiz & Zeiger, 2002).

Dünyanın en büyük güneş kolektörü olan yeşil bitkiler, ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek bitki organ oluşumu için gerçekleşen kimyasal reaksiyonların enerji ihtiyacını karşılarlar. Dönüştürdükleri enerjiyi fotosentezde kullanarak, karbondioksit ve sudan karbon hidratları üretilip, bir kısmını bitki gelişimi için anında kullandıkları gibi bir kısmını da bitkilerin değişik organlarında depolarlar. Bitkiler yapraklarında yaptıkları fotosentezle ürettikleri ve depoladıkları karbon hidratları, kökleri vasıtasıyla su ile birlikte alıp bitkinin değişik kısımlarına taşıdıkları besin elementlerinin desteğiyle (besin elementlerinin büyük çoğunluğu enzimlerin ko-faktörü olarak görev yapmaktadır) çalıştırdıkları enzimlerle bitkideki değişim ve dönüşüm

sağlanarak bitki doku ve organları oluşmuş olur (Foyer & Harbinson, 1994).

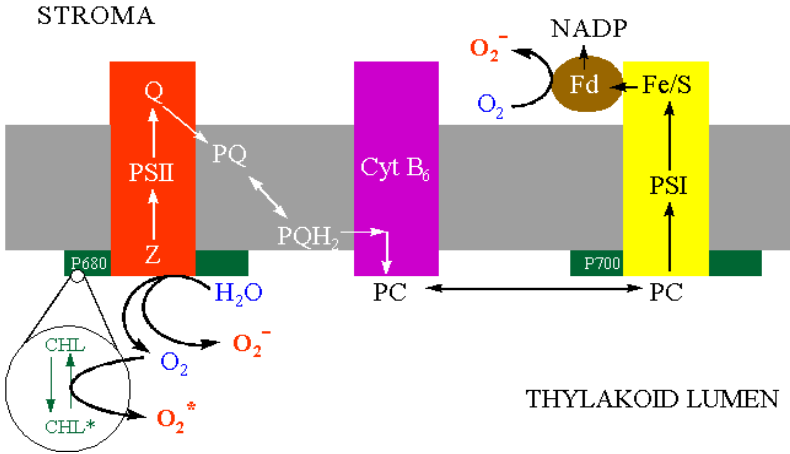
Bitkilerin yaşam süreçleri içinde maruz kaldıkları çeşitli stres koşulları ve bu streslerin üstesinden gelmek için çok önemli bir rol oynayan ve çok sayıda enzimatik bileşen oluşturarak karmaşık bir antioksidan savunma sisteminin evrimine yol açmıştır. Temel olarak, bu bitki enzimleri süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon reduktaz (GR)'dır (Yaşar, 2003; Üzal, 2009). Bu enzimler birlikte reaktif oksijen türlerini (ROS) verimli bir şekilde en aza indirmek, tamponlamak ve temizlemek için karmaşık bir mekanizma seti oluşturur. Bu derleme, çeşitli tuzluluk, kuraklık ve üşüme stresleri altındaki bitkilerin, özellikle abiyotik streslere, bunların moleküler karakterizasyonuna ve reaksiyon mekanizmalarına yanıt olarak her bir enzimin rolüne özel dikkat göstererek, bu enzimatik bileşenlerin her birinin mevcut anlayışını ifade etmeyi amaçlamaktadır. Bitki sağlığı ve gelişimi için enzimatik savunma sisteminin rolü, önemi ve karşılıklı koruma mekanizmaları ayrıntılı olarak tartışılmaktadır.

## **1. STRES ALTINDAKİ BİTKİLERDE IŞIĞA BAĞLI ROS'LARIN OLUŞUM MEKANİZMASI**

Yüksek bitkilerde fotosentezde en aktif doku, yaprakların mezofil hücreleridir. Mezofilik hücrelerde bol miktarda kloroplast bulunur. Kloroplastlar, ışığı emen yeşil pigmentler veya klorofiller içerir. Klorofil pigmentleri ise fotosistem II (PS II, P680) ve Fotosistem I (PS I, P700) denen reaksiyon merkezlerinin etrafını çevrelerler (Şekil 1). Klorofil pigmentleri güneşten gelen ışınları absorbe ederek

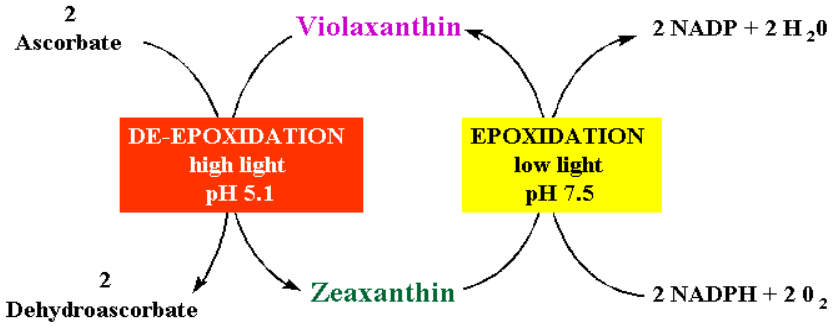
fotosistemlere aktarılırlar. Işınlardan fotosistemlere çarpmasıyla elektronlar açığa çıkar. Bir dizi elektron taşıyıcıdan geçen elektronlar taşınarak son elektron alıcısı  $\text{NADP}^{+}$ 'ı  $\text{NADPH}$ 'e,  $\text{ADP}$ 'yi ise  $\text{ATP}$ 'ye indirger. Yaprakların klorofil pigmentleri tarafından absorbe edilen ışık enerjisi kimyasal enerjiye, su molekülleri ise  $\text{H}^{+}$  ve  $\text{O}_2$ 'ye yükseltgenerek, fotosentezin karbondioksit reaksiyonlarında şekerler başta olmak üzere karbon bileşiklerini oluştururlar (Foyer & Noctor, 2000; Yaşar, 2003). Ancak, doğada yaşayan bitkiler, doğanın her türlü değişken tutumuyla karşı karşıya kalırlar ve yaşadıkları ekolojilerde meydana gelen değişimlerden dolayı strese girerler. Stres durumunda, bitki gelişme ve büyüme metabolizmasında değişim meydana getirir. Büyüme metabolizmasını durdurarak yerine kaçınma ya da savunma mekanizmasını devreye sokar (Yaşar, 2003). Böyle durumlarda, Fotosentezin ışık reaksiyonlarında normal işleyişin devam etmesine karşın,  $\text{CO}_2$  reaksiyonlarında aksamalar meydana gelir. Dolayısıyla, ışık reaksiyonlarında üretilen enerjinin tamamı kullanılamaz. İşte böyle durumlarda, enerji ve  $\text{CO}_2$ 'yi dengede tutabilmek için fotosentezin koruyucu sistemi içinde görev alan karotenoidler, ışığın zararlı etkilerini önlemek için uyarılmış klorofil pigmentlerini yatıştırmaya çalışırlar. Aynı zamanda bazı ksantofillerde yatıştırma işleminde görev alırlar. Şiddetli ışıklandırmanın sonucunda klorofil pigmentlerinin soğurdukları ısının bir kısmını ısıya dönüştürerek uzaklaştırırlar (Taiz & Zeiger, 2002). Bitki kendisini korumak için aldığı bu metabolik önlemlerin yetersiz kaldığı durumlarda, fotosentezin ışık reaksiyonlarında üretilen fazla elektronlar ortamda bulunan serbest  $\text{O}_2$  moleküllerine yüklendiklerinde  $\text{O}_2$ 'yi indirgeyerek süperoksit ( $\text{O}_2^{-}$ )

radikalinin oluşmasına ve hidrojen peroksit ve hidroksil gibi radikal oksijen türevlerinin (ROT) oluşumuna sebep olurlar. Böyle durumlarda metabolizma başka bir savunma sistemini devreye sokar ki, o antioksidant savunma sistemidir (Mehler, 1951; Badger, 1985). Bu sistemin içinde enzimatik olan ve enzimatik olmayan antioksidantlar bulunmaktadır. Enzimatik olanlar ise süperoksit dismutaz (SOD), catalaz (CAT), ascorbat perocsidaz ve glutasyon reductaz gibi enzimlerdir (Şekil 2).



**Şekil 1:** Aktif Oksijen Üretimini Üç Olası Bölgesini Gösteren Thylakoid Membrandaki Elektron Taşıma Sisteminin Şematik Gösterimi (Bryan, 1996)

- Singeld oksijen, ışık kompleksindeki triple klorofilden üretilebilir.
- Süperoksit ve hidrojen peroksit, PSII'nin oksitleyici (su ayırıcı) tarafından "sızabilir".
- Triplet oksijen, PSI'nin indirgeyici tarafında ferredoksin tarafından süperokside indirgenebilir.



Şekil 2: Halliwell-Asada Yolu Olarak Adlandırılan Kloroplasttaki Askorbatın Redoks Döngüsü (Bryan, 1996)

## 2. STRES KOŞULLARINDA SERBEST OKSİJEN RADİKALLERİNİN SENTEZLENMESİ VE BUNLARIN ETKİLERİ

Bitkiler biyotik veya abiyotik kaynaklı herhangi bir stres faktörü ile karşı karşıya kaldıklarında fotosentetik karbon metabolizması ve elektron taşıma aktivitesi azalır. Örneğin tuz stresi yaşayan bitkiler su ile birlikte aşırı miktarda toksik tuz iyonlarını kökleri yoluyla almamak için su alımlarını yavaşlatır, su kaybını azaltarak canlılıklarını sürdürmek için stomalarını kapatırlar. Böylece fotosentezin temel maddelerinden biri olan karbondioksitin girişi de engellenir ve CO<sub>2</sub> fiksasyonu azaltılır. Stres koşullarında, bitkilerde biyosentetik reaksiyonların gerilemesi ve ATP ihtiyacının azalması sonucunda mitokondri ve kloroplastlardaki elektron taşıma sisteminde elektron fazlalığı meydana gelebilir (Yaşar, 2003). Soğurulan ışık enerjisi ve fotosentez için salınan elektronlar kloroplastlarda biriktirilir ve yeterli CO<sub>2</sub> olmadığından, CO<sub>2</sub> indirgenmesi için kullanılamaz; dolayısıyla

moleküler O<sub>2</sub>'nin aktivasyonunda kullanılır. Bu tür olumsuz koşullarda fotosentetik elektronlar ve pigmentler tarafından emilen enerji CO<sub>2</sub> yerine moleküler O<sub>2</sub>'ye aktarılır ve çok yüksek toksik etkiye sahip oksijen radikalleri ve türevleri oluşur (Asada, 1994; Cakmak, 1994; Foyer & Harbinson, 1994). Bu radikaller, süperoksit (O<sub>2</sub><sup>-</sup>); hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>); hidroksil radikali (OH<sup>-</sup>) ve singlet oksijen (1O<sub>2</sub>) olarak adlandırılırlar (Cakmak, 1994; Makela, 1999).

Yüksek bitkilerde, abiyotik stres faktörleri (tuzluluk, kuraklık, sıcak/soğuk, ışık)'nin neden olduğu oksidatif stres sonucuna bağlı olarak pro-oksidanlar ve antioksidanların oluşumuna sebep olurlar (Sreenivasulu ve ark., 2007; Farooq ve ark., 2008). Aslında, tüm bu olumsuz koşullarda ortak payda, bitki hücresinin farklı hücre kompartmanlarında reaktif oksijen türlerinin (ROS) aşırı üretilmesi ve bunlara karşın aynı zamanda antioksidanların üretilmesidir (Pinheiro ve ark., 2004).

ROS'ların yüksek konsantrasyonlarda birikimi, DNA, proteinler, lipidler, klorofil, membran vb. gibi önemli biyomoleküllere zarar verdiklerinden, bitki hücreleri için ölümcül düzeydedir (Blokhina ve ark., 2003).

### **3. SERBEST OKSİJEN RADİKALLERİNE KARŞI BİTKİLER TARAFINDAN GELİŞTİRİLEN FİZYOLOJİK MEKANİZMALAR**

Bitkilerin savunma sistemlerinin bileşen miktarını artırarak stres kaynaklı ROS üretimine karşı koydukları da bilinmektedir (Zabalza ve ark., 2008). Bitki hücreleri normalde bu tür etkilere karşı enzimatik



olmayan ve enzimatik antioksidanlar gibi karmaşık bir antioksidan sistem tarafından korunur (Ali ve ark., 2008). Enzimatik olmayan antioksidanlar iki genel sınıf içerir. 1. Yağda çözünen zarla ilişkili antioksidanlar (örn. a-tokoferol ve  $\beta$ -karoten) ve 2. Suda çözünür indirgeyiciler (örn. glutasyon, askorbat ve fenolikler). Enzimatik antioksidanlar, kloroplast ve mitokondride  $H_2O_2$ 'yi temizlediğine inanılan süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve glutasyon redüktazı (GR) içerir. Diğer enzimatik antioksidanlar, katalaz (CAT) ve peroksidaz (POX),  $H_2O_2$ 'yi yakalama, serbest radikalleri nötralize etme veya yok etme yeteneğine sahiptir (Karpinski & Muhlenbock, 2007; Sang ve ark., 2007). Bu savunma mekanizması olmadan, bitkiler güneş enerjisini kimyasal enerjiye verimli bir şekilde dönüştüremezler. Bu enzimatik antioksidanlar arasında, CAT ve SOD en etkili antioksidan enzimlerdir ve bunların birleşik etkileri, potansiyel olarak tehlikeli  $O_2^-$  ve  $H_2O_2$ 'yi  $H_2O$ 'ya (su) ve moleküler oksijene ( $O_2$ ) dönüştürerek nötralize ederler (Scandalios, 1997). Kloroplastta reaktif oksijen radikali süpürmede rol oynayan iki anahtar antioksidandan biri askorbat ve diğeri ise a-tokoferoldür (Smirnoff & Wheeler, 2000). ROS, genç ve yaşlı yaprak hücrelerinde stresli koşullar altında aşırı derecede üretilir ve kompleks enzimatik olmayan [askorbat (AA), glutasyon (GSH), a-tokoferol] ve enzimatik olan (CAT, APX, GP, SOD ve GR) antioksidanlar tarafından uzaklaştırılır (Scandalios, 1997). GR ve glutasyon dehidrojenaz APX enzimi ile birlikte AA-GSH döngüsüne katılır. Her iki enzim de büyük GSH ve AA havuzunu koruyan reaksiyonları katalize ederler. Bu sebeplerden bitkilerde antioksidan sistemin uygun işleyişi için gereklidirler (Davenport ve ark., 2003).

#### **4. TUZLULUK STRESİ ALTINDAKİ BİTKİLERİN ANTIOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİ**

Kültür bitkilerine ait türler ve çeşitler, çevresel strese verdikleri tepkilerde büyük farklılıklar gösterir. Yapısal veya uyarılmış yüksek düzeyde antioksidan içeren bitkilerin bu oksidatif hasara karşı daha fazla dirence sahip oldukları bildirilmiştir (Yaşar ve ark., 2007; Dolatabadian ve ark., 2008; Yasar ve ark., 2008; Amirjani, 2010; Siringam ve ark., 2011; Yaşar ve Ellialtıoğlu., 2013). Bu çalışmalar, abiyotik strese maruz kalan bitkilerde oksidatif hücrel hasarın boyutunun, onların antioksidan sistemlerinin kapasitesi tarafından kontrol edildiğini ileri sürmüştür (Silvana ve ark., 2003; Yasar ve ark., 2014). Tuzluluğa tepkilerinde pamuk çeşitleri (Gossett ve ark., 1994a), domates (Cuartero & Fernandez-Munoz, 1999), kavun genotipleri (Kuşvuran, 2010), patlıcan genotipleri (Yasar ve ark., 2013a), kabak genotipleri (Yasar ve ark., 2014) arasında büyük bir farklılık olduğu bildirilmiştir.

Antioksidan enzim sistemlerinin tuzluluk dâhil abiyotik stresler altında değiştiğini gösteren çok fazla kanıt vardır. Bir tür içindeki genetik değişkenlik, tuza toleranslıkta önemli bir belirtidir. Değişikliklerin nicel ve nitel yönleri genellikle tuzluluğa karşı direnç seviyeleriyle ilgilidir. Pirinçte, tuza toleranslı çeşitlerin, tuza duyarlı çeşitlerden daha yüksek SOD aktivitesine ve daha düşük lipid peroksidasyonuna sahip olduğu belirtilmiştir (Dionisio-Sese & Tobita, 1998). Domates ve turuncgillerin tuza olan toleransı, artan SOD, APX ve CAT aktivitelere bağlanmaktadır (Mittova ve ark., 2004). Antioksidan

enzimlerin tuz toleransına dâhil olduğuna dair daha fazla destekleyici kanıt, antioksidan enzimlerin azaltılmış veya arttırılmış bir ekspresyonuna sahip transgenik bitkiler tarafından sağlanmıştır. Düşük CAT aktivitesine sahip antisens bitkiler, tuza ve diğer oksidatif streslere karşı aşırı duyarlıdır (Willekens ve ark., 1997). Tuz stresine karşı artan koruma, sitozolik APX'in aşırı ekspresyonu ile gösterilmiştir (Torsethaugen ve ark., 1997). Oksidatif stres toleransı, Fe-SOD'u aşırı aktive eden bitkilerde de gözlenir (Van Camp ve ark., 1996).

Yaşar (2003), tuza tolerant iki çeşit (Burdur Bucak ve Mardin Kızıltepe) ve iki tuza duyarlı genotip olan (Giresun ve Artvin Hopa) patlıcan fidelerinin yapraklarında antioksidan enzimler ile tuz toleransı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Hidroponik ortamda, 150 mM NaCl içerdiğinde yetiştirilen tuza toleranslı patlıcan fidelerin SOD, CAT, APX ve GR aktiviteleri önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Literatürde sunulan veriler, tuza daha toleranslı patlıcan çeşitlerinin kallus dokusunda da benzer sonuçlar elde edilerek, antioksidan enzim aktivitesinde tuz kaynaklı bir artışa işaret etmektedir. Toprakta yüksek tuz seviyesi ile SOD aktivitesinin arttığı diğer araştırmalar tarafından da gözlemlenmiştir (Gossett ve ark., 1994b; Lin & Kao, 2000). Tuz stresi altında yabani ve kültür domateslerinde antioksidan enzim aktivitesinin değişimini araştıran Shalata & Tal (1998), tuza toleranslı yabani domateslerde, SOD aktivitelerinin arttığını, duyarlı genotip M82'de ise azaldığını bulmuşlardır. Aktaş (2002), çalışmasında 120 biber genotipi tuza toleranslılık yönünden incelemiştir. Tuza toleranslı bir yabani biber genotipinde SOD aktivitesi, tuza duyarlı yerel biber

çeşidinden çok daha yüksek bulunmuştur. Yasar & Uzal (2021a) biber bitkisine tuz ve potasyum uygulayarak, potasyumun tuzdan kaynaklı stresi düşürdüğünden, bitkilerin yapraklarındaki SOD, CAT ve APX aktivitelerinin, potasyumu artırılmamış bitkilerde daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı şekilde tuzla birlikte biber bitkilerine kalsiyum uygulanmış bitkilerin SOD, CAT ve APX aktiviteleri Ca dozu arttıkça azalmaya başlamıştır. Kalsiyum uygulamasının tuz stresini azalttığını ve bu sebeple bitkilerde stres düşük olunca SOD, CAT ve APX aktivitesinde azalma olduğu görüldüğünü ifade etmişler (Yasar ve ark., 2020). Tuza toleranslı pamuk ve domates çeşitlerinde CAT aktivitesinin tuza duyarlı çeşitlere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Domateste (Shalata & Tal, 1998), havuçta (Lopez & Satti, 1996), buğdayda (Karanlık, 2001), tuz uygulamasından sonra tuza toleranslı çeşitlerde APX enzim aktivitesinin hassas çeşitlere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Yasar ve ark., (2006) tarafından Türkiye'den topladıkları kavun (*Cucumis melo* L.) çeşitleri ('Besni', 'Yuva', 'Midyat' ve 'Semame') ile Ananas, Galia C8 ve Galia F1 çeşitlerine tuz stresi uygulayarak yaptıkları çalışmada, bitkilerinin antioksidan kapasitesinin, askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) aktivitelerinin, yanında enzimatik olmayan antioksidanlardan, askorbik asit (AA) seviyeleri belirlenmiştir. Tuz uygulaması sonucunda, strese toleranslı 'Galia C8' ve 'Galia F1' ile orta derecede toleranslı 'Besni', 'Midyat' ve 'Semame'de APX aktiviteleri artmıştır. Bu artışlar tuza toleranslı çeşitlerde daha fazla olmuş. Öte yandan, tuz uygulanmış, duyarlı çeşitlerde APX

aktivitesinde önemli bir artışa neden olmamıştır. Kontrol bitkilerine kıyasla, tuzlu koşullarda yetiştirilen tüm çeşitlerde, GR aktivitesi artmıştır. Tuza toleranslı ve orta derecede toleranslı çeşitlerde GR aktivitelerindeki artışlar, tuza duyarlı olanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Veriler, kavun fidelerinin tuz kaynaklı oksidatif strese, enzimatik antioksidan savunma sistemlerini artırarak yanıt verdiğini göstermektedir. Bu artışlar en çok tuza toleranslı çeşitlerde daha belirgin olarak kendini göstermiştir. Yasar ve ark. (2008) tarafından yeşil fasulye genotipleri ile yapılan bir başka çalışmada, fasulye bitkileri, kontrollü iklim koşulları altında 7 gün boyunca üç farklı tuz dozuna (0, 50 ve 100 mM NaCl) tabi tutulmuştur. Gevaş sırık 57 (GS57) çeşidinin yapraklarında CAT, APX ve GR gibi antioksidan enzimlerde tuz stresine bağlı bir artış meydana gelmiştir. GS57'nin tuza tolerans açısından Fransız 4F-89'dan daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Tuza duyarlı çeşit olan 4F-89, tüm tuz dozlarında GR aktivitesinde bir azalma olduğu görülmüştür. Ancak tuza toleranslı genotip olan GS57'nin 50 mM tuz muamelesi altında, GR aktivitesinde hafif bir düşüş ve 100 mM tuz muamelesi altında ise artış gözlenmiştir. Her iki çeşitte de artan tuz stresi ile CAT ve APX aktiviteleri artmıştır. CAT ve APX aktivitelerinin, tuza toleranslı GS57'de tuza duyarlı çeşit' 4F-89' den daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Kabak bitkilerine tuz stresi uygulanarak yapılan çalışmalarının sonuçları, tüm genotiplerde enzim aktivitelerinin tuzluluk ile arttığını ve tuza toleranslı genotipler olan İskenderun-4 ve AB-44'te tuza duyarlı genotiplere (CU-7 ve A) göre daha yüksek olduğu yönünde

belirtilmiştir (Yasar ve ark., 2014). Bu enzimlerin, kavun (Yasar ve ark., 2006), yeşil fasulye (Yaşar ve ark., 2008) ve soya fasulyesinin (Amirjani, 2010) tuza toleransında da önemli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, tuz stresi altındaki bitkilerde diğer enzimler gibi GR enziminin de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi azaltarak ROS süpürmede önemli bir rol oynadığını (Wang ve ark., 2011) yaptıkları çalışmada bildirmişlerdir. Bu nedenle GR aktivitesindeki artışların tuz stresine toleransta önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Kabak çeşitleri üzerinde yapılan çalışmada, tolerant genotiplerde (İskenderun-4 ve AB-44) tuza duyarlı olanlara göre GR aktivitesi artmıştır. Li (2009) domateste ve Wang ve ark. (2011) yoncada tuzluluğun tuza dayanıklı genotiplerinde GR aktivitesini arttırdığını gözlemlemiştir. Bu sonuç, tuza toleranslı genotiplerin bir askorbat-glutasyon döngüsü sergileme ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi azaltma olasılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir (Yasar ve ark., 2012; Talhouni ve ark., 2013).

Costa ve ark. (2005), CSF18 (tuza duyarlı) ve CSF20 (tuza toleranslı) iki yem sorgum genotipi üzerinde çalışmıştır. İki genotip tuz stresine (75 mM NaCl) maruz kaldığında, her iki genotipte de tuz stresi SOD ve CAT'de artışlara neden olmuştur. Bu tuz kaynaklı artışlar, tuza toleranslı genotipte daha yüksek çıkmıştır. APX, iki genotipte tuz stresinden farklı şekilde etkilenmiştir. Bu APX'lerin aktiviteleri, tuza duyarlı genotipte tuz stresi ile azalmış ve tuza dayanıklı genotipte artmıştır.

Meloni ve ark. (2002), pamuk çeşitlerinde 100 ve 200 mM NaCl uygulanmış bitkilerde, kontrole göre %76 ve %94 oranlarında artarak

peroksidaz aktivitesinin uyarıldığını bulmuşlardır ve benzer şekilde tuz stresi altındaki pirinç bitkisinin yapraklarındaki GPX aktivitesinde önemli derecede artışın olduğu gözlemlenmiştir (Lee ve ark., 2001). Ayrıca, köklerdeki SOD aktivitesi bakımından, uygulamalar arasında kayda değer bir fark bulunmamıştır. *Arabidopsis thaliana* bitkilerinde benzer sonuçlar görülmüştür; çünkü SOD'ın çeşitli izoformlarının aktivitesi uygulamalarla önemli ölçüde değişmemiştir (Attia ve ark., 2008). Ayrıca Lechno ve ark. (1997), NaCl uygulamasının hıyar bitkilerinde antioksidatif enzimlerden CAT ve GR'nin aktivitelerini arttırdığını ancak SOD aktivitesini etkilemediğini bildirmiştir (Uzal ve ark., 2019). Patlıcan bitkilerine tuz ile birlikte GA<sub>3</sub> uygulaması sonucunda, bitkilerin tuz stresinden etkilenmediğinin, oksidatif zararlanmanın olmadığı, aynı zamanda antioksidatif enzim aktivitelerinden CAT, APX ve SOD enzimlerinin aktivitelerinin hormonsuz tuz uygulamasına göre oldukça düşük olmasının sebebi bitkilerin oksidatif strese girmedikleri ve bunun sonucu olarak ROS'ların oluşmadığıdır. ROS'lar oluşmadığından ve bitkinin savunma sistemini harekete geçirecek bir neden olmadığından antioksidatif enzim aktivitelerinin düşük bulunduğunu belirtmişlerdir.

Arpa, bitkiler arasında tuz stresine nispeten toleranslıdır, ancak tuzluluk stresi altındaki arpanın antioksidan enzimleri hakkında çok az bilgi mevcuttur. Kim ve ark. (2005), sırasıyla 0, 1, 2, 5 gün boyunca 200 mM NaCl ile muamele edilmiş arpa fidelerinde SOD, CAT, APX ve GR aktivitelerinin ve izoform profillerinin zamansal tepkilerini araştırmışlardır. Genel olarak, tuz stresi altında kök ve sürgünde

antioksidan enzimlerin aktiviteleri artmıştır. NaCl-stresli arpa kökündeki SOD, CAT, APX ve GR aktivitelerindeki önemli artış, indüklenen izoformların yanı sıra kurucu izoformların artan ekspresyonu ile yüksek oranda ilişkili bulunmuştur. Kökteki hidrojen peroksit içeriğinin en çok CAT aktivitesi ile ilişkili olması, tuzluluk stresi altında hidrojen peroksit detoksifikasyonunda CAT'in artan rolünün olduğunu gösterir. Ek olarak, sonuçlar tuz stresi altında antioksidan kapasitesinin yeterliliğini belirlemede her bir antioksidan izoformunun zamansal ve mekânsal düzenlenmesinin önemini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, (Koca, 2007) susam tohumu (*Sesamum indicum* cv)'nun nispi toleransı ve antioksidan mekanizması ile yaptığı çalışmada Osmanlı, *Sesamum indicum* cv. Orhangazi, *Sesamum indicum* cv. Tan, *Sesamum indicum* cv. Cumhuriyet'i NaCl stresi altında incelenmiştir. Antioksidatif enzim aktivitelerinden, tuza toleranslı çeşitlerde SOD aktivitesinin arttığı ve diğer çeşitlere kıyasla cv Cumhuriyet'te peroksidaz (POX) aktivitesinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Tüm susam çeşitlerinin APX aktiviteleri artmış ancak Osmanlı çeşidinde artış oranı daha yüksek olmuştur. En yüksek GR düzeyi Osmanlı çeşidinde bulunmuştur.

Uzal (2017) biber bitkilerine tuz ile birlikte GA<sub>3</sub> uygulayarak yaptığı çalışmada, bitkilerin tuz stresinden etkilenmediğini, oksidatif zararlanmanın olmadığını, aynı zamanda antioksidatif enzim aktivitelerinden CAT, APX ve SOD enzimlerinin aktivitelerinin hormonsuz tuz uygulamasına göre oldukça düşük olduğunu ve bu düşüşün sebebini bitkilerin oksidatif strese girmedikleri ve bunun



sonucu olarak ROS'ların oluşmadığı, ROS'lar oluşmadığından ve bitkinin savunma sistemini harekete geçirecek bir neden olmadığından antioksidatif enzim aktivitelerinin düşük bulunduğunu ifade etmiştir. Bütün bitki deneylerinde tuz toleransında gözlenen genotipik farklılıklar, kallus kültürlerinde de belirgin olarak ortaya çıkmış. Bütün bitki deneyleri ve kallus kültürü deneyleri, tuza toleranslı genotiplerin antioksidatif enzim savunma sistemlerini tuza duyarlı genotiplerden daha iyi kullanabildikleri konusunda benzer sonuçlar vermiştir. Veriler ve gözlemler, antioksidan enzim aktivitesi ile patlıcan kallus dokusunun NaCl ile değiştirilmiş ortamda büyüme yeteneği arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Tuza daha dayanıklı patlıcan çeşitlerinde, tuza bağlı kallus dokusunda antioksidan enzim aktivitelerinde artış yüksek düzeyde bulunmuştur. Patlıcanda tuza karşı toleransı yüksek bir çeşit, kallus kültüründe tuza duyarlı grupta yer almaz (Yaşar, 2003). Diğer halofit olmayanlarla yapılan çalışmalar (Gossett ve ark., 1994b) tüm bitkide gözlenen tuz toleransı derecesinin kallus dokusunda da sergilendiğini göstermiştir. Sağlam glikofit bitkisi ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçların bir şekilde kallus kültüründe bulunacağını göstermişlerdir. Yüksek antioksidan seviyelerinin tuz toleransı ile ilişkili olması mümkündür. Kabak üzerine yapılan bir başka araştırma, tuza dayanıklı genotiplerde süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR) enzim aktivitelerinin hem fide hem de kallus dokularında tuza duyarlı genotiplere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir (Sevengör, 2010).

## **5. KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ BİTKİLERDE ANTIOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİ**

Bitkiler biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin etkisi altında yetiştirildiğinde meydana gelen metabolik ve morfolojik değişiklikler stres olarak ifade edilmektedir. Stresler birçok fizyolojik ve metabolik değişikliğe neden olurken, bitkilerin büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyerek ürünün nitelik ve nicelik kaybına ve bitki organlarının ölümüne neden olabilmektedir.

Bitkinin kuraklık stresi nedeniyle fotosentetik elektron taşınmasına ve klorofil miktarında azalmaya neden olduğunu daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Fu & Huang, 2001; Türkan ve ark., 2005). Kuraklık stresine bağlı klorofil kaybı, oksidatif stres sonucu foto-oksidasyon nedeniyle meydana gelmektedir (Fu & Huang, 2001, Yasar ve ark., 2008, Yasar ve ark., 2014). Bu nedenle stres altındaki bitkilerin antioksidan aktivitelerinde azalmaya bağlı olarak, bitkilerde lipid peroksidasyonundaki artış klorofil kayıplarına neden olabilir (Yaşar, 2003; Kusvuran ve ark., 2008; Yasar ve ark., 2008; Yasar ve ark., 2014). Fu & Huang (2001), iki tür toleranslı ve hassas çim bitkisine kuraklık stresi uygulayarak bitkilerin büyüme performansını, klorofil miktarını ve antioksidan enzim aktivitelerini incelemişlerdir. SOD enzimi bitkilerde stres altında oluşan  $O_2^-$  ve  $H_2O_2$ 'yi katalize eden bir enzim olduğu için hücre hasarına yol açılmasını engeller. Bu nedenle, oksidatif hasar sonucu klorofil kayıpları oluşmaz (Türkan ve ark., 2005). Yasar & Uzal (2021b) biber bitkilerinde yaptıkları bir çalışmada SNP'nin 0,01 ve 1 dozları ile ön muamele görmüş bitkilerin gelişimi ve

büyümesinin daha iyi gerçekleştiğini, prolin, protein, OSİ ve klorofil miktarlarında artış görülürken, antioksidant enzim aktivitelerinin SNP'nin yüksek dozuna ve ön muamelesiz PEG uygulamasına karşın düşük çıktığını bildirmişlerdir. Bu uygulamalarda enzim aktivitelerinin düşük çıkmasının sebebinin, bitkilerin hücrelerinde prolin gibi organik asit birikimlerinin fazla olmasına ve SNP'nin varlığında  $H_2O_2$  ve  $O_2$  seviyelerinin azalması gibi faktörlere bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmada, Sairam ve ark. (1998), buğday bitkisine uygulanan kuraklık stresi sonucunda bitkilerin klorofil miktarının azaldığını ve aynı çalışmada bitkilerin GR aktivitesinin yanı sıra SOD enziminin de arttığını belirtmişlerdir. Toleranslı bitkilerde APX aktivitesi artarken, strese duyarlı buğday bitkilerinde APX aktivitelerinde artış olmadığı gözlenmiştir Yasar ve ark. (2013b) kuraklık stresi uyguladıkları fasulye genotipleri üzerinde yaptıkları çalışmada, SOD aktivitesi genotiplere göre farklılık göstermiştir. Kuraklığa dayanıklı genotiplerde daha yüksek iken, hassas olanlarda kontrole göre azaldığı gözlenmiştir. Kabak genotiplerinde fasulyede yapılabilen benzer bir çalışma yapılmış ve kuraklığa dayanıklı olanlarda SOD aktiviteleri yüksek, hassas olanlarda ise düşük bulunmuştur. Kuraklık stresi altında SOD aktiviteleri yüksek olan kabak genotipleri kurağa daha iyi bir dayanım sergilemişlerdir (Yasar ve ark., 2014). Kusvuran (2010) kavun genotipleri ile yapmış olduğu çalışmada, kuraklık stresi ile genotiplerin SOD enzim aktivitelerinde bir artış meydana gelmiş ve toleranslı olan genotiplerde kontrole göre önemli düzeyde artışların olduğu belirtilmiştir. Yine benzer bir çalışmada Türkan ve ark. (2005) kuraklık stresi uygulamış olup; fasulye (*Phaseolus vulgaris*) ve tepary bean

(*Phaseolus acutifolius*) türlerinin SOD enzim aktivitelerinde kontrole göre artış olduğu, fakat tolerant olan tepary bean (*Phaseolus acutifolius*) türünde ise daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Yasar ve ark. (2014)'na göre kuraklık stresi altındaki bitkilerde SOD enzim aktiviteleri önemli düzeyde artış göstermiş, ancak stresin ilerleyen aşamalarında enzim aktiviteleri azalma sürecine girmişlerdir. Reddy ve ark. (2004); Liu ve ark. (2009); Ahmedi ve ark. (2010); Yasar ve ark. (2014) çalışmalarında kuraklık stresi yaşayan bitkilerde SOD enzim aktivitesinin arttığını, toleranslı bitkilerde ise bu artışın daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Yasar ve ark. (2013b), kuraklık stresinin bir sonucu olarak SOD enzim formlarında bir artış olduğunu bildirmiştir.

Süperoksit dismutaz enzimi süperoksit radikalini uzaklaştırır, ancak bunun sonucunda oldukça toksik bir başka madde olan hidrojen peroksit oluşur. Hidrojen peroksitin parçalanmasında (detoksifikasyonunda) etkili olan enzimlerden biri katalaz, diğerleri ise askorbat-glutasyon döngüsüne katılan glutasyon peroksidaz ve askorbat peroksidazdır. Yasar ve ark. (2013b), kuraklık stresi uygulanan fasulye bitkilerinde CAT enzim aktivitesinin kontrol bitkilerine göre tüm genotiplerde önemli ölçüde yüksek olduğunu bulmuştur. Yasar ve ark. (2014), kabak üzerine yaptığı kuraklık çalışmasında, bazı genotiplerde CAT aktivitesinin diğer çalışmalarda olduğu gibi çok yüksek iken, kontrole göre bazılarında daha az arttığını, hatta bazılarında azaldığını göstermiştir. Kabak genotiplerinin antioksidan enzim aktivitelerinde en dikkat çeken husus, SOD enzim aktivitesi yüksek olan genotipin CAT enzim aktivitesinin düşük bulunmasıdır. Ya da tam tersi, yüksek CAT

enzim aktivitesine sahip genotip, düşük SOD enzim aktivitesine sahiptir.

Kuşvuran (2010), kavun genotiplerine kuraklık stresi uygulayarak yaptığı çalışmada, stres sırasında CAT enzim aktivitesinde meydana gelen değişiklikleri incelemiştir. Genel olarak, kuraklık stresi altında genotiplere ait bitkilerin yapraklarında CAT enzim aktiviteleri artmıştır. Kuraklık stresinde, dirençli genotiplerde CAT enzim aktivitesinin stresin 3. gününden itibaren artan oranlarda arttığı görülmektedir. Stres dönemi ilerledikçe, dirençli ve duyarlı genotipler arasındaki CAT aktivite farklılıkları, özellikle 9. ve 12. günlerde genişlemiştir. Jung (2004), *Arabidopsis* bitkilerinde kuraklık stresi sonucu genç yapraklarda CAT aktivitesinin azalırken, yaşlı yapraklarda %33 oranında arttığını belirtmişlerdir. Türkan ve ark. (2005) kuraklık stresinin bitkide biyokimyasal değişiklikler meydana getirdiğini belirtirken, fasulye (*Phaseolus vulgaris*) ve kuru fasulye (*Phaseolus acutifolius*) türlerinde kuraklık stresi ile CAT aktivitesinin arttığını bulmuşlardır. Yasar ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarda kuraklık stresinin CAT enzim aktivitesinde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Nitekim çimle ilgili çalışan Fu & Huang (2001) kuraklığa dayanıklı çeşitlerde duyarlı genotiplere göre daha yüksek seviyelerde CAT aktivitesi bulmuşlardır.

Bitkilerin yapraklarında artan enzim aktivitesi diğer organların aktivitelerini azaltabilir. Bu çalışmada, bir Türk mercimek (*Lens culinaris* Medik. & Sultan-1) çeşidi Ercan (2008) tarafından kuraklık stresi altında bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler açısından

karakterize edilmiştir. Kuraklık stresinin görünür semptomlarının yanı sıra, antioksidan mekanizmalarda da değişiklikler gözlenmiştir. CAT enzim aktivitesi gövdede değişmeden kalmış, köklerde azalmıştır. Nohut bitkisinin kök ve gövdelerinde GR aktivitesi artmıştır. Destekleyici bir sonuç, kuraklığa dayanıklı *Phaseolus acutifolius* ve kuraklığa duyarlı *Phaseolus vulgaris* olan başka bir baklagilden gelmiştir. PEG aracılı kuraklık stresi üzerine her iki çeşidin yapraklarında CAT aktivitesi artmamıştır. Ancak kuraklığa dayanıklı çeşitlerde koruyucu seviyeleri, kuraklığa duyarlı çeşitlerden daha yüksek bulunmuştur (Türkan ve ark., 2005). Bir başka çalışmada, *Arabidopsis thaliana*'nın genç yapraklarında kuraklık nedeniyle CAT aktivitelerinde bir azalma gözlenirken, kuraklık stresi altında olgun yapraklarda CAT aktivitelerinde artış gözlenmiştir (Jung, 2004).

Kuraklık stresi gibi oksidatif stres koşulları altında enzimatik savunma mekanizmalarından biri olan askorbat peroksidaz enzimi, genellikle hidrojen peroksidin suya indirgenmesinde ve kloroplast ve mitokondrilerden temizlenmesinde etkilidir (Shalata & Tal, 1998). Sairam ve ark. (1998), buğday bitkisine uygulanan kuraklık stresi sonucunda bitkilerin klorofil miktarında azalma olduğunu ve aynı çalışmada stresle birlikte bitkilerin GR aktivitesinin arttığını gözlemlenmiştir. Toleranslı bitkilerde APX aktivitesi artmıştır, ancak hassas buğday bitkilerinin APX aktiviteleri artmamıştır. Yasar ve ark. (2013b) fasulye üzerinde yaptığı kuraklık çalışmasında kuraklığa dayanıklı genotiplerin APX aktivitelerini artırdığını, hassas olanların ise azalttığını belirlemiştir. Yasar ve ark. (2014) kabak üzerine yaptığı

kuraklık çalışmasında da benzer sonuçlar elde etmiştir. Squash genotiplerinden bazıları kuraklık uygulaması ile APX aktivitesini arttırırken, diğerleri azaltmıştır. Kuşvuran (2010), kavun üzerine yaptığı kuraklık çalışmasında, kavun genotiplerinin ortalama APX enzim aktivitelerinde 12 günlük stres döneminde farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Dört kavun genotipi ile gerçekleştirilen bu çalışmada, kuraklık stresi, genotiplerin APX enzim aktivitesinde artışa neden olmuştur. Bu artışın özellikle 159 ve 196 toleranslı genotiplerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Liu ve ark. (2009) salatalık üzerine yaptıkları çalışmalarda kuraklık stresi sonucunda APX aktivitesinde artış olduğunu belirtmişlerdir.

Kuşvuran (2010), dört farklı genotip ile detaylı fizyolojik çalışmalar kapsamında stres sırasında kontrol ve kuraklık uygulamalarının neden olduğu değişiklikleri incelemiştir. GR enzim aktiviteleri açısından stresin 3. gününden itibaren dirençli genotiplerde (159 ve 196) artış gözlenmiştir. Yavaş yavaş artan GR aktivitesi, duyarlı genotiplere (40 ve 252) kıyasla 9. ve 12. günlerde dirençli genotiplerde bir kırılmaya yol açmıştır. Genotiplerin uygulamalara verdiği yanıtlar farklıdır. Genotiplerin GR enzim aktivitesi stres süresi ile doğru orantılı olarak değişmiştir. Progresif stres dönemi kendini enzim aktivitesinde artış olarak gösterse de genotipler kendi uygulamalarının ortalamasına göre değerlendirildiğinde dört genotipin de en yüksek GR değerlerinin stresin 12. gününde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bitkiler, kuraklığın neden olduğu oksidatif hasarın yıkıcı etkilerinden korunmak için antioksidan enzimlere sahiptir. GR, enzimatik antioksidan

savunmalarda yer alır ve kloroplastlarda ve mitokondride  $H_2O_2$ 'nin temizlenmesinde etkilidir. Kalefetoğlu (2005), nohut üzerine yaptığı kuraklık çalışmasında, ilerleyen stres dönemine paralel olarak GR aktivitesinin arttığını bildirmiştir.

## **6. ÜŞÜME STRESİ ALTINDAKİ BİTKİLERDE ANTIOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİ**

Düşük sıcaklık veya üşüme stresi (düşük ancak donma noktasının üzerindeki sıcaklıklardan kaynaklanan hasar), bitki fizyolojisi üzerinde benzersiz bir çevresel etki olarak kabul edilmiştir (Kratsch & Wise, 2000). Üşüme hasarının yaygın semptomları arasında solma, metabolik süreçlerin inhibisyonu, kloroz ve artan geçirgenliğe veya sızıntıya yol açan hücre zarlarının moleküler düzenindeki veya fiziksel durumundaki değişiklikler olarak yer alır. Zarar verici üşüme etkileri, nihayetinde büyüme ve verimde azalmaya neden olur (Kang & ark., 2003). Prasad ve ark. (1994a), mitokondrinin hücrede metabolik enerji üretiminde kritik organeller olduğunu öne sürmüştür. Mitokondrinin yeterliliği ve stabilitesi, özellikle erken fide büyümesi sırasında, fidelerin düşük sıcaklık stresinden kurtulması için çok önemlidir. Düşük sıcaklık hücrede oksidatif strese neden olur (Prasad ve ark., 1994b). Aerobik koşullar altında, süperoksit radikalleri ve  $H_2O_2$ , bitki hücrelerinin (Elstner, 1991) yanı sıra hayvan hücrelerinin (Halliwell & Gutteridge, 1986) normal metabolitleri olarak bulunur ve düşük seviyede tutulur. Organellerde ve sitozolde bulunan süperoksit dismutaz, CAT, GSH peroksidaz ve askorbat peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin etkisiyle



kararlı durum seviyeleri devam eder (Jahnke ve ark., 1991; Walker & McKersie, 1993).

ROS'nin, soğuk stresi sırasında daha yüksek konsantrasyonda üretildikleri ve lipid peroksidasyonuna, membran bozulmasına, protein bozulmasına ve klorofil ölümlerine neden olarak degradatif reaksiyonlar başlatabileceğinden, soğuğa bağlı hasardan sorumlu olduğu öne sürülmüştür. ROS konsantrasyonunu nispeten düşük seviyelerde tutmak için etkili bir antioksidan aktivite esastır (Kang ve ark., 2003). Öte yandan, aydınlatmaya eşlik eden soğutma stresi sırasında meydana gelen hasarın, bir oksijen radikalinin aracılık ettiği düşünülmüştür. Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1), katalaz (CAT, EC 1.1.1.16) ve guaiakol peroksidaz (POX, EC 1.1.1.17) ve askorbat peroksidaz (APX, EC 1.1.1.11) gibi çeşitli peroksidazlar hücre sel yapıyı oksidatif strese karşı korurlar (Prasad ve ark., 1994b). Bu antioksidanlar, çeşitli biyolojik işlevleri yerine getirdikleri çoğu bitki organında, çok yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat-glutasyon döngüsünün enzimleri ile birlikte askorbat ve glutasyon, fotosentez sonucunda oluşan süperoksit ve hidrojen peroksiti etkin bir şekilde uzaklaştırır.

Aroca ve ark. (2001), üşüme hasarının ana nedenlerinden birinin, üşüme sırasında ışık indükleyen fotooksidasyonda yüksek oranda uyarılan reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi olduğunu belirtmişlerdir. ROS, soğutma koşulları sırasında üretilir, çünkü Calvin-Benson döngüsünün enzim aktiviteleri yavaşlar ve zincir elektron taşınmasından elektronları kabul etmek için NADP<sup>+</sup> takviyesi oksijen

tarafından aşırı enerji absorpsiyonuna yol açacak şekilde kısıtlanır. Bu nedenle, soğutma sırasında fotooksidasyonu azaltmak için üç ana mekanizma vardır: elektron taşıma zincirini azaltarak ROS üretiminden kaçınmak, violoksanin de-epoksidasyonu yoluyla aşırı enerjiyi ısı olarak dağıtmak ve antioksidan bileşikler ve enzimler tarafından oluşturulan ROS'u temizlemek. Ayrıca, fotosistem II'deki sudan elektron akışına, O<sub>2</sub>'de net bir değişiklik olmaksızın PSI'deki O indirgenmesine değinilen kloroplastik su-su döngüsü, çevresel stres altında fazla uyarılma enerjisini dağıtmak için etkili bir mekanizma olarak önerilmiştir. Bu döngü ayrıca süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi bazı antioksidan enzimlerden oluşur.

SOD enzimi sitoplazma, kloroplast, mitokondri ve peroksisomda bulunur ve O<sub>2</sub>'yi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'ye dönüştürerek ROS'a karşı ilk savunma hattı görevi görür (Li ve ark., 2011). Ayrıca süperoksit radikallerinin H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve oksijene dismutasyonu, hücrenin korunmasında önemli bir adımdır ve bu dönüşümde SOD anahtar enzim olarak kabul edilir (Prasad ve ark., 1994b).

Mısırdaki soğutma deneyi, soğutmanın ayrıca kloroplast ve mitokondride, özellikle de üşümeye duyarlı türlerde süperoksit (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) üretiminde bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Soğutmanın ilk gününde, Z7 (soğuğa toleranslı) yapraklar tüm SOD türlerinin aktivitesini arttırırken, Penjalinan (soğutmaya duyarlı) CuZn ve Fe SOD'lerinde muhtemelen bir O<sub>2</sub> birikimine yol açacak olan azalma nedeniyle Penjalinan kloroplastlarında toplam SOD aktivitesini azaltır.

Sonraki soğutma günlerinde, Penjalinan yaprakları Z7 olanlardan daha fazla CuZn ve Fe SOD aktivitesi göstermiştir. Bazı türlerin yapraklarında farklı SOD türlerinin aşırı ekspresyonu, APX veya GR gibi diğer antioksidan enzimlerin artmasına ve dolayısıyla üşüme toleransının artmasına neden olur (Aroca ve ark., 2011). Öte yandan Kumar ve ark. (2011), toleranslı nohut genotiplerinde soğutma stresi ile SOD aktivitesinin arttığını bulmuşlardır.

Korkmaz ve ark. (2016), üşüme stresinin olumsuz etkisini azaltmak için biber fidelerine melatonin uygulamaları SOD, POX ve CAT aktivitelerini artırarak, bitkileri üşüme stresinin olumsuz etkilerinden koruduğunu belirtmiştir.

Zhou ve ark. (2005), SOD aktivitesinin ve AsA ve GSH içeriklerinin önemli ölçüde etkilenmediğini ve bu nedenle *S. guianensis* bitkilerinin soğutma işlemi ile sadece hafif hasar gördüğünü ve azalan antioksidan enzim aktivitesinin *S. guianensis*'te üşüme hasarı ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Kunk ve ark. (2003), yüksek SOD aktivitesi, stres altında aşırı üretilen O<sub>2</sub>'nin reaktivitesini nötralize ettiği için bitkilerde stres toleransı ile ilişkilendirilmiştir. Pirinçte, soğumaya tepki olarak SOD aktivitesinin indüksiyonu köklerde lokalizedir. Bu sonuca göre çeltik bitkisinin düşük sıcaklıklarda büyüebilmesi için kök gelişiminin gerçekleşmesi gerekir. Köklerin soğuk stresinden kaynaklanan oksidatif hasardan korunmaya ihtiyacı vardır.

Sairam ve ark. (1998) ve Blokhina ve ark. (2003), soğuğa dayanıklı ve dayanıksız buğday çeşitlerinin soğuğa alışması ile birlikte oksidatif stres koşullarının, yapraklardaki ve köklerdeki SOD aktivitesinin düşük sıcaklıktan etkilenmediğini bildirmiştir.

Xu ve ark. (2010), tütün soğutma stresinde, HHDJY'nin (soğuğa dayanıklı çeşit) sürgünlerinde süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin azaldığını, ancak HHDJY'nin köklerinde, soğutma stresinin SOD aktivitesini arttırdığını bulmuştur. Öte yandan MSk326 (soğuğa duyarlı çeşit) için, soğutma işlemi sürgünlerde SOD aktivitesini arttırmıştır.

Fariduddin ve ark. (2011), chilling stresinin, üşüme hasarına karşı koruma sağlamak için bu antioksidan enzimlerin seviyesini yükselttiğini bildirmiştir. Bu çalışmada, HBL ile ön işlemin, soğutma stresi altındaki tesislerde CAT, POX ve SOD aktivitelerini daha da arttırdığı gösterilmiştir.

Uzal ve ark. (2022), üşüme stresi altında yetiştirdikleri hıyar bitkilerine melatonin uygulayarak, yapmış oldukları çalışmada, stres koşulları altındaki hıyar fidelerinin askorbat peroksidaz (APX), süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzim aktivitelerinde artışların olduğunu bildirmiştir. Kontrol fidelerine kıyasla, üşüme stresi uygulanmış fidelerin üç enzim aktivitesinde de artışlar görülmüştür. Üşüme stresi uygulanmış bitkiler için de CAT enzimi toleransın sağlanmasında önemli bir rol oynamıştır. Özellikle C3 bitkilerinde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması için önemlidir. Düşük sıcaklığa maruz kalma, yalnızca soğuğa duyarlı değil, aynı zamanda soğuğa dayanıklı

bitkilerde de aktif oksijen türlerinin miktarını artırabilir. CAT aktivitesindeki azalma ile  $H_2O_2$  birikimi arasında bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (Xu ve ark., 2010).

Oksidatif serbest radikaller, hücre bileşenlerine karşı oldukça reaktif olabilir ve bu nedenle, hücrenin bu istenmeyen türleri uzaklaştırma yeteneği, üşüme stresine karşı geliştirilmiş direncin önemli bir özelliği olarak görülebilir. CAT aktivitelerindeki artışlar, mısır fidelerinin mitokondrilerinde artan süperoksit ve  $H_2O_2$  üretimi önemli bir kanıtı olarak görülür. Süperoksit ve  $H_2O_2$ 'de artışlar, ya yüksek  $O_2$  alımının olduğu veya elektron taşıma yolunun yeteneğinin azaldığı durumlarda beklenebilir, bu da daha sonra süperoksit ve  $H_2O_2$  üretimi için  $O_2$ 'ye daha yüksek elektron sızıntısı potansiyelini artırır (Prasad ve ark., 1994a).

Prasad (1997), mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde üşümeye alışma mekanizmalarını ve antioksidan enzimlerin, özellikle katalazın rolünü araştırmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda, uzun süreli üşüme stresine alışabilmeleri için, fideleri önceden kısa süreli  $4^{\circ}C$  üşüme stresine maruz bırakarak alıştırılabilir. Bu uygulama sonucunda CAT, muhtemelen diğer antioksidan enzimlerle birlikte önceden ortaya çıkan mısır fidelerinde üşüme toleransını indüklemeye önemli bir rol oynuyor gibi görünmektedir.

Hodges ve ark. (1997), toleranslı hatlara göre soğuğa en duyarlı hattaki CAT'nin, mısırdaki (*Zea mays* L.) yaşla birlikte üşüme kaynaklı oksidasyona daha az duyarlı hale geldiğini öne sürdüğünü bildirmiştir.

Prasad ve ark. (1994b) tarafından elde edilen benzer sonuçlar ve mısırdaki  $H_2O_2$  birikiminin, CAT enziminin iklime alışma ve uygulanan oksidatif stresin üstesinden gelmede önemli bir antioksidan enzim gibi görüldüğünü belirtmiştir.

Pirinçte, hem yapraklarda hem de köklerde daha yüksek CAT aktivitesi, soğuğa alışmış yapraklarda CAT izozimlerinin yüksek aktivitesi, geri kazanım sırasında bu toksik  $H_2O_2$  molekülüne karşı daha iyi koruma sağlayarak temizlediğini bildirilmiştir (Kunk ve ark., 2003).

Çevresel stres kaynaklı oksidatif hasar, dengesiz ROS üretimi ile ilgilidir. *S. guianensis* bitkilerinde 5 gün soğutmaya tabi tutulduktan sonra CAT aktivitesi indüklenmiş ve bitkilerde soğutma altında  $H_2O_2$ 'nin erken birikimi, CAT gibi antioksidan enzimlerin üretimine işaret edeceğini bildirmiştir (Zhou ve ark., 2005). Xu ve ark. (2010), tütünde (*Nicotiana tabacum*) (MSk326, soğuğa duyarlı çeşit) ve Honghuadajinyuan'da (HHDJY, soğuğa toleranslı çeşit) üşüme stresi altındaki CAT aktivitesini araştırmıştır. Bu çalışmada, HHDJY sürgünlerinde CAT aktivitesi çok az etkilenmiştir. Ancak, HHDJY köklerinde, CAT aktivitelerini arttırmıştır. MSk326 için, soğutma uygulaması, köklerde CAT aktivitesini azaltmıştır. Soğutma stresi altındaki CAT aktivitesinin ve CAT içeren regresyon denklemlerinin, tütünün fide büyüme hızının tahmininde kullanılabileceği bulunmuştur. Ancak Gechev ve ark. (2003), soğutmanın tütündeki katalaz aktivitelerinde bir azalmaya neden olduğunu ve düşük sıcaklıklarda gözlenen azalan katalaz aktivitesinin özellikle ROS ve  $H_2O_2$  birikiminden sorumlu olabileceğini bildirmiştir.

Chen ve ark. (2010), üşüme stresi uyguladıkları bitkilerde yaptıkları çalışmada, kontrole kıyasla üşüme stresinin SOD, CAT ve POD aktivitelerinde, GSH/GSSG miktarında azalmaya yol açtığını, MDA konsantrasyonunun ise arttığını göstermiştir. Bununla birlikte, tohumlar CO<sub>2</sub> lazer radyasyonu ile ön işleme tabi tutulduğunda ve ardından üşüme stresine maruz bırakıldığında, bu parametrelerin tümü artarken MDA konsantrasyonu tek başına üşüme stresine kıyasla azalmıştır.

Glutasyon, ROS'u detoksifiye eden ve bitkileri oksidatif hasardan koruyan en önemli antioksidanlardan biridir. Glutasyon iki farklı formda bulunur: indirgenmiş form (GSH) ve oksitlenmiş disülfit formu (GSSG). Bir antioksidan olarak hareket ederken GSH, GSSG'ye oksitlenir ve glutasyonun antioksidan işlevi esas olarak indirgenmiş formuna bağlanır. Bu nedenle, bitkilerin yüksek oranda indirgenmiş glutasyon GSH/GSSG oranında tutması gerekir ve GSH, bitki yapraklarının hem kloroplastında hem de sitozolünde sentezlenebilir. Ek olarak, elektron donörü olarak NADPH ile glutasyon redüktaz (GR, EC 1.6.4.2), askorbat-glutasyon döngüsünde yer alan GSSG'nin GSH'ye indirgenmesini katalize edebilir. Askorbat-glutasyon döngüsü, kloroplastta ROS detoksifikasyonunun ana yolu olarak kabul edilir. Bu döngüde GSH'ye ek olarak bir başka önemli antioksidan askorbat daha vardır (Shu ve ark., 2011).

Blokhina ve ark. (2003), bitkilerin üşüme toleransının artan miktarlarda antioksidanlar ve radikal süpürücü enzimlerin artan aktivitesi ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Soğuğa toleranslı bir mısır genotipinin, üşümeye duyarlı bir mısır genotipinden daha yüksek GR aktivitesine sahip

olduğu gösterilmiştir (Leipner ve ark., 1999). Ancak Kunk ve ark. (2003) çalışma süresi boyunca herhangi bir zamanda soğuğa alıştırmış ve iklimlendirilmemiş yapraklar arasında GR izozimlerinin aktivitesinde farklılıklar gözlemlendiğini göstermiştir. Ek olarak, bu çalışmada, soğuk iklimlendirmenin, soğuk sıcaklığa maruz kaldığında iklimlendirilmemiş bitkilere kıyasla köklerde GR aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir.

Hodges ve ark. (1997), GR gibi bazı enzimlerin aktivitelerinin, kontrollere göre soğutulmuş hatlarda yükseldiğini, tüm mısır hatlarının bir dereceye kadar soğutma kaynaklı oksidatif stres yaşadığını ortaya koymuştur. Soğuğa toleranslı ve hassas mısır çeşitleriyle yapılan deneyler, toleranslı çeşitlerde hassas olanlara göre yapraklarda daha fazla GR aktivitesinin gözlemlendiğini göstermiştir. Bu, soğuklama sırasında hassas çeşitlerin yapraklarının, antioksidan enzimler arasındaki daha düşük aktivite ve koordinasyondan kaynaklanan O<sub>2</sub> - ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> biriktirebileceği anlamına gelmektedir (Aroca ve ark., 2001).

Huang & Guo (2005), pirincin antioksidatif sisteminin soğumaya tepkilerinin, toleranslı bir çeşit olan Xiangnuo-1 ve duyarlı bir çeşit olan IR-50'de araştırıldığını belirtmiştir. Xiangnuo-1'in glutatyon redüktaz aktiviteleri yüksek çıkarken, IR-50'nin aktiviteleri üşüme stresi altında azalmıştır. Sonuçlar, stres altında savunma enzimlerinin daha yüksek aktivitelerinin ve daha yüksek antioksidan içeriğinin üşüme toleransı ile ilişkili olduğunu göstermiştir.



Szal & ark. (2009), askorbat ve glutatyonun artan oksidasyonunun, daha düşük H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyeleri ile ilişkili olabileceğini göstermiştir. Zhang ve ark. (2010), pirinç (*Oryza sativa* L.), süper hibrit bir çeşit olan Liangyoupeijiu (LYPJ), ana çeşidi Peiai64s ve baba çeşidi indica pirinci 9311'de klorofil floresan ve antioksidatif sistemin özelliklerinin soğuk stresi altında araştırıldığını ve çalışmanın sonucunda, glutatyon redüktaz (GR) aktivitelerinin, ebeveyn çeşitlere göre LYPJ'de daha yüksek bulunarak stres koşullarına toleransı arttırdığını belirtmiştir.

Hodges ve ark. (1997), soğutma stresi altında dört doğal mısır hattında (*Zea mays* L.) antioksidan enzim aktivitesini araştırmıştır. ASPX'in aktivitesi, uzun süreli soğutma altında ilk yaprak aşaması için toleranslı hatlara göre üşümeye duyarlı hatlarda önemli ölçüde azalma göstermiştir. İlk yaprak aşamasındaki her iki soğutma işlemi için üşümeye duyarlı mısır hattında ASPX'in kontrol aktivitesinin daha düşük yüzdesinin, MDHAR'da olduğu gibi, bu enzimin toksik oksijen bileşiklerini detoksifiye etme kabiliyetinin, ilk yaprak aşamasındaki toleranslı hatlara göre daha az olduğunu bulmuşlardır. Ancak Gechev ve ark. (2003), soğuk stresinin toleranslı mısır çeşitlerinde hassas olanlara göre APX aktivitesini arttırdığını göstermiştir. Prasad ve ark. (1994) tarafından elde edilen benzer sonuçlar ve APX'in bitki sistemlerinde en baskın H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanan enzimler olduğunu bildirmişlerdir. APX'in esas olarak kloroplastlarda ve kısmen sitozolde lokalize olduğunu belirtmişlerdir.

Kang & Saltveit (2002), hıyar fidelerine uygulanan üşüme stresi sonucunda oluşan radikal oluşumun arttırdığını bildirmiştir. Kökleri 20

mm uzunluğunda olan fidelerde 48 saat boyunca 2.5 °C'de soğutma sonrasında büyüme %36 oranında engellenirken, 70 mm uzunluğundaki kökçüklerin büyümesi %63 oranında azalmıştır. APX aktivitesi, soğutmadan önce 20 mm uzunluğundaki köklerde 70 mm uzunluğundaki köklerden daha yüksek bulunmuştur. Görünen o ki, daha yüksek APX, CAT ve DPPH-radikal süpürme aktiviteleri ve 20 mm uzunluğundaki köklerde üşümeyi takiben 25 °C'de ve sonraki büyüme sırasında sürekli APX aktivitesi, daha yüksek üşüme toleransına karşılık gelmektedir. APX, CAT ve DPPH'nin aktiviteleri, üşüme toleransı ile pozitif olarak ilişkili görünmektedir. Prasad ve ark. (1997), iklime alıştırmış ve iklimlendirilmemiş fideler arasında SOD ve APX aktivitelerinin gözlemlendiğini bildirmiş olup mısır fidelerinde üşüme toleransını indüklemek için toplam enzim aktivitelerinin artmasının gerekli olmayabileceği, ancak bunların yapısal seviyelerinin ancak yeterli olabileceği hipotezi öne sürülmüştür. Kunk ve ark. (2003) pirinçte soğuğa alıştırmış ve alıştırmamış yapraklar arasında iklime alışma ve ardından toparlanma sırasında yapraklarda ve köklerde APX aktivitesinde önemli bir değişiklik gözlemlendiğini göstermiştir. Yani, APX aktivitesi, iklime alışma ve ardından soğuma ve toparlanma sırasında soğuk iklime alışmış yaprak ve köklerde iklime alışmamış yaprak ve köklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Lee & Lee (2000), APX'in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi temizlemede veya kullanmada da önemli bir antioksidan enzim olduğunu belirlemiştir. Salatalık yapraklarında, üşüme stresi toplam APX aktivitelerinin artmasına neden olmuş ve APX-4 ve APX-5 izozimlerinin tercihli

indüksiyonundan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Li ve ark. (2011), soğutmanın ROS ve MDA seviyelerini arttırdığını, bitki büyümesini engellediğini ve daha yüksek solmuş salatalık yaprakları yüzdesine neden olduğunu bildirmiştir. Ancak Szal ve ark. (2011), MSC16'da soğutmanın toplam askorbatı azalttığını, ancak salatalıkta AsA/DHA oranını arttırdığını bildirmiştir.

Liu ve ark. (2009), EBR ile muamele edilmiş hücrelerin, *Chorispora bungeana*'daki kontrole kıyasla düşük sıcaklıklara maruz kaldıktan sonra daha yüksek canlılık sergilediğini araştırmıştır. Soğutma stresi altında, EBR uygulaması ile önemli ölçüde inhibe edilen kültürlenmiş hücrelerde reaktif oksijen türleri (ROS) seviyeleri ve lipid peroksidasyonu arttığı belirtilmiştir. Askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT), peroksidaz (POD) ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan enzimlerin aktiviteleri soğutma işlemleri sırasında artmış olup, bu artışlar EBR uygulanan süspansiyon hücrelerinde daha belirgin olmuştur.

Wang ve ark. (2009), yoncanın (*Medicago sativa* L.) üşüme stresine adaptasyonunu anlamak için, tohum çimlenmesi sırasında antioksidan mekanizmasını analiz etmişlerdir. Soğutma işleminden sonra Xinmu No. 1, Northstar'dan daha yüksek fide büyümesi göstermiştir. Xinmu No. 1, Northstar ile karşılaştırıldığında düşük seviyelerde hidrojen peroksit ve lipid peroksidasyonu sergilemiştir. Ek olarak, Xinmu No. 1'de soğutma ile muamele edilen sürgünler, Northstar'inkinden daha yüksek askorbat peroksidaz (APX) aktiviteleri gösterirken, Xinmu No. 1, Northstar'a göre köklerde daha yüksek APX aktivitesi göstermiştir.

Araştırmacılar, uşıme stresi altında Xinmu No. 1'deki ylıksek antioksidasyon aktivitesinin, çimlenme sırasında uşıme koşuluna tolerans ile iyi bir şekilde ilişkili olduğunu bildirmiştir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, antioksidan enzim aktivitelerinin tuz, kuraklık ve uşıme streslerine karşı koruyucu rol oynadığı ve bitkilerde strese karşı direncin sağlanmasında antioksidan savunma mekanizmalarının etkili olduğu farklı bitki turleriyle yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Çalışmaların sonuçları, tuza toleraslı genotiplerin fidelerinin tuzlulukta SOD, CAT, APX ve GR gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini arttırarak strese karşı daha iyi korumaya sahip olabileceğini gostermiştir.

## KAYNAKLAR

- Aktaş, H. (2002). Selection and Physiological Characterization of Pepper for Resistance to Salinity Stress. PhD Thesis, Institute of Applied and Natural Science, University of Cukurova. Türkiye, p.105.
- Ali, B., Hasan, S.A., Hayat, S., Hayat, Q., Yadav, S., Fariduddin, Q.& Ahmad, A. (2008). A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Environ Exp Bot*, 62: 153-159.
- Amirjani, M.R. (2010). Effects of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. *American Journal of Physiology*, 5: 350-360.
- Aroca, R., Irigoyen, J.J., & Sanchez-Diaz, M. (2001). Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against oxidative stress during chilling and subsequent recovery in two maize varieties differing in chilling sensitivity. *Plant Science*, 161: 719-726.
- Asada, K. (1994). Mechanisms for Scavenging Reactive Molecules Generated in Chloroplast Under Light Stress. In: Baker, N.R.
- Asada, K. (1999). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 50: 601-639.
- Attia, H., Arnaud, N., Karray, N., & Lachaal, M. (2008). Long-term effects of mild salt stress on growth, ion accumulation and superoxide dismutase expressing of *Arabidopsis rosette* leaves. *Physiol Plant*, 132: 293-305.
- Badger, M.R. (1985). Photosynthetic oxygen exchange. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 36: 27-53.
- Blokhina, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K.V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Annals of Botany*, 91: 179-194.
- Bryan, D. (1996). Oxydative Stres. McKersie, University of Guelph.

- Cakmak, I. (1994). Activity of ascorbate-dependent H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium and potassium deficient leaves, but not in phosphorus deficient leaves. *J. Exp. Bot.*, 45: 1259-1266.
- Chen, Y.P., Jia, J.F., & Yue, M. (2010). Effect of CO<sub>2</sub> laser radiation on physiological tolerance of wheat seedlings exposed to chilling stress. *Photochemistry and Photobiology*, 86(3): 600-605.
- Costa, P.H.A., de Azevedo Neto, A.D., Bezerra, M.A., Prisco, J.T., & Gomes-Filho, E. (2005). Antioxidant-enzymatic system of two sorghum genotypes differing in salt tolerance. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(4).
- Cuartero, J. & Fernandez-Munoz, R. (1999). Tomato and salinity. *Sci Hort.*, 78: 83-125.
- Davenport, S.B., Gallego, S.M., Benavides, M.P., & Tomaro, M.L. (2003). Behaviour of antioxidant defense system in the adaptive response to salt stress in *Helianthus annuus* L. cell. *Plant Growth Regul.*, 40: 81-88.
- Dionisio-Sese, M.L. & Tobita, S. (1998). Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Sci.* 135: 1-9.
- Dolatabadian, A., Sanavy, S.A.M.M., & Chashmi, N.A. (2008). The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidant and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194: 206-213.
- Elstner, E.F. (1991). Mechanisms of Oxygen Activation in Different Compartments of Plant Cells. In: Pell, E.J. and Steffen, K.L., Eds., *Active Oxygen/Oxidative Stress and Plant Metabolism*, American Society of Plant Physiologists, Rockville: 13-25.
- Ercan, E. (2008). Effect of Drought and Salt Stresses on Antioxidant Defense System and Physiology of Lentil (*Lens culinaris* M.) Seedlings, A Thesis Submitted to The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, 107 p.
- Fariduddin, Q., Yusuf, M., Chalkoo, S., Hayat, S., & Ahmad, A. (2011). 28-homobrassinolide improves growth and photosynthesis in *Cucumis sativus* L.

- through an enhanced antioxidant system in the presence of chilling stress. *Photosynthetica*, 49(1): 55-64.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A., Cheema, Z.A., Cheema, M.A., & Khaliq, A. (2008). Physiological role of exogenously applied glycinebetaine in improving drought tolerance of fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *J Agron Crop Sci*, 194: 325-333.
- Foyer, C.H. & Harbinson, J. (1994). Oxygen Metabolism and The Regulation of Photosynthetic Electron Transport. In: Foyer, C.H. & Mullineaux, P.M. (Eds), *Causes of Photooxidative Stress and Amelioration of Defense Systems in Plants*. CRC, Boca Raton, p. 1-42.
- Foyer, C.H. & Noctor, G. (2000). Oxygen processing in photosynthesis: Regulation and signalling. *New Phytol.*, 146: 359-388.
- Fu, J. & Huang, B. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Environ Exp Bot.*, 45(2): 105-114.
- Gechev, T., Willekens, H., Montagu, M.V., Inzé, D., Camp, W.V., Toneva, V., & Minkov, I. (2003). Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress. *J. Plant Physiol.*, 160: 509-515.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., & Lucas, M.C. (1994a). Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Science*, 34: 706-714.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., Marney, M.M., & Banks, S.W. (1994b). The effects of NaCl on anti-oxidant enzyme activities in callus tissue of salt-tolerant and salt-sensitive cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.). *Plant Cell Reports*, 13: 498-503.
- Halliwell, B. & Gutteridge, J.M.C. (1986). Oxygen free radicals and iron in relation to biology and medicine: some problems and concepts. *Arch Biochem Biophys*, 246: 501-514.
- Hodges, M.D., Andrews, C.J., Johnson, D.A., & Hamilton, R.I. (1997). Antioxidant enzyme responses to chilling stress in differentially sensitive inbred maize lines. *Journal of Experimental Botany*, 48(310): 1105-1113.

- Huang, M. & Guo, Z. (2005). Responses of antioxidative system to chilling stress in two rice cultivars differing in sensitivity. *Biologia Plantarum*, 49(1): 81-84.
- Jahnke, L.S., Hull, M.R., & Long, S.P. (1991). Chilling stress and oxygen metabolizing enzymes in *Zea mays* and *Zea diploperennis*. *Plant Cell Environ*, 14: 97-104.
- Jung, S. (2004). Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. *Plant Science*, 166: 459-466.
- Kadioğlu, A. (2004). Bitki Fizyolojisi. Trabzon: Lokman Yayın, 453.
- Kalefetoğlu, T. & Emekçi, Y., (2005). The effect of drought on plants and tolerance mechanisms. *G.U. Journal of Science*, 18(4): 723-740.
- Kang, G., Wang, C., Sun, G., & Wang, Z. (2003). Salicylic acid changes activities of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 9-15.
- Kang, H.M. & Saltveit, M.E. (2002). Reduced chilling tolerance in elongating cucumber seedling radicles is related to their reduced antioxidant enzyme and DPPH-radical scavenging activity. *Physiologia Plantarum*, 115(2): 244-250.
- Karanlık, S. (2001). Resistance to Salinity in Different Wheat Genotypes and Physiological Mechanisms Involved in Salt Resistance. Ph.D. Thesis, Institute of Natural and Applied Science, University of Cukurova, Adana, p.122.
- Karpinski, S. & Muhlenbock, P. (2007). Genetic, molecular and physiological mechanisms controlling cell death, defenses, and antioxidant network in response to abiotic and biotic stresses in plants. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 146: 60-66.
- Kim, S.Y., Lim, J.H., Park, M.R., Kim, Y.J., Park, T.I., Seo, Y.W., Choi, K.G., Yun, S.J. (2005). Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress. *Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 38(2): 218-224.
- Koca, H. (2007). Effects of Salt Stress on Physiological and Biochemical Characteristics of Different Sesamum Cultivars, University of Ege, Department of Biology, 132 p.



- Korkmaz, A., Demir, Ö., Kocaçınar, F., & Cuci, Y. (2016). Biber fidelerinde yapraktan yapılan melatonin uygulamalarıyla üşüme stresine karşı toleransın artırılması. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19(3): 348-354.
- Kratsch, H.A. & Wise, R.R. (2000). The ultrastructure of chilling stress. *Plant, Cell and Environment*, 23: 337-350.
- Ksouri, R., Megdiche, W., Falleh, H., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Smaoui, A., & Abdelly, C. (2008). Influence of biological, environmental and technical factors on phenolic content and antioxidant activities of Tunisian halophytes. *Comptes Rendus Biologies*, 331(11): 865-873.
- Kumar, S., Malik, J., Thakur, P., Kaistha, S., Sharma, K.D., Upadhyaya, H.D., Berger, J.D., & Nayyar, H. (2011). Growth and metabolic responses of contrasting chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to chilling stress at reproductive phase. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(3): 779-787.
- Kunk, Y.I., Shin, J.S., Burgos, N.R., Hwang, T.E., Han, O., Cho, B.H., Jung, S., & Guh, J.O. (2003). Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants. *Crop Science*, 43(6): 2109-2117.
- Kuşvuran, S. (2010). Relationships Between Physiological Mechanisms of Tolerances to Drought and Salinity in Melons. PhD Thesis, Department of Horticulture, Institute of Natural and Applied Sciences, University of Çukurova, Türkiye, 356 p.
- Kusvuran, S., Ellialtıoglu, S., Yasar, F., & Abak, K. (2007). Effects of salt stress on ion accumulations and some of the antioxidant enzymes activities in melon (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2(5): 351-354.
- Lechno, S., Zamski, E., & Telor, E. (1997). Salt stress induced responses in cucumber plants. *J Plant Physiol*, 150: 206-211.
- Lee, D.H. & Lee, C.B. (2000). Chilling stress- induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays. 159(1): 75-85.

- Lee, D.H., Young, S.K., & Lee, C.B. (2001). The inductive responses of the antioxidant enzymes by salt stress in the rice (*Oryza sativa* L.). *J Plant Physiol*, 158: 737-745.
- Li, Q., Yu, B., Gao, Y., Dai, A.H., & Bai, J.G. (2011). Cinnamic acid pretreatment mitigates chilling stress of cucumber leaves through altering antioxidant enzyme activity. *Journal of Plant Physiology*, 168: 927-934.
- Li, Y. (2009). Physiological responses of tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*) to salt stress. *Modern Applied Science*, 3(3): 171-176.
- Lin, C.C. & Kao, C.H. (2000). Effect of nacl stress on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolism in rice leaves. *Plant Growth Regul.*, 30: 151-155.
- Liu, Y., Zhao, Z., Si, J., Di, C., Han, J., & An, L. (2009). Brassinosteroids alleviate chilling-induced oxidative damage by enhancing antioxidant defense system in suspension cultured cells of *Chorispora bungeana*. *Plant Growth Regulation*, 59(3): 207-214.
- Lopez, M.V. & Satti, S.M.E. (1996). Calcium and potassium- enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Sci.*, 114: 19-27.
- Makela, P., Kontturi, M., Pehu, E., & Somersalo, S. (1999). Photosynthetic response of drought and salt-stressed tomato and turnip rape plants to foliar- applied glycinebetaine. *Physiol. Plant.*, 105: 45-50.
- Mehler, A.H. (1951). Studies on reactions of illuminated chloroplasts: I. mechanism of the reduction of oxygen and other hill reagents. *Arch. Biochem. Biophys.*, 33: 65-77.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A., & Cambria, J. (2002). Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Environ Exp Bot*, 49: 69-76.
- Mittova, V., Guy, M., Tal, M., & Volokita, M. (2004). Salinity upregulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *J. Exp. Bot.*, 55: 1105-1113.
- Pinheiro, C., Passarinho, J.A., & Ricardo, C.P. (2004). Effect of drought and rewatering on the metabolism of *Lupinus albus* organs. *J Plant Physiol*, 161: 1203-1210.

- Prasad, T.K. (1997). Role of catalase in inducing chilling tolerance in pre-emergent maize seedlings. *Plant Physiol.*, 114: 1369-1376.
- Prasad, T.K., Anderson, M.D., & Stewart, C.R. (1994a). Acclimation, hydrogen peroxide, and abscisic acid protect mitochondria against irreversible chilling injury in maize seedlings. *Plant Physiol.*, 105: 619-627.
- Prasad, T.K., Anderson, M.D., Martin, B.A., & Stewart, C.R. (1994b). Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell*, 6: 65-74.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Jutur, P.P., & Sumithra, K. (2004). Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba* L.) cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 52: 33-42.
- Sairam, R.K., Deshmukh, P.S., & Saxena, D.C. (1998). Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. *Biologia Plantarum*, 41: 387-394.
- Sang, H.L., Ahsan, N., Lee, K.W., Kim, D.H., Lee, D.G., Kwak, S.S., Kwon, S.Y., Kim, T.H., & Lee, B.H. (2007). Simultaneous overexpression of both CuZn superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in transgenic tall fescue plants confers increased tolerance to a wide range of abiotic stresses. *J Plant Physiol*, 64: 1626-1638.
- Scandalios, J.G. (1997). Molecular Genetics of SOD In Plants. In: Scandalios, J.G. (Ed), *Oxidative Stress and The Molecular Biology of Antioxidant Defense*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, p. 527-568.
- Sevengör, S. (2010). Investigation of Some Antioxidant Enzyme Activities in Pumpkin Genotypes Under Salt Stress in Terms of in Vitro and in Vivo. PhD Thesis, Institute of Natural and Applied Science, University of Ankara. Türkiye, 165 p.
- Shalata, A. & Tal, M. (1998). The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiology Plant.*, 104: 169-174.
- Shu, D.F., Wang, L.Y., Duan, M., Deng, Y.S., & Meng, Q.W. (2011). Antisense-mediated depletion of tomato chloroplast glutathione reductase enhances

- susceptibility to chilling stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(10): 1228-1237.
- Silvana, B.D., Gallego, S.M., Benavides, M.P., & Tomaro, M.L. (2003). Behavior of antioxidant defense system in the adaptive response to salt stress in *Helianthus annuus* L. *Cells. Plant Growth Regulation*, 40: 81-88.
- Siringam, K., Juntawong, N., Cha-Um, S., & Kirdmanee, C. (2011). Salt stress induced ion accumulation, ion homeostasis, membrane injury and sugar contents in salt-sensitive rice (*Oryza sativa* L. spp. *indica*) roots under isoosmotic conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10: 1340-1346.
- Smirnoff, N. & Wheeler, G.L. (2000). Ascorbic acid in plants: Biosynthesis and function. *Crit Rev Plant Sci*, 19: 267-290.
- Sreenivasulu, N., Sopory, S.K., & Kavi-Kishor, P.B. (2007). Deciphering the regulatory mechanisms of abiotic stress tolerance in plants by genomic approaches. *Gene*, 388:1-13.
- Szal, B., Lukawska, K., Zdolinska, I., & Rychter, A.M. (2009). Chilling stress and mitochondrial genome rearrangement in the MSC16 cucumber mutant affect the alternative oxidase and antioxidant defense system to a similar extent. *Physiologia Plantarum*, 137: 435-445.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. 3. Edition, Sinuoer Press.
- Talhouni, M., Günalp, B., Yaşar, F., Kuşvuran, Ş., Uzal, Ö., & Ellialtıoğlu, Ş. (2013). The effects of JA treatment on the growth and some enzyme activities of eggplant embryos grown in vitro under salt stress conditions. *Research Journal of Biotechnology*, 8(12): 101-106.
- Torsethaugen, G., Pitcher, L.H., Zilinskas, B.A., & Pell, E.J. (1997). Over production of ascorbate peroxidase in the tobacco chloroplast does not provide protection against ozone. *Plant Physiol.* 114(2): 529-537.
- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F., & Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci.*, 168: 223-231.

- Üzal, Ö. (2009). Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinde Jasmonik Asitin Bitki Gelişimi ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Uzal, Ö. (2017). The effect of GA<sub>3</sub> applications at different doses on lipid peroxidation, chlorophyll, and antioxidant enzyme activities in pepper plants under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 8(26): 5283-5288.
- Uzal, O., Baslak, L., & Yasar, F. (2022). Effects of external melatonin treatments on morphological and physiological changes in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings against chilling stress. *Gesunde Pflanzen*, 1-11.
- Uzal, O., Yasar, F., & Yasar, O. (2019). Effects of different doses of exogenous gibberellic acid on total plant weight, lipid peroxidation, and antioxidant enzyme activities of eggplant seedling under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11A): 8378-8382.
- Üzal, Ö., Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., & Özpay, T., (2007). Karpuz (*Citrillus lanatus*) genotiplerinde, tuz stresinden kaynaklanan oksidatif zararlanmanın zamana göre değişimi ve skala ile ilişkisinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12: 59-64.
- Van Camp, W., Capiau, K., Van Montagu, M., Inze, D., & Slooten, L. (1996). Enhancement of oxidative stress tolerance in transgenic tobacco plants over producing Fe-superoxide dismutase in chloroplasts. *Plant Physiol.*, 112: 1703-1714.
- Walker, M.A. & McKersie, B.D. (1993). Role of ascorbate-glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. *J. Plant Physiol.*, 141: 234-239.
- Wang, W.B., Kim, Y.H., Lee, H.S., Deng, X.P., & Kwak, S.S. (2009). Differential antioxidation activities in two alfalfa cultivars under chilling stress. *Plant Biotechnology Reports*, 3(4): 301-307.
- Wang, X., Wei, Z., Liu, D., & Zhao, G. (2011). Effects of NaCl and silicon on activities of antioxidative enzymes in roots, shoots and leaves of alfalfa. *African Journal of Biotechnology*, 10(4): 545-549.

- Willekens, H., Chamnongpol, S., Davey, M., Schraudner, M., Langebartels, C., Van, Montagu, M., & Van, Camp, W. (1997). Catalase is a sink for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and is indispensable for stress defense in C-3 plants. *EMBO J.*, 16: 4806-4816.
- Xu, S.C., Li, Y.P., Hu, J., Guan, Y.J., Ma, W.G., Zheng, Y.Y., & Zhu, S. (2010). responses of antioxidant enzymes to chilling stress in tobacco seedlings. *Agricultural Sciences in China*, 9(11): 1594-1601.
- Yaşar, F. & Ellialtıoğlu, Ş. (2013). Antioxidative Responses of some eggplant genotypes to salinity stress. *YYÜ Tar Bil Derg (YYU J AGR SCI)*, 23(3): 215-221.
- Yasar, F. & Uzal, O. (2021a). Effect of applications of different potassium (K<sup>+</sup>) doses on antioxidant enzyme activities in pepper plants under salt stress. *Journal of Elementology*, 26(4): 905-912.
- Yasar, F. & Uzal, O. (2021b). Effects of nitric oxide application on antioxidant enzyme activities of pepper plants under drought stress. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(4): 846-853.
- Yaşar, F. (2003). Investigation of Some Antioxidant Enzyme Activities in Eggplant Genotypes Grown Under Salt Stress In Vitro and In Vivo. PhD Thesis, Institute of Natural and Applied Science, University of Yuzuncu Yıl. Türkiye. 139 p.
- Yasar, F., Ellialtıoğlu, S., & Yildiz, K. (2008). Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and chlorophyll content in green bean. *Russian Journal of Plant Physiology*, 55(6): 782-786.
- Yasar, F., Kusvuran, S., & Ellialtıoğlu, S. (2006). Determination of anti-oxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. *J of Horticultural Science and Biotechnology*, 81: 627-630.
- Yasar, F., Kusvuran, S., & Ellialtıoğlu, S. (2012). Tuzluluk ve kuraklık stresi çalışmalarında antioksidant enzim aktiviteleri ile dayanıklılık arasındaki ilişkilerin incelenmesi. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, Konya, 12-14 Eylül 2012, s. 472-477.
- Yasar, F., Manar, T., Ellialtıoğlu, S., Kusvuran, S., & Uzal, O. (2013a). SOD, CAT, GR and APX enzyme activities in callus tissues of susceptible and tolerant

- eggplant varieties under salt stress. *Research Journal of Biotechnology*, 8 (11): 45-51.
- Yasar, F., Uzal, O., Kose, S., Yasar O., & Ellialtioglu, S. (2014). Enzyme activities of certain pumpkin (*Cucurbita* spp) species under drought stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(4): 1093-1099.
- Yasar, F., Uzal, O., Ozpay, T., & Yasar, O. (2013b). Investigation of the relationship between the tolerance to drought stress levels and antioxidant enzyme activities in green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Afr. J. Agric. Res*, 8: 5759-5763.
- Yasar, F., Yıldırım, O., & Uzal, O. (2020). Investigation of the effect of calcium applications on antioxidative enzyme activities in pepper plant under salt stress. *(ISPEC) Journal of Agr. Sciences*, 4(2): 346-357.
- Zabalza, A., Ga'ívez, L., Marino, D.M., Arrese-Igor, C., & Gonza'lez, E.M. (2008). The application of ascorbate or its immediate precursor, galactono-1, 4-lactone, does not affect the response of nitrogen-fixing pea nodules to water stress. *J Plant Physiol*, 165: 805-812.
- Zhang, Y.H., Chen, L.J., He, J.L., Qian, L.S., Wu, L.Q., & Wang, R.F. (2010). Characteristics of chlorophyll fluorescence and antioxidative system in super-hybrid rice and its parental cultivars under chilling stress. *Biologia Plantarum*, 54(1): 164-168.
- Zhou, B., Guo, Z., & Liu, Z. (2005). Effects of abscisic acid on antioxidant systems of *Stylosanthes guianensis* (Aublet) Sw. under chilling stress. *Crop Sci*. 45: 599-605.

## BÖLÜM 10

### FARKLI FAMILİYALARA AİT SEBZE TÜRÜ FİLİZLERİ VE MİKROYEŞİLLİKLERİ

Doç. Dr. Burcu TUNCER<sup>1\*</sup>

---

<sup>1\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye. brctuncer@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4402-4536





## GİRİŞ

Filiz (sprout) ve mikroyeşillik (microgreen) kavramları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Filizler genellikle karanlık koşullarda yüksek oransal nem altında yetiştirilirler. Kotiledon yapraklar henüz gelişmemişken ve gerçek yaprakların oluşumu başlamamışken, genellikle tohum hidrasyonundan 3-5 gün sonra hasat edilirler. Filizlerde tüketilen kısım kökü, tohumu ve sürgünü ile tüm bir bitki kısmıdır. Filiz tüketimi, insanlık tarihinde oldukça eski olup, Eski Mısırlılar dönemine (M.Ö. 3000) kadar dayanmaktadır (Abdallah, 2008; Ebert, 2022). Filizlerin olgunlaşması genellikle 1 haftadan kısa sürerken, mikroyeşillikler türlere göre değişmekle birlikte fide çıkışından itibaren 7-20 gün içinde hasat edilirler. Yumuşak, olgunlaşmamış yeşillikler olarak tanımlanan mikroyeşillikler, filizlerden daha büyük, ancak bebek sebzeleri ve yeşilliklerden daha küçüktür. Mikroyeşilliklerde, tam gelişmiş kotiledon yapraklar ve küçük ilk gerçek yapraklar mevcuttur. Tüketilen kısımları ise; kotiledon yapraklar, ilk gerçek yapraklar ve gövde kısmıdır (Lee ve ark., 2004; Renna, 2015; Ebert, 2015; Ebert, 2022). Mikroyeşillikler, ilk olarak San Francisco ve Kaliforniya' da 1980'li yıllardan itibaren üretilmeye başlanmış, yoğun aromatik tatlara, çıtır dokulara, canlı renklere sahip olmaları nedeniyle salatalarda, sandviçlerde, çorbalarda, smoothie'lerde kullanımları giderek yaygınlaşmıştır (Kyriacou ve ark., 2019; Tuncer, 2022). Hem filizler hem de mikroyeşillikler, mineral madde ve fitokimyasal bileşikler yönünden o türün olgun haline göre daha yüksek

değerlere sahip olduklarından fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir.

Tüketimi yapılan mikroyeşillik türlerinin büyük çoğunluğu; Brassicaceae familyasına ait olmakla birlikte, Asteraceae, Chenopodiaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Amarillydaceae, Amaranthaceae, Leguminosae ve Cucurbitaceae familyalarına ait mikroyeşillik türleri de bulunmaktadır. Tuncer (2022) tarafından yapılan bir derleme çalışmasında, farklı araştırmacılar tarafından yapılmış Brassicaceae familyası grubu sebze türlerine ait mikroyeşillikler (roka, teregiller, su teresi, brokoli, beyaz lahanası, Savoy lahanası, kırmızı lahanası, yaprak lahanası, Collard lahanası, Çin yaprak lahanası, Çin lahanası, pak choi, tatsoi, karnabahar, alabaş, turp, vasabi, Brüksel lahanası, Japon hardalı ıspanağı veya komatsuna, mizuna, rapini veya ruvo lahanası ve şalgam) mineral madde ve fitokimyasal içerik yönünden karşılaştırılmış, bu türlere ait mikroyeşilliklerde kaliteyi etkileyenler faktörler (sıcaklık, ışık, yetiştirme ortamı, tohum uygulamaları, hasat öncesi uygulamalar ve hasat sonrası muhafaza koşulları) detaylı olarak ele alınmıştır.

Burada sunulan çalışmada ise, Brassicaceae familyası dışında kalan farklı familyalardan sebze türlerine ait filiz ve mikroyeşillikler üzerine yapılmış olan literatür çalışmalarına dair detaylı bilgilere yer verilmiştir.

## 1. FARKLI FAMILİYALARDAN SEBZE TÜRÜ MİKROYEŞİLLİKLERİNİN BESİN DEĞERİ

Farklı familyalara ait sebze türü mikroyeşilliklerinin mineral madde ve fitokimyasal içerikleri tür ve çeşitlere göre farklılık göstermektedir (Tablo 1 ve 2). Farklı sebze türü mikroyeşilliklerinin 100 g taze ağırlığında, türlere göre değişen oranlarda fosfor (P) (30.1-103.9 mg), potasyum (K) (69.7-473.5 mg), kalsiyum (Ca) (20.1-154.6 mg), magnezyum (Mg) (20-71.2 mg), sodyum (Na) (8-123 mg), demir (Fe) (0.19-1.88 mg) ve çinko (Zn) (0.44-1.57 mg) bulunmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1'deki mikroyeşillikler genel olarak değerlendirildiğinde; P yönünden çikori (103.9 mg/100 g), K yönünden marul (473.5 mg/100 g) ve çikori (449.6 mg/100 g), Mg (71.2 mg/100 g) ve Fe (1.88 mg/100 g) yönünden ıspanak, Ca bakımından çikori (154.6 mg/100 g) ve marul (146.6 mg/100 g), Na (123 mg/100 g) ve Zn (1.57 mg/100 g) bakımından ise havuç türlerinin zengin olduğu söylenebilmektedir. (Tablo 1).

Farklı sebze türü mikroyeşillikleri fitokimyasal içerik yönünden karşılaştırıldığında (mg/100 g taze ağırlık), türlere göre değişen oranlarda askorbik asit (C vitamini) (13.1-94.7),  $\alpha$ -tokorefol (4.9-53),  $\beta$ -karoten (0.6-58), lutein (1.3-23.9), K1 vitamini (0.6-3.3  $\mu$ g/g), toplam karotenoid (2.8-29.5), flavonoid (1.7-4.5), fenolik madde (14.6-35.9), protein (2.32-2.58 g/100g) ve klorofil (29.5-89.5) içermektedir (Tablo 2). Tablo 2' deki verilere göre, askorbik asit (C vitamini) yönünden en yüksek mikroyeşillik türlerinin havuç (65.6-94.7 mg/100 g) ve ıspanak (69-71.2 mg/100 g) olduğu,  $\alpha$ -tokoferol yönünden kişniş (53 mg/100

g), bezelye (35 mg/100 g) ve kırmızı pancar (34.5 mg/100 g) türlerinin, K1 vitamini yönünden kırmızı kuzu kulağı (3.3 µg/g) ve bezelye (3.1 µg/g) türlerinin, β-karoten (58 mg/100 g) ve lutein (23.9 mg/100 g) yönünden ise havuç türünün ön plana çıktığı görülmektedir.

**Tablo 1:** Farklı Familyalara Ait Sebze Türü Mikroyeşilliklerinin Mineral Madde İçerikleri (mg/100 g taze ağırlık)

Tür	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn
Havuç	35.9	314.5	55.1	38.1	123	0.44	1.57
Kışniş	4.14-6.64 <sup>1</sup>	15.60-41.39 <sup>1</sup>	6.46-19.58 <sup>1</sup>	4.27-6.19 <sup>1</sup>	0.48-4.80 <sup>1</sup>	-	-
Çikori	0.014-0.016 <sup>1</sup>	0.059-0.071 <sup>1</sup>	0.02-0.024 <sup>1</sup>	3.75-3.95 <sup>1</sup>	1.26-1.65 <sup>1</sup>	0.19-0.22 <sup>1</sup>	0.07 <sup>1</sup>
	94.4-103.9	373.6-449.6	127.2-154.6	23.7-25.2	8-10.5	1.21-1.41	0.44
Marul	0.010-0.016 <sup>1</sup>	0.06-0.09 <sup>1</sup>	0.02-0.03 <sup>1</sup>	3.85-4.55 <sup>1</sup>	1.33-9.11 <sup>1</sup>	0.082-0.305 <sup>1</sup>	0.090-0.096 <sup>1</sup>
	53.6-87.2	286.5-473.5	100.8-146.6	20-24.8	7.3-47.4	0.43-1.66	0.47-0.52
Soğan	30.1	273.9	32	22.8	40.9	0.99	1.35
Ispanak	56.1	69.7	20.1	71.2	20.8	1.88	1.33

<sup>1</sup>: kuru ağırlık (g/kg), -: ulaşamadı (Kaynak: Paradiso ve ark., 2018; Kyriacou ve ark., 2019; Allegretta ve ark., 2019; Castellino ve ark., 2019; Kyriacou ve ark., 2020; Ghoora ve ark., 2020a'dan yararlanılarak yazar tarafından modifiye edilmiştir.)

**Tablo 2:** Farklı Familyalara Ait Sebze Türü Mikroyeşilliklerinin Fitokimyasal İçerikleri (mg/100 g taze ağırlık)

Tür	Askorbik asit (C vit.)	$\alpha$ -tokoferol	$\beta$ -karoten	Lutein	K1 vit. ( $\mu$ g/g)	Toplam karotenoid	Toplam flavonoid	Toplam fenolik	Toplam protein (g/100 g)	Toplam klorofil
Havuç	65.6-94.7	15.5	58	23.9	-	-	4.5	35.6	2.42	43.3
Çikori		11.2 - 27.3				14.3-15.5		25.2-35.9		60.1 - 70.3
Kişniş	40.6	53.0	11.7	10.1	2.5	29.5	-	5.92 <sup>1</sup>	-	89.5
	13.1		8255 <sup>1</sup>	391.9 <sup>1</sup>	-	-	1.7	-	-	-
Soğan	29.9-41.6	15.2	3.8	13.8	-	-	-	21.4	-	29.5
Kereviz	45.8	18.7	5.6	5.0	2.2	13.2	-	-	2.58	-
Ispanak	69-71.2	17.1	6.1	8.7		12.2	2.4	14.6	2.32	35.3
Magenta ıspanak	41.6	14.2	5.3	3.2	0.6		-	-	-	-
Kırmızı pancar	28.8	34.5	7.7	5.5	1.9	16.9	-	-	-	-
Kuzu kulağı	20.4	9.3	5.2	4.2	1.7	10.7	-	-	-	-
Kuzu kulağı (kırmızı)	56.7	21.8	12.1	8.8	3.3	24.5	-	-	-	-
Bezelye filizi	25.1	4.9	0.6	2.7	0.7	4.3	-	-	-	-
Bezelye	50.5	35.0	8.2	7.3	3.1	19.4	-	-	-	-
Mısır	31.8	7.8	0.6	1.3	0.9	2.8	-	-	-	-

<sup>1</sup>: kuru ağırlık (mg/kg), -: ulaşılamadı Kaynak: (Xiao ve ark., 2012; ; Paradiso ve ark., 2018; Kyriacou ve ark., 2019; Castellino ve ark., 2019; Ghoora ve ark., 2020a; Ghoora ve ark., 2020b'den yararlanılarak yazar tarafından modifiye edilmiştir.)

## 2. FARKLI FAMILİYALARA AİT SEBZE TÜRÜ MİKROYEŞİLLİKLERİ ÜZERİNE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Havuç (*Daucus carota* L.)

Martínez-Zamora ve ark. (2021), 20°C'de 17 gün süreyle yetiştirilen havuç mikroyeşilliklerinde morfolojik ve bileşimsel değişimleri incelemiştir. Bu amaçla havuç filizlerini, 7 gün karanlıkta

yetiştirdikten sonra 3, 7 ve 10 gün boyunca 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyot düzenine tabi tutmuşlardır. Işık düzeni olarak floresans ışık, LED ışık (mavi+kırmızı, mavi+kırmızı+kırmızı ötesi) ve karanlık (kontrol) koşulları kullanmışlardır. Araştırma sonucunda, ışıklı koşullarının kontrol grubuna göre toplam antioksidant aktivite, biyoaktif bileşimler, hipokotil ve filiz uzunluğunu artırdığını tespit etmişlerdir. Her iki LED ışık düzeni (mavi+kırmızı ve mavi+kırmızı+kırmızı ötesi) ve floresans ışıkta fenolik madde içeriğinin kontrol grubuna göre sırasıyla % 45 ve % 65 ve % 32 oranında artış gösterdiğini, karotenoid miktarının ise mavi+kırmızı LED ışıkta daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, havuç filizlerinin yetiştiriciliğinde LED aydınlatmanın sağlığı teşvik edici bileşiklerin sentezini artırdığını belirtmişlerdir.

Hidroponik sistemde yetiştirilen mikroyeşilliklere biyostimulant uygulamaları kolaylıkla yapılabilmektedir. Biyostimulant uygulamaları ile mikroyeşilliklerin verim ve besin içeriğinde artış sağlanabilmektedir.

El-Nakhel ve ark. (2021), havuç mikroyeşilliklerini yüzen su kültüründe sera koşullarında yetiştirmişlerdir. Kök uygulaması olarak, besin solüsyonuna Leguminous orijinli bir protein hidrolizat (0.3 ml/l) ilave etmişlerdir. Araştırmacılar, besin solüsyonuna protein hidrolizat ilave edilmesinin, kontrol grubuna göre antosiyanin (%461.7), toplam fenolik madde (%12.4), çözülebilir protein (%20.6) ve toplam serbest amino asit içeriğini (%18.5) artırdığını tespit etmişlerdir. Havuç mikroyeşilliklerinin 100 g taze ağırlığında; 94.7 mg askorbik asit, 23.9

mg lutein, 43.3 mg toplam klorofil, 35.6 mg toplam fenolik madde ve 4.5 mg toplam flavonoid bulunduğunu, genel fitokimyasal bileşik indeks (OPCI) ve antioksidant potansiyel bileşik indeks değerlerinin ise ispanak olgun yaprağından daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Ghoora ve ark., 2020a).

### **2.2. Dereotu (*Anethum graveolens* L.)**

El-Nakhel ve ark. (2021), sera koşullarında hidroponik sistemde yetiştirilen dereotu (*Anethum graveolens* L.) mikroyeşilliklerinde besin solüsyonuna kök uygulaması olarak, Leguminous orijinli protein hidrolizat (0.3 ml/l) ilave edilmesinin, taze ağırlıkta (%13.5), askorbik asit (%17.2) ve çözülebilir protein miktarında (%18.5) artışa neden olduğunu saptamışlardır.

### **2.3. Maydanoz (*Petroselinum crispum*)**

El-Nakhel ve ark. (2021), maydanozda (*Petroselinum crispum* cv. Comune 2), 2 farklı hasat zamanının (mikroyeşillik ve bebek yeşillik) fitokimyasal içerik, makro ve mikro element içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar mikroyeşilliklerde bebek yeşilliklere göre daha fazla K ve P birikimi olurken, bebek yeşilliklerde ise Ca ve Mg birikiminin daha yüksek olduğunu, nitrat birikiminin ise %65.5 oranında daha az olduğunu saptamışlardır. Buna ek olarak, mikroyeşilliklerin 1.8 kat daha fazla lutein ve 2.8 kat daha fazla karoten içerdiği, bebek yeşilliklerin ise toplam askorbik asit (%183.6), toplam fenolik madde (%64.2) ve antioksidant aktivite (%170.3) bakımından daha zengin olduğunu belirtmişlerdir.



Giménez ve ark. (2021), maydanoz (*Portulaca oleracea* L.) mikroyeşilliklerini büyüme kabinlerinde floresans lamba ve 2 farklı LED ışık (kırmızı+mavi ve kırmızı ötesi) ( $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık yoğunluğu 16 saat aydınlık fotoperiyot düzeninde) sisteminde yetiştirmişlerdir. Bitkilere ayrıca 0 ve 80 mM NaCl uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, her iki LED ışık düzeninde de floresans ışığa göre verimde % 21 artış olurken, nitrat içeriğinde kırmızı+mavi ışıkta %81, kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışıkta %91 azalma olduğu saptanmıştır. En düşük oksalat içeriği ile yapraklardaki klor (Cl) ve sodyum (Na) içeriğinin her iki LED ışık siteminde de tuzlu koşullardan sağlandığı bildirilmiştir. Araştırmacılar tarafından ayrıca, kırmızı+mavi LED ışıkta yetiştirilen maydanoz mikroyeşilliklerinde toplam fenolik madde içeriğinin en yüksek olduğu, tuzlulukla birlikte flavonid, klorofil ve karotenoid miktarının azaldığı, yağ asidi içeriğinin ise ışık ya da tuz koşullarından etkilenmediği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda araştırmacılar, tuzlu koşullarda yetiştirilen maydanoz mikroyeşilliklerinde kırmızı+mavi ve kırmızı+mavi+kırmızı ötesi LED ışıkların verimi ve kimyasal bileşimi olumlu etkilediğini vurgulamışlardır. Samuoliené ve ark. (2016), maydanoz (*Petroselinum crispum*) mikroyeşilliklerinde, 638 nm ve 665 nm dalga boylu LED ışık uygulamasının antioksidant içeriği üzerine etkisini incelemişlerdir. Her iki dalga boyunda da antioksidant miktarının iyi olduğunu, ek kırmızı ışık uygulamasının  $\beta$ -carotene miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Zelenkov (2020), farklı maydanoz (*Petroselinum crispum* (Mill.) mikroyeşillik çeşitlerinde tohum çimlenmesi, verim ve antioksidant özellikleri araştırmışlardır. Araştırma sonunda, tohumların aktif

çimlenmesinin ekimden 7-11 gün sonra gerçekleştiği, karanlıkta çimlenmeden 14 gün sonra mikroyeşillik çeşitlerinin sürgün uzamasının tamamen durduğunu, farklı çeşitlerde tohum çimlenmesinde toplam antioksidant aktivitede artış (2.7-5.6 kat) olduğunu, yapraklı çeşitlerin kök çeşitlerinden daha verimli olduğunu belirtmişlerdir.

#### **2.4. Kişniş (*Coriandrum sativum*)**

Pannico ve ark. (2020), kişniş mikroyeşilliklerine topraksız tarım yönteminde 3 farklı sodyum selanat (0, 8 ve 16  $\mu\text{M}$  Se) uygulaması yaparak, selenyumun mikroyeşilliklerin biyoaktif bileşik ve mineral madde içeriğine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, 16  $\mu\text{M}$  selenyum uygulamasında toplam fenolik madde içeriğinin %21 verimin ise %44 oranında arttığını bildirmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada, kişniş (*Coriandrum sativum* L.) ve taze soğan (*Allium fistulosum* L.) mikroyeşilliklere sodyum selanat ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) (0, 2.5, 5 ve 10 mg/l) uygulamışlardır. Araştırmacılar, selenyum konsantrasyonunun artmasıyla en yüksek artışın taze soğanda görüldüğünü, her iki türde de en yüksek Se dozunda antioksidant kapasite ve toplam fenolik madde içeriğinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir (Newman ve ark., 2021).

#### **2.5. Ispanak (*Spinacia oleracea* L.)**

Katsenios ve ark. (2021), sera koşullarında yetiştirdikleri ıspanak mikroyeşilliklerini, ekimden önce (15, 30 ve 45 dakika), fide

döneminde (5, 10 ve 15 dakika) ve hasattan önce (10, 20 ve 30 dakika) olmak üzere farklı dönem ve sürelerde elektromanyetik alan uygulamalarına tabi tutmuşlardır. Araştırmacılar, elektromanyetik alan uygulamalarının kontrol grubuna göre mikroyeşilliklerin taze ve kuru ağırlığını artırdığını, hasat dönemi ve depolama sırasında yeşil renk oluşumunu olumsuz etkilemediğini ve sarı renk oluşumunu azalttığını belirtmişlerdir.

Mikroyeşilliklerin yetiştirilmesinde kompost sıklıkla kullanılan bir yetiştirme ortamıdır. Ancak daha ekonomik olmaları nedeniyle bazı lokal biyolojik materyallerin kullanımına da yönelim giderek artmaktadır. Muchajjib ve ark. (2015) tarafından Malabar ıspanağı (*Basella alba*) mikroyeşilliklerini yetiştirmek amacıyla farklı yetiştirme ortamları [(kum, turba, hindistan cevizi tozu, filtre edilmiş şeker kamışı keki, vermikompost, hindistan cevizi tozu + turba (1:1), hindistan cevizi tozu + filtre edilmiş şeker kamışı keki (1:1) ve hindistan cevizi tozu + vermikompost (1:1)] kullanmışlardır. Maksimum verimin ( $5.17 \text{ kg m}^{-2}$ ) hindistan cevizi tozu + turba (1:1) ortamından sağlandığını, 100 g taze ağırlıkta 7.05 g protein, 5.33 g lif, 18.1 mg Ca, 0.60 mg Fe olduğunu, 5°C'de 7 gün depolama sonunda maya, küf, *E. coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella* miktarının güvenli seviyede olduğunu saptamışlardır.

Petropoulos ve ark. (2021), ıspanak mikroyeşilliklerinin yetiştirilmesinde farklı konsantrasyonlarda Hoagland besin solüsyonunun (kontrol, 5, 10 ve 20) büyüme ve kimyasal bileşim üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla mikroyeşilliklere, besin

solüsyonlarını hasattan önce ve hasattan sonra olmak üzere 2 farklı dönemde uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, x20 Hoagland besin solüsyonu uygulamasında maksimum taze ağırlık, klorofil, lutein ve karoten içeriğine ulaşılrken, mineral madde (P, K, Ca ve Mg) içeriğinin en düşük düzeyde olduğunu, mineral madde içeriğinde en yüksek değerlerin kontrol ve x5 Hoagland besin solüsyonu uygulamasından elde edildiğini saptamışlardır. Araştırmacılar ayrıca, x10 Hoagland besin solüsyonuna tabi tutulan ıspanak mikroyeşilliklerinde, x20 besin solüsyonuna kıyasla, %70.7 oranında daha az nitrat birikimi olduğunu, toplam askorbik asit ve fenolik madde içeriğinde % 7 artış görüldüğünü, verimde ise % 12.6 oranında azalış olduğunu, tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde ise, ıspanak mikroyeşilliklerinin yetiştirilmesinde x10 Hoagland besin solüsyonunun daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

## **2.6. Pancar (*Beta vulgaris* L.)**

Pancar mikroyeşilliklerinin K, P ve Zn yönünden zengindir (Johnson ve ark., 2021). Acharya ve ark. (2021), pancar (*Beta vulgaris* L.) mikroyeşilliklerini 9-21 gün süreyle kontrollü koşullarda yetiştirerek bazı kalite parametrelerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar genel olarak incelenen parametrelerin 15. günde maksimumu seviyeye ulaştığını, klorofil ve karotenoid hariç incelenen diğer parametrelerde, 15. günden sonra görülen azalmanın istatistik olarak önemli bulunduğunu saptamışlardır ( $p < 0.05$ ). Araştırmacılar, 120 g taze pancar mikroyeşilliği tüketiminin günlük alınması tavsiye edilen askorbik asit miktarını karşıladığı ve güçlü bir antioksidant kaynağı olduğunu

bildirmişlerdir. Lee ve ark. (2004), pancar (*Beta vulgaris* L.) ve pazı tohumlarına çimlenme ve çıkış performansını artırmak amacıyla farklı tohum uygulamaları (*matriks priming* -1 MPa 12°C 6 gün vermikülit, *su ile ıslatma*-20°C 48 saat, *hidrojen peroksit*- %0.3 20°C 48 saat, *hidrojen klorit*-0.3 M 20°C 2 saat ve sodyum hipoklorit %4 20°C 3 saat) yapmışlardır. Araştırma sonucunda en iyi fide çıkışı performansının matriks priming uygulamasından elde edildiği, vermikulite ekilen pancar tohumlarının 2 gün, pazı tohumlarının ise 3 gün sonra çimlendiği, tohum ekiminden 11 gün sonra pancarda (0.33 kat) ve pazıda (2.79 kat) maksimum taze ağırlığa ulaşıldığı saptanmıştır.

Murphy ve ark. (2010), pancar (*Beta vulgaris* L.) mikroyeşilliklerinin yetiştiriciliğinde tohum topu uygulaması kullanmışlardır. Tohum topu uygulamasına bakılmaksızın, hidroponik besin film tekniklerinin kullanılmasının, turba içeren tepsilerde üretimine göre taze sürgün ağırlığında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Tohum topu uygulamasında, dikimden 7 gün sonra verimde %33-98 artış sağlandığını, bu oranın dikimden 15 gün sonra %75-144'lere ulaştığını, en yüksek taze sürgün ağırlığının ise 10.14 kg/m<sup>2</sup> olduğunu belirtmişlerdir. Rocchetti ve ark. (2020), kırmızı pancar (*Beta vulgaris*) mikroyeşilliklerini 4°C'de 10 gün süreyle depolamanın *in vitro* gastrointestinal sindirim ve fitokimyasal içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Analizler sonucu polifenoller ve lipidler ağırlıklı olmak üzere toplam 316 bileşik tespit edilmiştir. 10 günlük depolama sonunda, kırmızı pancarda maksimum (1.3 kat) fenolik madde içeriğine

ulaşıldığı, mikroyeşilliklerin *in vitro* sindirimi sonucunda ise toplam fenolik madde miktarında (%36-88) artış olduğu saptanmıştır.

### **2.7. Pazı (*Beta vulgaris* var. *cicla*)**

Bulgari ve ark. (2017), İsviçre pazısı (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) mikroyeşilliklerini hidroponik sistemde yetiştirerek, verim, mineral madde alımı ve kalite kriterlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, İsviçre pazısı mikroyeşilliklerinin taze ve kuru sürgün ağırlığı, yaprak alanı ve K içeriğinin, tere ve reyhan mikroyeşilliklerine göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

### **2.8. Çikori (*Cichorium intybus* L.)**

Orlando ve ark. (2022), *C. intybus* L. mikroyeşilliklerinde farklı LED ışık yoğunluğu (110, 220 ve 340  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ve spektrumlarının (% 65 kırmızı : % 35 mavi, % 47 kırmızı : % 19 yeşil, % 34 mavi) büyüme, verim ve besin kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Hasat edilen mikroyeşilliklerde, 110  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık yoğunluğunda büyüme ve fenolik madde içeriğinde azalma olduğu, yüksek ışık yoğunluğu (340  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ve yeşil dalga boyunun mikroyeşilliklerde fenolik madde birikimini olumlu etkilediği, toplam karotenoid içeriğinin ise dalga spektrumu kombinasyonlarına bakılmaksızın, orta düzeyde ışık yoğunluğunda arttığı tespit edilmiştir.

Lenzi ve ark. (2022), 5 farklı çikori (*Cichorium intybus* L.) ıslah genotipinde, LED ışık düzeyinin mikroyeşilliklerin yapraklarında, *Salmonella enterica* ve *Escherichia coli* kontaminasyonuna karşı

etkisini araştırmışlardır. Bakteriyel kontaminasyona daha yatkın olan genotipte (Witloof), yapraklarda daha iri stomaların bulunduğu, ancak karanlık koşullarda tutulan mikroyeşilliklerde kontaminasyona yatkın olan bu genotipte bile bakteri bulaşının, aydınlık koşullarda yetiştirilen diğer genotiplere göre önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır.

Renna ve ark. (2018), 2 farklı çikori (cv. Molfetta ve cv. Italico a costa rossa) ve 1 marul (cv. Bionda da taglio) çeşidinde, düşük K içeriğine sahip mikroyeşillikleri üretmek amacıyla, hidroponik sistemde farklı K seviyeleri (0, 29.1, 58.4 ve 117 mg/l) denemişlerdir. Araştırma sonucunda genotipten bağımsız olarak mikroyeşilliklerde, kontrol ve 29.1 mg/l K uygulamasında 100 g taze ağırlıkta 103 ve 129 mg K içeriğinin bulunduğu ve bu değerlerin kronik böbrek hastalarında günlük tavsiye edilen K alım değerleri (yaklaşık % 7.7-8.6) ile uyumlu olduğunu, daha yüksek K uygulamalarında (58.4 ve 117 mg/l) ise mikroyeşilliklerin K içeriğinin (225 ve 250 mg/100 g taze ağırlık) arttığını ve bu değerlerin kronik böbrek hastaları için günlük alınması tavsiye edilen K miktarından fazla olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, mikroyeşillikleri düşük K içeriğine sahip besin solüsyonlarında yetiştirmenin; bitki boyu, kuru madde miktarı ve görsel kaliteyi etkilemediğini, verimi ise çok az miktarda düşürdüğünü saptamışlardır.

### 2.9. Marul (*Lactuca sativa* L.)

El-Nakhel ve ark. (2020), 2 farklı yağ marulu (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) (cv. Salanova yeşil ve kırmızı ) çeşidinde farklı hasat

zamanlarının (mikroyeşillik ve olgun bitki dönemi) makro element ve fitokimyasal bileşim üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, her 2 çeşitte de Ca ve Mg yönünden mikroyeşilliklerin, P, K ve N bakımından ise olgun bitki yapraklarının daha zengin olduğu, klorofil, lutein ve karoten pigmentlerinin olgunluk döneminde arttığı ve her iki hasat aşamasında da kırmızı pigmentli çeşitte daha yoğun bulunduğu tespit edilmiştir. Buna ilave olarak, toplam fenolik madde miktarının her iki çeşitte de olgun bitki dönemine kıyasla mikroyeşillik döneminde daha yüksek olduğu, karotenoid miktarı bakımından ise olgun yaprakların daha zengin olduğu saptanmıştır.

Martínez-Ispizua ve ark. (2022), 11 marul çeşidini 3 farklı dönemde (mikroyeşillik, bebek yapraklar ve olgun bitki dönemi) hasat ederek, çeşit ve farklı hasat dönemlerinin besin içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonunda, askorbik asit ve fenolik madde içeriğinin erken dönemde hasat edilen marullarda sırasıyla % 42 (mikroyeşillik) ve %79 (bebek yaprak) oranla daha yüksek bulunduğu, özellikle kırmızı yapraklı çeşitlerde bu değerlerin daha da yükseldiği tespit edilmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, bitkilere besin stres uygulamaları ile bitkilerin fitokimyasal içeriklerinin artırılabilirdiği belirtilmektedir. Pannico ve ark. (2020), marul (*Lactuca sativa* L.) mikroyeşilliklerini, turba ortamında sadece bidistile su veya Hoagland besin solüsyonu olmak üzere 2 farklı ortamda yetiştirmişlerdir. Araştırma sonucunda, sadece turba ortamında bidistile su altında yetiştirilen mikroyeşilliklerde verimde %27 azalma olurken, toplam askorbik asit



(%187), antosiyan (%35) ve toplam fenolik madde (%26) miktarında önemli artışlar olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, ayrıca bidistile su uygulamasında mikroyeşilliklerin nitrat birikiminin önemli düzeyde azaldığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Pinto ve ark. (2015)'de yaptıkları çalışmada, marul mikroyeşilliklerinin olgun bitki kısımlarına göre çoğu mineral madde (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se ve Mo) bakımından daha zengin olduğunu ve daha düşük düzeyde nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) birikiminin olduğunu tespit etmişlerdir.

### **2.10. Bezelye (*Pisum sativum* L.)**

Senevirathne ve ark. (2019), bezelye mikroyeşilliklerinin (1871 mg/100 g kuru ağırlık) toplam fenolik madde miktarının, bezelye filizi (686 mg/100 g kuru ağırlık) ve tohumlarına (469 mg/100 g kuru ağırlık) göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Li ve ark. (2021), bezelye (*Pisum sativum* L.) mikro yeşilliklerini Kasım 2018 ve Ocak 2019 tarihlerinde olmak üzere 2 farklı dönemde yetiştirerek, gübreleme ve ekim öncesi ıslatma uygulamasının (20°C'de 6 saat 250 ml saf su) etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, tohumlara ekim öncesi ıslatma uygulaması yapılmasının, kontrol grubuna göre taze ve kuru sürgün ağırlığı ile mineral madde konsantrasyonunda önemli düzeyde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, ayrıca her 2 dönemde yapılan çalışma sonuçlarında da, mikroyeşilliklerin yetiştirilmesinde genel amaçlı suda çözülebilir gübre (20N:20P:20K) kullanılmasının Ca, Mg ve Mn hariç

diğer tüm makro ve mikro besin elementi miktarları ve taze sürgün ağırlığında artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Truzzi ve ark. (2021), bezelye mikroyeşilliklerinin kanser çoğalma ve pro-oksidant etkinliği üzerine etkisini araştırmak amacıyla RD-ES ve A673 Ewing sarcoma hatlarını kullanarak, mikroyeşilliklerinin yetiştirilmesinde floresans ışık (yeşil ve turuncu baskın spektrum) ve LED ışık (mavi ışık baskın spektrum) sistemlerinin etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, mikroyeşilliklerden elde edilen özütlerin, iki boyutlu kanser hücrelerinin (sarcoma hücreleri) çoğalmasını önemli ölçüde azalttığını, LED ışık altında yetiştirilen bezelye mikroyeşilliklerinden elde edilen özütlerin, üç boyutlu RD-ES ve A673 kürelerinin (erken kanser ilerlemesini engelleyici) çoğalmasını engelleyici etkide bulunduğunu saptamışlardır.

Wu ve ark. (2007), bezelye filizlerinin yetiştirilmesinde 96 saat süreyle uygulanan farklı LED ışıkların (kırmızı, mavi, beyaz) bazı parametreler üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, beyaz ışıkla karşılaştırıldığında, kırmızı LED ışığın gövde uzunluğu ve yaprak alanında, mavi ışığın ise gövde uzunluğu ve fide ağırlığında istatistik olarak önemli düzeyde artışa neden olduğunu ( $p < 0.05$ ), filizlerde karoten içeriğinin ise kırmızı ışık uygulamasında ( $54.47 \pm 2.35 \mu\text{g/g}$ ) diğer ışık uygulamalarına göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, sonuç olarak bezelye filizlerinde, kırmızı ışığın  $\beta$ -karoten ve antioksidant aktivite üzerine olumlu etki yapmasından dolayı beslenme ve sağlık açısından faydalı olduğunu, mavi ışığın ise fide

ağırlığı ve klorofil içeri üzerine olumlu etkide bulunduğunu vurgulamışlardır.

Johnson ve ark. (2021), bezelye filizlerinin lipid, fenolik madde ve alkaloid bakımından, makro elementlerden K ve P, mikro elementlerden ise Zn bakımından zengin olduğunu bildirmişlerdir.

### **2.11. Börülce (*Vigna unguiculata* L.)**

125 farklı börülce filizi karotenoid profili bakımından değerlendirildiğinde, börülce filizlerinde en fazla bulunan karotenoidin lutein ( $58 \pm 12.8$  mg/100 g) olduğu, bunu sırasıyla zeaxanthin ( $14.7 \pm 3.1$  mg/100 g) ve  $\beta$ -karotenin ( $13.2 \pm 2.9$  mg/100 g) takip ettiği saptanmıştır (Sodedji ve ark., 2022). Yeo ve ark. (2018), börülce (*Vigna unguiculata* L.) filizlerinde farklı LED ışıkların (kırmızı, mavi, beyaz ve kırmızı+mavi) bitki metabolizması üzerine etkisini incelediklerinde, mavi LED ışıkta yetiştirilen filizlerin toplam karotenoid ( $253.72 \pm 17.27$   $\mu$ g/g) ve fenilpropanoid ( $2600.51 \pm 4.90$   $\mu$ g/g) miktarının en yüksek olduğunu saptamışlardır.

### **2.12. Adzuki Fasulyesi (*Vigna angularis*) ve Maş Fasulyesi (*Vigna radiata*)**

Chiu (2022), Adzuki fasulyesinde (*Vigna angularis*), farklı tohum uygulamalarının (tohumları suda ıslatma, yüksek elektrik alan uygulaması ve bunların kombinasyonları) filiz gelişimi, filizlerin gama-aminobütirik asit içeriği (GABA), glutamat dekarboksilaz (GAD), diaminoksidaz aktivitesi (DAO) ve 6 günlük filizlerde mikrobiyal bulaş üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonunda, bütün

uygulamaların filiz gelişimi, GABA içeriği, GAD, DAO aktivitelerini artırdığı ve mikrobiyal bulaşı azalttığı, ancak en iyi tohum uygulamasının kombine yapılan uygulamanın (yüksek elektrik alan uygulaması + suda ıslatma) olduğu belirtilmiştir. Farklı genotiplerle Maş fasulyesinde (*Vigna radiata*) yapılan bir çalışmada, mikroyeşilliklerin K, P ve Ca bakımından oldukça zengin olduğu belirtilmiştir (Mishra ve ark., 2021).

Maş fasulyesinde (*Vigna radiata* L. Wilczek) yapılan başka bir çalışmada, verim parametreleri, raf ömrü, tat değerlendirmesi, toplam aerobik bakteri, maya, küf, *E. coli*, *Salmonella* spp. ve *Listeria* spp. tespiti araştırılmıştır. Araştırmacılar, ideal ekim sıklığının 3 tohum/cm<sup>2</sup>, optimum hasat zamanının ise sırasıyla ekimden sonraki 7, 8 ve 9. günler olduğunu, tohum iriliği ile verim arasında güçlü bir korelasyon ( $r^2=0.73$ ) olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, ayrıca hasat edilen mikroyeşilliklerde *Salmonella* spp. ve *Listeria* spp. bakterilerinin bulunmadığını, toplam aerobik bakteri, maya, küf, *Shigella* spp. ve *E. coli* türlerinin ise insan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde düşük düzeyde bulunduğunu ve bidistile suyla 2 dakika süreyle yıkama sonucunda bu oluşumlarda azalma olduğunu tespit etmişlerdir (Sangwan ve ark., 2022).

Wang ve ark. (2017), Maş fasulyesi (*Vigna radiata*) filizlerinde, ultraviyole B (UV-B) radyasyonunun; C vitamini, fenolik madde ve flavonoid oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. 2.5 saat düşük dozda UV-B (1.845 kJ m<sup>-2</sup>) uygulamasında, vitamin C ve flavonoid miktarının başlangıçta yüksek olduğu, kısa bir düşüş görüldükten sonra

maksimum seviyeye ulaştığı ( $25.29 \pm 1.02$  mg/100 g taze ağırlık ve  $726.67 \pm 7.35$  mg/100 g kuru ağırlık) belirtilmiştir.

### **2.13. Semizotu (*Portulaca oleracea* L.) ve Kuzukulağı (*Rumex acetosa* L.)**

Puccinelli ve ark. (2021), semizotu ve kuzukulağı mikroyeşilliklerini selenyumca (Se) zenginleştirmek amacıyla, besin solüsyonuna farklı Se (0, 1.5, 5 ve 10 mg/l) dozları uygulamışlardır. Araştırmacılar, selenyumca zenginleştirilmiş mikroyeşilliklerde klorofil ve flavonoid içeriğinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

### **2.14. Kabak (*Cucurbita pepo* L.)**

Selenyum (Se) ve iyot (I), trioid hastaları için hayati öneme sahip iki elementtir. Mikroyeşilliklere bu elementlerin uygun konsantrasyonları uygulandığında besin içeriği artırılabilir. Golob ve ark. (2020), Se ve I'ün kabak (*C. pepo* L. ssp. *pepo*) mikroyeşilliklerinde, tohum çimlenmesi ve filiz biyokütlesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla, kabak tohumlarını farklı dozlarda Se, I ve bunların kombinasyonlarını (Se + I) içeren solüsyonlarda bekletmişler ve filizleri büyütme kabinlerinde yetiştirmişlerdir. Araştırma sonunda, selenyum ve iyot içeren kombinasyonların tohum çimlenmesi üzerine etkisi istatistik olarak önemli bulunurken, uygulamaların filiz biyokütlesi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte, filizlerin selenyum içeriğinin, selenyum+iyot kombinasyonunda, tek başına selenyum uygulamasına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

## SONUÇ

Filizler ve mikro yeşillikler, küresel gıda sistemlerini sürdürülebilir bir şekilde çeşitlendirmek, insan sağlığını geliştirmek ve sürekli büyüyen kentsel nüfusun taze mikro ölçekli sebzelere erişimini kolaylaştırmak için büyük potansiyele sahip yeni fonksiyonel gıda kaynaklarıdır. Canlı renklere, heyecan verici dokulara ve çeşitli tatlara sahip olan bu besin kaynakları, süpermarketlerden satın alınabildiği gibi gerektiğinde günlük hasat için evde de yetiştirilebilmektedir. Ayrıca, kısa büyüme döngüleri nedeniyle, pestisit kullanılmadan minimum girdi ile üretilmekte; bu nedenle, sağlık bilincine sahip tüketiciler arasında geniş bir kabul görmektedirler.

Mikroyeşillikler üzerine yapılmış olan çalışmalar, oldukça yeni çalışmalar olup, bu çalışmaların geçmişi günümüzden yaklaşık 5-8 yıl kadar öncesine gitmektedir. Tuncer (2022) tarafından daha önce yapılmış bir çalışmada, Brassicaceae familyası sebze türlerine ait mikroyeşillik ve filizlerde yapılmış çalışmalar bir araya getirilmiştir. Burada sunulan çalışma ise Tuncer (2022)'nin yapmış olduğu çalışmanın devamı niteliğindedir. Bu çalışmada, farklı familyalara ait (Apiaceae, Asteraceae, Amaranthaceae, Cucurbitaceae, Fabaceae, Polygonaceae ve Portulacaceae) sebze türü mikroyeşilliklerine dair detaylı bir literatür taraması yapılarak çalışma sonuçları özetlenmiştir. Bu çalışmayla, sebze türlerine ait mikro ölçekli sebze yetiştiriciliğinin (filiz ve mikroyeşillik) bugüne kadarki mevcut potansiyeli ortaya konulmaya çalışılmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Abdallah, M.M.F. (2008). Seed sprouts, a pharaoh's heritage to improve food quality. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 16(2): 469-478.
- Acharya, J., Gautam, S., Neupane, P., & Niroula, A. (2021). Pigments, ascorbic acid, and total polyphenols content and antioxidant capacities of beet (*Beta vulgaris*) microgreens during growth. *International Journal of Food Properties*, 24(1): 1175-1186.
- Allegretta, I., Gattullo, C.E., Renna, M., Paradiso, V.M., & Terzano, R. (2019). Rapid multi-element characterization of microgreens via total-reflection X-ray fluorescence (TXRF) spectrometry. *Food Chemistry*, 296: 86-93.
- Bulgari, R., Baldi, A., Ferrante, A., & Lenzi, A. (2017). Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45(2): 119-129.
- Castellino, M., Paradiso, V.M., & De Angelis, M. (2019). Nutritional Characterization of Emerging Food Products: Microgreens. *Proceedings of the XXIV Workshop on the Developments in the Italian PhD Research on Food Science, Technology and Biotechnology*, 11-13 September 2019, p. 225-228.
- Chiu, K.Y. (2022). The changes in GABA, GAD and DAO activities, and microbial safety of soaking-and high voltage electric field-treated adzuki bean sprouts. *Agriculture*, 12(4): 469.
- Ebert, A.W. (2015). High value specialty vegetable produce. In *Handbook of Vegetables*, 1st ed.; Peter, K.V., Hazra, P., Eds.; Studium Press LLC.: Houston, TX, USA, Chapter 4; Volume 2, p. 119–143.
- Ebert, A.W. (2022). Sprouts and microgreens—Novel food sources for healthy diets. *Plants*, 11(4): 571.
- El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G., Kyriacou, M.C., Giordano, M., Ritieni, A., De Pascale, S., & Roupael, Y. (2020). Variation in macronutrient content, phytochemical constitution and in vitro antioxidant capacity of green and red butterhead lettuce dictated by different developmental stages of harvest maturity. *Antioxidants*, 9(4): 300.

- El-Nakhel, C., Ciriello, M., Formisano, L., Pannico, A., Giordano, M., Gentile, B.R., Fusco, G.M., Kyriacou, M.C., Carillo, P., & Roupshael, Y. (2021). Protein hydrolysate combined with hydroponics divergently modifies growth and shuffles pigments and free amino acids of carrot and dill microgreens. *Horticulturae*, 7(9): 279.
- Ghoora, M.D., Babu, D.R., & Srividya, N. (2020a). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 91: 103495.
- Ghoora, M.D., Haldipur, A.C., & Srividya, N. (2020b). Comparative evaluation of phytochemical content, antioxidant capacities and overall antioxidant potential of select culinary microgreens. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2: 100046.
- Giménez, A., Martínez-Ballesta, M.D.C., Egea-Gilbert, C., Gómez, P.A., Artés-Hernández, F., Pennisi, G., Orsini, F., Crepaldi, A., & Fernández, J.A. (2021). Combined effect of salinity and LED lights on the yield and quality of purslane (*Portulaca oleracea* L.) microgreens. *Horticulturae*, 7(7): 180.
- Golob, A., Kroflič, A., Jerše, A., Kacjan Maršič, N., Šircelj, H., Stibilj, V., & Germ, M. (2020). Response of pumpkin to different concentrations and forms of selenium and iodine, and their combinations. *Plants*, 9(7): 899.
- Johnson, S.A., Prenni, J.E., Heuberger, A.L., Isweiri, H., Chaparro, J.M., Newman, S.E., Uchanski, M.E., Omerigic, H.M., Michell, K.A., Bunning, M., Foster, M.T., Thompson, H.J., & Weir, T.L. (2021). Comprehensive evaluation of metabolites and minerals in 6 microgreen species and the influence of maturity. *Current Developments in Nutrition*, 5(2): nzaa180.
- Katsenios, N., Christopoulos, M.V., Kakabouki, I., Vlachakis, D., Kavvadias, V., & Efthimiadou, A. (2021). Effect of pulsed electromagnetic field on growth, physiology and postharvest quality of kale (*Brassica oleracea*), wheat (*Triticum durum*) and spinach (*Spinacia oleracea*) Microgreens. *Agronomy*, 11(7): 1364.



- Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Pannico, A., Soteriou, G.A., Giordano, M., Ritieni, A., De Pascale S., & Rouphael, Y. (2019). Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food Chemistry*, 277: 107-118.
- Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G., Soteriou, G.A., Giordano, M., Palladino, M, Ritieni, A., De Pascale, S., & Rouphael, Y. (2020). Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microgreens as modulated by natural fiber and synthetic substrates. *Antioxidants*, 9(3): 252.
- Lee, J.S., Pill, W.G., Cobb, B.B., & Olszewski, M. (2004). Seed treatments to advance greenhouse establishment of beet and chard microgreens. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(4): 565-570.
- Lenzi, A., Baldi, A., Lombardelli, L., Truschi, S., Marvasi, M., & Bruschi, P. (2022). Contamination of microgreens by *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* is influenced by selection breeding in chicory (*Cichorium intybus* L.). *Food Quality and Safety*, 6.
- Li, T., Lalk, G.T., & Bi, G. (2021). Fertilization and pre-sowing seed soaking affect yield and mineral nutrients of ten microgreen species. *Horticulturae*, 7(2): 14.
- Martínez-Zamora, L., Castillejo, N., Gómez, P.A., & Artés-Hernández, F. (2021). Amelioration effect of LED lighting in the bioactive compounds synthesis during carrot sprouting. *Agronomy*, 11(2): 304.
- Martínez-Ispizua, E., Calatayud, Á., Marsal, J.I., Cannata, C., Basile, F., Abdelkhalik, A., Soler, S., Valcarcel J.S., & Martínez-Cuenca, M.R. (2022). The nutritional quality potential of microgreens, baby leaves, and adult lettuce: An underexploited nutraceutical source. *Foods*, 11(3): 423.
- Mishra, G.P., Dikshit, H.K., Tontang, M.T., Stobdan, T., Sangwan, S., Aski, M., Sing, A., Kumar, R.R., Tripathi, K., Kumar, S., Nair, R.M., & Praveen, S. (2021). Diversity in phytochemical composition, antioxidant capacities, and nutrient contents among mungbean and lentil microgreens when grown at plain-altitude region (Delhi) and high-altitude region (Leh-Ladakh), India. *Frontiers in Plant Science*, 12: 710812.

- Muchjajib, U., Muchjajib, S., Suknikom, S. and Butsai, J. (2015). Evaluation of organic media alternatives for the production of microgreens in Thailand. *Acta Horticulturae*, 1102: 157-162.
- Murphy, C.J., Llort, K.F., & Pill, W.G. (2010). Factors affecting the growth of microgreen table beet. *International Journal of Vegetable Science*, 16(3): 253-266.
- Newman, R.G., Moon, Y., Sams, C.E., Tou, J.C., & Waterland, N.L. (2021). Biofortification of sodium selenate improves dietary mineral contents and antioxidant capacity of culinary herb microgreens. *Frontiers in Plant Science*, 12: 716437.
- Orlando, M., Trivellini, A., Incrocci, L., Ferrante, A., & Mensuali, A. (2022). The inclusion of green light in a red and blue light background impact the growth and functional quality of vegetable and flower microgreen species. *Horticulturae*, 8(3): 217.
- Pannico, A., Graziani, G., El-Nakhel, C., Giordano, M., Ritieni, A., Kyriacou, M.C., & Rouphael, Y. (2020). Nutritional stress suppresses nitrate content and positively impacts ascorbic acid concentration and phenolic acids profile of lettuce microgreens. *Italus Hortus*, 27: 41-52.
- Paradiso, V.M., Castellino, M., Renna, M., Gattullo, C.E., Calasso, M., Terzano, R., Allegretta, I., Leoni, B., Caponio, F., & Santamaria, P. (2018). Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food & function*, 9(11): 5629-5640.
- Petropoulos, S.A., El-Nakhel, C., Graziani, G., Kyriacou, M.C., & Rouphael, Y. (2021). The effects of nutrient solution feeding regime on yield, mineral profile, and phytochemical composition of spinach microgreens. *Horticulturae*, 7(7): 162.
- Pinto, E., Almeida, A.A., Aguiar, A.A., & Ferreira, I.M. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37: 38-43.

- Puccinelli, M., Pezzarossa, B., Pintimalli, L., & Malorgio, F. (2021). Selenium biofortification of three wild species, *Rumex acetosa* L., *Plantago coronopus* L., and *Portulaca oleracea* L., grown as microgreens. *Agronomy*, 11(6): 1155.
- Renna, M. (2015). How to Grow Microgreens. Microgreens: Novel Fresh and Functional Food to Explore all the Value of Biodiversity. p. 51-79. In *ECOLOGICA*, Di Gioia, F., & Santamaria (Eds.), Bari, Italy. p. 116.
- Renna, M., Castellino, M., Leoni, B., Paradiso, V.M., & Santamaria, P. (2018). Microgreens production with low potassium content for patients with impaired kidney function. *Nutrients*, 10(6): 675.
- Rocchetti, G., Tomas, M., Zhang, L., Zengin, G., Lucini, L., & Capanoglu, E. (2020). Red beet (*Beta vulgaris*) and amaranth (*Amaranthus* sp.) microgreens: Effect of storage and *in vitro* gastrointestinal digestion on the untargeted metabolomic profile. *Food Chemistry*, 332: 127415.
- Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Viršilė, A., Jankauskienė, J., Sakalauskienė, S., & Duchovskis, P. (2016). Red light-dose or wavelength-dependent photoresponse of antioxidants in herb microgreens. *PloS one*, 11(9): e0163405.
- Sangwan, S., Kukreja, B., Mishra, G. P., Dikshit, H. K., Singh, A., Aski, M., Kumar, A., Taak, Y., Stobdan, T., Das, S., Kumar, R.R., Yadava, D.K., Praveen, S., Kumar, S., & Nair, R. M. (2022). Yield optimization, microbial load analysis, and sensory evaluation of mungbean (*Vigna radiata* L.), lentil (*Lens culinaris* subsp. *culinaris*), and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens grown under greenhouse conditions. *PloS one*, 17(5): e0268085.
- Senevirathne, G.I., Gama-Arachchige, N.S., & Karunaratne, A.M. (2019). Germination, harvesting stage, antioxidant activity and consumer acceptance of ten microgreens. *Ceylon Journal of Science*, 48: 91-96.
- Sodedji, F.A.K., Ryu, D., Choi, J., Agbahoungba, S., Assogbadjo, A.E., N'Guetta, S.P.A., Jung, J.H., Nho, C.W., & Kim, H. Y. (2022). Genetic diversity and association analysis for carotenoid content among sprouts of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *International Journal of Molecular Sciences*, 23(7): 3696.

- Truzzi, F., Whittaker, A., Roncuzzi, C., Saltari, A., Levesque, M.P., & Dinelli, G. (2021). Microgreens: Functional Food with Antiproliferative Cancer Properties Influenced by Light. *Foods*, 10(8): 1690.
- Tuncer, B. (2022). Sebze Mikroyeşillikleri: Brassicaceae Familyası Türleri. Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Güncel Araştırmalar, Prof. Dr. Taner Akar, Prof. Dr. İsmet Daşdemir, Prof. Dr.İbrahim Cengizler, (editörler), Gece Kitaplığı, Ankara, ss. 65-88.
- Wang, H., Gui, M., Tian, X., Xin, X., Wang, T., & Li, J. (2017). Effects of UV-B on vitamin C, phenolics, flavonoids and their related enzyme activities in mung bean sprouts (*Vigna radiata*). *International Journal of Food Science & Technology*, 52(3): 827-833.
- Wu, M.C., Hou, C.Y., Jiang, C.M., Wang, Y.T., Wang, C.Y., Chen, H.H., & Chang, H.M. (2007). A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedlings. *Food Chemistry*, 101(4): 1753-1758.
- Yeo, H.J., Park, C.H., Lee, K.B., Kim, J.K., Park, J.S., Lee, J.W., & Park, S.U. (2018). Metabolic analysis of vigna unguiculata sprouts exposed to different light-emitting diodes. *Natural Product Communications*, 13(10): 1349-1354.
- Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 60(31): 7644-7651.
- Zelenkov, V.N., Ivanova, M.I., Latushkin, V.V., & Lapin, A.A. (2020). Yield and antioxidant activity of microgreens *Petroselinum crispum*. *Thematic Section: Biochemical Research*, 61(3):99-104.



## **BÖLÜM 11**

### **BRASSICACEAE FAMILİYASI SEBZELERİNDE MİKROSPOR EMBRİYOGENESİS ÇALIŞMALARINDA SON GELİŞMELER**

Doç. Dr. Burcu TUNCER<sup>1\*</sup>

---

<sup>1\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye. brctuncer@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4402-4536



## GİRİŞ

Erkek gametten haploidi uyartım yöntemlerinden biri olan mikrospor kültürü, olgunlaşmasını tamamlamamış mikrosporların, anterlerden izole edilerek *in vitro* koşullarda sıvı besin ortamlarında geliştirilmesi ve bunlardan haploid embriyoların elde edilmesidir. Anterlerden izole edilen mikrosporlar, optimum koşullarda kültüre alındığında gametofik gelişim safhası, sporofitik gelişim safhasına yönlendirilebilmekte ve bunun sonucu olarak mikrospor kökenli embriyolar, bu embriyolardan da haploid bitkiler elde edilebilmektedir. Haploid bitkilerin ıslah programlarında kullanılabilirliği için kromozom sayılarının bazı kimyasal maddelerle (özellikle kolhisin) katlanarak yeniden verimli hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işleme dihaploidizasyon denilmektedir. Dihaploidizasyon tekniği ile homozigot hatlar, 1–2 generasyonda elde edilebilmekte bu sayede ıslah programlarında zamandan kazanılmaktadır. Klasik ıslah yöntemlerinde ise yabancı tozlanma görülen türlerde homozigot hatların elde edilme süreci 6–8 yılı bulabilmektedir. Özellikle *Brassica* türleri gibi ıslah çalışmalarında 2 yılda 1 generasyon ilerlenen ve yabancı tozlanma görülen türlerde yeni çeşitlerin geliştirilmesi için ıslahta zamandan kazanmak daha da önem arz etmektedir.

Androjenetik yöntemlerden biri olan mikrospor kültürü, *Brassica* cinsi türlerde dihaploid hatların üretimi için etkili ve hızlı bir tekniktir. Burada sunulan çalışmada, Brassicaceae familyası sebze türlerine ait son 20 yılda yapılmış olan mikrospor embriyogenesis çalışmalarına dair detaylı bilgiler sunulmuştur.



# 1. BRASSICACEAE FAMILİYASI SEBZELERİNDE MİKROSPOR KÜLTÜRÜ ÇALIŞMALARI

## 1.1. Brokoli (*B. oleracea* var. *italica*)

Zhao ve ark. (2022), 13 brokoli genotipinde yaptıkları çalışmada %13 sakkaroz içeren NLN (Lichter, 1982) ortamında kültüre alınan mikrosporlardan değişen oranlarda embriyo oluşumunu uyardıklarını, 3 genotipde (BB1, BB4 ve BB6) ise, kültür ortamına farklı oranlarda p-nitrofenolat (0.01-0.2 mg/l) ilave edilmesinin kontrol grubuna göre mikrospor embriyogenesis oluşum oranını artırdığını, özellikle 0.1 mg/l dozunda maksimum embriyo oluşumunun sağlandığını ve kallus gelişimi gözlenmeden direkt bitki rejenerasyonunun elde edildiğini bildirmişlerdir.

Zeng ve ark. (2015), brokoli x beyaz baş lahana melezinden elde edilen dihaploid F<sub>1</sub>' de, B5 (Gamborg ve ark., 1968) ortamında izole edilen mikrosporlara manitol (0.4 M) ve soğuk (4°C-1 gün) uygulamalarının kombine olarak uygulanmasının, tek başına uygulamaya göre simetrik çekirdek bölünmesi ve mikrosporların gelişiminde daha etkili olduğunu saptamışlardır.

Zeng ve ark. (2017), 3 brokoli hibrit çeşidinde, 1/2 NLN kültür ortamına askorbat (ASC) ve glutathione (GSH) ilave edilmesinin embriyo uyarımına etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, kültüre alınan mikrosporlarda, stres uygulamasından (32.5 °C-1 gün) sonra hücre ölümlerinin başladığını ve kültürlerden 2 gün sonra bu ölüm oranlarının %80'lere ulaştığını saptamışlardır. Kültür ortamına 10 mg/l ASC ve 20 mg/l GSH ilave edilmesinin 'B415' genotipinde,

mikrosporların ölüm oranını önemli düzeyde azalttığını, mikrospor kökenli embriyo oluşumunun sırasıyla 1.2 kat ve 2.5 kat, bitki rejenerasyonunun ise % 4.2 ve % 9.7 oranında arttığını saptamışlardır.

Mikrospor kökenli bitkilerde koromozom katlamada etkinlik ıslah açısından önemlidir. Yuan ve ark. (2015), mikrospor kökenli 14 lahana ve 15 brokoli genotipinde; ploidi düzeyi, spontan kromozom katlama ve kolhisin ile kromozom katlamanın etkinliğini araştırmışlardır. Spontan yolla kromozom katlamanın lahana genotiplerinde %0–76.9, brokoli genotiplerinde %52.2–100 arasında gözlemlendiğini saptamışlardır. Kolhisin ile kromozom katlamada ise; en uygun solüsyonun lahana genotiplerinde %0.2 kolhisin çözeltisinde 9–12 saat veya %0.4 kolhisinde 3–9 saat süreyle, brokoli genotiplerinde ise %0.05' lik kolhisin çözeltisinde 6–12 saat süreyle *in vitro* bitkiciklerin köklerinin bekletilmesinin olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca doku kültürü ortamında 1 veya daha fazla yıl bekletilen haploid bitkilerin çoğunun kromozom sayılarının spontan yolla dihaploide veya karışık ploidiye dönüştüğünü gözlemlemişlerdir.

Soğuk ön uygulamaları mikrospor embriyogenesi uyarmak amacıyla tahıllar, kolza ve *B. rapa*'da yaygın olarak kullanılırken, *Brassica oleraceae* grubunda nadir kullanılan bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Yuan ve ark. (2011), 3 brokoli çeşidinde (Green Elite, Green Star ve TI-111), uygun aşamadaki tomurcukları farklı sürelerde (1, 2 ve 3 gün) soğuk uygulamasına (4 °C) tabi tutmuşlardır. Özellikle, TI-111 çeşidinde soğuk uygulaması yapılmış tomurcuklardan izole

edilen mikrosporların, 32.5 °C’de 1 gün süreyle bekletilmesinin embriyo oluşum oranını 63–72 kat artırdığını belirlemiştir.

Yuan ve ark. (2010), F<sub>1</sub> hibrit beyaz baş lahana (Zhonggan 11) ve brokoli (TI-111) çeşidinde, mikrospor kökenli embriyoların çimlenme ve rejenerasyonu için en uygun ortamın %1–1.25 agar içeren B5 ortamı olduğunu, %1 agar içeren B5 ortamında kültürlerden 25 gün sonra elde edilen kotiledonar aşamadaki embriyoların bitkiye dönüşüm oranının %77.8–97.2 olduğunu tespit etmişlerdir.

Song ve ark. (2010), mikrospordan embriyo oluşumunun genotiplere göre farklılık gösterdiğini, 13 F<sub>1</sub> hibrit brokoli çeşidinin 8’inden embriyo uyartımının sağlandığını, embriyo uyartımı için en uygun mikrospor gelişme aşamasının tek çekirdekli ve çift çekirdekli aşama arasındaki dönem olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca tomurcuklara ön soğuk uygulama (4 °C-24 saat) yapılmasının ve mikrospor izolasyonundan sonra kültürlerin sıcak şoku olarak 32.5 °C’de 1 gün süreyle tutulmasının mikrospor embriyogenesis için faydalı olduğunu belirtmişlerdir.

Qin ve ark. (2015), 6 hibrit brokoli çeşidinde anter kültürü ve mikrospor kültürünün karşılaştırmasını yapmışlardır. Araştırma sonucunda, mikrospor kültüründe embriyo veriminin anter kültürüne göre daha yüksek olduğunu, her iki teknikte de tomurcuklara 4 gün süreyle soğuk uygulaması ile sıcaklık şoku olarak 32.5 °C’de 1 gün uygulamasında embriyo veriminin arttığını saptamışlardır. Araştırmacılar, optimum mikrospor yoğunluğunu anter kültüründe 30 anter/petri, mikrospor

kültüründe ise ml'de  $4 \times 10^5$  mikrospor olarak belirlemişlerdir. Androgenetik embriyo uyartımı açısından ise anter kültüründe %10, mikrospor kültüründe ise %13 (w/v) sakkaroz içeren PG-96 (Guo & Pulli, 1996) ortamı, NLN ortamından daha etkili bulunmuştur.

Na ve ark. (2011a), brokolide mikrospordan embriyo uyartımı için en uygun ortamın %13 veya %15 sakkaroz içeren 1/2 NLN ortamı olduğunu, optimum yüksek sıcaklık şokunun ise 32.5 °C'de 1 gün olduğunu tespit etmişlerdir.

Na ve ark. (2011b), brokolide (*B. oleracea* L. var. *italica* Plenck) besin ortam bileşiminin embriyo uyartımına etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, en uygun besin ortam bileşiminin 1/2 NLN + naftalin asetik asit (NAA) (0.05 mg/l) + benzil adenin (BA) (0.01 mg/l) olduğunu, kültür ortamına aktif kömür (1 ml/petri) ve gümüş nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) (0.1 mg/l) ilavesinin embriyo oluşumunu artırdığını saptamışlardır.

Kim ve ark. (2013), 74 brokoli ıslah hattının 18' inden embriyo elde etmişlerdir. Mikrospor kültürü için uygun tomurcuk aşaması ve mikrospor gelişme dönemini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, mikrospor kökenli embriyo uyartımı yüksek olan genotip (08-8-8) ile embriyo oluşturma yeteneği bulunmayan genotipte (08-8-10) tomurcukları büyüklüklerine (küçük: 0.1–0.2; orta: 0.2–0.4; büyük: 0.4–0.6 mm) göre 3 sınıfa ayırmışlardır. Araştırmacılar, çiçek tomurcuğu yapısında her iki genotipte de farklılık gözlenmezken, küçük büyüklükteki tomurcularda (0.1–0.2 mm) mikrospor görülmediğini,

08-8-8 hattının, orta büyüklükteki tomurcuklarının (0.2–0.4 mm) petalden daha uzun stigmaya sahip olduğunu ve embriyo oluşturma yeteneği yüksek olan genotipte anterlerdeki mikrosporların %91.3'ünün, diğer genotipte ise % 45.7'sinin tek çekirdekli mikrospor gelişme döneminde olduğunu saptamışlardır.

Domblides ve ark. (2018), farklı brokoli (*B. oleracea* L. convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *italica* Plenck) genotiplerinde embriyo oluşum oranının (3–140 adet/embriyo) genotiplere göre farklılık gösterdiğini, tek çekirdekli mikrosporları içeren 4–5 mm uzunluğundaki tomurcuklarda embriyo oluşumunun daha yüksek olduğunu ve optimum yüksek sıcaklık şokunun ise, izole edilen mikrosporların 32 °C'de 2 gün bekletilmesi olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bütün genotiplerde kültürün 2. ya da 3. gününden sonra mikrospor bölünmelerinin başladığını, embriyoidlerin ya doğrudan normal embriyoidlere ya da suspensor benzeri yapılara dönüştüğünü, suspensore sahip embriyoidlerin normal embriyoidlerden daha yavaş geliştiğini saptamışlardır.

Badawi ve ark. (2009), 8 brokoli genotipinde yaptıkları çalışmada mikrospor embryogenesis çalışmaları için en uygun mikrospor gelişme döneminin tek çekirdekli mikrospor gelişme dönemi olduğunu, embriyo oluşumunun genotiplere göre farklılık gösterdiğini, en yüksek embriyo veriminin (237.33 embryo/petri) 'Parthenon F<sub>1</sub>' çeşidinden elde edildiğini belirtmişlerdir. Yüksek sıcaklık şoku olarak 32.5 °C'de 1 gün uygulamasının, kültür ortamı olarak 1/2 NLN-13 ortamının, NLN-13 ve B5 ortamlarına göre daha başarılı olduğunu saptamışlardır.

Araştırmacılar, ayrıca kültür ortamındaki optimum mikrospor yoğunluğunun  $4 \times 10^4$  olduğunu ve kültür ortamına aktif kömür (0.2 ml/petri) ilavesinin embriyo verimini artırdığını bildirmişlerdir.

Mikrospor kültürü çalışmalarında tek çekirdekli mikrosporları içeren anterlerin bulunduğu tomurcuk büyüklüğü genotiplere göre farklılık göstermektedir. Anitasari ve ark. (2019), 'BL-10001' brokoli çeşidinde tek çekirdekli mikrosporları içeren tomurcuk büyüklüğünün 2–3 mm, 'Royal Green' çeşidinde ise 3–4 mm olduğunu tespit etmişlerdir. Polen canlılığını belirlemek amacıyla İKI boyama yöntemi ve polen çimlendirme testini kullanmışlardır. Polen canlılıkları, İKI ile boyama yönteminde %78-87, çimlendirme testinde ise %15-16 arasında değişim göstermiştir.

### **1.2. Baş Lahana (*B. oleraceae* var. *capitata*)**

3 baş lahana çeşidinde yapılan bir çalışmada, tek çekirdekli mikrosporları içeren anterlerden izole edilen mikrosporlar NLN-13 ortamında ( $1 \times 10^5$  ml) kültüre alınmış, ardından 32.5 °C'de 1 gün süreyle yüksek sıcaklık şoku uygulandıktan sonra 25°C karanlık koşullara aktarılmıştır. Araştırmacılar, mikrosporların canlılık ve gelişim aşamalarını belirlemek amacıyla kültürlerden 1 gün arayla 100 µl örnekler alarak sitolojik incelemeler yapmışlardır. Yapılan incelemeler sonunda, kültürden önce taze izole edilen mikrosporlarda ölü hücre sayısının az olduğunu, yüksek sıcaklık şokundan (32.5 °C-1 gün) sonra ölüm oranlarının arttığını, kültürün 3.gününde ise %90'lara ulaştığını saptamışlardır (Zeng ve ark., 2014).

Bhatia ve ark. (2018), 4 baş lahana genotipinde (Golden Acre, KTCBH-2085, KTCBH-6621 ve KTCBH-6045) uygun tomurcuk büyüklüğünün sırasıyla 4.0–4.5 mm ve 4.5–5.0 mm olduğunu ve bu büyüklükteki tomurcuklarda tek çekirdekli mikrosporlar ile erken dönemdeki çift çekirdekli mikrosporların bulunduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca mikrospordan sporofitik gelişimi yönlendirmek için etkili yüksek sıcaklık şokunun 30 °C-2 gün (Golden Acre ve KTCBH-2085) ve 32.5 °C-1 gün (KTCBH-6621 ve KTCBH-6045) olduğunu, 3 genotip için (KTCBH-2085, KTCBH-6621 ve KTCBH-6045) optimum mikrospor yoğunluğunun  $4 \times 10^4$ /ml, Golden Acre genotipi için ise  $6 \times 10^4$ /ml olduğunu saptamışlardır. Yapılan flow sitometrik analizler sonucu mikrospor kökenli gelişen bitkilerin *in vitro* koşullarda %41.9'unun spontan yolla diploid kromozom yapısına sahip olduğunu, %29'unun haploid, %10.9'unun tetraploid, %16.3'ünün ise mixoploid ve aneploid yapıda olduğunu saptamışlardır.

Kültür ortamının pH'ı mikrospor embriyogenesis çalışmalarında başarıyı etkileyen önemli bir faktördür. Cristea (2013), Romanya orijinli 11 beyaz lahana (*B. oleracea* L.) genotipinde mikrospor canlılığı ve mikrospor embriyogenesis için besin ortamının optimum pH düzeyinin 5.8–6.0 olduğunu belirtmişlerdir.

Dias & Correia (2002), 4 tronchuda lahanasında (*B. oleracea* var. *costata* DC) besin ortamı yenileme (0, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat aralıklarla) ve farklı inkübasyon sıcaklıklarının (27.5–30°C 2 gün, 32.5–35 °C 1–2 gün) mikrospor embriyogenesis üzerine etkisini araştırmışlardır. Ortam yenileme uygulamalarında, kültür ortamını

mikrospor izolasyonundan 0, 24, 48, 72, 96 ve 120 saat sonra taze besin ortamlarıyla tekrar süspansiyon haline getirerek yenilemişlerdir. Tüm besin ortamı yenileme uygulamalarının embriyo oluşumunu olumlu etkilediğini, mikrospor izolasyonundan 48, 72 ve 96 saat sonra yapılan ortam yenileme uygulamalarının ise embriyolardan bitkiye dönüşüm oranını artırdığını saptamışlardır. Farklı inkübasyon sıcaklıkları için ise; 3 genotipte 30 °C 2 gün, bir genotipte ise 32.5–35 °C 1 gün süreyle uygulanan yüksek sıcaklık şokunun daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Pilih ve ark. (2018), 40 adet F<sub>1</sub> beyaz lahana (*B. oleracea* var. *capitata* L.) genotipinin mikrospor embriyogenesis yeteneğini araştırmışlardır. Genotipler arasında embriyo oluşturma kapasitesinin farklılık gösterdiğini, petri başına ortalama 7 embriyo, dihaploid hatlardan elde edilen hibritlerde ise petri başına 26.6 embriyo elde edildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, kültür ortamına %0.02 aktif kömür ilavesinin embriyo oluşturma yeteneği düşük genotiplerde embriyo oluşumunu artırdığını, embriyo oluşturma kapasitesi yüksek genotiplerde ise embriyo oluşum kapasitesini etkilemezken, embriyo iriliğini artırdığını saptamışlardır. Araştırmanın ikinci kısmında bitki rejenerasyonu için, elde edilen embriyoları doğrudan (kontrol) ya da 5 mg/l absizik asit (ABA) ilave edilmiş NLN-13 kültür ortamında 25 °C karanlık koşullarda 1 gün beklettikten sonra kurutma uygulamasına (nemli filtre kâğıdı yerleştirilmiş petri kutularında 25 °C karanlıkta 4 hafta süreyle) tabi tutup, rejenerasyon ortamına dikmişlerdir. Kontrol grubunda bitkiye dönüşüm oranı ortalama %15 olurken, kurutma



uygulamasında bu oran %57.6'ya ulaşmıştır. Buna ilave olarak, kontrol grubunda anormal bitki gelişimi ve hiperhidrisitenin görüldüğü, spontan yolla dihaploidizasyon oranının ise %42.5 olduğu tespit edilmiştir.

Lv ve ark. (2014), lahana *Fusarium* solgunluğuna dayanıklı (96-100) ve duyarlı (01-20) iki ıslah hattı melezinden elde edilen lahana hattından (*B. oleracea* L. var. *capitata*) mikrospor kültürü yoluyla dihaploid bitki elde etmek amacıyla çalışma yürütmüşlerdir. 2 yıl süreyle yaptıkları çalışmada elde edilen toplam 196 dihaploid lahana hattından agronomik özellikler ve hastalığa dayanıklılık bakımından performansı iyi olan 3 elit dihaploid lahana hat elde etmişlerdir. Araştırmacılar, mikrospor kültürü yoluyla lahana gibi ıslah programları uzun süren türlerde ıslah süresinin oldukça kısaltılabileceğini vurgulamışlardır.

Su ve ark. (2018), 25 farklı lahana (*B. oleracea* var. *capitata* L.) genotipinin 11'inden embriyo elde edildiğini, en yüksek embriyo veriminin 47.5 embriyo/tomurcuk olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar mikrospor kültürü için uygun tomurcuk tanımlamasının, anter uzunluğu 3.0–3.5 mm arasında olan ve anter uzunluğunun taç yaprağı uzunluğuna oranı 3:2–2:1 olan çiçek tomurcukları olduğunu, geç tek çekirdekli mikrospor gelişme aşamasının en uygun aşama olduğunu, mikrosporların kültüre alındığı besin ortamına aktif kömür ilavesinin embriyo oluşum oranını artırdığını saptamışlardır.

*Brassica* türlerinde yüksek sıcaklık şokları, mikrospor embriyogenesi uyarmak amacıyla yaygın olarak kullanılan bir stres uygulamasıdır. Tuncer ve ark. (2016), 5 beyaz baş lahana (Yalova-1, Erciş, 177 C, 177 T, 531 C, 538 C), 3 yaprak lahana (Balkaya, Yanmaz, Karadere 077) ve 5 F<sub>1</sub> süs lahanası çeşidinde (Red Pigeon, Victoria Pigeon, Red Chidori, White Kamome ve Pink Kamome) yüksek sıcaklık şoklarının (32 °C ve 35 °C'de 2 gün) mikrospor embriyogenesi üzerine etkisini araştırmışlardır. En yüksek embriyo verimi 32 °C'de 'Yalova-1' (9.92 embriyo/petri) ve 'Pink Kamome F<sub>1</sub>' çeşidinden (11.13 embriyo/petri), 35 °C'de 'Karadere 077' (5.63 embriyo/petri) çeşidinden elde edilmiştir.

Tuncer ve Yanmaz (2011), beyaz lahana (*B. oleracea* var. *capitata* subvar. *alba*), yaprak lahana (*B. oleracea* var. *acephala*) ve süs lahanasında (*B. oleracea* var. *acephala*) mikrospor embriyogenesi üzerine kolhisin (50 ve 100 mg/l - 15 saat) ve yüksek sıcaklık şoklarının (32 °C ve 35 °C - 2 gün) birlikte etkisini araştırmışlardır. Mikrospor izolasyonundan 12 ve 19 gün sonra kültürlerde yaptıkları sayımlarda, 50 mg/l kolhisin uygulaması daha etkili bulunmuştur. Beyaz baş lahanada (cv. Yalova-1) 32 °C + 50 mg/l kolhisin uygulaması (5.3 embriyo/petri), süs lahanasında ise 35 °C + 50 mg/l kolhisin uygulaması (9.4 embriyo/petri) daha etkili bulunmuştur.

Yuan ve ark. (2012), 5 beyaz baş lahana (*B. oleracea* var. *capitata*) genotipinde mikrospor embriyogenesi uyarmada NLN-13 besin ortamında yüksek pH'nın (6.2–6.4), düşük pH'ya göre (5.8) daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca NLN-13 (pH: 6.4)

ortamına 2-(N-Morfolino) etansülfonik asit (MES) ve akasya sakızından elde edilen arabinogalaktan proteinini tek başlarına uyguladıklarında embriyo veriminin hala düşük olduğunu, ancak 10 mg/l arabinogalaktan proteini + 3 mM MES kombinasyonunda embriyo veriminin arttığını (4.57–222.97 embriyo/tomurcuk), bu kombinasyonun özellikle embriyo oluşturma yeteneği düşük olan genotipte “Zhonggan No. 8” bile embriyo verimini 35 kat artırdığını saptamışlardır.

Zeng ve ark. (2011), 10 beyaz baş lahanada genotipinde embriyo oluşumunu uyarmada etkili yüksek sıcaklık şokunun 32.5 °C’ de 2 gün olduğunu, tomurcuklara soğuk ön uygulamasının (4 °C) tek başına etkili olmadığını, 3 genotipte ise soğuk ön uygulaması ve yüksek sıcaklık şokunun kombine olarak uygulanmasının embriyo oluşumunu artırdığını belirlemişlerdir.

Mikrospor kültürü çalışmalarında, farklı stres uygulamaları ile mikrosporların gelişimi sporofitik gelişim yönüne kaydırılabilmektedir. Ancak haploid embriyo oluşumuyla sonlanacak olan bu süreci kültüre alınan mikrosporların çok az bir kısmı geçebilmekte ve farklı gelişme dönemlerindeki mikrosporlar kültür sürecince canlılıklarını hızla kaybetmektedirler. Beyaz baş lahanada (*B. oleracea* L. var. *capitata*) yapılan bir çalışmada, mikrospor embriyogenesisi uyarmak amacıyla (32.5 °C-24 saat) yüksek sıcaklık şokundan sonra mikrosporların canlılığını hızla kaybettiği, kültür süresinin ilk 3 gününde ölüm oranının %80-90'lara ulaştığı belirtilmiştir (Zeng ve ark., 2015). Araştırmacılar, kültürlerden 3 gün sonra santrifüjleme yoluyla ölü hücrelerin

uzaklaştırılmasının embriyo verimi üzerine olumlu etki yaptığını, benzer şekilde kültür ortamına ilave edilen askorbik asitin de ölü mikrospor sayısını azalttığı ve embriyo oluşumu üzerine olumlu etkisinin bulunduğunu vurgulamışlardır. Araştırma sonucunda, en etkili kombinasyonun, mikrosporların kültüre alınmasından 3 gün sonra yapılan santrifüjleme ve kültür ortamına ilave edilen 20 mg/l askorbik asit uygulaması olduğunu, bu uygulama ile bir genotipte ‘Meiweizaosheng’ embriyo oluşumunun 70 kat arttığı saptanmıştır (Zeng ve ark., 2015).

### 1.3. Karnabahar (*B. oleracea* var. *botrytis* L.)

Bhatia ve ark. (2016), Hindistan’ da farklı olgunluk dönemlerine sahip 4 karnabahar genotipinde protokol geliştirmek amacıyla, farklı parametrelerin (uygun tomurcuk büyüklüğü, mikrospor gelişme aşaması, kültür ortamındaki mikrospor yoğunluğu, yüksek sıcaklık uygulamaları) etkisini araştırmışlardır. Erken hasat dönemine (Eylül-Ekim) sahip 2 genotipte, uygun tomurcuk büyüklüğünün 4.0–4.5 mm, geç hasat dönemine (Kasım) sahip genotiplerde 4.5–5.0 mm olduğunu, bütün genotiplerde en uygun mikrospor gelişme aşamasının tek çekirdekli-erken çift çekirdekli aşama arasındaki dönem olduğunu, optimum mikrospor yoğunluğunun ise  $6-8 \times 10^4$  mikrospor/ml, en uygun yüksek sıcaklık şokunun ise 30.0 °C-32.5 °C’de 1 gün süreyle bekletme olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, buna ilave olarak mikrospor kültürü yoluyla toplam 646 bitki elde ettiklerini, elde edilen bitkilerin %60’ından fazlasının *in vitro* koşullarda spontan yolla diploid

hale geldiğini, %15'inden daha azının ise haploid olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada, 30 karnabahar (*B. oleracea* var. *botrytis* L.) genotipinin 13'ünden embriyo elde edilmiştir. Araştırmacılar, tomurcuklara farklı sürelerde (0, 24, 48 ve 72 saat) yaptıkları soğuk (4 °C) uygulamalarının bazı genotiplerde olumsuz, bazılarında ise etkisiz olduğunu, bir genotipte (Kt-119) ise 24–48 saat süreyle yapılan soğuk uygulamasının embriyo oluşumunu artırdığını saptamışlardır. Flow sitometrik analizler sonucunda, elde edilen bitkilerin %50'den fazlasının spontan yolla diploid hale geldiğini, %15.77'sinin haploid, %17.07'sinin tetraploid olduğu belirlenmiştir. Kromozom katlamada ise; en etkili uygulamanın 36 saat süreyle 150 mg/l kolhisin uygulaması olduğu ve bu uygulama ile haploid bitkilerin %73.3'ünün dihaploid hale geldiği saptanmıştır (Bhatia ve ark., 2017).

#### **1.4. Kırmızı Baş Lahana (*B. oleraceae capitata* var. *rubra*)**

Mineykina ve ark. (2021), 6 kırmızı baş lahana genotipinde mikrospor kültürü yoluyla maksimum embriyo veriminin 4.1–4.4 mm ve 4.5–5.0 mm büyüklüğündeki tomurcuklardan elde edildiğini, sıvı NLN-13 ortamında (pH: 5.8) kültüre alınan mikrosporda maksimum embriyo veriminin petri başına  $173.5 \pm 7.5$  olduğunu, optimum yüksek sıcaklık şokunun ise 32 °C'de 48 saat uygulaması olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, mikrospor kökenli embriyolardan bitki rejenerasyonu için, en uygun besin ortamının %2 sakkaroz, %0.7 agar ve 1 mg/l BAP (6-benzilaminopürin) içeren MS ortamı olduğu saptanmıştır.

### 1.5. Süs Lahanası (*B. oleracea* var. *acephala*)

Chen ve ark. (2019), 4 süs lahanası genotipinde, NLN-13 kültür ortamına farklı konsantrasyonlarda (0, 8, 10 ve 12 nM) metilen mavisi (MB) ilave edilmesinin embriyo oluşumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, 8 nM MB (pH 5.84) ilavesinin embriyo oluşum oranını artırdığı, 10 nM MB dozunun 2 genotip için optimum doz olduğunu ve bu dozda embriyo oluşum oranının kontrol grubuna göre 5 kat arttığını saptamışlardır. Araştırmacılar, 8 nM ve 10 nM metilen mavisi (MB) dozlarının 4 genotipte embriyo ölüm oranlarını önemli düzeyde azalttığını, MB uygulamalarının direkt bitki rejenerasyon oluşum oranını artırdığını, özellikle 10 nM dozunun bitki rejenerasyonu bakımından optimum doz olduğunu ve bu dozda bir genotipte (LS-B) kontrol grubuna göre 2.29 kat daha fazla bitki rejenerasyonu sağlandığını belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda, ayrıca 4 genotipte dihaploid oluşum oranının %45'lere ulaştığı, elde edilen dihaploid hatların kendine uyuşur olduğu, bu bakımdan hibrit ıslahında kullanılabileceği saptanmıştır.

Chen ve ark. (2022), 4 süs lahanası genotipinde NLN-13 besin ortamına 1–5 µM aralığında ilave edilen L-askorbik asit sodyum tuzunun (VcNa), mikrospor embriyogenesis ve bitki rejenerasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda 1–4 µM VcNa (pH 5.84) ilavesinin embriyo oluşumunu artırdığı, özellikle 4 µM VcNa dozunun optimum doz olduğu ve bu dozda embriyo oluşumunun 12.92 kat arttığı, besin ortamına ilave edilen optimum VcNa dozlarında embriyo ölümlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Kromozom katlamada ise en

uygun yöntemin, haploid bitkiciklerin köklerinin 750 mg/l kolhisin içeren solüsyonda 4–6 saat süreyle bekletilmesi olduğu belirtilmiştir.

Süs lahanasında (*B. oleracea* var. *acephala*) mikrospor kültürü ve dihaploidizasyon üzerine uygun protokol geliştirmek amacıyla yürütülen başka bir çalışmada, mikrospor embriyogenesis üzerine ortam yenileme uygulamalarının olumlu etkide bulunmadığı, en uygun ortamın, %16 sakkaroz içeren NLN ortamı olduğu, en yüksek embriyo veriminin (ortalama 123.63 embriyo/petri) ‘Peachy Dancing’ çeşidinden elde edildiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada ayrıca, tomurcuklara yapılan 48 saat soğuk ön uygulamasının, ‘Nagoya’ ve ‘P3’ genotiplerinde embriyo oluşumuna olumlu etkide bulunduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen kotiledonar embriyoları, hormon içermeyen B5 ortamında, anormal embriyoları ise 1.5 mg/l BAP ve 0.25 mg/l NAA içeren B5 ortamında kültüre aldıklarında, elde edilen bitkilerin %38-50’sinin spontan yolla diploid yapıya sahip olduğunu belirtmişlerdir (Dai ve ark., 2009).

Wang ve ark. (2011), 4 F<sub>1</sub> hibrid süs lahanasında (*B. oleracea* L. var. *acephala*) besin ortamı, mikrospor gelişme aşaması, embriyo yaşı ve soğuk uygulamalarının mikrospor embriyogenesis ve bitki rejenerasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, optimum rejenerasyonun 25 günlük kotiledonar embriyoların %1 agar içeren B5 ortamında kültüre alınmasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Mikrospor kökenli embriyolara 2–5 gün süreyle yapılan soğuk (4 °C) şoklarıyla bitki rejenerasyon oranının %79'lara ulaştığını ve rejenerasyon ortamına 3–5 mg/l AgNO<sub>3</sub> ilave edilmesinin bitki

rejenerasyon oranını artırdığı, aktif kömür (100 mg/l) ilavesinin ise embriyo hiperhidrisitesini azalttığı saptanmıştır.

Zhang ve ark. (2008), 29 farklı süs lahanasında (*B. oleracea* var. *acephala*) yaptıkları çalışmada, mikrospor izolasyonunu B5-13 ortamında yaptıktan sonra, izole edilen mikrosporları 4 farklı ortamda (1. NLN-13 ortamında 48 saat bekletildikten sonra /taze NLN-13, 2. NLN-13+50 mg/l kolhisin ortamında 48 saat bekletildikten sonra taze /NLN-13, 3. NLN-16+50 mg/l kolhisin ortamında 48 saat bekletildikten sonra taze /NLN-16, 4. NLN-16+50 mg/l kolhisin ortamında 48 saat bekletildikten sonra taze /NLN-13 ortamında) kültüre almışlardır. Araştırma sonucunda, 29 genotipin 6'sından değişen oranlarda (0.2–43.4 embriyo/petri) embriyo elde edildiğini, farklı ortam bileşimlerinde embriyo oluşum oranlarının da genotiplere göre farklılık gösterdiğini, en yüksek oranda embriyo oluşumunun Q45 genotipinde 4 (19.8 embriyo/petri), Q46 genotipinde 3 (19 embriyo/petri), HZ genotipinde ise 1 (20.1 embriyo/petri) ve 3 (43.4 embriyo/petri) nolu ortamlardan sağlandığını belirtmişlerdir.

### **1.6. Roka (*Eruca sativa* Mill.)**

Leskovšek ve ark. (2008), rokada (*Eruca sativa* Mill.) genotiplere göre embriyo oluşumunun farklılık gösterdiğini, mikrospor embriyogenesis için en uygun ortamın 0.2 mg/l aktif kömür ilavesi yapılmış sıvı NLN-13 ortamı olduğu, yüksek sıcaklık şoku olarak 32 °C'de 24 saat uygulamasının 48 saate göre daha başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen embriyolardan bitki rejenerasyonu denemelerinde ise, 1–3 hafta süreyle absizik asit (ABA) veya kurutma ön uygulama yapılmış



embriyoların, aktif kömür ilave edilmiş katı B5 ortamında kültüre alınması sonucunda embriyolardan bitkiye dönüşüm oranının daha iyi sonuç verdiğini, ploidy analizlerinde ise elde edilen toplam 489 adet bitkinin %65.6'sının diploid yapıda olduğunu tespit etmişlerdir.

### 1.7. Turp (*Raphanus sativus* L.)

Tuncer (2017), 4 turp (*Raphanus sativus* L.) çeşidinde kolhisin uygulamalarının mikrospor embriyogenesis üzerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla, 130 g sakkaroz ilavesi yapılmış Gamborg (B5) ortamında izole edilen mikrosporlara, 4 °C karanlık koşullarda 2 gün süreyle farklı dozlarda kolhisin (0, 10, 25, 50 ve 75 mg/l) uygulaması yapılmıştır. Kolhisin uygulamasının ardından, mikrosporlar 1/2 NLN-13 (40.000 mikrospor/ml) ortamında kültüre alınarak, 32.5 °C karanlık koşullarda 1 gün boyunca sıcaklık şokuna tabi tutulup, ardından 25 °C karanlık koşullara alınmıştır. Araştırmacı, mikrospor izolasyonundan 4–5 hafta sonra kültürlerde kallus kolonilerinin (cv. Burkir-6.63 kallus/petri, cv. Cherry Belle-5.73 kallus/petri) görüldüğünü ve 50 mg/l kolhisin dozunun diğer dozlara göre daha etkili olduğunu belirtmiştir.

### 1.8. *Brassica rapa* L. Türleri

Shumilina ve ark. (2020), şalgamda (*B. rapa* ssp. *rapa* L.), kültür koşullarının optimizasyonu üzerine yaptıkları denemelerde, çiçek tomurcuklarına 2 gün süreyle ön soğuk (10 °C) uygulaması yapılmasının yanı sıra, besin ortam pH'ının yüksek olmasının (6.2–6.6) ve besin ortamına aktif kömür ilavesinin embriyo oluşumu üzerine olumlu etki yaptığını saptamışlardır.

*B. rapa*'nın 5 alt türünde (*rapa*, *oleifera*, *niposinica*, *perviridis*, *broccoletto*) yapılan bir çalışmada, farklı parametrelerin mikrospor embriyogenesis ve bitki rejenerasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. 1/2 NLN-10 ortamına 0.1–0.3 mg/l 6-benzilaminopurin (BA) ilave edilmesinin embriyo verimini 2–12 kat artırdığı, kültür ortamına aktif kömür ilavesinin ise BA'nın olumlu etkisini engellediği saptanmıştır. Araştırmacılar, 5 alt türde toplam 24 genotipin 22'sinden değişen oranlarda embriyo (0.02–15 adet /  $2 \times 10^5$  mikrospor) elde edildiğini, kültüre alınan mikrosporlara 10 gün süreyle yapılan soğuk uygulamasının embriyo oluşumunu artırdığını belirtmişlerdir. Bitki rejenerasyon denemelerinde ise, kotiledonar embriyoların %1.6 agar, %2 sakkaroz içeren B5 ortamında kültüre alındığında, bitki rejenerasyonunun %0.8 agar içeren ortama kıyasla 4–8 kat arttığı saptanmıştır. Ploidi analizlerinde ise, elde edilen bitkilerin %66–100'ünün diploid yapıda olduğunu belirtmişlerdir (Takahashi ve ark., 2012).

Fang ve ark. (2022), Çin lahanasının (*B. campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee) 5 genotipinden (19AY05, 19AY06, 19AY10, 19AY12 ve 19AY15) değişen oranlarda embriyo elde etmişlerdir. Araştırmacılar, bu 5 genotipin 2'sinin (19AY05 ve 19AY15) anterlerinden izole ettikleri mikrosporları farklı konsantrasyonlarda (0, 0.01, 0.05, 0.1 ve 0.2 mg/l) sodyum nitrofenol veya 5-nitrofenol içeren NLN-13 ortamında kültüre almışlardır. Araştırma sonucunda, 0.05–0.1 mg/l sodyum nitrofenol dozu ile 0.01–0.2 mg/l 5-nitrofenol dozlarının mikrosporlardan embriyo oluşumunu uyardığı, 0.1 mg/l sodyum

nitrofenol dozunun bitki rejenerasyon oranını önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır.

Huang ve ark. (2016), Çin lahanasında (*B. campestris* ssp. *pekinensis*) izole edilen mikrosporları farklı konsantrasyonlarda (0.04, 0.08, 0.12 %, v/v) etil metan sülfonat içeren solüsyonlarda 10 dakika bekletmişler, ardından mutagenik mikrosporları NLN-13 ortamında kültüre almışlardır. 1304 rejenera bitkinin %0.46'sını oluşturan, bitki şekli, çiçek organları ve yapraklar bakımından diğerlerine göre farklı toplam 6 kararlı kalıtsal mutant elde etmişler ve bu mutantların gelecekte Çin lahanası genom çalışmalarında kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Jia ve ark. (2019), 3 Çin lahanası (*B. rapa*. var. *parachinenis*) genotipinde, NLN-13 ortamına ilave edilen thidiazuron (TDZ)'nin (0, 0.10, 0.50, 2.5 ve 5 mg/l) mikrospor embriyogenesis ve bitki rejenerasyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, her 3 genotipten de olumlu cevap alındığını, 0.10 mg/l ve 0.50 mg/l dozlarının optimum TDZ dozları olduğunu ve embriyo oluşum oranının (6.33–14.67 embriyo/tomurcuk) dozlara göre farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Bitki rejenerasyon oranının ise %81.67'lere ulaştığını, dihaploid oranının her 3 genotipte de %70'lerin üzerinde olduğu belirtilmiştir.

Kabir ve ark. (2013), *B. rapa* türüne ait 3 Kore çeşidinde (2 baş bağlamayan, 1 baş bağlayan), izole ettikleri mikrosporları farklı oranlarda kobalt klorit ( $\text{CoCl}_2$ ) ve  $\text{AgNO}_3$  içeren 1/2 NLN-10 ortamında kültüre almışlardır. Araştırma sonucunda, baş bağlamayan çeşitte 5  $\mu\text{M}$

CoCl<sub>2</sub> (33 embriyo/tomurcuk) ve 0.1 mg/l AgNO<sub>3</sub> dozunun embriyo oluşumunu (34 embriyo/tomurcuk) önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır. Baş bağlayan çeşitte ise en yüksek embriyo veriminin, 2.8 embriyo/tomurcuk değeri ile 0.1 mg/l AgNO<sub>3</sub> dozundan elde edildiği belirtilmiştir.

Lu ve ark. (2016), 5 Çin lahanası genotipinde mutasyon yaratmak amacıyla, tomurcukları farklı doz (%0.03, %0.05, %0.1 ve %2) ve sürelerde (5, 10 ve 15 dakika) etil metan sülfonat (EMS) solüsyonunda bekletmişler, EMS' nin mikrospor gelişimi, embriyo oluşum oranı ve rejenerasyon üzerine etkisini araştırmışlardır. En yüksek embriyo oluşum ve rejenerasyon oranı 5 ve 10 dakika süreyle uygulanan %0.03 ve %0.1 EMS dozundan elde edilirken, %0.1'den daha yüksek dozlarda mikrosporların canlılığını yitirdiğini saptamışlardır. Elde edilen toplam 475 dihaploid hat arasından, yaprak şekli ve rengi, korolla büyüklüğü, çiçeklenme zamanı ve tüylü küf hastalığına dayanım bakımından farklılık gösteren 142 mutant bitki tespit etmişlerdir.

Niu ve ark. (2019), Çin lahanasının (*B. campestris* L. ssp. *chinensis* L. Makino var. *utilis* Tsen et Lee) 3 genotipinde (17AY010, 17AY011 ve 17AY012) NLN-13 ortamında kültüre alınan mikrospordan başarılı bir şekilde embriyo uyartımını sağlamışlardır. Araştırmacılar, bu genotiplerin 2 tanesinde (17AY011 ve 17AY012) direkt embriyo oluşumu ve bitki rejenerasyonu sağlamak amacıyla, mikrosporları, NLN-13 ortamında farklı konsantrasyonlarda (0, 0.2, 1, 5 ve 25 µM) L-askorbik asit sodyum tuzu (Vitamin C sodyum tuzu, VcNa) içeren NLN-13 ortamında kültüre almışlardır. Araştırma sonunda, her 2

genotipte de 1  $\mu\text{M}$  ve 0.2  $\mu\text{M}$  VcNa dozlarının kontrol grubuna göre embriyo oluşumunu 6.55 ve 10.33 kat artırdığı, bitki rejenerasyon oranında ise 1  $\mu\text{M}$  VcNa dozunun optimum doz olduğu, her 3 genotipte de elde edilen bitkilerin %60'ının dihaploid yapıda olduğu saptanmıştır.

Lee ve ark. (2014), kırmızı renkli başlara sahip 5 Çin lahanası (*B. rapa* L. ssp. *pekinensis*) genotipinde izole edilen mikrosporları B5-13 ortamında kültüre aldıktan sonra, mikrospora yüksek sıcaklık şoku (30 ve 32.5 °C- 1, 2 ve 3 gün) ve farklı besin ortam bileşimleri uygulamışlardır. Araştırma sonucunda, 5 genotipte de kültüre alınan mikrospora 30 °C'de 1 gün süreyle uygulanan yüksek sıcaklık şokunun, besin ortam bileşimi olarak ise %13 sakkaroz, 0.5 g/l  $\text{CaNO}_3$ , 0.5 mg/l NAA ve 0.5 mg/l BAP içeren NLN ortamının mikrospor embriyogenesis açısından daha olumlu cevap verdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, ayrıca elde edilen bitkilerin %60'dan fazlasının (142 bitki) spontan yolla dihaploid yapıda olduğunu, bu bitkilerden alınan tohumları yetiştiricilikte kullandıklarında elde edilen hattın saflık oranının yüksek olduğunu ve bu hattın kırmızı renkli Çin lahanası ıslah programında yeni çeşitler olarak doğrudan kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Huang ve ark. (2014), Çin lahanasında, mikrospor kültürü yoluyla geliştirilmiş dihaploid hatta mutasyon yaratmak amacıyla, çiçek tomurcuklarına farklı dozlarda  $^{60}\text{Co}$  gama-ışını (20, 40 ve 60 Gy) uygulamışlardır. Daha sonra ışınlanmış tomurcukların anterlerinden izole ettikleri mikrosporları NLN-13 besin ortamında kültüre almışlardır. Elde edilen 1483 bitkiden 492'sinin M0, bunlardan 6'sının

ise M1 mutanıtı olduğunu ve mutanıt görülme sıklığının %0.41 olduğunu, bu 6 mutanttan 1'inin bitki Şeklinde, 2'sinin iek yapısı, 3'ünün ise erkek kısır mutanıt olduğunu saptamışlardır.

Han ve ark. (2014), *B. campestris* ssp. *pekinensis*'in 2 genotipinde, anterlerden izole ettikleri mikrosporları farklı oranlarda NAA, 2,4-D ve sitokinin içeren ortamlarda kültüre aldıklarında NAA ve 2,4-D'nin mikrospordan embriyo oluşumu üzerine engelleyici etkide bulunduğunu belirtmişlerdir. AraŐtırıcılar, embriyolardan bitki rejenerasyonu için, en uygun ortamın 200 mg/l aktif kömür ilavesi yapılmış MS ortamı olduğunu belirtmişlerdir.

Yali ve ark. (2010), 10 Çin lahanası genotipinin 7'sinden mikrospor kültürü yoluyla embriyo elde edildiğini, en yüksek embriyo oluşum oranının çiçeklenme döneminin en aktif olduğu dönemde alınan tomurcuklardan sağlandığını belirtmişlerdir. Embriyo oluşumu için optimum ortamın 0.2 mg/l 6-BA ilavesi yapılmış NLN-13 ortamı olduğu, bitki rejenerasyonu için 0.1 mg/l GA<sub>3</sub> ilave edilmiş B5 ortamı, köklenme ortamı olarak ise 1/2 MS+0.1 mg/l NAA ilave edilmiş ortam olduğunu saptamışlardır.

## SONUÇ

Günümüzde Brassicaceae familyasında dihaploid hatların üretiminde kullanılan mikrospor kültürü tekniği, gelişmiş ülkelerde yeni çeşitlerin elde edilmesinde bitki ıslah Őirketlerinde yüksek talep görmektedir. Ancak, bu tekniğin uygulanmasındaki zorluklar, kültüre alınan mikrosporların kültür süresinin ilk 1–3 günündeki hızlı ölümleri ve bu

nedenle embriyo oluşum frekansının düşük olması, bunlara ilaveten kültür koşullarında embriyo gelişimlerinin kotiledonar embriyo aşamasına ulaşmadan durması ve kültürlerde görülen bakteriyel enfeksiyon oranının yüksek olması gibi nedenler, günümüzde de hala tekniğin kullanımını sınırlayan önemli faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Embriyo oluşumunu uyarmak amacıyla yapılması gerekli olan yüksek sıcaklık şoklarının ardından kültürlerde görülen hızlı mikrospor ölümlerinin önüne geçebilmek teknikte ilerleyebilmek için önem arz etmektedir. Bu amaçla, farklı *Brassica* cinsi türlerinde kültüre alınan mikrospora askorbik asit (20 mg/l), askorbat (10 mg/l), glutathione (20 mg/l), L-askorbik asit sodyum tuzu (4 µM) gibi uygulamaların yapıldığı farklı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Zeng ve ark., 2015; Zeng ve ark., 2017; Chen ve ark., 2019; Chen ve ark., 2022). Bu nedenle, kültürlerde görülen hızlı mikrospor ölümlerini engelleyebilmek için, her tür ve genotip için ortam koşullarının optimize edilerek bu maddelerin kültür ortamına uygun dozlarda ilave edilmesi faydalı olacaktır.

Tekniğin kullanımındaki bir diğer sorun, sıvı besin ortamında yoğun sakkaroz kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan bakteriyel enfeksiyon görülmesidir. Bu sorunun giderilmesine yönelik mikrospor kültürü çalışmalarında, ampicillin, cefotaxime gibi antibiyotiklerin kültür ortamına düşük dozlarda (50-100 mg/l) ilave edilmesinin embriyo oluşumu ve gelişimini artırdığı bildirilmiştir (Mineykina ve ark., 2020). Gerekli durumlarda bu antibiyotik türevlerinin de besin ortamında

kullanılması bakteriyel enfeksiyonu engelleyerek, kültürlerin devamlılığı mümkün hale getirecektir. Bunların dışında, her tür ve genotipe özgü mikrosporlardan embriyo oluşumunu uyarıcı farklı stres uygulamalarının (yüksek sıcaklık şokları, kolhisin, aktif kömür, AgNO<sub>3</sub>, CoCl<sub>2</sub>, metilen mavisi, yüksek pH ve ortam yenileme uygulamaları, MES ve arabinogalakton proteinleri, metilen mavisi, tomurcuklara yapılan soğuk şokları vb.) belirlenmesi ve ortam koşullarının optimize edilmesi gerekmektedir.

Burada sunulan çalışmada, son 20 yıla ait Brassicaceae familyası sebzelerinde yapılmış olan mikrospor embriyogenesis çalışmaları değerlendirilmiş ve tekniğin uygulanışında karşılaşılan sorunların giderilmesine yönelik genel bir değerlendirme yapılmıştır.



**KAYNAKLAR**

- Anitasari, S.D., Astarini, I.A., Defiani, M.R., Pharmawati, M., & Prayantini, D.C. (2019). Pollen viability and microspore culture in three broccoli cultivars (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). *Jurnal Biota*, 5(2): 118-127.
- Badawi, M.A., Metwally, E.E., Taha, S.S., & Arafeh, M.O. (2009). Factors affecting embryogenesis in microspore cultures of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Journal of Plant Production*, 34(5): 5067-5076.
- Bhatia, R., Dey, S.S., Parkash, C., Sharma, K., Sood, S., & Kumar, R. (2018). Modification of important factors for efficient microspore embryogenesis and doubled haploid production in field grown white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) genotypes in India. *Scientia Horticulturae*, 233: 178-187.
- Bhatia, R., Dey, S.S., Sood, S., Sharma, K., Parkash, C., & Kumar, R. (2017). Efficient microspore embryogenesis in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) for development of plants with different ploidy level and their use in breeding programme. *Scientia Horticulturae*, 216: 83-92.
- Bhatia, R., Dey, S.S., Sood, S., Sharma, K., Sharma, V.K., Parkash, C., & Kumar, R. (2016). Optimizing protocol for efficient microspore embryogenesis and doubled haploid development in different maturity groups of cauliflower (*B. oleracea* var. *botrytis* L.) in India. *Euphytica*, 212(3): 439-454.
- Chen, W., Zhang, Y., Huang, S., Ren, J., & Feng, H. (2022). L-Ascorbic acid sodium salt promotes microspore embryogenesis and chromosome doubling by colchicine in ornamental kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 149: 753-765.
- Chen, W., Zhang, Y., Ren, J., Ma, Y., Liu, Z., & Hui, F. (2019). Effects of methylene blue on microspore embryogenesis and plant regeneration in ornamental kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*). *Scientia Horticulturae*, 248: 1-7.
- Cristea, T.O. (2013). The influence of pH on microspore embryogenesis of white cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 5(4): 485-489.
- Dai, X.G., Shi, X.P., Fu, Q., & Bao, M.Z. (2009). Improvement of isolated microspore culture of ornamental kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*): effects of

- sucrose concentration, medium replacement, and cold pre-treatment. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 84(5): 519-525.
- Dias, J.S. & Correia, M.C. (2002). Effect of medium renovation and incubation temperature regimes on tronchuda cabbage microspore culture embryogenesis. Scientia Horticulturae, 93(3-4): 205-214.
- Domblides, E.A., Kozar, E.V., Shumilina, D.V., Zayachkovskaya, T.V., Akhramenko, V.A., & Soldatenko, A.V. (2018). Embryogenesis in culture of isolated microspore of broccoli. Vegetable Crops of Russia, 1:3-7. (In Russ.)
- Fang, S., Li, J., Zheng, W., Liu, Z., Feng, H., & Zhang, Y. (2022). Effects of compound sodium nitrophenol on microspore embryogenesis and plantlet regeneration in flowering Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee). Protoplasma, 1-12.
- Gamborg, O.L., Miller, R., & Ojima, K. (1968). Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. Experimental Cell Research, 50(1): 151-158.
- Guo, Y.D. & Pulli, S. (1996). High-frequency embryogenesis in *Brassica campestris* microspore culture. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 46(3): 219-225.
- Han, Y., Ye, X.L., & Feng, H. (2014). Improved efficiency of microspore culture of *Brassica campestris* ssp. *pekinensis* (Chinese cabbage). In Applied Mechanics and Materials, 675: 1091-1096.
- Huang, S., Liu, Z., Li, D., Yao, R., & Feng, H. (2016). A new method for generation and screening of Chinese cabbage mutants using isolated microspore culturing and EMS mutagenesis. Euphytica, 207(1): 23-33.
- Huang, S., Liu, Z., Li, D., Yao, R., Meng, Q., & Feng, H. (2014). Screening of Chinese cabbage mutants produced by <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -ray mutagenesis of isolated microspore cultures. Plant Breeding, 133(4): 480-488.
- Jia, J., Zhang, Y., & Feng, H. (2019). Effects of brassinolide on microspore embryogenesis and plantlet regeneration in pakchoi (*Brassica rapa* var. *multiceps*). Scientia Horticulturae, 252: 354-362.
- Kabir, K.M.R., Kwon, S.W., & Park, Y.J. (2013). Application of cobalt chloride and silver nitrate for efficient microspore culture of *Brassica rapa* ssp. Plant Tissue Culture and Biotechnology, 23(1): 1-10.

- Kim, S.J., Kwak, J.H., Do, K.R., & Na, H. (2013). Developmental stage and density of microspore by flower structure in broccoli lines. *Korean Journal of Breeding Science*, 45(1).
- Lee, M.H., Lim, C.J., Lee, I.H., & Song, J.H. (2014). High-purity seed production of doubled haploid Chinese cabbage [*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis* (Lour.)] through microspore culture. *Plant Breeding and Biotechnology*, 2(2): 167-175.
- Leskovšek, L., Jakše, M., & Bohanec, B. (2008). Doubled haploid production in rocket (*Eruca sativa* Mill.) through isolated microspore culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 93(2): 181-189.
- Lichter, R. (1982). Induction of haploid plants from isolated pollen of *Brassica napus*. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 105(5): 427-434.
- Lu, Y., Dai, S., Gu, A., Liu, M., Wang, Y., Luo, S., Zhao, Y., Wang, S., Xuan, S., Chen, X., Li, X., Bonnema, G., Zhao, J., & Shen, S. (2016). Microspore induced doubled haploids production from ethyl methanesulfonate (EMS) soaked flower buds is an efficient strategy for mutagenesis in Chinese cabbage. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1780.
- Lv, H.H., Wang, Q.B., Yang, L.M., Fang, Z.Y., Liu, Y.M., Zhuang, M., Zhang, Y.Y., Yang, Y.H., Xie, B.Y., & Wang, X.W. (2014). Breeding of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) with fusarium wilt resistance based on microspore culture and marker-assisted selection. *Euphytica*, 200(3): 465-473.
- Mineykina, A., Bondareva, L., Soldatenko, A., & Domblides, E. (2021). Androgenesis of red cabbage in isolated microspore culture *in vitro*. *Plants*, 10(9): 1950.
- Mineykina, A., Shumilina, D., Bondareva, L., Soldatenko, A., & Domblides, E. (2020). Effect of beta-lactam antibiotics on microspore embryogenesis in *Brassica* species. *Plants*, 9(4): 489.
- Na, H., Hwang, G., Kwak, J.H., Yoon, M.K., & Chun, C. (2011a). Microspore derived embryo formation and doubled haploid plant production in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) according to nutritional and environmental conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(59): 12535-12541.

- Na, H., Kwak, J.H., & Chun, C. (2011b). The effects of plant growth regulators, activated charcoal, and AgNO<sub>3</sub> on microspore derived embryo formation in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). Horticulture, Environment, and Biotechnology, 52(5): 524-529.
- Niu, L., Shi, F., Feng, H., & Zhang, Y. (2019). Efficient doubled haploid production in microspore culture of Zengcheng flowering Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* [L.] Makino var. *utilis* Tsen et Lee). Scientia Horticulturae, 245: 57-64.
- Pilih, K.R., Potokar, U.K., & Bohanec, B. (2018). Improvements of doubled haploid production protocol for white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Folia Horticulturae, 30(1): 57-66.
- Qin, Y., Huang, Y., Pulli, S., & Guo, Y.D. (2015). Comparison of anther and microspore culture in androgenic embryogenesis and regeneration of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* P.). African Journal of Biotechnology, 14(42): 2910-2916.
- Shumilina, D., Korniyukhin, D., Domblides, E., Soldatenko, A., & Artemyeva, A. (2020). Effects of genotype and culture conditions on microspore embryogenesis and plant regeneration in *Brassica rapa* ssp. *rapa* L. Plants, 9: 278.
- Song, L., Feng, C., Zeng, A., Gao, B., & Yan, J. (2010). Factors affecting embryogenesis in isolated microspore culture of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 26(6): 1319-1322.
- Su, H., Han, F., Yang, L., Zhuang, M., Zhang, Y., Wang, Y., Li, Z., Fang, Z., & Lyu, H. (2018). Studies on optimization of cabbage isolated microspore culture conditions and generation of embryoids from high-generation inbred lines. China Vegetables, 4: 30-36.
- Takahashi, Y., Yokoi, S., & Takahata, Y. (2012). Effects of genotypes and culture conditions on microspore embryogenesis and plant regeneration in several subspecies of *Brassica rapa* L. Plant Biotechnology Reports, 6(4): 297-304.
- Tuncer, B. (2017). Callus formation from isolated microspore culture in radish (*Raphanus sativus* L.). Journal of Animal and Plant Science, 27(1): 277-282.

- Tuncer, B. & Yanmaz, R. (2011). Effects of colchicine and high temperature treatments on isolated microspore culture in various cabbage (*Brassica oleracea*) types. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(5): 819-822.
- Tuncer, B., Çığ, A., Yanmaz, R., & Yaşar, F. (2016). Effect of heat shock treatment on microspore embryogenesis in *Brassica oleracea* species. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(4): 548-554.
- Wang, Y., Tong, Y., Li, Y., Zhang, Y., Zhang, J., Feng, J., & Feng, H. (2011). High frequency plant regeneration from microspore-derived embryos of ornamental kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Scientia horticulturae*, 130(1): 296-302.
- Yali, Z., Lugang, Z., & Huamin, Z. (2010). Studies on embryoid induction of isolated microspore and plantlet formation in precocious Chinese cabbage. *Journal of Gansu Agricultural University*, 44(3):45-49.
- Yuan, S. X., Su, Y.B., Liu, Y.M., Fang, Z.Y., Yang, L.M., Zhuang, M., Zhang, Y.Y., & Sun, P.T. (2012). Effects of pH, MES, arabinogalactan-proteins on microspore cultures in white cabbage. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 110(1): 69-76.
- Yuan, S., Liu, Y., Fang, Z., Yang, L., Zhuang, M., Zhang, Y., & Sun, P. (2010). Plant regeneration from microspore-derived embryos in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) and broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Chinese Bulletin of Botany*, 45(02): 226.
- Yuan, S., Su, Y., Liu, Y., Li, Z., Fang, Z., Yang, L., Zhuang, M., Zhang, Y., Lv, H., & Sun, P. (2015). Chromosome doubling of microspore-derived plants from cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). *Frontiers in Plant Science*, 6: 1118.
- Yuan, S.X., Liu, Y.M., Fang, Z.Y., Yang, L.M., Zhuang, M., Zhang, Y.Y., & Sun, P.T. (2011). Effect of combined cold pretreatment and heat shock on microspore cultures in broccoli. *Plant Breeding*, 130(1): 80-85.

- Zeng, A., Feng, C., Gao, B., Song, L., & Yan, J. (2011). Effect of temperature stress on isolated microspore embryogenesis in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 27(3): 623-627.
- Zeng, A., Song, L., Cui, Y., & Yan, J. (2017). Reduced ascorbate and reduced glutathione improve embryogenesis in broccoli microspore culture. South African Journal of Botany, 109: 275-280.
- Zeng, A., Yan, J., Song, L., Gao, B., & Li, J. (2015). Effects of ascorbic acid and embryogenic microspore selection on embryogenesis in white cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 90(6): 607-612.
- Zeng, A., Yan, J., Song, L., Gao, B., Zhang, Y., Li, J., Li, H., Hou, X., & Li, Y. (2015). Induction and development of microspore-derived embryos in broccoli×white-headed cabbage hybrids microspore culture. Euphytica, 203(2): 261-272.
- Zeng, A., Gao, B., Song, L., Zhang, Y., Li, J., Li, Y., Hou, X., Yan, J. (2014). Cytological analysis of microspore embryogenesis in white cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) isolated microspore culture. Journal of Nanjing Agricultural University, 37(5):47-54.
- Zhang, W., Fu, Q., Dai, X., & Bao, M. (2008). The culture of isolated microspores of ornamental kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) and the importance of genotype to embryo regeneration. Scientia Horticulturae, 117(1): 69-72.
- Zhao, Y., Zheng, W., Li, J., Qi, X., Feng, H., & Zhang, Y. (2022). Effects of genotype and sodium p-nitrophenolate on microspore embryogenesis and plant regeneration in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). Scientia Horticulturae, 293: 110711.



## BÖLÜM 12

### FARKLI PRIMING UYGULAMALARININ ROKA (*Eruca sativa* Mill.) MİKRO FİLİZİ YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ

Zir. Yük. Müh. Vesim BAHÇECİ<sup>1</sup>

Doç. Dr. Özlem ÜZAL<sup>2\*</sup>

Prof. Dr. Fikret YAŞAR<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van-Türkiye. vesimbahceci@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2860-5872

<sup>2\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye. ozlemuzal@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1538-820X

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye. fyasar@yyu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6598-8580  
Yüksek Lisans tezinin bir bölümünü içermektedir.





## GİRİŞ

Günümüzde tüketiciler dengeli beslenmek için daha çok sağlıklı ve taze gıdalara rağbet göstermektedir. Çiğ tohum filizleri, daha sağlıklı ve yüksek besin değerleri nedeniyle dünya genelinde önem kazanmıştır. Çiğ tohum filizlerinin yeni bir sınıfı olan mikro filizler, yapraklı sebze üretimini mikro ölçeğe uyarlanmış ve insan beslenmesinde besin değerini arttırmak için çok büyük bir potansiyele sahip fonksiyonel gıdalar sınıfında yer alan bitki grubudur. Bir sebze sınıfı olan bu ürünler, yenilebilir sebzeleri ve bitkileri içeren çok spesifik bir türdür (Sun ve ark., 2013; Pinto ve ark., 2015). İsminden de anlaşılacağı üzere mikro filizler (yeşillikler), gelişimini henüz tamamlamamış ufak boyutlu sebzelerdir. Ancak bu noktada mikro yeşillikler, sebze filizleri ve bebek yeşilliklerden farklıdır. Sebze filizleri, tohumdan toprağın üstüne çıkan ilk kısmın kesilmesi ile elde edilir ve herhangi bir yaprağı bulunmaz. Bebek yeşillikler ise tohumun genetik yapısı değiştirildiğinden veya yetiştirilme koşullarından ötürü boyutu küçük olmasına karşın, olgunlaşmış sebze halinin bütün özelliklerini taşıyan yeşil sebzelere verilen isimdir. Mikro yeşillikler ise bu iki tanımın arasında yer alır. Sebzenin henüz çenek (İng: "cotyledon") yapraklarının meydana gelmesinden hemen sonra hasat edilmesiyle mikro yeşillikler veya mikrofilizler elde edilmiş olur (URL-1).

Bu yeşillikler çoğunlukla, Brassicaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Lamiaceae, Apiaceae, Amarillydaceae, Amaranthaceae ve Cucurbitaceae familyasına ait türlerdir (Kyriacou ve ark., 2016). Tere, nane, ayçiçeği, dereotu, kırmızı pancar, havuç, roka, turp, brokoli,

fesleğen, soğan, şeker otu, deniz börülcesi, kişniş, hardal, lahana, buğday, bezelye, ıspanak, maydanoz, marul vb. bitkilerinin ilk gerçek yaprakları oluştuğunda bu ürünler mikro filiz olarak kullanılabilir. Mikro filiz üretimi ile değerlendirilebilen ve tüketici sağlığına faydalı çok çeşitli renk, şekil, tat ve hepsinden önemlisi gerekli besinler sağlayabilen yenilebilir türler vardır (Renna ve ark., 2017). Günümüzde 80-100 kadar bitki çeşidinin mikro filiz olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Treadwell ve ark., 2010).

Mikro yeşiller veya mikro filizler, taze kesilmiş çiğ olarak veya hazır pişirilmiş ürünlerde kullanmak üzere topraksız sebze üretim sistemlerine benzer bir sebzeçilik veya sebze endüstrisinin bir yeniliği olarak düşünülebilmektedir. Bunlar, tüm tarım kavramını değiştirmeye katkıda bulunan yeniliklerdir. Çok çeşitli renk, şekil, aroma ve tatlara sahip olan mikro filizlerin mutlaka standart sebzelerinin yerine kullanılması gerekmemektedir. Sağlıklı yaşamın başta gelen koşulu akıllıca seçilen sağlıklı gıda maddeleri ile beslenmektir (URL-2).

Mineral madde ve vitamin deposu olan sebzeler sağlıklı beslenmenin temelini oluşturur. Sebzelerin ve benzer diğer bitkilerin yeni çimlenen filizleri ise onlardan daha değerlidir. Son yıllarda süper gıda olarak anılan sebze filizleri, sebzeler ve yemeklik baklagil tohumlarının uygun sıcaklık ve nem koşullarında çimlendirilmesi ile elde edilen genç fideciklerdir. Türlerine ve büyüme koşullarına bağlı olarak, mikro filizler genellikle toprak seviyesinde, yani hipokotillerin tabanında, ilk gerçek yaprak çiftinin ortaya çıkması üzerine, kotiledonlar tamamen

genişlediğinde ve hala şiştiğinde, genellikle tohum çimlenmesinden itibaren 7-21 gün içinde hasat edilir (Sun ve ark., 2013).

Mikro filiz üretimi doğaya ve iklime bağlı olmadan kontrollü bir şekilde yapılabilmektedir. Az bir alanda, hızlı, seri ve kitlesel üretim yapılabilir. Mikro filiz bitkicikleri küçük olmakla birlikte içerikleri çok zengin olduğu için insanlığa beslenme, ilaç, hayvan yemi gibi alanlarda büyük katkı sağlayabilir. Bu nedenle mikro filiz üretimi son yıllarda artan bir ivme ile ilgi bulmaktadır. Son yıllarda kentlerde veya kentlere yakın yerleşim yerlerinde, binaların içerisinde, katlı yetiştiricilik sistemlerinde dikey olarak ve iklim kontrollü koşullarda LED aydınlatma ile topraksız yetiştiricilik teknikleri kullanılarak başta sebzeler olmak üzere bitki yetiştiriciliği tüm dünyada yükselen bir ilgi görmektedir.

Sebze yetiştiriciliğinde kaliteli ve verimli bir üretimin ilk koşulu, kaliteli tohumla üretime başlamaktır. Kaliteli tohum, çeşit özelliklerinin yanında, hızlı, bir örnek ve yüksek oranda bir çimlenme gösterebilen tohum demektir. Çimlenme, tohumun yeni bir bitki oluşturmasına yeni tohumun metabolik düzeninin yeniden aktif olması sonucu kök ve sürgünün oluşmasıdır. Tohumda çimlenmenin başlayabilmesi için, tohumun canlı olması, çevre koşullarının iyi olması ve çimlenmeyi engelleyici iç faktörlerin ortadan kalkması gereklidir (Elkoca, 2007).

Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse şartlar yeterli olsa bile ekilen tohumlar çimlenememektedir. Bazen çevresel şartlar yeterli olsa bile, tohumlar dinlenme ihtiyacını tamamlayamamakta ve tohum kabuğunun

sert olmasından dolayı su ve oksijen takviyesi yeterince sağlayamamaktadır. Bunun yanında su alınımları olsa bile büyüyen embriyonun tohum kabuğunu kıramaması, büyümesini tamamlayan embriyolar ve tüm bunların yanında büyümeyi engelleyici maddelerin varlığından ötürü tohum çimlenmemektedir. Bununla birlikte çimlenme olsa dahi tüm şartlar yerine gelmediğinden istenilen oranda kaliteli fide elde etmek mümkün değildir. Tüm bu olumsuzlukların yanında ekim esnasında ortaya çıkacak hatalar da çimlenme üzerine olumsuz etkide bulunmaktadır. İşte genel olarak var olan bu olumsuzlukları minimize etmek ve çimlenmenin istenilen oranda en kısa zamanda oluşmasını sağlamak üzere tohumlar ekim öncesi fiziksel, kimyasal veya biyolojik bazı uygulamalara tabi tutulmaktadır (Aydınoglu, 2019).

Mikro filiz üretiminde kullanılan tohumlar ekonomik nedenlerden dolayı genellikle açık tozlanan standart çeşitlerden seçilmektedir. Bu çeşitlerin tohumlarında homojen çimlenme ve çıkış sorunları yaşanmaktadır. Ayrıca mikro filiz hasadı sırasında bitkiciklerin aynı boyda ve gövde kalınlığında çok homojen bir gelişme göstermesi arzu edilen bir durumdur. Başarılı bir mikro filiz üretimi için homojen, hızlı ve yüksek oranda tohum çimlenme ve çıkışı ile bitkilerin ilk gelişim aşamasındaki homojen gelişme büyük önem arz etmektedir. Zengin vitamin, mineral, amino asit, karotenoid ve fenolik maddelere sahip mikro filizlerin yetiştiricilik şartlarının optimize edilmesi bu yetiştiricilikte oldukça önem taşımaktadır (URL-3).

Priming, istenilen düzeyde bitki gelişimini sağlamak için ekimden önce tohuma uygulanan çeşitli yöntemler olup, çimlenmeyi gerektirecek

metabolik olayları harekete geçirecek, ancak kökçük çıkışına izin vermeyecek şekilde kontrollü su alımı olarak ifade edilmektedir. Priming birçok bitki türünde, özellikle düşük sıcaklıklarda, çimlenme-çıkış oranını ve hızını artırmakta ve buna istinaden, kısa sürede istenilen sıklıkta fide tesisinin sağlanmasına imkân tanımaktadır. Priming uygulaması sonucunda, istenilen hızda kök ve sürgün çıkışının oluşması daha sağlıklı ve güçlü fide gelişimine imkân tanımakta, kuraklığa dayanıklılığı yükselmekte, bitkiler kısa zamanda çiçeklenerek hasat durumuna gelmekte ve verim artmaktadır. Ayrıca, priming uygulaması bitkilerde hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı ve baklagillerde nodül oluşumunu hızlandırmaktadır (Büyükçingil, 2007).

İngilizce “plantfactory” veya “indoorvertical farming” gibi isimlerle anılan bu yeni kontrollü yetiştiricilik sistemlerinde tohumların çimlenmesini takip eden mikro filiz aşamasında, insan tüketimine sunulduğu “mikro filiz üretimi üzerine farklı priming uygulamalarının etkisini araştırmak” bu araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.

Ülkemiz için çok yeni olan mikro filiz üretimi konusunda yapılan bu çalışma ile homojen ve standart mikro filizler elde edilmesi; tohum çimlenmesi öncesi priming uygulamalarının en uygun ve başarılı mikro filiz üretimi için ideal yetiştiriciliğin belirlenmesi hususları açıklığa kavuşturulmasına çalışılmıştır.

## **1. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **1.1. Materyal**

#### **1.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı**

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji laboratuvarında inkübatör ve normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında yürütülmüştür.

#### **1.1.2. Deneme Materyali**

Çalışmada bitkisel materyal olarak, Sim Arzuman Tarım Ürünleri Tohum Gıda Sanayi Ticaret Limited Şirketi firmasından temin edilen standart roka tohumları kullanılmıştır. Firma kataloğundan elde edilen bilgilere göre bu çeşit geniş yapraklı roka çeşididir. Roka serin iklim sebzesidir. 15-20 °C arasındaki sıcaklıkları sever. Kışları ılık geçen Ege ve Akdeniz Bölgeleri gibi yerlerde büyümeye devam eder ve oldukça kaliteli ürün elde edilir. 45 ila 60 günlük kısa bir biyolojik döngüye sahip olan yeşil yaprakları, kendine özgü acı bir tada sahiptir ve genellikle taze olarak salatalarda kullanılmaktadır.

### **1.2. Yöntem**

Deneme iki aşamalı olarak kurulmuştur.

1. Çimlenme denemesi
2. Farklı priming uygulanan tohumların torf ortamında yetiştirme performanslarının incelenmesi

### 1.2.1. Çimlenme Denemesi

Tohumlarda ideal tohum çimlenmesi, çıkışı ve homojen mikro filiz gelişmesi için en uygun priming ortamı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla aşağıdaki farklı priming çözeltileri denenmiştir.

#### 1.2.1.1. Çalışmada Kullanılan Priming Çözeltileri

1. Potasyum Nitrat ( $KNO_3$ )/osmoprining: %2'lik konsantrasyonu, 20 gram  $KNO_3$  / 1 Litre saf su ile hazırlanmıştır.
2. Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2$ )/osmoprining: %2'lik konsantrasyonu, 20 gram  $CaCl_2$ / 1 Litre saf su ile hazırlanmıştır.
3.  $GA_3$  hormonu/ hormon priming: 100ppm konsantrasyonunda hazırlanmıştır.
4. PEG 6000 (Polietilen glikol)/osmoprining: -15 bar konsantrasyonu için 342 gram PEG 6000/1 Litre saf su ile hazırlanmıştır.
5. Humik asit (Docto-Humate ticari isimli)/organic priming: 0.5 gram humik asit/1 Litre saf su ile hazırlanmıştır.
6. Deniz yosunu gübre (Maxi crop ticari isimli)/organic priming: 2 gram deniz yosunu/1 Litre saf su ile hazırlanmıştır (Sivritepe, 2000)
7. Vermikompost çayı/organic priming: 50 gram vermikompost ve 3 gram pekmez/1 Litre saf su ile hazırlanmıştır (Başay & Alpsoy, 2019).
8. Saf su ile priming uygulaması/hidropriming,
9. Priming uygulaması yapılmayan tohum ekimi: kontrol grubu olarak karşılaştırma için yapılmıştır.



### 1.2.1.2. Priming Yöntemi

300 adet tohum cam kavanozlara konmuş ve üzeri 2 cm geçecek şekilde priming çözeltisi ile kaplanacak şekilde solüsyon eklenmiştir. Birkaç saat aralıklarla çözelti eksilmesi kontrol edilmiştir. Her priming solüsyonu için roka tohumlarından 3 tekrarlamalı (tekerrür) deneme kurulmuştur. Tohumlar priming çözeltileri içerisinde 24 saat boyunca 20 °C’de bekletilmiştir. Bu süre zarfında kaplar birkaç kez çalkalanmıştır. 24 saat priming solüsyonunda bekletilen tohumlar bol çeşme suyu altında süzgeç ile 5 dakika boyunca yıkandıktan sonra, saf su ile 3 kez durulanmış, kağıt havlu ile fazla suyu alınarak, kurulanmıştır. İnkübatörde 22 °C’de tohum kuru ağırlığı ilk nemlerine gelinceye kadar kurutulmuştur. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 100 tohum olacak şekilde, 22 °C sıcaklığa sahip inkübatörde karanlık koşullarda yürütülmüştür. Çimlendirme için 9 cm çapındaki petri kapları kullanılmıştır. Petri kapları kullanılmadan önce etüvde 170 °C’de 4 saat steril edilmiştir (Muhammad & Hussain, 2010). Petri kapları içerisindeki çift kat filtre kağıtları üzerine her bir petride 20 tohum olacak şekilde tohumlar yerleştirilmiştir. ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği) kurallarına göre yürütülen teste tohumlarda 2 mm’lik kökçük çıkışı (radisil) çimlenme kriteri olarak değerlendirilmiştir (ISTA, 2007). Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılarak ve ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Ekimden itibaren 6 gün boyunca sayılarak, sayılan tohumlar dışarı alınmıştır.

Her tekerrürde aşağıdaki parametreler ölçülmüştür:

Çimlenme parametreleri aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır (Özbay ve ark., 2018).

$$\text{Çimlenme Oranı (Ç.O) (\%)} = (\text{Ç/T}) \times 100$$

Ç: Çimlenen tohum sayısı T: Kullanılan tohum sayısı

Çimlenme hızı (Ç.H.): G50 %50 çimlenme için geçen zaman (gün)

Çimlenme üniformitesi: G10-90 %10 çimlenme ile %90 çimlenme arasındaki süre (gün)

$$\text{Enfeksiyon Oranı (E.O.) (\%)} = (\text{E/T}) \times 100$$

E: Enfeksiyonlu tohum sayısı T: Kullanılan tohum sayısı

### **1.2.2. Priming Uygulanan Tohumların Torf Ortamında Yetiştirme Performanslarının İncelenmesi**

Bu aşamada farklı priming uygulamalarının mikro filiz bitkilerinin büyüme ve gelişmeleri, erkencilik, verimlilik üzerine etkileri incelenmiş ve yapılan priming uygulamalarından mikro filiz yetiştiriciliğinde en başarılı olan priming uygulaması belirlenmeye çalışılmıştır. Mikro filiz bitkileri için en ideal ve yaygın olarak kullanılan topraksız yetiştirme ortamı torftur. İklim kontrollü yetiştirme odasında serin iklim seven roka için  $20 \pm 2$  °C'de sıcaklıkta, 16 saat ışık ve 8 saat karanlık, gün ışığı veren lambaların  $350 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  ışık şiddeti altında ve %50-60 hava oransal nem koşullarında yetiştirilmiştir. Mikro filiz yetiştirme kapları 16 cm x 9 cm x 7 cm (uzunluk x genişlik x yükseklik) ebatında kullanılmıştır. Kap dibinde 25 mm yüksekliğinde torf substrat üzerine tohum ekimleri 10 mm derine gerçekleştirilmiştir. Tohum ekimlerinde her bir uygulama için eşit miktarda tohum ekmek adına tohumlar optimal ve eşit miktarda (2 g) ekilmiştir. Böylece homojen, hızlı ve güçlü bir tohum çimlenmesi ve çıkışı yapacak

priming uygulamasının tespiti sağlanmaya çalışılmıştır. Ekilen tohumlar yüzeyde yeşil ilk kotiledon yaprak görülene kadar saf su ile sulanmıştır. Mikro filizler bitki türünün gelişme hızına bağlı olarak yetiştirilmiştir. Hasat aşamasına gelen mikro filiz bitkicikleri substrat yüzeyinden bir bistüri yardımı ile kesilmiştir (Resim 1). Bitkicikler ilk gerçek yaprak görünmeye başladığı aşamada iken ve kotiledon yapraklar yuvarlak kenarlı aşamada iken hasat edilmiştir (Resim 2).



**Resim 1:** Hasada Gelen Roka Mikro Filizlerinin Hasadının Yapılışı



**Resim 2:** Roka Mikro Filizlerinin Hasat Öncesi Genel Görünümleri

### 1.2.2.1. Ölçüm ve Analizlerin Yapılması

Her tekerrürde 10 mikro filizde aşağıdaki parametreler ölçülmüştür:

1. Mikro filiz boyu (cm): Bitkicik boyu 1 cm duyarlılıkta cetvel ile substrat yüzeyinden büyüme ucuna kadar olan bölge cm cinsinden ölçülmüştür.
2. Hipokotil boyu (cm): Mikro filiz üretiminde tüketici tercihlerine bağlı olarak uzun hipokotil tercih edilebilmektedir. Bu nedenle mikro filizlerde substrat yüzeyinden kotiledon altına kadar olan hipokotil uzunluğu cm olarak kaydedilmiştir.
3. Mikro filiz çapı (mm): Kotiledon yaprağının yaklaşık 1cm altından kumpas ile mm cinsinden ölçülmüştür.
4. Mikro filiz tek ağırlığı (g/bitki): Denemede hasat aşamasına gelmiş filizlerin her tekerrürde 10 adet filiz ağırlığı 0.00 hassas bir terazide tartılmış ve buradan ortalama tek bir mikro filiz ağırlığı elde edilmiştir.
5. Mikro filiz kuru ağırlığı: Taze ağırlığı kaydedilen 30 adet mikro filiz bitkileri etüvde kuru ağırlığı 65 °C etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. 0.001 hassasiyetteki bir terazide kuru tartılarak kaydedilmiştir.
6. Mikro filiz verimi ( $g/m^2$ ): Denemede hasat aşamasına gelen mikro filizlerin her tekerrürde filizlerin tamamının taze ağırlıkları alınıp kaydedilmiş ve  $g/m^2$  olarak verim hesaplanmıştır. Elde edilen veriler priming yapılmayan (Kontrol grubu) grupla karşılaştırılarak değişim (%) ve fark hesaplanmıştır (Tablo 1).

### 1.2.2.2. Değerlendirmelerin Yapılması

Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi için Statgraphics istatistik analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan deneme konuları %5 önem seviyesinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır.

## 2. BULGULAR

### 2.1. Çimlenme Denemesi

Roka tohumlarına yapılan priming uygulamaları sonrasında elde edilen veriler doğrultusunda Çimlenme oranı, çimlenme hızı, çimlenme üniformitesi ve enfeksiyon oranı değerleri Tablo 1’ de verilmiştir.

**Tablo 1:** Uygulamaların Çimlenme Oranı (%), Çimlenme Hızı (gün), Çimlenme Üniformitesi (gün) ve Enfeksiyon Oranına (%) Etkileri

Uygulamalar	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme Hızı (gün)	Çimlenme Üniformitesi (gün)	Enfeksiyon Oranı (%)
KNO <sub>3</sub>	74.666±8.33 b	2.533±0.51 c	3.066±0.25 cd	23.333±6.72 cd
CaCl <sub>2</sub>	82.333±8.42 a	2.6±0.50 c	3.666±0.81 bc	13.333±6.45 e
GA <sub>3</sub>	82.333±8.20 a	2.533±0.51 c	3.133±0.51 cd	17.333± 10.99 de
PEG 6000	79.666±6.93 ab	2.866±0.35 bc	3.6±0.82 bc	16.333±5.81 de
Humik Asit	78.0±4.55 ab	2.866±0.35 bc	3.933±0.88 ab	18.666±6.11 c-e
Deniz Yosunu	82.333±9.79 a	2.733±0.45 bc	2.733±0.96 d	12.8±11.16 e
Vermikompost	45.666±3.71 d	4.533±0.74 a	4.533±1.50 a	53.0±15.32 a
Saf Su	68.0±7.97 c	3.0±0.0 b	3.133±0.35 cd	25.333±10.93 bc
Priming Yapılmayan	69.0±7.36 c	3.066±0.25 b	4.333±0.97 a	31.0±10.88 b
Ortalama	73.555±13.33	2.970±0.73	3.570±1.01	23.459±15.25
P değeri	0.000	0.000	0.000	0.000

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05)

Roka tohumlarına yapılan priming uygulamaları sonrasında elde edilen veriler doğrultusunda çimlenme oranı, çimlenme hızı ve çimlenme üniformitesi değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli (p<0.05) farklılıklar bulunmuştur (Tablo 1). En yüksek çimlenme oranı (%82.33)

CaCl<sub>2</sub>, GA<sub>3</sub> ve deniz yosunu uygulamalarında, en düşük değer ise %45 ile vermikompost uygulamasında ölçülmüştür. Kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan tohumlarda bu değer %69 iken diğer uygulamalarda %68 ile %79.66 arasında değişmiştir.

Çimlenme hızında en düşük değeri alan yani en hızlı çimlenme gösteren uygulamalar, KNO<sub>3</sub> ve GA<sub>3</sub> (2.53 gün) uygulamaları olmuştur. En geç çimlenme gösteren uygulama ise ortalamanın üstünde bir değerle 4.53 gün ile vermikompost uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol grubu (priming yapılmayan) (3.06 gün) ve diğer tüm uygulamalar 2.6 ile 3.0 gün arasında birbirlerine çok yakın değerler göstermişlerdir.

Çimlenme üniformitesi bakımından en iyi sonuç 2.73 gün ile deniz yosunu uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer fakat en düşük çimlenme üniformitesine sahip uygulama ise 4.53 gün ile vermikompost ve aynı istatistiksel grupta bulunan 4.33 gün ile priming yapılmayan kontrol grubu yer almaktadır. Diğer uygulamalarda ise 3.06 gün ile 3.93 gün arasında değişen sonuçlar bulunmuştur.

Enfeksiyon oranına baktığımızda ise en düşük enfeksiyon oranı deniz yosunu (%12.8) ve CaCl<sub>2</sub> (%13.3) uygulamalarında belirlenirken, en yüksek enfeksiyon değeri ise %53.0 vermikompost uygulamasında ölçülmüştür. Kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan tohumlarda bu değer %31 iken diğer uygulamalarda enfeksiyon oranı %16 ile %25.33 arasında değişmiştir.

## 2.2. Priming Uygulanan Tohumların Torf Ortamında Yetiştirme Performanslarının İncelenmesi

### 2.1.1. Mikro Filiz Gelişim Performansları

Roka tohumlarına yapılan priming uygulamaları sonrasında elde edilen veriler doğrultusunda hipokotil boyu, mikro filiz boyu, mikro filiz çapı, mikro filiz tek ağırlığı ve 10 mikro filiz kuru ağırlığı değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2’de hipokotil boyu bakımından en iyi sonuç 3.946 cm ile GA3 uygulamasından elde edilirken, en düşük hipokotil boyuna sahip uygulama ise 2.353 cm ile kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan grupta ölçülmüştür. Diğer uygulamalar ise birbirine yakın değerler göstermiştir.

**Tablo 2:** Uygulamaların Hipokotil Boyu (cm), Mikro Filiz Boyu (cm), Mikro Filiz Çapı (mm), Mikro Filiz Tek Ağırlığı (g) ve 10 Mikro Filiz Kuru Ağırlığına (g) Etkileri

Uygulamalar	Hipokotil Boyu (cm)	Mikro Filiz Boyu (cm)	Mikro Filiz Çapı (mm)	Mikro Filiz Tek Ağırlığı (g)	10 Mikro Filiz Kuru Ağırlığı (g)
KNO <sub>3</sub>	3.183±0.27 cd	3.703±0.31 cd	0.88±0.15 a	0.0198±0.01 ab	0.016±0.009 a
CaCl <sub>2</sub>	3.123±0.38 d	3.56±0.34 d	0.855±0.13 ab	0.0177±0.01 b-d	0.016±0.02 ab
GA <sub>3</sub>	3.946±0.25 a	4.356±0.26 a	0.805±0.13 a-c	0.0202±0.006 a	0.014±0.009 ab
PEG 6000	3.316±0.29 c	3.723±0.30 c	0.779±0.18 bc	0.0196±0.004 a-c	0.014±0.01 ab
Humik Asit	3.546±0.22 b	3.963±0.21 b	0.797±0.16 bc	0.0188±0.005 a-c	0.014±0.005 ab
Deniz Yosunu	3.543±0.17 b	3.943±0.18 b	0.774±0.16 c	0.0175±0.01 cd	0.014±0.02 ab
Vermikompost	3.486±0.25 b	3.896±0.26 b	0.795±0.12 bc	0.0193±0.007 a-c	0.015±0.001 ab
Saf Su	3.166±0.20 d	3.58±0.22 d	0.83±0.15 a-c	0.0164±0.01 d	0.013±0.02 ab
Priming Yapılmayan	2.353±0.28 e	2.73±0.26 e	0.743±0.19 c	0.0180±0.006 a-d	0.012±0.01 b
Ortalama	3.296±0.49	3.717±0.49	0.809±0.15	0.0186±0.01	0.014±0.01
P değeri	0.000	0.000	0.051	0.010	0.244

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır (p<0.05)

En yüksek mikro filiz boyu 4.356 cm ile GA<sub>3</sub> uygulamasından elde edilirken, en düşük mikro filiz boyuna sahip uygulama ise 2.73 cm ile kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan grupta ölçülmüştür. Diğer uygulamalarda ise hipokotil boyu 3.56 cm ile 3.96 cm arasında değişmiştir.

Mikro filiz çapına baktığımızda en iyi sonuç 0.88 mm ile KNO<sub>3</sub> uygulamasından elde edilirken, sırasıyla (0.855) CaCl<sub>2</sub> uygulaması ve (0.805) Saf su uygulaması takip etmektedir. Mikro filiz çapı en düşük uygulama ise 0.743 mm ile kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan uygulamada ölçülmüştür. Diğer uygulamalardaki mikro filiz çapları ise birbirine yakın değerler göstermiştir.

Mikro filiz tek ağırlığı bakımından en yüksek değer 0.0164 g ile saf su uygulamasından elde edilirken, en düşük değer 0.0202 g ile GA<sub>3</sub> uygulamasından ölçülmüştür. Kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan uygulamalarda bu değer 0.0180 g iken diğer uygulamalarda 0.0175 g ile 0.0198 g arasında değişmiştir.

10 mikro filiz kuru ağırlığına baktığımızda en yüksek değer 0.012 g ile kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan uygulamadan elde edilirken, en düşük değer ise 0.016 g ile KNO<sub>3</sub> uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamalar ise 10 mikro filiz kuru ağırlığı bakımından birbirine oldukça yakın değerler göstermiştir.



### 2.1.2. Mikro Filiz Verimi

Roka tohumlarına yapılan priming uygulamaları sonrasında elde edilen veriler doğrultusunda mikro filiz verimi değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3’de görüldüğü gibi mikro filiz verimi bakımından uygulamalar arasında en fazla verim  $574.267 \text{ g/m}^2$  ile humik asit uygulamasında görülürken onu aynı istatistiksel gruba giren  $529.8 \text{ g/m}^2$  ile vermikompost ve  $523.133 \text{ g/m}^2$  ile  $\text{GA}_3$  uygulamaları izlemektedir. En düşük mikro filiz verimi ise  $378.533 \text{ g/m}^2$  ile kontrol uygulaması olan priming yapılmayan uygulamada ölçülmüştür. Diğer uygulamaların mikro filiz verimi ise  $421.6 \text{ g/m}^2$  ile  $506.467 \text{ g/m}^2$  arasında değişmektedir.

**Tablo 3:** Uygulamaların Mikro Filiz Verimi ( $\text{g/m}^2$ ) Üzerine Etkileri

Uygulamalar	Mikro Filiz Verimi ( $\text{g/m}^2$ )	Değişim (%)	Fark (g)
$\text{KNO}_3$	$421.6 \pm 89.13 \text{ d}$	11.378	43.067
$\text{CaCl}_2$	$498.533 \pm 93.25 \text{ bc}$	31.701	120
$\text{GA}_3$	$523.133 \pm 74.46 \text{ ab}$	38.200	144.6
PEG 6000	$437.133 \pm 39.44 \text{ cd}$	15.480	58.6
Humik Asit	$574.267 \pm 63.73 \text{ a}$	51.709	195.734
Deniz Yosunu	$506.467 \pm 59.41 \text{ b}$	33,798	127.934
Vermikompost	$529.8 \pm 42.07 \text{ ab}$	39.961	151.267
Saf Su	$492.267 \pm 63.30 \text{ bc}$	30.045	113.734
Priming Yapılmayan	$378.533 \pm 48.10 \text{ d}$	0	0
Ortalama	$484.637 \pm 85.39$	28.030	106.104
P Değeri	0.000		

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında fark vardır ( $p < 0.05$ )

En yüksek verim alınan humik asit uygulaması, en düşük verim alınan priming yapılmayan kontrol grubu ile kıyaslandığında yaklaşık  $195.734 \text{ g/m}^2$ ’lik büyük bir fark oluştuğu dikkati çekmektedir. Uygulamalar

arasından kontrole göre en büyük fark sırasıyla Humik asit, vermikompost ve GA<sub>3</sub>'de belirlenmiştir. Bu uygulamaların mikrofiliz verimini kontrole göre 1.5 kat artırdığı görülmektedir. En az fark ise 58.6 g ile PEG 6000 uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 3).

### 3. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tohum kalitesini artırıcı bazı mekanizmalar, ürün üretimini ve üretkenliğini arttırmak için kullanılabilir. Bunlardan biri tohum kalitesini arttıran ve metabolik aktiviteyi başlatarak tohumu çimlenmeye yaklaştıran ancak kökçük çıkışına izin vermeyen priming uygulamalarıdır. Tohumlarda yapılan ön uygulamaların (priming vs.) en temel amaçlarından biri, daha hızlı çimlenmenin temini dolayısıyla da gelişmiş fideler elde etmek; bir diğeri ise depolama süresince oluşan yaşlanmanın fizyolojik etkilerini azaltmaktır (Memiş, 2020).

Bitkileri istenilen sıklıkta yetiştirmek bunun sonucunda yüksek verimi elde etmek ilk olarak ekimi yapılan tohumun azami sürede ve maksimum oranda çimlenmesine ve çıkış yapmasına bağlıdır. Bunu sağlamanın yolu genel olarak çevresel ve genetik faktörlerin ve tohumun kendi yapısından kaynaklanan çimlenmeyi ve çıkışı engelleyen olumsuzlukların giderilmesiyle olur. Bunun için istenilen oranda fideyi elde edebilmek ve verimi arttırmak için ancak tohumlara ekim yapılamadan priming dediğimiz organik ve inorganik uygulamalara tabi tutularak sağlanmaktadır (Elkoca, 2007).

Tohum çimlenmesinin hızlandırılması gelişmiş fide üretimini ve güçlü bitkiler elde edilmesine imkân sağlar. Hızlı çıkış, üniformiteyi

popülasyondaki bitki boyutları arasındaki farkı azaltarak arttırır (Kenanoğlu, 2016). Nitekim erken çimlenme ile daha iri ve gelişmiş bitki oluşumu arasında yüksek düzeyde bir doğrusal ilişki bulunmuştur (Mavi ve ark., 2010). Ayrıca priming tohum ekim yöntemlerinin mahsulün performansındaki olumsuz etkisini en aza indirmekte ve verimi arttırmaya yardımcı olmaktadır. Priming uygulaması, yüksek ve düşük sıcaklıklar altında maydanoz tohumlarının çimlenmesi, fasulye tohumlarının erken fide çıkışı, fide gelişimi ve toplam hasat verimi, mısır tohumlarının çimlenme oranı, sıra başına fide sayısı, koçan uzunluğu, çap, 1000 tohum ağırlığı, tohum verimi ve hasat indeksi, domateste ortalama tohum çimlenme süresi, hızı ve bir örnek fide gelişimi üzerine olumlu etkiye neden olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Memiş, 2020).

Priming, fidelerin hızlı ve homojen çimlenmesine yol açmakta ve gıda rezervlerinin verimli kullanımını sağlamaktadır. Priming, öngörülemeyen yağışların olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, üreticiler tarafından yüksek kaliteli tohumlara erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde çok güvenilir ve verimli bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda priming uygulamalarının etkinliğinin artırılması ve maksimum etkinin sağlanması için uygulamalar farklı tekniklerle kombine edilerek kullanılmaya başlanmıştır (Memiş, 2020). Bunlardan biri de priming uygulamalarının mikro filiz yetiştiriciliğinde kullanılmasıdır.

Ülkemiz için çok yeni olan mikro filiz üretimi konusunda yapılan bu çalışma ile homojen ve standart mikro filizlerin elde edilmesi; tohum

çimlenmesi öncesi priming uygulamalarının en uygun ve başarılı mikro filiz üretimi için ideal yetiştiriciliğin belirlenmesi hususları açıklığa kavuşturmak için denemeler kurulmuştur. Standart roka tohumları üzerinde yapılan çalışmada priming uygulamasına tabi tutulan bitkilerin kontrol grubu olarak kullanılan gruba göre daha erkenci, daha hızlı, daha homojen ve daha güçlü bir mikro filiz gelişimi gösterdiği görülmüştür.

Deneme 2 aşamalı olarak kurulmuş olup; ilki çimlenme denemesi, ikincisi ise priming uygulanan tohumların torf ortamında yetiştirme performanslarının incelenmesi şeklindedir. Bu aşamalarda priming uygulamalarının mikro filiz bitkilerinin büyüme ve gelişmeleri, erkencilik, verimlilik üzerine etkileri incelenmiş ve yapılan priming uygulamalarından mikro filiz yetiştiriciliğinde en başarılı olan priming uygulaması belirlenmeye çalışılmıştır. Yaptığımız bu çalışmada priming uygulamaları çimlenmeyi olumlu etkilemiştir. Kontrol olarak kullanılan priming yapılmayan uygulamaya göre fideler birkaç gün daha erken ve göreceli olarak hızlı gelişme göstermiştir. Uygulamalarda çimlenen fidelerin daha homojen bir bitki gelişimi gösterdiği ve bitkilerin çimlenme gücü daha yüksek oranda bulunmuştur. Bununla birlikte yapılan çalışma sonucunda, priming uygulamalarının roka mikro filizi üzerinde etki düzeyinin değiştiğini göstermiştir. Ayrıca priming sonrası tohum ekimi öncesinde ortamdan alınan tohumların kökçüğünün çıkmamış olması da yapılan priming uygulama dozları ve süresinin uygun olduğunu göstermektedir.

Yaptığımız çalışmada çimlenme denemesi aşamasında genel olarak en yüksek çimlenme oranı  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{GA}_3$  ve deniz yosunu uygulamalarında, en düşük değer yani en iyi çimlenme hızı  $\text{KNO}_3$  ve  $\text{GA}_3$  uygulamalarında, çimlenme üniformitesi bakımından en iyi sonuç deniz yosunu uygulamasından ölçülürken, en düşük enfeksiyon oranı deniz yosunu uygulamasından ölçülmüştür (Tablo 1). Ayrıca çalışmada priming uygulamaları içerisinde vermikompost uygulamasının diğer priming uygulamalarına göre çimlenme oranı, çimlenme hızı ve çimlenme üniformitesi en düşük yüzdeye sahip iken; enfeksiyon oranı bakımından ise en yüksek değer vermikompost uygulamasında ölçülmüştür. Vermikompost sızıntı suyu, organik maddenin vermikompost haline dönüştürülmesi sırasında solucanlar ve mikroorganizmalar tarafından üretilen bir sıvıdır. Her ne kadar vermikompostun nispeten yüksek mineral içeriğinden dolayı, vermikompost ekstraktlarının bitki büyümesi üzerinde olumlu etkilerinin olduğu (Karlsons ve ark., 2015) ve farklı formlarının hem tarla hem de sera koşullarında birçok bitki üzerinde yararlı etkilerinin olduğunu (Lazcano ve ark., 2010) çalışmalarla kanıtlanmış olsa bile; vermikompost uygulamasında enfeksiyon oranının yüksek çıkmasının nedeni; vermikompost sızıntı suyunun besin maddesi bakımından zengin olmakla birlikte bitkilere faydalı olan bilinen ve bilinmeyen bitki büyüme maddelerini içermesi, *Salmonella* ve *Escherichia coli* gibi patojen zararlı mikropları barındırması olarak düşünülmektedir (Cafer ve ark., 2013).

Vermikompost ekstraktlarının kimyasal ve biyolojik özellikleri hakkında henüz yeterli bilgi bulunmamasına rağmen, vermikompostta bulunan bitki büyüme düzenleyicilerinin yanı sıra hümik asitler gibi biyolojik olarak aktif metabolitler demleme işlemi sırasında ekstrakte edilmektedir (Pant ve ark., 2009). Tüm bunların yanında kaliteli ürün elde etmek ve sağlığınıza etki edecek olumsuzluklardan korunmak için tohum dezenfeksiyonu önemli bir konudur. Çünkü bazı tohumlar çok hassastır ve yanlış seçilen bir uygulama patojen oluşturarak tohuma zarar verir ve tohumun çimlenme yüzdesini düşürebilir (Atmaca & Gülsün, 2020). Roka tohumları da hassas yapıları sebebiyle patojenlere maruz kalabilmektedir.

Domates, patlıcan ve biber tohumlarında, çimlenme ve fide büyüme ve gelişiminin başlangıcında kalite ve performansı arttırmak üzere, deniz yosunu ekstraktı (DYE) çözeltileri ile yapılan organik priming ve kurutma uygulamalarının kullanım olanakları çalışmasında elde edilen sonuçlar, organik priming tekniğinin tohumlarda kalite ve performans artışı sağlaması bakımından tohum ve fide endüstrilerine önerilebilir niteliktedir (Teoman, 2013).

Yapılan karpuz tohumu çalışmasında organik priming uygulanan tohumlardan oluşan fidelerin göreceli olarak priming uygulanmayan tohumlara göre erken çıkış ve daha kısa sürede fide gelişimi gösterdikleri görülmüştür. Böylece karpuzda uygulanan organik kökenli priming materyallerinin (kekik, defne ve deniz yosunu) fidelere herhangi bir olumsuz etki oluşturmadan kimyasal priming yerine çok

daha başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Özkaynak ve ark., 2015).

Duman & İlbi (2001) maydanoz tohumlarında, Duman (2002) soğan tohumlarında, yaptıkları çalışmalarında PEG ve  $KNO_3$  uygulamasının tohumlarda çıkış oranlarını artırdığını tespit etmişlerdir. Günümüzde istenen bitki sıklığını, homojen fide gelişimini, yüksek verimi sağlamak ve çimlenmede yaşanabilecek olumsuzlukları en aza indirmek için tohum kalite özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlı kullanılan priming teknikleri arasında kontrollü su alımının su ile sağlandığı hidropriming, osmotik çözeltilerin (PEG,  $KNO_3$ ,  $KH_2PO_4$ ) kullanıldığı priming uygulamaları bulunmaktadır (Caserio ve ark., 2004).

$CaCl_2$  uygulamaları da, tohumlarda görülen dormansiyi ortadan kaldırmak amacıyla kullanılabilir (Keskiner, 2017). Keskiner & Tuncer (2019), *Eremurus spectabilis* tohumlarına, farklı dozlarda  $CaCl_2$  (0, 5 mM, 10 mM ve 15 mM) uyguladıklarında, çimlenme ve çıkış oranında, 5 mM dozun, diğer dozlara göre daha olumlu sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, 5 mM  $CaCl_2$  dozunda çimlenme oranının %3.33, çıkış oranının ise %2.66 olduğunu saptamışlardır.

Başay & Alpsoy (2019), yürütmüş oldukları çalışmada farklı konsantrasyonlardaki vermikompost ekstraktı çözeltilisini biber tohumlarına uygulamışlardır. 2018 yılında yürütülen bu çalışmada deneme materyali olarak kullanılan sürmeli biber tohumlarının çimlenme ve fide gelişim süreçleri ele alınmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki vermikompost çözeltileri ve saf su içinde biber

tohumları 9 saat bekletilmiştir. Çimlenmeye tabi tutulan biber fidelerinde yaş ve kuru gövde ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı ve fide boyu gibi parametreler ele alınmıştır. Selvaraj (2011), çalışmasında domates tohumları ekilmiş ve 4 hafta sonra fidenin gövde boyunu ve aynı şekilde tohum ekiminden 40 gün sonra fide fide kök boyunun gözle görülür bir şekilde fazlalaştığı görülmüştür.

Priming uygulanan tohumların torf ortamında yetiştirme performanslarının incelenmesi aşamasında ise hipokotil boyu ve mikro filiz boyu bakımından en iyi sonuç  $GA_3$  uygulamasından, mikro filiz çapında en iyi sonuç  $KNO_3$  uygulamasından, mikro filiz tek ağırlığı bakımından en yüksek değer Saf su uygulamasından ve 10 mikro filiz kuru ağırlığı en yüksek değer kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan uygulamadan ölçülmüştür (Tablo 2). Ayrıca en düşük hipokotil boyu, mikro filiz boyu ve mikro filiz çapına sahip uygulama kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz priming yapılmayan uygulamada ölçülürken; mikro filiz tek ağırlığı bakımından en düşük değer  $GA_3$  uygulamasından ve 10 mikro filiz kuru ağırlığı bakımından en düşük uygulama  $KNO_3$  ve  $CaCl_2$  uygulamalarından ölçülmüştür (Tablo 2).

Mikro filiz verimi bakımından uygulamalar arasında en fazla verim Humik asit uygulamasında görülürken en az mikro filiz verimi ise kontrol uygulaması olan Priming yapılmayan uygulamada görülmüştür. Humik asit uygulamasının verime etkisinin arttığına yönelik sonuca varılmıştır (Tablo 3). Humik maddeler kendiliğinden oluşan, renkleri sarıdan siyaha değişebilen, yüksek moleküler ağırlığa sahip, bozulmaya



dayanıklı, heterojen maddeler olarak ifade edilmektedir. Hümik maddeler şekli olmayan, bir yönüyle aromatik ve aynı zamanda çok iyi bir şekilde tanımlanan organik bileşikler gibi kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olmayan maddelerdir (Akıncı, 2011). Önemli organik maddelerden olan humik asidin bitki büyüme ve gelişimi üzerine faydalı olan yararlı etkileri yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Bu humik maddelerin toprağın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini, dolayısıyla da bitki büyüme ve gelişimini doğrudan etkilediği bilinmektedir (Özdemir, 2011).

Humik asit bitki büyüme ve gelişimini doğrudan veya dolaylı yoldan olmak üzere iki şekilde etkilemektedir. Birinci etki bitki bünyesindeki humik madde bileşenlerinin bitki tarafından alınmasıdır. İkinci etki de ise sentetik iyon değiştiricilerin yaptığı gibi bitki besin maddelerinin sağlanması ve düzenlenmesi şeklindedir. (İstanbulu, 2019).

Humik maddeler içerisinde barındırdığı organik maddeler sayesinde genel anlamda toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemektedir. Bu sayede bitki büyüme ve gelişimine ve ekosistem dengesine katkıda bulunmaktadır. Humik maddelerin sağladığı yararlar topraktaki organik madde miktarını, toprağın su tutma kapasitesini, kararlılığını arttırma, bitkide kök gelişimini, büyümeyi ve dolayısıyla meyve verimini arttırma, topraktaki mineral maddelerin ve diğer mikro elementlerin bitki tarafından emilimini kolaylaştırma, topraktaki zararlı maddelere ve kirliliklere karşı direnç kazandırma vb. olarak sıralanabilir (Özdemir, 2011). Tüm bu özellikler Humik asit uygulamasının rokada verimin fazla çıkmasına etki etmiş olduğu

düşünülmektedir. Elde ettiğimiz veriler El-Nakhel ve ark. (2021) in üç farklı türün kullanıldığı mikro filiz çalışmasındaki roka mikrofilizi verim değerlerine yakın çıkmıştır. Yine Kyriacou ve ark. (2019)'nın 13 farklı türde mikro yeşillik üretimini yaptıkları çalışmada verimin 1.25 ila 5.97 kg/ m<sup>2</sup> arasında değiştiğini ve türler arasında önemli farklılıklar elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bu değerlerin bizim elde ettiğimiz değerlerden fazla çıkması; tür farkından, muhtemelen farklı ekim yoğunluğundan, sulamada Hoagland besin çözeltisi kullanılmasından ve hasattaki farklı gelişim aşamasından kaynaklanabilir.

Çalışma sonucunda yaptığımız gözlemler ve elde ettiğimiz veriler çerçevesinde, mikro filiz üretimde yapılan priming uygulamalarının son derece önemli olduğu ve aynı zamanda bitkisel üretimi çok daha fazla artırabileceği kanaatine varılmıştır. İşte bu şartlar göz önüne alınarak maksimum ürünü alabilmek için farklı uygulamalarla tohum çimlenme ve çıkış durumlarını iyileştirici uygulamaların yapıldığı çalışmaların önemi bir kez daha ortaya konmuştur.

Buradan hareketle, ülkemizde de yeni bir tarımsal üretim kolunu oluşturan mikro filiz üretimi öncesinde roka tohumlarına yapılan priming uygulamalarından özellikle deniz yosunu ve GA<sub>3</sub> uygulamalarının;

- çimlenmeyi uyarması ve çimlenme parametreleri üzerine olumlu etki yapması,
- mikro filiz üretiminde en önemli kriter olan çıkış ve üniformite üzerine etkili olması,

Humik asit uygulamasının;

- mikro filiz verimi üzerine etkili olduğu,

GA<sub>3</sub> ve deniz yosunu uygulamalarının;

- mikro filiz gelişimi üzerine olumlu etkisinin olduğu, yönünde olumlu etkilerinin olduğu sonucuna varılmıştır. Organik materyal olması sebebiyle organik priming yöntemiyle deniz yosunu uygulamasının mikro filiz üretiminde ayrı bir değerinin olacağı ve başarılı bir şekilde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır. Yapılan bu çalışma ile olumlu etkisi belirlenen uygulamaların besin maddesi alımına etkisi, mikro filizlerin besin değeri ve antioksidant miktarına etkisi ile ilgili çalışmaların yapılması gerektiği ile ilgili fikri doğurmuş olup, ileride yapılacak bu çalışmalarla elde edilen sonuçlar ile konunun bu bağlamda değerlendirilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akıncı, Ş. (2011). Humik asitler, bitki büyümesi ve besleyici alımı. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 23(1): 46-56.
- Atmaca, B. & Gülsün, A.E. (2020). Tohum dezenfeksiyon yöntemleri. Tarım Makinaları Dergisi, 16(3): 18-25.
- Aydinoğlu, E. (2019). Ekim Öncesi Tohum Uygulamaları (Priming)'nın Tuzlu ve Kurak Stres Koşullarında Bazı Baklagil Yem Bitkilerinin Çimlenme Özellikleri ve Fide Gelişimine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Başay, S. & Alpsoy, H.C. (2019). Biber (*Capsicum annuum* L. var. Sürmeli) tohumlarına yapılan vermikompost çayı ön uygulamasının çimlenme parametreleri ve fide kalite özelliklerine etkisi. Alata Tarım, 18(1): 23-29.
- Büyükcıngıl, Y. (2007). Priming Uygulamasının Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Tohumlarının Düşük Sıcaklıktaki Çimlenme ve Çıkış Performansı Üzerine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış). KSİÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Cafer, T., Temel, E., Çatal, G., Sincen, M., & Mısırlıoğlu, M. (2013). Bazı atık ve toprak düzenleyicilerin toprakta solucan davranışlarına etkisi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 1(1): 79-86.
- Caserio, R.F., Bennett, M.A., & Filho, J.M. (2004). Comparison of priming and subsequent drying techniques for onion seed lots: Effects on germination and vigor. 27th ISTA Congress Seed Symposium. Abst. No; 190. Budapest. pp. 122.
- Duman, İ. & İlbi, H. (2001). Bazı Sebze Tohumlarının Optimum Ön Çimlendirme (Priming) Sürelerinin ve Yöntemlerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Proje Raporu. Bornova-İzmir.
- Duman, İ. (2002). Soğan (*Allium cepa* L.) tohumlarının çimlenmesini iyileştirici farklı osmotik uygulama yöntemlerinin karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39(2): 1-8.

- Elkoca, E. (2007). Priming: ekim öncesi tohum uygulamaları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 38(1): 113-120.
- El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G., Kyriacou, M.C., Gaspari, A., Ritieni, A., De Pascale, S., & Roupael, Y. (2021). Nutrient supplementation configures the bioactive profile and production characteristics of three brassica l. microgreens species grown in peat-based media. *Agronomy*, 11: 346.
- ISTA (2007). International Rules For Seed Testing. Edition 2007. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland.
- İstanbulu, M. (2019). Biberde (*Capsicum annuum* L.) Hümik Asit ve Çinko Uygulamalarının Kuru Madde Verimi ile Mineral Elementlerin Alımı Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Karlsons A., Osvalde A., Andersone-Ozola U., & Ievinsh G. (2015). Vermicompost from municipal sewage sludge affects growth and mineral nutrition of winter rye (*Secale cereale*) plants. *Journal of Plant Nutrition*.
- Kenanoğlu, B.B. (2016). Tohumların çimlendirilmesinde farklı organik ön çimlendirme (ozmotik koşullandırma) uygulamalarının kullanımı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(2): 124-134.
- Keskiner, K. (2017). Yabani Olarak Yetişen Çirişte (*Eremurus spectabilis* M. Bieb) Tohum Dormansisini Kırıcı Uygulamalar Üzerine Araştırmalar (Yüksek Lisans Tezi, Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Keskiner, K. & Tuncer, B. (2019). Dormancy breaking treatments for wild *Eremurus spectabilis* M. Bieb seeds. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(2A): 1156-1162.
- Kyriacou, M.C., Soteriou, G.A., Roupael, Y., Siomos, A.S., & Gerasopoulos, D. (2016). Configuration of watermelon fruit quality in response to rootstock-mediated harvest maturity and postharvest storage. *Journal Science Food Agric.*, 96: 2400-2409.
- Kyriacou, M.C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Pannico, A., Soteriou, G.A., Giordano, M., Ritieni, A., De Pascale, S., & Roupael, Y. (2019). Functional quality in novel food sources: genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food Chem.*, 277: 107–118.

- Lazcano, C., Revilla, P., Malvar, R.A., & Dominguez, J. (2010). Yield and fruit quality of four sweet corn hybrids (*Zea mays* L.) under conventional and integrated fertilization with vermicompost. *Journal Science Food Agric*, 91:1244–1253.
- Mavi, K., Light, M.E., Demir, I., Staden, Van J., & Yasar, F. (2010). Positive effect of smoke-derived butenolide priming on melon seedling emergence and growth. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 38(2): 147-155.
- Memiş, N. (2020). Ultra-Sonik Ses Dalgaları Kullanılarak Yapılan Priming Uygulamalarının Sebze Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Çıkış Oranına Etkisi (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Muhammad, Z. & Hussain, F. (2010). Effect of NaCl salinity on the germination and seedling growth of some medicinal plants. *Pakistan Journal of Botany*, 42(2): 889-897.
- Özbay, N., Ergun, M., & Demirkıran, A.R. (2018). Ticari mikrobiyal Sim Derma® (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) uygulamasının ıspanakta çimlenme, gelişme ve verim üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 482-491.
- Özdemir, A. (2011). Linyitlerden Humik Asit ve Fulvik Asit Üretimi (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Özkaynak, E., Yüksel, P., Yüksel, H., & Orhan, Y. (2015). Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) organik priming uygulamaları. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30(2): 149-55.
- Pant, A.P., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., Talcott, S.T., & Krenek, K.A. (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J. Sci. Food Agric*. 89(14): 2383–2392.
- Pinto, E., Almeida, A.A., Aguiar, A.A., & Ferreira, I.M. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37: 38-43.

- Renna, M., Di Gioia F., Leoni, B., Mininni, C., & Santamaria, P. (2017). Culinary assement of self-produced microgreens as basic ingredients in sweet and savory dishes. *Journal of Culinary Science & Technology*, 15(2): 126-142.
- Selvaraj, A. (2011) Effect of Vermicompost Tea on the Growth and Yield of Tomato Plants and Suppression of Root Knot Nematode in the Soil. Dissertation, University of California.
- Sivritepe, H.Ö. (2000). Deniz yosunu ekstraktı (*Ascophyllum nodosum*) ile yapılan ozmotik koşullandırma uygulamalarının biber tohumlarında canlılık üzerine etkileri. III. Sebze Tarımı Sempozyumu. 11-13 Eylül 2000, Isparta. s. 482-486.
- Sun, J., Xiao, Z., Lin, L., Lester, G.E., Wang, Q., Harnly, J.M., & Chen, P. (2013). Profiling polyphenols in five *Brassica* species microgreens by UHPLC-PDAESI/HRMS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 10960-10970.
- Teoman, S. (2013). Domates, Biber ve Patlıcan Tohumlarında Organik Priming Uygulamalarının Fide Kalitesi ve Performansı Üzerine Etkileri (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış). UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Treadwell, D.D., Hochmuth, R., Landrum, L., & Laughlin, W. (2010). Microgreens: A new specialty crop. *Electronic Data Information Source (EDIS)*, 3.
- URL-1. <https://canbahce.com/>. (Erişim Tarihi: 02.01.2021)
- URL-2. <https://tibuad.istanbul.edu.tr>. (Erişim Tarihi: 02.01.2021)
- URL-3. <https://evrimagaci.org/>. (Erişim Tarihi: 02.01.2021)

## BÖLÜM 13

### TÜRKİYE'DE ZOOTEKNİ ÖĞRETİMİNİN TARİHSEL SÜRECİ VE MEVCUT DURUM

Doç. Dr. Selçuk Seçkin TUNCER<sup>1\*</sup>

Burak ÖZÜN<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van-Türkiye.  
selcukseckintuncer@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8252-8009

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Van-Türkiye.  
burak.ozun@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-1457-0130





## GİRİŞ

İnsanoğlunun toprağın üretken özelliğini tespit etmesiyle birlikte ekip-biçmeye bağlı tarımsal üretim, hayatın devam etmesinde yaşamsal önemde olan, avcılık ve toplayıcılık faaliyetlerinden daha kıymetli olmuştur (Altın & Pakyürek, 2019). Toprağa dayalı tarımsal faaliyetlerle birlikte yerleşik düzene geçen insanoğlu devlet kavramının temeli olan "mülkiyet" kavramının da tohumlarını ekmıştır.

Ziraat eğitimi de ilkçağlardan beri yapılan tarımsal faaliyetler gibi nesilden nesile aktarılan geleneksel yöntemlerle yapılmıştır. İlk önce İngiltere’de 18. yüzyılda başlayan tarımda modernleşme süreci, 19. yüzyılda; yeni yöntem, teknik ve gübrelemedeki gelişmelerle tüm Avrupa coğrafyasına yayılmıştır (Demirel & Doğanay, 2011). Bununla birlikte sanayi ve teknolojiye yaşanan gelişmeler toprak başta olmak üzere doğal kaynakların tahrip olmasına ve kirlenmesine neden olarak çevre problemlerine yol açmıştır. Bunun sonucu olarak verimli topraklarda önemli kayıplar yaşanmış ve kalan sınırlı verimli arazilerde teknolojik gelişmelerin yardımıyla ekstansif üretim tarzı terk edilerek entansif tarım yapılmaya başlanmıştır. Üretim yöntemlerinde yaşanan bu değişim tarım alanında Ziraat Mühendisliğinin önemli roller oynamasında etken olmuştur (Altın & Pakyürek, 2019). İlave olarak verimli arazilerde yaşanan bu kayıplar sonucunda İhtiyaçlara göre hayvan ıslahı uygulamaları başlayarak yeni ırklar ve bakım yöntemleri geliştirilmiştir. Tarımda sağlanan bu gelişmelerin geniş kesimlere ulaşabilmesi için modern tarım okullarının açılması ihtiyacı

oluşmuştur. Tarımda yaşanan bu gelişmeler Osmanlı Devleti ve diğer coğrafyalarda da fark edilmiştir (Demirel & Doğanay, 2011).

Bu çalışmada, Türkiye’de Zootekni öğretiminin tarihsel gelişim süreci hakkında bilgi verilerek fakültelerin Zootekni bölümlerinin öğrenci ve öğretim üyelerinin 2022 yılındaki güncel durumlarıyla ilgili bilgilere yer verilmiştir.

## **1. OSMANLI DEVLETİ’NDE TARIM ÖĞRETİMİ**

Osmanlı Devleti, 20. yüzyıla toplam nüfusun %80’inden fazlasının istihdam edildiği tarım sektörünü geliştirmek amacıyla bir reform programı uygulayarak girmiştir. Bununla birlikte kurumsal olarak çözüm öngörmeyen geçici uygulamalar, geleneksel araç ve yöntemlerle tarımsal üretimin devam ettirilmesi, yaşanan savaşlardan dolayı azalan insan ve hayvan işgücü ve savaşlar nedeniyle küçülen devlet toprakları sonucunda tarımsal üretimi daha da azalmıştır (Sarıkaya, 2017).

Osmanlı Devleti’nde modernleşme Tanzimat Devri’nde hızlanmış ve II. Abdülhamid devrinde devam etmiştir (Demirel & Doğanay, 2011). Osmanlı Devleti’nin ekonomisinin de temelini oluşturan toprağın işlenmesi ve tarımsal yapının modernleşmesi ihtiyacı ilk olarak 1843’de Maliye Bakanlığı’na bağlı Ziraat Meclisi’nin kurulması ile gündeme gelmiştir. Bununla birlikte tarımsal planlamada ülkenin ihtiyacından ziyade kapitülasyonlar nedeniyle başta pamuk olmak üzere başka devletlerin sanayi hammadde ihtiyaçlarını karşılama yönünde bir program uygulanmıştır. Nitekim pamuk üretiminin ön planda olduğu ilk Ziraat Mektebi’nin açılması ile ilgili süreç ilk olarak Ayamama’da

bir çiftliğe ve yatılı bölüme ve 50 kadar öğrenciye sahip olan okul olarak 1847’de açılmış ve dört yıl kadar sürmüştür (Sarıkaya, 2017). II. Abdulhamid döneminde proje kapsamında ziraat alanında da uzman yetiştirmek için Almanya ve Fransa’daki ziraat okullarına öğrenciler gönderilmiştir (Vurgun, 2021).

1883’te 6.500 dönümlük bir alanı kapsayan büyük Halkalı Çiftliği’nde 1884 yılında başlayan ve açılışı 1891’de yapılabilen “Halkalı Ziraat Mektebi” ile başlamıştır. İlk olarak Baytar Mektebi öğrencileriyle eğitime başlanmış, 1892’de ise mektebin ziraat kısmına ise öğrenci alımlarıyla devam edilmiştir (Vurgun, 2021).

İstanbul dışında da uygulamalı Ziraat Mektepleri açılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak 1881’de ve üç yıl eğitim veren Edirne Hamidiye Ziraat Mektebi ve Numune Çiftliği kurulmuştur. Başka bir okul ise Selanik’te Sedes Çiftliği civarında 1887-1888 yıllarında kurulan Selanik Hamidiye Ziraat Ameliyat Mektebi’dir. Bu okulda Balkan Savaşı’nın çıkması ve Selanik’in kaybedilmesiyle kapanmıştır. Bir diğeri Mart 1891’de Bursa’da açılan ve üç yıl eğitim veren Hüdavendigar Ziraat Ameliyat Mektebi ve Numune Çiftliği’dir. Günümüzde Bursa Ziraat Mektebi olarak eğitim faaliyetini sürdürmektedir (Sarıkaya, 2017; Vurgun, 2021). 1895-1897 yılları arasında tarımı ülke çapında geliştirmek için Ankara Ziraat Mektebi kurulmuş ve 1908 yılında başlayan eğitimine I. Dünya Savaşı’na kadar devam etmiştir. Bunun yanı sıra Osmanlı Devleti’nin son zamanlarında Adana, Hama, Sivas, Diyarbakır ve Kastamonu’da da ziraat okulları

açıldığı ve eğitim faaliyetleri girişimlerinde bulunulduğu bildirilmektedir (Sarıkaya, 2017).

## **2. CUMHURİYET SONRASI ZOOTEKNİ ÖĞRETİMİ**

Halkalı Yüksek Ziraat Mektebi, cumhuriyetin ilk yıllarında Türkiye’de Ziraat Mühendisi yetiştiren tek Yüksek Öğretim Kuruluşudur. Bu kurum 1892 yılında başlamış ve 36 yıl boyunca Ziraat Mühendisleri yetiştirmiştir. 1923 ve sonrasında buradan mezun olan birçok Ziraat Mühendisleri gruplar halinde özellikle Almanya’ya gönderilmiştir. Böylelikle Almanya’ya giden genç Ziraat Mühendisleri ileri bir tarımsal öğretim görme ve modern araştırma teknik ve yöntemlerini tanıma ve öğrenme olanağı bulmuşlardır. Öğretimleri biten Ziraat Mühendisleri Türkiye’ye gelerek devlet kuruluşlarında görev almışlardır. Başlangıçta Tarım Bakanlığı gelişen ihtiyaçları dikkate alarak pek çok yeni kuruluş geliştirmiş ve Ziraat Mühendisleri’ne büyük ölçüde çalışma ortamı sağlamıştır. 1928 yılında İstanbul’da bulunan Halkalı Yüksek Ziraat Mektebi kapatılmış, buradaki öğrenciler de İstanbul Yüksek Orman Mektebi’ne aktarılmıştır. Daha sonra Ankara’da Ziraat alanında çalışmalar yapacak bir kurumun açılmasına karar verilmiştir. 1930 yılında Keçiören yolu üzerinde 4 yıl yatılı eğitim veren Ankara Yüksek Ziraat Mektebi açılmıştır. Cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren en yüksek yönetim kademelerinin önderliğinde tarımsal üretime önem verilmiştir (Şekil 1). Tarım öğrencileri öğretiminin ilk yılını Atatürk Orman Çiftliğinde staj yapmaktaydılar (Şen , 2021).



Şekil 1: Atatürk Orman Çiftliği (Anonim , 2021)

TBMM tarafından 10 Haziran 1933 tarihinde kabul edilen ve 20 Haziran 1933 tarihinde yayımlanan 2291 sayılı kanunla; Ziraat Sanatları, Ziraat, Veteriner ve Tabii İlimler Fakülteleri'nin birleştirilmesiyle Yüksek Ziraat Enstitüsü (YZE) kuruldu. Orman Fakültesi de 18.6.1934 tarih ve 2524 sayılı kanunla YZE bünyesine alınmıştır. Zootečni Enstitüsü, YZE'nin oluşumunda yer alan fakültelerden biri olan Ziraat Fakültesi'ne bağlı olarak faaliyet göstermiştir. Yüksek Ziraat Enstitüsü ilk yıllarında hayvan yetiştiriciliği ve ıslahı eğitimi çalışmalarını Alman bilim adamlarının yardımıyla gerçekleştirmiştir (Pekel, 2003; Şen, 2021). Bu dönemde Zootečni Enstitüsü Müdürlüğü'nü (1933'ten 1939'a kadar) Prof. Dr. Walter Spöttel yapmıştır. 1938 yılından itibaren Zootečni Enstitüsü akademik kadrosu tamamen Türk öğretim üyelerinden oluşmuştur. TBMM tarafından 30 Haziran 1948 tarihinde kabul edilen kanun ile Yüksek Ziraat Enstitüsü kapatılmış ve YZE bünyesinde bulunan Ziraat Fakültesi Ankara Üniversitesi'ne bağlanmıştır (Şen, 2021).

13.10.1953 tarih ve 8532 sayılı öğretim ve imtihan yönetmeliği ile A.Ü. Ziraat Fakültesi'nde bölüm sistemine geçilmiş ve Zootečni Enstitüsünün adı "Hayvan Yetiştirme ve Islahı" olarak lisans eğitime başlamıştır. Hayvan Yetiştirme ve Islahı Bölümü; Zootečni Kürsüsü, Küçük Evcil Hayvanlar Yetiştirme ve Islahı Kürsüsü, Besin Maddeleri ve Hayvan Besleme Kürsüsü ve Su Ürünleri Kürsüsü'nden oluşmuştur. 6 Kasım 1981 tarihli 2547 sayılı "Yüksek Öğretim Kanunu" ile Hayvan yetiştirme ve Islahı Bölümü'nün adı Zootečni Bölümü olmuştur. O tarihten günümüze Zootečni Bölümü üç ana bilim dalı (Hayvan Yetiştirme ve Islahı, Yemler ve Hayvan Besleme ve Biyometri-Genetik Anabilim Dalı) ile görevini sürdürmektedir (Şen, 2021). 1953-1954 yılından itibaren 4 yıllık eğitim-öğretim olarak başlayan lisans eğitimi 1962-1963 öğretim döneminde Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi öncülüğünde 5 yıllık eğitim olarak verilmeye başlanmış ve nihayet 2547 sayılı kanunla Lisansüstü Eğitimlerin başlaması sonucu tekrar 4 yıllık süreç olarak düzenlenmiştir (Pekel, 2003).

### **3. GÜNCEL DURUM**

6 Kasım 1981 tarihli 2547 sayılı "Yüksek Öğretim Kanunu" ile Hayvan Yetiştirme ve Islahı Bölümü'nün adı Zootečni Bölümü olmuştur. O tarihten günümüze Zootečni Bölümü üç ana bilim dalı (Hayvan Yetiştirme ve Islahı, Yemler ve Hayvan Besleme ve Biyometri-Genetik Anabilim Dalı) ile görevini sürdürmektedir (Şen, 2021).

Ülkemizde şu an aktif olarak zootečni eğitimi veren 22 üniversite bulunmaktadır (Anonim, 2022).

Amerika'daki Zootekni eğitimine benzer olarak, ülkemizde Zootekni öğrencileri 4 yıllık toplam 8 dönemde toplamda 240 AKTS kredisi ders alarak mezun olurlar. Avrupadaki Zootekni eğitimi ise 3 yıl ve 180 AKTS ile sınırlıdır (Ulutaş ve ark., 2018).

### **3.1. Zootekni Bölümleri Öğrenci Kayıt Bilgileri**

Üniversitelerin Zootekni Bölümlerinin öğrenci alımına ilişkin genel bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi güncel verilerde;

- Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü genel kontenjan, toplam yerleşen, ilk yerleşen oranlarında sırasıyla; 45, 41, %87.2 oranlarıyla en yüksek kapasiteye sahip olmuştur.
- Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü yüksek öğrenci kontenjanına (40) rağmen öğrenci tercihlerinde çok az tercih edilerek (2) en yüksek boş kontenjan (38) olan üniversite olarak ön plana çıkmıştır.

Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü öğrenci taban puanı en yüksek (252.94250) olarak bulunmuştur.



**Tablo 1:** Türkiye’deki Üniversitelerin Zootekni Bölümü Öğrenci Kayıt Bilgileri (Anonim, 2022)

Üniversite	Genel kontenjan	Toplam yerleşen	Boş kalan kontenjan	İlk yerleşen oranı (%)	Taban puan	Taban başarı sırası
Akdeniz Üniversitesi	40	2	38	4.9	205.33900	389.375
Ankara Üniversitesi	45	41	4	87.2	201.99159	389.973
Atatürk Üniversitesi	30	5	25	16.1	225.11119	380.044
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	35	3	32	8.3	224.87878	380.335
Bursa Uludağ Üniversitesi	40	12	28	29.3	201.59462	390.007
Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi	35	3	32	8.3	222.99050	382.355
Çukurova Üniversitesi	40	2	38	4.9	233.14415	359.058
Dicle Üniversitesi	30	0	30	0.0	-	-
Ege Üniversitesi	2	0	2	0.0	-	-
Erciyes Üniversitesi	20	4	16	19.0	233.49884	357.616
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	30	7	23	22.6	228.08716	374.740
Harran Üniversitesi	20	1	19	4.8	233.38042	358.123
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	20	0	20	0.0	-	-
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	20	0	20	0.0	-	-
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	20	2	18	9.5	236.94865	343.395
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	25	1	24	3.8	243.74347	315.490
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	25	5	20	19.2	225.56421	379.421
Selçuk Üniversitesi	30	9	21	29.0	225.31750	379.771
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	20	2	18	9.5	226.57557	377.802
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	20	0	20	0.0	-	-
Uşak Üniversitesi	30	3	27	9.7	252.94250	281.741
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	20	3	17	14.3	230.39057	368.637

### 3.2. Zootekni Bölümü Akademik Kadro Genel Durumu

Türkiye’deki üniversitelerin güncel öğretim üyelerinin dağılımı Tablo 2’de verilmiştir.

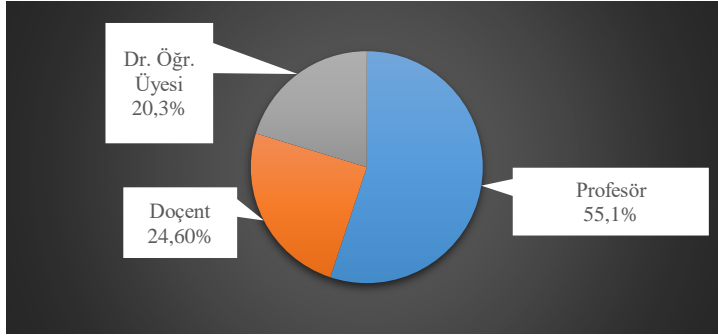
**Tablo 2:** Türkiye’deki Üniversitelerin Zootekni Bölümü Akademik Kadro Sayıları (Anonim, 2022)

Üniversite	Profesör	Doçent	Doktor Öğretim Üyesi	Toplam
Akdeniz Üniversitesi	6	5	1	12
Ankara Üniversitesi	13	4	5	22
Atatürk Üniversitesi	11	4	1	16
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	11	3	4	18
Bursa Uludağ Üniversitesi	9	5	1	15
Çanakkale OnsekizMart Üniversitesi	7	1	2	10
Çukurova Üniversitesi	9	2	2	13
Dicle Üniversitesi	2	3	3	8
Ege Üniversitesi	15	1	3	19
Erciyes Üniversitesi	2	2	3	7
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	1	2	3	6
Harran Üniversitesi	2	1	3	6
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	6	3	2	11
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	5	4	1	10
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	12	3	1	16
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	2	5	2	9
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	12	6	2	20
Selçuk Üniversitesi	12	2	5	19
Siirt Üniversitesi	1	1	2	4
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	8	3	3	14
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2	1	2	5
Uşak Üniversitesi	3	-	2	5
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	6	9	5	20

Türkiye’deki Zootekni Bölümlerinde Profesör (157), Doçent (70) ve Dr. Öğretim Üyelerinin (58) toplam sayısı 285 olarak bulunmuştur.

Ziraat Fakültelerinin Zootekni Bölümlerinde;

- Ege Üniversitesi 15 Profesör,
- Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi 9 Doçent,
- Ankara Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi ise 5’er Dr. Öğretim Üyesi ile en yüksek kapasiteye sahip olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 2:** Akademik Kadroların Yaklaşık Oransal Dağılımı (Anonim, 2022)

Şekil 2’de gösterildiği gibi üniversitelerin Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümlerindeki öğretim üyelerinin yaklaşık olarak;

- %55.1’i profesör
- %24.6’sı doçent ve
- %20.3’ü doktor öğretim üyesi olarak bulunmuştur.

### 3.2.1. Anabilim Dallarına Göre Profesör Dağılımı

Tablo 3’de Zootekni Bölümlerinin anabilim dallarında Profesörlerin mevcut durumu verilmiştir.

**Tablo 3:** Zootekni Bölümlerinin Anabilim Dallarında Profesör Dağılımları (Anonim, 2022)

Üniversite	Cinsiyet	Hayvan Yetiştirme	Yemler ve Hayvan Besleme	Biometri ve Genetik	Toplam
Akdeniz Üniversitesi	Erkek	3	-	2	5
	Kadın	1	-	-	1
Ankara Üniversitesi	Erkek	4	3	3	10
	Kadın	-	2	1	3
Atatürk Üniversitesi	Erkek	5	1	2	8
	Kadın	1	2	-	3
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	Erkek	6	2	3	11
	Kadın	-	-	-	-
Bursa Uludağ Üniversitesi	Erkek	4	2	1	7
	Kadın	1	-	1	2
Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi	Erkek	3	2	1	6
	Kadın	1	-	-	1

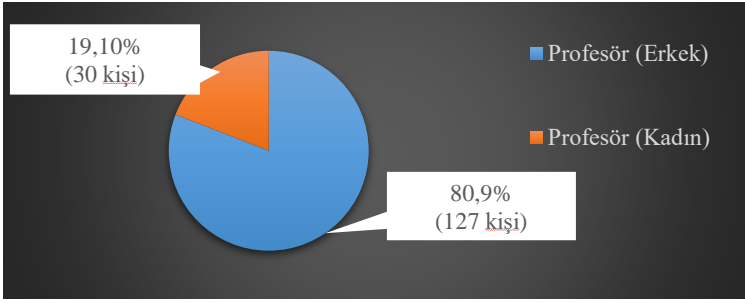
Çukurova Üniversitesi	Erkek	2	1	2	5
	Kadın	3	1	-	4
Dicle Üniversitesi	Erkek	1	1	-	2
	Kadın	-	-	-	-
Ege Üniversitesi	Erkek	4	1	1	6
	Kadın	3	3	3	9
Erciyes Üniversitesi	Erkek	-	1	1	2
	Kadın	-	-	-	-
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Harran Üniversitesi	Erkek	-	2	-	2
	Kadın	-	-	-	-
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	Erkek	5	-	-	5
	Kadın	1	-	-	1
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	Erkek	3	1	-	4
	Kadın	1	-	-	1
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	Erkek	6	3	3	12
	Kadın	-	-	-	-
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	Erkek	1	1	-	2
	Kadın	-	-	-	-
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Erkek	5	4	2	11
	Kadın	-	-	-	1
Selçuk Üniversitesi	Erkek	6	5	1	12
	Kadın	-	-	-	-
Siirt Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	Erkek	2	3	2	7
	Kadın	-	1	-	1
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Erkek	-	1	-	1
	Kadın	-	1	-	1
Uşak Üniversitesi	Erkek	1	1	-	2
	Kadın	1	-	-	1
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	Erkek	2	2	1	5
	Kadın	-	1	-	1

Tabloya göre;

- Hayvan Yetiştirme Ana Bilim Dalına göre en yüksek erkek profesör Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi ve Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'nde 6'şar kişi olarak tespit edilmiştir. Aynı anabilim dalında en yüksek kadın profesörler ise Çukurova Üniversitesi ve Ege Üniversitesi'nde 3'er kişi olarak bulunmuştur.

- Yemler ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalı dikkate alındığında Selçuk Üniversitesi 5 erkek, Ege Üniversitesi 5 kadın profesör ile en yüksek kapasiteye sahip olarak saptanmıştır.
- Biometri ve Genetik Ana Bilim Dalı'nda Ankara Üniversitesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi ve Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi 3'er erkek profesör, Ege Üniversitesi 3 kadın profesörle en yüksek oranlarda temsil edilmektedir.

Zootečni Bölümlerinin Profesör kadrosundaki öğretim üyelerinin cinsiyet olarak dağılımı Şekil 3'de de gösterilmiştir. Buna göre profesörlerin yaklaşık olarak sadece 1/4'ü kadın olarak bulunmuştur.



**Şekil 3:** Zootečni Bölümlerinde Profesörlerin Cinsiyet Olarak Ortalama Dağılımı (Anonim, 2022)

### 3.2.2. Anabilim Dallarına Göre Doçent Dağılımı

Anabilim Dallarına göre doçentlerin dağılımı Tablo 4'de verilmiştir.

**Tablo 4:** Zootečni Bölümlerinin Anabilim Dallarında Doçent Dağılımları (Anonim, 2022)

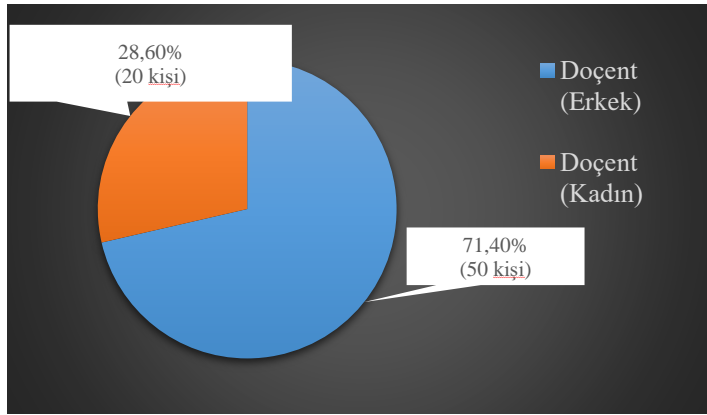
Üniversite	Cinsiyet	Hayvan Yetiştirme	Yemler ve Hayvan Besleme	Biometri ve Genetik	Toplam
Akdeniz Üniversitesi	Erkek	2	1	2	5
	Kadın	-	-	-	-
Ankara Üniversitesi	Erkek	2	1	-	3
	Kadın	-	1	-	1
Atatürk Üniversitesi	Erkek	1	2	1	4
	Kadın	-	-	-	-
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	Erkek	-	1	1	2
	Kadın	1	-	-	1
Bursa Uludağ Üniversitesi	Erkek	1	1	-	2
	Kadın	1	2	-	3
Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Çukurova Üniversitesi	Erkek	-	1	1	2
	Kadın	-	-	-	-
Dicle Üniversitesi	Erkek	2	1	-	3
	Kadın	-	-	-	-
Ege Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Erciyes Üniversitesi	Erkek	-	1	-	1
	Kadın	-	1	-	1
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	1	-	1
Harran Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	Erkek	2	-	-	2
	Kadın	1	-	-	1
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	Erkek	1	1	2	4
	Kadın	-	-	-	-
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	2	-	-	2
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	Erkek	4	1	-	5
	Kadın	-	-	-	-
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Erkek	2	2	1	5
	Kadın	1	-	-	1
Selçuk Üniversitesi	Erkek	2	-	-	2
	Kadın	-	-	-	-
Siirt Üniversitesi	Erkek	-	-	-	-
	Kadın	-	-	1	1
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	Erkek	-	1	-	1
	Kadın	-	2	-	2
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Erkek	-	-	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Uşak Üniversitesi	Erkek	-	-	-	-
	Kadın	-	-	-	-
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	Erkek	2	1	-	3
	Kadın	2	2	2	6

Tabloya göre;

- Hayvan Yetiştirme Ana Bilim Dalı'na göre en yüksek erkek Doçent kontenjanı Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nde (4), en yüksek kadın

Doçent kontenjanı Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (2) ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi'nde (2) tespit edilmiştir.

- Yemler ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalı göz önünde bulundurulduğunda Atatürk Üniversitesi ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi 2'şer erkek Doçent, Bursa Uludağ Üniversitesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi 2'şer kadın Doçent ile en yüksek oranda temsil edilmektedir.
- Biometri ve Genetik Ana Bilim Dalı'nda Akdeniz Üniversitesi ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi 2'şer erkek Doçent, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi ise 2 kadın Doçentle en yüksek kapasiteye sahip olarak bulunmuştur.



**Şekil 4:** Zootekni Bölümlerinde Doçentlerin Cinsiyet Olarak Ortalama Dağılımı (Anonim, 2022)

Zootekni Bölümleri'nin Doçent kadrosundaki öğretim üyelerinin cinsiyet olarak dağılımı Şekil 4'de de verilmiştir. Buna göre doçentlerin sadece 2/7'sinin kadın olduğu saptanmıştır.

### 3.2.3. Anabilim Dallarına Göre Doktor Öğretim Üyesi Dağılımı

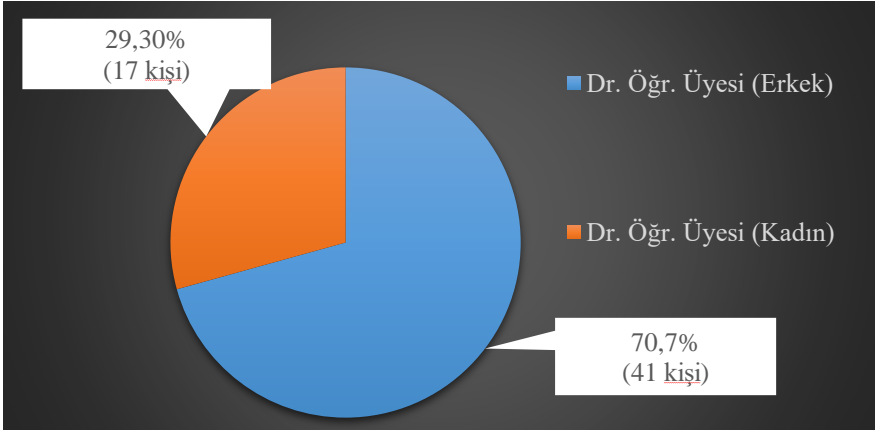
Zootekni Bölümlerinde Anabilim dallarına göre Doktor Öğretim Üyelerinin dağılımı Tablo 5’de verilmiştir.

Tabloya göre;

- Hayvan Yetiştirme Ana Bilim Dalı’na göre en yüksek erkek Doktor Öğretim Üyesi kontenjanı Ankara Üniversitesi (3) ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi’nde (3), kadın Doktor Öğretim Üyesi kontenjanı ise Ege Üniversitesi (2) ve Erciyes Üniversitesi’nde (2) saptanmıştır.
- Yemler ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalı baz alındığında erkek Doktor Öğretim Üyesi sayısında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi (2), kadın Doktor Öğretim Üyesi sayısında ise Dicle Üniversitesi (1), Selçuk Üniversitesi (1) ve Uşak Üniversitesi (1) dikkat çekmektedir.
- Biometri ve Genetik Ana Bilim Dalı’nda erkek Doktor Öğretim Üyesini 1’er kontenjanla Atatürk Üniversitesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Harran Üniversitesi ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi en yüksek sayıda temsil ederken, kadın doktor öğretim üyesini Ankara Üniversitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Selçuk Üniversitesi ve Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi yine 1’er kontenjanla en yüksek sayıda temsil edilmektedir.

Zootekni Bölümlerinin Doktor Öğretim Üyelerinin cinsiyet olarak dağılımı Şekil 5’de de verilmiştir. Buna göre doktor öğretim üyelerinin yaklaşık olarak sadece %29,30’unun kadın olduğu saptanmıştır.





**Şekil 5:** Zootečni Bölümlerinde Doktor Öğretim Üyelerinin Cinsiyet Olarak Ortalama Dağılımı (Anonim, 2022)

**Tablo 5:** Anabilim Dallarında Doktor Öğretim Üyesi Dağılımları (Anonim, 2022)

Üniversite	Cinsiyet	Hayvan Yetiştirme	Yemler ve Hayvan Besleme	Biometri ve Genetik	Toplam
Akdeniz Üniversitesi	Erkek	-	1	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Ankara Üniversitesi	Erkek	3	1	-	4
	Kadın	-	-	1	1
Atatürk Üniversitesi	Erkek	-	-	1	1
	Kadın	-	-	-	-
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	Erkek	-	2	1	3
	Kadın	1	-	-	1
Bursa Uludağ Üniversitesi	Erkek	-	-	-	-
	Kadın	1	-	-	1
Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi	Erkek	1	-	1	2
	Kadın	-	-	-	-
Çukurova Üniversitesi	Erkek	1	-	1	2
	Kadın	-	-	-	-
Dicle Üniversitesi	Erkek	2	-	-	2
	Kadın	-	1	-	1
Ege Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	2	-	-	2
Erciyes Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	2	-	-	2
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Erkek	2	-	-	2
	Kadın	-	-	1	1
Harran Üniversitesi	Erkek	-	1	1	2
	Kadın	1	-	-	1
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	Erkek	2	-	-	2
	Kadın	-	-	-	-
Isparta	Erkek	-	1	-	1

Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	Kadın	-	-	-	-
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	Erkek	-	1	-	1
	Kadın	-	-	-	-
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi	Erkek	1	1	-	2
	Kadın	-	-	-	-
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Erkek	2	-	-	2
	Kadın	-	-	-	-
Selçuk Üniversitesi	Erkek	2	-	-	2
	Kadın	1	1	1	3
Siirt Üniversitesi	Erkek	-	1	-	1
	Kadın	-	-	1	1
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi	Erkek	2	1	-	3
	Kadın	-	-	-	-
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	-	1	1
Uşak Üniversitesi	Erkek	1	-	-	1
	Kadın	-	1	-	1
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi	Erkek	3	-	1	4
	Kadın	1	-	-	1

## SONUÇ

Üniversitelerin birincil görevleri öğrencilere mesleklerine uygun eğitim-öğretim faaliyetleri vermek ve öğretim üyeleri vasıtasıyla alanlarında bilimsel çalışmalarda bulunarak ülke gelişimine öncülük etmektir. Gerek istihdam sorunları gerekse de ihtiyaçtan fazla sayıda program açılması öğrencilerin tercihlerinde olumsuzluklar oluşturmaktadır. Bunların sonucu olarak Ziraat Fakültesi'nin Zootečni Bölümlerinde öğrenci kontenjanları ya boş kalmakta ya da çok az tercih edilerek ülke ekonomisinde israfa yol açmaktadır.

Zootečni Bölümü öğretim üyelerinin cinsiyet olarak dağılımında da erkekler kadınlara göre oldukça yüksek bulunmuştur.

Ülkeler için stratejik bir faaliyet alanı olan tarımsal üretiminin önemi arttıkça istihdam sorunları azalacak ve artan talep için kantitatif olarak

yeterli eğitim altyapısı sayesinde ekonomiye daha da katkı sunulacaktır. Üniversitelerin bilimsel faaliyetleri üzerine yapılacak bir çalışmayla da bölümlerin bilimsel yeterlilik düzeylerinin ölçümü bir veri olarak önemli bir kaynak oluşturacaktır.

## KAYNAKLAR

- Altın, A. & Pakyürek, M. (2019). Geçmişten Günümüze Ziraat Mühendisliği Eğitimi. International Conference on Agriculture, Animal Science and Rural Development-III. 20-22 Aralık, Van, Türkiye. ss. 382-396.
- Anonim (2021). Önce Tarım: Atatürk Çiftlikleri. <https://www.agrikem.com/once-tarim-ataturk-ciftlikleri/> (Erişim Tarihi: 29.09.2022)
- Anonim (2022). Yüksek Öğretim Akademik Arama. <https://akademik.yok.gov.tr/AkademikArama/> (Erişim Tarihi: 14.04.2022)
- Demirel, M. & Doğanay, F.K. (2011). Osmanlı'da Ziraat Eğitimi: Halkalı Ziraat Mektebi. U.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(21): 183-199.
- Sarıkaya, M. (2017). Ziraat Mektepleri. Kafdağı, 1(1): 24-37.
- Pekel, E. (2003). Türkiye'de Zootečni Eğitimindeki Değişimler, Gelecek ile İlgili Bazı Görüş ve Düşünceler. <http://www.zootečni.org.tr/upload/File/EPekel-%20tebli.pdf> (Erişim Tarihi: 29.09.2022)
- Şen, A.Ö. (2021). Türkiye'de Zootečni Bilimi ve Eğitiminin Tarihi. [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/187868/mod\\_resource/content/1/ZOOTEKN%C4%B0%20TAR%C4%B0H%C4%B0-13.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/187868/mod_resource/content/1/ZOOTEKN%C4%B0%20TAR%C4%B0H%C4%B0-13.pdf) / (Erişim Tarihi: 20.04.2022)
- Ulutaş, Z., Yıldırım, A., & Şahin, A. (2018). Zootečni Eğitimimize Bir Bakış ve Geleceğe Dönük Öneriler. Journal of Animal Science and Products, 1(1): 3.
- Vurgun, A. (2021). II. Abdülhamid döneminde zirai eğitim hamlesi: Hüdavendigar Hamidiye Ziraat Ameliyat Mektebi ve Numune Çiftliği (1891- 1909). Selçuk Türkiyat, 51: 83-114.



## BÖLÜM 14

### LAKTASYONDAKİ (SAĞMAL) KOYUNLARIN BESLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Ali KARA<sup>1\*</sup>

Zir. Yük. Müh. Seyit Ahmet GÖKMEN<sup>2</sup>

Prof. Dr. Yılmaz BAHTİYARCA<sup>3</sup>

---

<sup>1\*</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Siirt-Türkiye. muhammetalikara@siirt.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3203-8364

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Konya-Türkiye. sagu\_012@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-2309-2473

<sup>3</sup> Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Konya-Türkiye. ybahtiyarca@selcukcedu.tr, ORCID: 0000-0001-7310-6867



## GİRİŞ

Son yıllarda yem fiyatlarının artması, hayvansal ürünlerin üretim maliyetlerini de artırmıştır. Bu yüzden sadece koyunların değil diğer çiftlik hayvanlarının da besin maddesi ihtiyaçlarının doğru veya doğruya en yakın bir şekilde bilinmesi ve karşılanması önemlidir. Çiftlik hayvanlarının hayatlarını sürdürebilmeleri, üremeleri, et, süt gibi verim verebilmeleri için ihtiyaç duydukları besin maddesi miktarlarını gösteren tablolara yemleme standardı denilmektedir. Amerikan Milli Araştırma Konseyi (National Research Council-NRC) tarafından koyun ve keçiler için yeni yemleme standardı yakın zamanda yayınlanmıştır (NRC, 2007). Çok faydalı ve kıymetli olan bu standartlar çeşitli ülkelerde yapılan bilimsel araştırmaların sonuçlarının sahasında uzman bir grup bilim adamı tarafından analiz edilmesi ve yorumlanması sonucu elde edilmiş bilgilerdir. Ancak bu bilgiler sabit değildir ve araştırmalardan elde edilen yeni bilgiler doğrultusunda değiştirilirler. Bu yüzden bu bilgiler kılavuz olarak kabul edilmeli ve rasyon hazırlanacağı zaman bu bilgileri başlangıç noktası olarak nasıl kullanacağımızı bilmeli ve kendi hayvanlarımıza ve kendi şartlarımıza adapte edebilmeliyiz.

Koyunların kuru madde tüketimi (KMT), toplam sindirilebilir besin maddesi (TSBM, %) ve ham protein (HP) ihtiyaçlarında büyük farklılıklar vardır (NRC, 2007). Canlı ağırlık (CA), laktasyon safhası ve emzirdikleri kuzu sayıları farklı olan koyunların besin maddesi ihtiyaçları da çok farklıdır. Bu ihtiyaçların bilinmesi ve besin maddelerinin hayvanların ihtiyaç duydukları miktarlarda sağlanması,



yem ve besin maddeleri israf edilmeden daha iyi süt vermelerini sağlayacaktır. Koyunların laktasyon dönemindeki besin maddesi ihtiyaçları, kuru dönem, çiftleştirme, gebelik gibi koyunun diğer hayat dönemlerinden daha yüksektir (Şekil 1). Bu yüzden koyunun ırkına göre 2 ila 7 ay arasında değişen laktasyon safhası, ucuz yem kaynakları yoksa gayet pahalı bir dönem olabilir.

Laktasyon döneminde koyunları doğru bir şekilde beslemek veya uygun rasyonları hazırlayabilmek için doğumdan 1-2 ay öncesinden başlayarak ve doğumdan sonraki canlı ağırlıklarının (zayıflayıp zayıflamadıklarının) yakından takip edilmesi yanında kuzuların en çokta nasıl göründüklerinin ve davranışlarının izlenmesi önemlidir. Analarını her 2-3 saatte bir yerine daha sık emen, sık sık meleyen kuzuların süt tüketimleri yetersizdir, yani doymamışlardır. Bu yüzden de zayıftırlar. Süt yetersizliği sadece ananın yetersiz beslenmesi sebebiyle değil, herhangi bir sağlık problemi sebebiyle de olabileceği gibi kuzudaki bir problemde yeterli süt içmesine engel olmuş olabilir. Başarılı yetiştiriciler, sürüyü yakından izleyerek elde ettiği gözlemleri ve kendi tecrübesini de birleştirerek koyunların besin madde ihtiyaçlarını en iyi karşılayacak yemleme programlarını kolayca hazırlayabilirler. Bu çalışmanın amacı laktasyon dönemindeki (sağmal) koyunların beslenmesi hakkında bilgi vermektir.

## 1. YETİŞTİRME SİSTEMLERİ

Laktasyondaki koyunlar ya sadece yavrularını emzirmek amacıyla ya da buna ilaveten Orta Doğu ve Güney Doğu Avrupa ülkelerinde olduğu gibi süt üretmek amacıyla kullanılırlar. Ülkemizde koyun sütü ve

peynirinin insanların beslenmesinde ayrı bir yeri vardır. Koyunların süt üretiminde kullanıldığı yetiştirme sisteminde laktasyon süresi, sütün sadece kuzuların beslenmesi veya büyütülmesinde kullanıldığı yetiştirme sistemiyle karşılaştırıldığında genellikle 2 ila 3 ay daha uzundur. Geleneksel yetiştiricilikte kuzuların analarını emme süresi ve sonraki sağım döneminin uzunluğu önemli ölçüde değişmekte olup, koyunlar 1 ay yavrularını emzirdikten sonra 5-6 ay sağılmaktadır. Buna karşılık Doğu Avrupa ülkelerinde kuzular 3 aylıkken süttten kesilmekte ve anaları yaklaşık 1 ay sağılmaktadır. Ülkemizde, Orta Doğu ülkelerinde ve Kıbrıs'ta uygulanan başka bir yetiştirme sisteminde ise kuzular 2-3 aylık yaşta süttten kesilinceye kadar koyunların önce sağılıp sonra kuzuların emzirildiği bir sistemde kullanılmaktadır (Boyazoğlu ve Treacher,1978). Belirtilen yetiştirme sistemleri dışında Kuzey-Doğu Almanya'da Doğu Friz koyunlarında uygulanan başka bir sistem daha mevcuttur. Bu sistemde kuzular doğumdan kısa bir süre sonra analarından ayrılmakta ve koyunlar 6 ila 7 ay boyunca sağılmaktadır (Treacher, 1983).

## **2. KOYUNLARIN SÜT VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Koyunların süt verimini etkileyen en önemli faktörler, koyunun ırkı, yaşı (laktasyon sayısı), ilk kuzulama yaşı, besleme ve sağlık durumudur. Kuzunun anasını emmesi veya sağım, laktasyon safhası ve gebelik dönemi gibi çeşitli fizyolojik faktörler beslemenin süt verimine etkisini önemli ölçüde değiştirebilir. Emmenin süt verimini arttırıcı etkisinin beslemenin süt verimine etkisinden daha büyük olabileceği bildirilmiştir (Gardner ve Hogue, 1964).

Süt ırkı koyunların süt veriminin, et ve yapağı tipi koyunlardan daha yüksek ve laktasyon süresinin daha uzun olduğu bilinen bir husustur. Ayrıca koyunun yaşı yanında ilk kuzulama yaşı da laktasyon dönemi süt verimini etkiler. İlk kez doğum yapan koyunların süt verimi, ikinci veya daha ileri laktasyondaki yaşlı koyunlardan daha düşüktür. Bu durumun kısmen sebebi ilk laktasyon süresinin kısa olmasıdır. İlk doğumunu 24 aylık yaşta yapan ıslah edilmiş koyunlarda süt verimi ilk 3 laktasyonda yaklaşık %5 ila 40 artmakta daha sonra 6. laktasyona kadar nispeten sabit kalmakta ve müteakibinde çok iyi bakım ve besleme şartları hariç düşmektedir. Islah edilmemiş koyun ırklarında maksimum süt verimine 3. laktasyon yerine 4. laktasyonda veya daha geç ulaşılmaktadır. Çünkü bu hayvanların canlı ağırlık artışları düşük olduğu için ergin canlı ağırlığa ulaşmaları daha uzun bir sürede olmaktadır. Yarkın ve Eliçin (1966) ivesi koyunlarda en yüksek süt verimine 5 yıllık yaşta ulaşıldığını bildirirlerken Aktaş (1970) ise 4 yıllık yaşta ulaşıldığını bildirmiştir. Araştırmacı ivesilerin bu yaştaki süt verimlerinin 150 kg olduğunu, laktasyon dönemi toplam süt veriminin %65.4'ünün laktasyonun ilk 3 ayında elde edildiğini ve kuzular 75 günlük yaşta süttten kesildikten sonraki satılabilir süt miktarının 61 kg olduğunu bildirmiştir.

Kuzunun anasını emmesi süt verimini uyarıcı-attırıcı bir etkiye sahip ise de ananın ürettiği sütün tamamen kuzuya tahsis edilmesi ve kuzunun bu sütün hepsini emememesi, koyunun günlük süt verimini tahdit edebilir ve daha fazla süt alınmasını engelleyebilir. Bu durumda koyunların maksimum süt verimleri potansiyel olarak verebilecekleri

miktardan az olur. Bu yüzden süt emme (erken laktasyon) döneminde koyunların sağılması süt verimini arttıracaktır. Süt emme döneminde günde bir kez sağılan tekiz kuzulu koyunlar, sağılmayan koyunlara nispetle günde 0.412 litre daha fazla süt verirlerken ikiz kuzulu koyunlarda bu rakam 0.177 litre olmuştur (Bocquier & Caja, 1999). Diğer bir ifade ile sağım veya emzirme sayısı arttıkça koyunların süt verimleri de artmaktadır. Bununla beraber süt emme döneminde koyunların günde bir kez sağılması, erken laktasyon döneminde maksimum verime ulaşılması ve laktasyonun daha sonraki safhalarında verimin yeteri kadar yüksek olması için en iyi uygulama olarak görülmektedir.

Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı aynı şartlarda yetiştirilen ikiz kuzulu koyunların süt verimlerinin tek kuzu emziren koyunlardan önemli derecede, genellikle de %30 ila 50 daha fazla olduğunu göstermiştir (Treacher, 1978). Bu yüksek süt veriminin sebebi, memeyi emen kuzu sayısının artmış olmasının memeye veya süt sentezine daha çok uyarıcı etki yapmasıdır. Tek kuzu emziren koyunlar maksimum verim seviyesine laktasyonun 3. ila 5. haftalarında ulaşırlarken, ikiz kuzulu koyunlar 2. veya 3. haftalarında ulaşmakta ve süt verimleri yaklaşık 45-50 gün sonra düşmeye başlamaktadır (Gibb ve Treacher, 1982). İki den fazla kuzulu koyunların süt verimleri konusunda az miktarda bilgi mevcut ise de tekiz kuzulu koyunlarla karşılaştırıldığında üçüz kuzulu koyunların süt verimlerinin %62 (Flamant ve Labussiere, 1972), %90 (Peart ve ark., 1972, 1975) ve %103 (Kovnerov, 1974) daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bununla beraber Nikolaev ve Magomedev

(1976) tekiz, ikiz, üçüz veya dördüz kuzulu koyunların süt verimleri arasında bir farklılık olmadığını bildirmiştir. Koyunların süt emen kuzu sayısına göre gruplandırılması ve buna göre yemlenmesi iyi bir pratiktir. Bu uygulama koyunların daha iyi sağılmasına, yemleme masraflarının azalmasına, gelirin artmasına sebep olur. İkiz veya üçüz kuzulu koyunların yem ihtiyacı tekiz kuzulu koyunlarla karşılaştırıldığında daha fazla olduğu gibi yüksek kaliteli olması gerekir. Tekiz kuzulu koyunlar, ikiz kuzulu koyunlarla birlikte aynı bölmede tutulurlarsa ihtiyaçlarından daha çok yem ve besin maddesi tüketebilirler. Bu durum günümüzün yüksek yem fiyatlarında gereksiz bir masraf olacaktır.

Koyunlarda gebelikte bilhassa gebeliğin son 50 günlük döneminde uygulanan besleme süt verimini önemli olarak etkileyebilir. Gebeliğin son dönemindeki koyunlar için en önemli besin maddeleri enerji, protein kalsiyum, selenyum ve E vitamini dir. Koyunun memesinde süt salgılayan dokunun sentezi veya hücrelerin çok önemli bir kısmının gelişimi gebeliğin son döneminde olmaktadır (Delouis ve ark., 1980). Plasenta tarafından salgılanan östrojen hormonu memede salgı doku gelişimini kontrol etmekte olup, bu hormonun kandaki miktarı ise plasentanın büyüklüğüne bağlıdır. Plasentanın gelişmesi gebeliğin ilk 30-90 günlük döneminde vuku bulur ve plasentanın ağırlığı ve boyutları anadan yavruya (fetüse) besin maddesi taşınmasını etkiler. Bu yüzden plasenta yeteri kadar gelişmezse gebeliğin son 2 ayındaki besleme yeterli olsa bile kuzuların doğum ağırlığı düşük olur. Gebeliğin ilk 20 gününde aşırı yetersiz besleme veya gebeliğin ilk 80 gününde kısmi

yetersiz bir besleme plasentanın büyümesini geciktirecektir. Dolayısıyla erken ve orta gebelik döneminde koyunların yetersiz beslenmesi, plasentanın büyümesini olumsuz etkileyeceği gibi meme doku sentezi yetersiz kalır, memede salgı yapan hücrelerin sayısı yeteri kadar artmaz ve müteakip laktasyon döneminde süt verimi düşük olur. Bu dönemde aşırı derecede yağlandırılmış koyunlarda, meme dokusunda yağ birikmesi sebebiyle süt verimi düşük olur (Treacher, 1983).

Gebeliğin son döneminde koyunlara verilecek yem miktarı veya koyunun enerji ihtiyacı büyük ölçüde, rahimdeki yavru (fetüs) sayısına ve çevre sıcaklığına (soğuk stresi) bağlıdır. Fetüsteki büyümenin %70'den fazlası gebeliğin son 6 haftasında olmakta ve bu dönemde bilhassa enerji yetersizliği koyunun süt veriminin, kuzuların ise doğum ağırlığının ve yaşama gücünün düşmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden doğum yaklaştıkça koyunlara tedricen arttırarak dane yem verilmesi gerekir. Koyunlara verilen kaba yemin veya meranın kalitesi, verilecek dane yem miktarın büyük ölçüde etkiler. Normal bir doğum bekleniyorsa veya koyunlar tekiz kuzuya gebe iseler doğuma yaklaşık 2-3 hafta kala 350-450 gram dane yem, kuzulama oranı %200'ün üzerinde bekleniyorsa (ikizlik, üçüzlük oranı yüksekse) doğumdan yaklaşık 4-5 hafta öncesinden başlayarak en az 700 gram karışık dane yem verilmelidir. Ancak günde 700 gramdan fazla kesif yem verilen koyunlarda hazımsızlık (asidoz) problemini önlemek için verilecek miktarın ikiye bölünerek verilmesi tavsiye edilir.

### 3. LAKTASYONDAKİ KOYUNLARIN ENERJİ BESLENMESİ

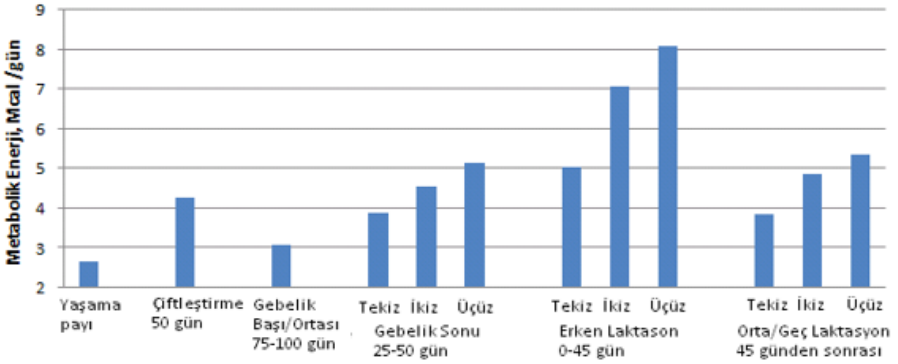
Süt üretiminde enerji ve protein en önemli-kritik besin maddeleridir. İhtiyacın altında enerji ve protein tüketen koyunların süt verimleri ve müteakiben kuzularda canlı ağırlık artışı, yetersizliğin şiddetine bağlı olarak %10 veya daha fazla düşer. Koyunun 1 yıllık verim döneminde, koç katım zamanı (çiftleştirme), gebeliğin son dönemi ve erken laktasyon dönemi diğer zamanlardan daha önemlidir. Koyunun enerji ihtiyacı yaşına, verim seviyesine, laktasyon safhasına, yem ve suya ulaşmak için yürümesi gereken mesafeye, iklim şartlarına ve vücut durumuna (yağ miktarına) bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Bir yaşındaki koyunların enerji ihtiyacı ergin koyunlardan yaklaşık %20 daha fazladır. Çünkü bu hayvanların büyümeleri içinde besin maddesine ihtiyaç vardır. Otlatılan koyunların enerji ihtiyacı arazinin topografik yapısına bağlı olarak barınaklarda tutulan koyunlardan %10-100 daha fazladır. Sıcaklık, rüzgâr hızı, havanın nispi rutubeti ve yapağının uzunluğu ve sıklığı da enerji ihtiyacını etkiler. Yapağı koyunu soğuk ve sıcaktan korumada önemli etkiye sahiptir (Mathis ve Ross, 2005).

Laktasyon, Şekil 1'de görüleceği gibi koyunun besin maddesi ihtiyaçlarının en yüksek olduğu verim safhasıdır. Bu dönemde koyunun besin maddesi ihtiyaçları emzirdiği kuzu sayısına ve meraya ulaşmak için yürümesi gereken mesafeye bağlı olarak önemli miktarda değişir (Tablo 1).

Mesela, 70 kg canlı ağırlıkta ikiz kuzulu bir koyunun erken laktasyon dönemindeki (doğumu takip eden ilk 6-8 hafta) metabolik enerji

ihtiyacı aynı canlı ağırlıkta tekiz kuzulu koyunun enerji ihtiyacından yaklaşık %25 daha fazladır. Koyunun bu dönemdeki süt verimi, kuzuların büyüme hızını, süttten kesimdeki canlı ağırlıklarını, orta ve ileri laktasyon dönemlerinde üretilecek süt miktarını kuvvetli bir şekilde etkiler. Koyunun süt verimi doğumdan sonraki ilk 2-3 haftalık dönemde en yüksek (maksimum) seviyeye çıkar ve bu seviye ne kadar yüksekse hem laktasyon süresi ve hem de laktasyon süresince üretilecek toplam süt miktarı ekseriyetle o kadar yüksek olur.

Koyunlar için besin maddelerince dengeli bir rasyon veya yemleme programı hazırlayabilmek için onların günlük ne kadar kuru madde veya yem tükettiklerini bilmemiz veya ne kadar yem tüketebilecekleri konusunda fikir sahibi olmamız gerekir. Ancak otlatılan hayvanların ne kadar kuru madde tükettiklerini bilmek çok zordur ve barınaklarda beslenen koyunlardan elde edilen bilgilerden yararlanılır.



**Şekil 1:** 80 kg Canlı Ağırlıktaki Bir Koyunun Hayatın Farklı Dönemlerindeki Enerji İhtiyacı



**Tablo 1:** Ergin Koyunların Erken Laktasyon Döneminde Besin Maddesi İhtiyacı (NRC, 2007)

Canlı ağırlık, kg	Kuzu sayısı	Süt verimi kg/gün	Kuru madde tüketimi kg/gün	Rasyon kuru maddesinde		
				TSBM,% *	Ham protein, %	Metabolik enerji, Mcal/kg
Erken laktasyon dönemi- Ergin koyunlar (0-6 hafta)						
70	Tekiz	0.90	1.80	53	11.6	1.91
80	Tekiz	1.00	2.10	53	11.7	1.91
70	İkiz	1.50	2.00	66	15.3	2.38
80	İkiz	1.70	2.10	67	15.5	2.42
70	Üçüz	2.00	2.30	66	16.6	2.38
80	Üçüz	2.00	2.50	66	15.6	2.38
Laktasyon ortası-Ergin koyunlar (7-12 hafta)						
70	Tekiz	0.60	1.80	53	11.0	1.91
80	Tekiz	0.70	1.90	53	11.0	1.91
70	İkiz	1.00	2.10	53	12.0	1.91
80	İkiz	1.10	2.30	53	12.0	1.91
70	Üçüz	1.40	2.40	53	13.0	1.91
80	Üçüz	1.50	2.60	53	13.0	1.91

\*TSBM= Toplam sindirilebilir besin maddesi. Bir kg TSBM= 4,4 Mcal (4400 kcal) sindirilebilir enerji (SE) olup, SE'nin %82'si metabolik enerjidir (ME)

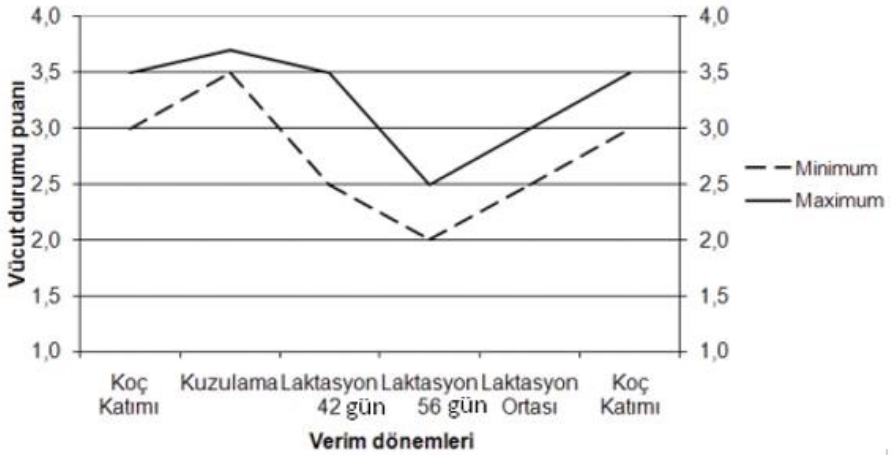
Laktasyonun ilk 8 haftasında koyunların kuru madde tüketimleri tipik olarak canlı ağırlıklarının %3.6 ila 4.2 si arasında değişmekte ise de genellikle canlı ağırlıklarına, süt verimlerine, emzirdikleri kuzu sayısına, kaba yemin kalitesine ve rasyon kaba/kesif yem oranına bağlı olarak %3.2 ila 4.8'i kadardır (Cant ve ark., 2000). Bununla beraber Treacher (1989) laktasyonun bu dönemdeki koyunların maksimum kuru madde tüketimlerinin canlı ağırlıklarının %5.7'si kadar olduğunu bildirmiştir. Erken laktasyon döneminde koyunun kuru madde tüketimi, enerji ihtiyacını karşılayacak kadar yüksek seviyede değildir. Koyunların kuru madde tüketimleri, süt verimleri maksimum seviyeye ulaştıktan birkaç hafta sonra maksimum seviyeye çıkar. Bu durumda koyun süt verimi için gerekli enerjinin bir kısmını vücut yağlarını kullanarak karşılar ve bir miktar canlı ağırlık kaybeder. Canlı ağırlık kaybının kas doku yerine vücut yağ depolarından olması arzu edilir. Bu

yüzden koyunların vücutlarında doğumdan önce bir miktar yağ depolamış olması istenir. Koyunların doğumda çok yağlı veya çok zayıf olmaları istenmez. Gebeliğin son döneminde aşırı yağlandırılmış koyunların doğumdan sonraki kuru madde tüketimleri normal yağlı koyunlardan daha düşüktür. Çünkü iç organları saran yağ çok fazla olduğunda rumen sıkıştırılır ve hacmi azalır. Sonuçta yem tüketimi ve süt verimi azalır (Stern ve ark., 1978). Laktasyonun başında koyunların vücut yağ miktarının yeterli olmasının ve yüksek enerjili rasyonlarla beslenmesinin ne kadar önemli olduğu Robinson (1987) tarafından yapılan bir çalışmada gösterilmiştir. Bu çalışmada vücut yağ miktarı 5, 10, 15 ve 20 kg olan koyunlar yüksek, orta ve düşük enerjili rasyonlarla beslenmişler ve günlük metabolik enerji tüketimleri sırasıyla, 7.2, 6.0 ve 4.8 mega kalori (Mcal) olmuştur. Sonuçta yüksek enerjili rasyonlarla beslenen koyunlarda, süt sentezinde kullanılan vücut yağ miktarı çok az olduğu gibi canlı ağırlık kayıpları da çok az (20 gram/gün) olmuş ve koyunların süt verimleri vücut yağ miktarından etkilenmemiştir. Oysa orta ve düşük enerjili rasyonlarla beslenen koyunların süt verimleri, vücut yağ miktarından çok fazla etkilenmiş ve zayıf koyunların (5 kg vücut yağı) süt verimleri düşmüştür. Düşük enerjili rasyonla beslenen koyunlarda vücut yağ miktarındaki artışa bağlı olarak süt verimi ve süt sentezinde kullanılan yağ miktarı artmıştır ve günlük canlı ağırlık kaybı 104 gramdan 360 grama çıkmıştır.

Koyunların vücut durumlarını (vücut et ve yağ miktarlarını) değerlendirmek için bir puanlama sistemi geliştirilmiştir. Vücut durumu puanı 1 olan koyun aşırı derecede zayıf, 5 olan koyun ise aşırı

yağlı bir koyunu temsil ederken 2, 3, 4 olan koyunlar ise sırasıyla, zayıf, orta ve biraz yağlı koyunları temsil eder. Şekil 2’de süt ırkı koyunlarda hayatın farklı dönemlerinde vücut durumu puanlarının minimum ve maksimum değerleri gösterilmiştir.

Koyunların doğumda zayıf olmamaları ve laktasyona vücutlarında orta seviyeden biraz daha fazla yağ depo etmiş halde (3-3.5 puanla) girmeleri arzu edilir. Bu koyunlar laktasyon döneminde doğru beslendikleri takdirde aşırı ağırlık kaybetmezler ve vücut durumu puanı 2’nin altına düşmez.



Şekil 2: Koyunların Farklı Verim Dönemlerinde Vücut Durumu Puanı

Koyunlar erken laktasyon döneminde kaybettikleri ağırlığı, kuzular sütten kesildikten sonra tekrar kazanırlar. Laktasyonun ilk ayının çoğu kez kış aylarına tekabül ettiği yerlerde veya hava şartlarının kötü, otlatmanın güç ve günlerin kısa olduğu erken ilkbaharda koyunların erken laktasyon döneminde vücut yağlarını (yerli ırklarımızda kuyruğu) süt sentezinde kullanmaları yem masraflarını azaltabilir ise de aşırı

canlı ağırlık kaybının yetiştiriciye maliyetinin daha fazla olabileceği unutulmamalıdır. 6-8 haftalık erken laktasyon döneminde 5-6 kg'dan daha fazla canlı ağırlık kaybetmeyen koyunların sağlık ve süt verimleri de olumsuz etkilenmeyecektir. 70 kg canlı ağırlıktaki bir koyunun canlı ağırlığında %11'lik kayıp, 7.5-8.0 kg'lık kayıba tekabül eder. Bu rakamı 45 güne bölersek erken laktasyon dönemi günlük canlı ağırlık kaybı yaklaşık 170 gram civarında olacaktır. İslah edilmiş süt ırkı koyunlarda canlı ağırlık kaybı, bu normal değerin 2-3 misli daha fazla (genellikle 15-20 kg) olabilir. Yukarıda önceden belirtildiği gibi erken laktasyon döneminde yetersiz enerji (dane yem) tüketimi canlı ağırlık kayıplarının fazla olmasına, koyunun süt veriminin düşmesine ve döl veriminin düşük olmasına sebep olabileceği gibi ketosis olarak bilinen metabolik hastalığın görülme riskini artırır.

Asıl problem 1 kg vücut yağı ile sağlanan enerjinin miktarı ile bu enerjinin süt sentezinde kullanım etkinliğinin çok geniş sınırlar arasında değişmesidir. Cowan ve ark. (1979, 1980, 1981), 3 kesim denemesinin sonuçlarına dayanarak bir kg canlı ağırlık kaybının enerji değerini 24 ila 90 megajul ME/kg olarak bulmuşlar ve vücut dokularından sağlanan bu enerjinin süt üretiminde kullanım etkinliğini ise %50 ila 80 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Yetersiz enerji (dane yem) tüketimi sonucu vücut yağlarının süt sentezinde aşırı miktarda kullanılması, koyunları ketozis olarak bilinen metabolik hastalığa karşı hassas hale getirir. Laktasyon dönemindeki canlı ağırlık kaybı koyunun protein ihtiyacını da etkilemekte olup, yüksek verimli sütçü koyunlarda canlı ağırlık kaybı arttıkça protein

ihtiyacı da artar. Bu durum koyunun vücut yağlarını süt sentezinde kullanma kabiliyetinin, vücut proteinlerini süt sentezinde kullanma kabiliyetinden daha yüksek olması sebebiyledir. Vücut yağlarının parçalanmasıyla sağlanan enerjiyi dengelemek için rasyon protein seviyesini yükseltmek yerine, canlı ağırlık kayıplarını azaltmak için dane yem vermek, bilhassa ucuz oldukları dönemde satın alındıklarında, çok doğru ve ekonomik bir uygulamadır. Ayrıca enerji ve protein bakımından yetersiz rasyonlarla beslenen koyunlarda vücut yağlarının süte dönüştürülme etkinliği yaklaşık %60 iken, yeterli protein içeren rasyonlarla beslenen koyunlarda bu oran %80'dir. Koyunun canlı ağırlık kayıpları ve protein ihtiyacı arasındaki bu ilişki şu örnekle daha iyi anlaşılacaktır. Erken laktasyon döneminde günde 230 gram canlı ağırlık kaybeden bir koyunun %21 ham protein içeren bir rasyona ihtiyacı varken, bu koyuna canlı ağırlık kayıplarını önlemek için yeterli dane yem vererek enerji tüketimi arttırıldığında rasyonda protein ihtiyacı sadece %11.5 civarında olacaktır.

Koyunların laktasyon dönemindeki kuru madde veya enerji tüketimleri hayatın diğer dönemlerinden daha yüksektir. Bu yüzden koyunlar fazladan tüketilen yemi değerlendirebilmek için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu durum laktasyon dönemindeki yaşama payı enerji ihtiyacının kuru dönemdeki enerji ihtiyacından daha yüksek olmasına yol açar (CSIRO, 1990; Ortigues ve Doreau, 1995). Ruminant hayvanlar için Avustralya yemleme standardında (CSIRO, 1990) barınakta yetiştirilen, 60 kg canlı ağırlıkta ve süt vermeyen bir koyunun yaşama payı günlük metabolik enerji (ME) ihtiyacı 1.83 Mcal ME/gün

olarak bildirilirken, aynı canlı ağırlıkta, % 6.5 yağlı, günde 1, 2, 3, 4 kg süt veren koyunların yaşama payı ME ihtiyacı sırasıyla, 2.00, 2.17, 2.34 ve 2.51 Mcal/gün olarak, günlük yaşama payı+süt verimi için toplam enerji ihtiyacı ise sırasıyla, 3.71, 5.60, 7.48 ve 9.36 Mcal/gün olarak bildirilmiştir. Diğer bir ifade ile koyunun süt verimi arttıkça yaşama payı enerji ihtiyacı da artar. Barınakta yetiştirilen koyunlar için verilen bu enerji değerleri, bir miktar hareket için gerekli enerji ihtiyacını da ihtiva eder. Şayet koyunlar iyi kaliteli düz meralarda otlatılıyorsa yaşama payı enerji ihtiyacı %20, engebeli-tepelik meralarda otlatılıyorsa %35-40 daha fazla olacaktır.

Koyunlar laktasyonun daha sonraki döneminde (yaklaşık laktasyonun 2. ayından süttten kesilinceye kadar) erken laktasyonda kaybettikleri canlı ağırlığı tekrar kazanacak seviyede aşırı yağlandırmadan beslenmelidirler. Esasen bu dönemde mera otları iyice büyümüş olup, 2-3 ay iyi otlatma imkânı sağlar. Bu dönemde koyunların canlı ağırlık kayıpları telafi edilirken süt verimi de arttırılmaya çalışılır. Koyunları aşırı yağlandırmadan koç katımında maksimum döl verimi alınmasını imkân sağlayacak yeterli canlı ağırlıkta (vücut durumu puanı en az 3.0) olacak şekilde uygun rasyonlarla beslemelidir. Aşağıda laktasyonun farklı dönemleri için uygun rasyon örnekleri verilmiştir.

#### **4. LAKTASYONDAKİ KOYUNLARIN PROTEİN BESLENMESİ**

Rasyonla sağlanan proteinin bir kısmı rumende (işkembede) sindirilir veya fermente olurken diğer bir kısmı rumende sindirilmeden hayvanın ince bağırsaklarına geçer ve burada sindirilir. Rasyonda yeteri miktarda

sindirilebilir karbonhidrat bulunduğunda rasyon proteinlerinin rumende sindirilen veya parçalanmış kısmı rumendeki bakteriler tarafından kullanılır ve böylece Rumen bakterileri büyür ve çoğalırlar. Daha sonra bakteriler ince bağırsaklarda sindirilir. Koyunlar için Rumen bakterileri kaliteli proteinin ana kaynağıdır. Koyun protein ihtiyacının ince bağırsaklarda sindirilen bakteri (mikrobial) proteinlerinden ve rumende parçalanmayıp ince bağırsaklarda sindirilen rasyon proteinlerinden (bypass protein) sağlar. Ancak, rasyonla alınan proteinin rumende bakteriler tarafından parçalanmış miktarı ve bakterilerin bu proteini kullanma kabiliyetini birçok faktörün (tüketilen yem türü ve miktarı, yemleme sıklığı, rumende sindirilen karbonhidrat miktarı gibi) etkilemesi önemli bir problemdir. Bu yüzden laktasyondaki koyunların ihtiyacını karşılamak için ne kadar proteine ihtiyaç olduğunu tam olarak söylemek güçtür. Aynı problem laktasyondaki ineklerde de mevcut ise de laktasyondaki ineklerde, laktasyondaki koyunlara nazaran çok daha fazla bilgi vardır. Koyunlardaki mevcut bilgilerin önemli bir kısmı kurudaki koyunlardan veya süt ineklerinden elde edilen bilgiler olup bu bilgiler sütçü koyunların gerçek ihtiyacını tam olarak temsil etmeyebilir (Cannas, 1996).

Koyunların protein ihtiyacı, çeşitli yemleme standartlarında metabolik protein veya ham protein şeklinde ifade edilmiştir. Pratik koyun rasyonlarının hazırlanmasında esas olarak ham protein kullanılabilir. Aşağıdaki tabloda kurudaki koyunların yaşama payı protein ihtiyacı verilmiştir.

**Tablo 2:** Canlı Ağırlığı Farklı Kurudaki Koyunların Yaşama Payı Ham Protein İhtiyacı (NRC, 1985)

	Canlı ağırlık, kg			
	50	60	70	80
Ham protein ihtiyacı, g/gün	95	104	113	122

Süt verimi için ham protein ihtiyacı ise %5 ham protein içeren her bir kilogram süt için 120-125 gram civarındadır (NRC, 1985). Rasyon hazırlanacağı zaman ham protein seviyesi farklı sütlerin üretimi için protein ihtiyacı bu değerlerden hesaplanabilir.

Koyunun kuru madde tüketimine (canlı ağırlık, süt verimi, laktasyon safhası), yemleme metoduna ve rasyonda kullanılan protein ve enerji yemlerinin tipine bağlı olarak rasyondaki en uygun (optimum) protein seviyesi çok değişebilir. Mesela günde 1.74 kg süt veren 50 veya 90 kg canlı ağırlıktaki koyunlar için sırasıyla, rasyonda %14.5 ve %13 ham protein tavsiye edilirken, günde 2.6 kg süt veren aynı canlı ağırlıktaki koyunlar için sırasıyla, %16.2 ve %14 ham protein tavsiye edilmiştir. Bu değerler çoğu zaman yeterli ise de yüksek verimli koyunlarda bilhassa erken laktasyon döneminde %18-18.5 ham protein içeren rasyonlarla süt verimi artabilir (Cannas, 1996).

Süt proteinlerinin önemli bir kısmı rumen mikroplarınca sentezlenen mikrobiyal protein ve rumende parçalanmayan rasyon proteinleri olup, vücut proteinlerinin süt sentezinde kullanılan kısmı gayet azdır (Cowan ve ark., 1981). Bazı çalışmalarda rasyon proteinlerinin rumende parçalanmayan miktarı arttıkça süt veriminin arttığı bildirilmiş (Robinson ve ark., 1969; Gonzalez ve ark., 1982) ise de diğer çalışmalarda (Penning ve ark., 1988; Ngongoni ve ark., 1989;



Hadjipanayiotou, 1992) rasyonda rumende parçalanmayan protein miktarı ile süt verimi arasında yakın bir ilişki bulunmadığı gösterilmiştir. Bazı araştırmacılar koyunlarda rasyondaki protein miktarının, protein kalitesinden daha önemli olduğunu bildirmişlerdir (Jaime ve Purroy, 1995; Treacher, 1983).

Robinson ve ark. (1974) düşük enerjili rasyonlarda protein seviyesinin artırılmasıyla günlük süt veriminin 2.4 kg'dan 3.1 kg'a çıkarken koyunlardaki günlük canlı ağırlık kayıplarının 120 gramdan 260 grama çıktığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu durumun vücut yağlarının önemli bir kısmının süt sentezinde kullanılması veya vücut yağlarının süt sentezinde kullanım etkinliğinin artması sonucu olabileceğini bildirmişlerdir. Düşük enerjili rasyonlarda protein seviyesinin artırılmasıyla (koyunlar verebilecekleri en yüksek verim seviyesine ulaşmamışlarsa) süt verimi artarken süt protein miktarı (gram/litre) azalmıştır (Cannas ve ark., 1998). Ayrıca %19'dan fazla ham protein içeren rasyonlarla süt veriminde fazladan bir artış olmamıştır.

Rasyon enerji ve protein seviyesinin koyunların süt verimine etkisi oldukça farklı olmuştur. Birçok faktör süt veriminin farklı olmasına sebep olabilir ise de bu durumun bir sebebi önceden belirtildiği gibi bilhassa erken laktasyon dönemindeki canlı ağırlık kayıplarının miktarı ve geç kuru dönemde (doğumdan önceki son 2 haftaki) vücut yağ depolarının miktarıdır. Koyunların enerji ve protein tüketimindeki varyasyonun süt verimine etkisi aşağıdaki gibi olmaktadır (Treacher, 1983).

1. Koyunlarda rasyon ME seviyesi değiştirilmeden rasyondaki ham protein seviyesinin yükseltilmesi ile koyun genetik kabiliyetinin imkân verdiği süt verim seviyesine ulaşmamış ise süt verimi artacaktır.
2. Rasyonda belli bir enerji seviyesi ile birlikte minimum protein seviyesi vardır ve rasyon protein seviyesi bu minimum seviyenin altına düştüğünde süt verimi de azalacaktır.
3. Süt verimi yüksek, orta ve düşük olan koyunlarda rasyonda belli bir enerji seviyesi ile birlikte rasyonda bulunması gereken minimum protein seviyesi aynı değildir ve artan verim ile bu değerde artar. Diğer bir ifade ile rasyon minimum ham protein /metabolik enerji - ME oranı (gram ham protein / kcal ME oranı) artacaktır.

Koyunların rasyonda enerji seviyesi sabit tutulurken protein seviyesindeki değişmelere tepkisi yani süt verimindeki düşme veya azalma çok hızlı olmaktadır. Laktasyonun ilk üç haftalık döneminde rasyonun protein/enerji oranındaki değişmelere koyunlar ilk üç gün içinde tepki vermelerine rağmen verimin düşmeye başladığı laktasyonun ilk 30 gününden sonraki protein/enerji oranındaki değişmelerin süt verimine etkisi çok az veya hiç olmamıştır (Robinson ve ark., 1979).

## **5. ÖRNEK RASYONLAR**

Aşağıda 70-80 kg canlı ağırlıkta gebeliğin son dönemindeki veya laktasyondaki koyunların besin maddesi ihtiyaçlarını karşılayabilecek örnek rasyonlar verilmiştir

Gebeliğin son 6 haftasında tekize gebe koyunlar için: 1.6 kg kuru yonca otu + 400-500 gram (g) dane yem veya 1.4 kg kuru çayır otu + 350-400 g dane yem+350 g küspe + 15 g öğütülmüş kireç taşı veya mermer tozu veya 1.0 kg kuru yonca + 1.0 kg mısır sapı + 600 g küspe verilebilir. İkize gebe koyunlar için: 1.6 kg kuru yonca + 600-700 g dane yem veya 1.0 kg kuru yonca + 1.0 kg kuru çayır otu + 400 g dane yem veya 4.0 kg mısır silajı + 400 g dane yem + 400 g küspe + 15-20 g öğütülmüş kireç taşı (mermer tozu) verilebilir. Üçüze gebe koyunlar için: 1.6 kg kuru yonca + 800 g dane yem veya 1.0 kg kuru yonca + 1.0 kg mısır sapı + 300 g küspe veya 3.5-4.0 kg mısır silajı + 400 g dane yem + 400 g küspe verilebilir.

Laktasyondaki tekiz kuzulu koyunlar için: 1.7 kg kuru yonca otu+350-400 g dane yem+15 g dikalsiyum fosfat veya 1.5 kg kuru çayır otu+600-700 g küspe+15 g öğütülmüş kireç taşı (veya mermer tozu)+10 g dikalsiyum fosfat veya 4.0-4.5 mısır silajı+300 g küspe+15 g öğütülmüş kireç taşı +10 g dikalsiyum fosfat. Laktasyondaki ikiz kuzulu koyunlar için: 2.5 kg kuru yonca+650-700 g dane yem veya 1.5 kg kuru yonca+1.0 kg mısır sapı+20 g öğütülmüş kireç taşı. Laktasyondaki üçüz kuzulu koyunlar için: 1.8 kg kuru yonca otu+900 g dane yem+250 g küspe veya 5.0-5.5 kg mısır silajı+700 g küspe+20 g öğütülmüş kireç taşı verilebilir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Koyun yetiştiricisinin başarısında en önemli faktörlerden biri sürünün doğru beslenmesidir. Amaç, koyunların sağlıklarını koruyarak verimlerini düşürmeden besin maddelerince dengeli rasyonlarla ihtiyaçlarını karşılamaktır. Pahalı olan yemleme masrafları koyunları uygun rasyonlarla yemleyerek azaltılabilir. Gerek sürüler arasında ve gerekse sürü içindeki hayvanların canlı ağırlıkları, verim dönemleri gibi çeşitli özellikleri arasındaki büyük farklılıklar sebebiyle koyunların yemlenmesi kolay olmayabilir. Koyunların emzirdikleri kuzu sayısına göre gruplandırılarak ayrı rasyonlarla beslenmesi yemleme masraflarını azaltacağı gibi, tekiz kuzulu koyunlarında fazla besin maddesi tüketerek aşırı yağlanmaları önleyecektir. Yetiştiriciler koyunların yem tüketimlerini dolayısıyla süt verimlerini arttıracak tedbirleri almaları, laktasyondaki koyunlara mümkünse işletmede üretilmiş kaliteli kaba yemler vermelidirler. Kaba yem kalitesinin koyuna verilecek kesif yemin miktar ve kalitesini ve üretim masraflarını önemli olarak etkileyebileceği unutulmamalıdır.

## KAYNAKLAR

- Aktaş, G. (1970). Aspect of production in Awassi and White Karaman ewes. Effect of age and month of lactation on production. *Lalahan Zootečni Arş. Derg.* 10(1/2): 16-30.
- Bocquier, F. & Caja, G. (1999). Effects of nutrition on ewes' milk quality. In *Proceedings of 5th Great Lakes Dairy Sheep Symposium.*
- Boyazoğlu, S.G. & Treacher, T.T. (1978). *Milk Production in the Ewe.* EAAP Publication, 23.
- Cannas, A. (1996). Nutrition of the dairy ewe. *Proc. of the Great Lakes Dairy Sheep Symp.* March 28, Madison, Wisconsin. pp. 4-21.
- Cannas, A., Pes, A., Mancuso, R., Vodret, B., & Nudda, A. (1998). Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes. *Journal of Dairy science*, 81(2): 499-508.
- Cant, J., Wand, C., Aitken, H., & Cieslar, S. (2000). Dairy sheep nutrition. *Proceedings of the 6th Great Lakes Dairy Sheep Symposium*, November 2-4, Guelph, Ontario, Canada. p. 48-54.
- Cowan, R.T., Robinson, J.J., Greenhalgh, J.F.D., & McHattie, I. (1979). Body composition changes in lactating ewes estimated by serial slaughter and deuterium dilution. *Animal Science*, 29(1): 81-90.
- Cowan, R.T., Robinson, J.J., McDonald, I., & Smart, R. (1980). Effects of body fatness at lambing and diet in lactation on body tissue loss, feed intake and milk yield of ewes in early lactation. *The Journal of Agricultural Science*, 95(3): 497-514.
- Cowan, R.T., Robinson, J.J., McHuttie, I., & Pennie, K. (1981). Effect of protein concentration in the diet on milk yield, change in body composition and the efficiency of utilization of body tissue for milk production in ewes. *Anim. Prod.*, 33: 111-120.
- CSIRO (1990). *Feeding Standards for Australian Livestock. Ruminants*, CSIRO Pub. Melbourne. Australia.

- Delouis, C., Djiane, J., Hondebine, L.M., & Terqui, M. (1980). Relation between hormones and mammary gland function. *J. of Dairy Sci.*, 63: 1492-1513.
- Flamant, J.C. & Labussiere, J. (1972). Premieres observations sur les aptitudes des brebis de race Romanow. *Annales de Zootechnie*, 21: 375-384.
- Gardner, R.W. & Hogue, D.E. (1964). Effects of energy intake and number of lambs suckled on milk yield, milk composition and energetic efficiency of lactating ewes. *J. of Anim. Sci.*, 25: 789-795.
- Gibb, M.J. & Treacher, T.T. (1982). The effect of body condition and nutrition during late pregnancy in the performance of grazing ewes during lactation. *Anim. Prod.*, 34: 123-129.
- Gonzalez, J.J., Robinson, J.J., McHattie, I., & Fraser, C. (1982). The effect in ewes of source and level of dietary protein on milk yield and the relationship between the intestinal supply of non- ammonia nitrogen and the production of milk protein. *Anim. Prod.*, 34: 31-40.
- Hadjipanayiotou, M. (1992). Effect of protein source and formalhyder treatment on lactation performance of Chios ewes Damacus goat. *Small Rum. Res.*, 8: 185-187.
- Jaime, C. & Purroy, A. (1995). Level and quality of protein in rations for lactating ewes. *Annales de Zootechnie*, 44(2): 135-142.
- Kovnerev, I.P. (1974). Biological reserves of Romanov sheep. *Ovtsevodstro*, 11: 29-30 (Animal Breeding Abstracts 43, 2944).
- Mathis, C.P. & Ross, T. (2005). *Sheep Production and Management*. New Mexico State Uni. Cooperative Ext. Service, Circular, pp. 604.
- Ngongoni, N.T., Robinson, J.J., Aitken, R.P., & Fraser, C. (1989). Efficiency of utulization during pregnancy and lactation in the ewe of the protein reaching the abomasum and truly digested in the small intestine. *Anim. Prod.*, 49: 249-265.
- Nikolaev, A.I. & Magomedev, I.M. (1976). Milk production of Romanov sheep. *Zhivotnovadstvo*, 3: 38-40 (Animal Breeding Abstracts 43, 3704).
- NRC (1985). *Nutrient Requirements of Sheep*. 6 th Ed. National Academy Press, Washington, DC.

- NRC (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*, 1st ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Ortigue, L. & Doreau, M. (1995). Responses of the splanchnic tissues of ruminants to changes in intake: absorption of digestion and products, tissue mass, metabolic activity and implications to whole animal energy metabolism. *Ann. Zootech.*, 44: 321-346.
- Peart, J.N., Edwards, R.A., & Donaldson, A.J. (1972). The yield and composition of the milk of Finnish Landrace x Blackface ewes. I. Ewes and lambs maintained indoors. *J. of Agric. Sci., Cambridge* 79: 303-313.
- Peart, J.N., Edwards, R.A., & Donaldson, A.J. (1975). The yield and composition of the milk of Finnish Landrace x Blackface ewes. II. Ewes and lambs grazed on pasture. *J. of Agric. Sci., Cambridge*, 85: 315-324.
- Penning, P.D., Orr, R.J., & Treacher, T.T. (1988). Response of lactating ewes, offered fresh herbage indoors and when grazing, the supplements containing differing protein concentrations. *Anim. Prod.*, 46: 403-415.
- Robinson, J.J., Foster, W.H., & Forbes, T.J. (1969). The estimation of the milk yield of a ewe from body weight data on the suckling lamb. *The Journal of Agricultural Science*, 72(1): 103-107.
- Robinson, J.J. (1987). Energy and Protein Requirements of the Ewe. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*, Haresigne, W. & Cole, D.J.A. (Eds.), Butterworths, London. pp. 187-204.
- Robinson, J.J., Fraser, C., Gill, J.C., & McHattie, I. (1974). The effect of dietary crude protein concentration and time of weaning on milk production and body weight change in the ewe. *Anim. Prod.*, 19: 331-339.
- Robinson, J.J., McHattie, I., Calderan Cortes, J.F., & Thampson, J.L. (1979). Further studies on the response of lactating ewes to dietary protein. *Anim. Prod.*, 19: 257-269.
- Stern, D., Adler, J.H., Tagari, H.A., & Eyal, E. (1978). Responses of dairy ewes before and after parturition to different nutritional regimes during pregnancy. II. Energy intake and body weight changes during lactation and milk production. *Ann. Zootech.*, 27: 335-346.

- Treacher, T.T. (1978). The effects of Milk Production of the Number of Lambs Suced and Age, Parity and Size of Ewe. In: Milk production in the Ewe. Boyazoğlu, J.G. & Treacher, T.T. (eds.). EAAP Pub. No.23. pp. 31-40.
- Treacher, T.T. (1983). Nutrient Requirements for Lactation in the Ewe. In: Sheep Production. Haresign, W. & Butterworths (eds). UK. pp. 133-154.
- Treacher, T.T. (1989). Nutrition of the Dairy Ewe. In: Noth American Dairy Sheep Symp. Boylan, J.W. (ed). University of Minnesota, St. Paul, USA. pp. 45-57.
- Yarkın, İ. & Eliçin, A. (1966). İvesi Koyunların Vücut Yapılışları Ve Verimleri Üzerine Araştırmalar. Ankara Üni. Zir. Fak. Yayın. No: 266.





## BÖLÜM 15

### ARICILIK İŞLETMELERİNDE ARI ÜRÜNLERİNİN ÜRETİM VE PAZARLAMA YAPISI: EGE BÖLGESİ İLLERİ ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Zekiye ŞENGÜL<sup>1\*</sup>

Prof. Dr. Gamze SANER<sup>2</sup>

---

<sup>1\*</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Siirt-Türkiye.  
zekiye.sengul@siirt.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2496-2867

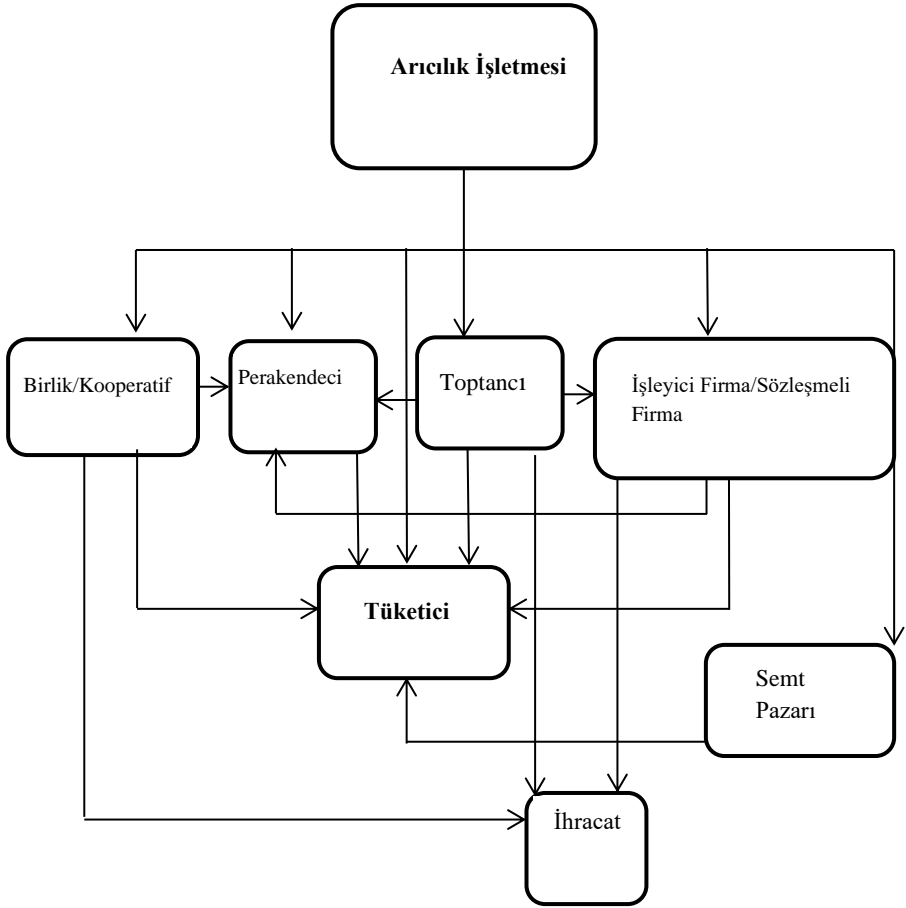
<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, İzmir-Türkiye.  
gamze.saner@ege.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2897-9543



## 1. GİRİŞ

Günümüzde uluslararası arı ürünleri piyasası, küresel hava koşulları, arı sağlığı sorunları ve küresel finansal koşullarından etkilenmektedir (Hailemariam & Tolemarium, 2017). Bu nedenle bal ve katma değeri yüksek diğer arı ürünlerinin üretiminden elde edilecek gelirin gelecekte belirsizlik taşıması, üreticilerin kar marjlarını artırmaya yönelik olarak pazarlama stratejilerini farklılaştırmasını gerektirmektedir (Adanacıoğlu, 2014). Diğer taraftan bir çiftçinin ürünü için hangi pazarlama olanaklarına sahip olduğu, kimin satın almak istediği ve satın alma kriterlerinin ne olduğu ile sınırlıdır (Milford ve ark., 2021). Arıcılık örneğinde üreticinin ortak olduğu kooperatifler, ihracatçı firmalar, sözleşmeli üretim yaptırmak isteyen işleyici firmalar, belediyeler vb. farklı alıcılara örnek verilebilir. Türkiye’de arıcıların bal ve diğer arı ürünleri pazarlamasında kullandıkları pazarlama kanalları Şekil 1’de gösterilmiştir.

Türkiye’de bal ve katma değeri yüksek diğer arı ürünlerinin bir kısmı toptan olarak işleyici firmalara satılıp, firmalar tarafından işlenip, paketlenildikten sonra firmaların E- ticaret sitelerinde ve satış mağazalarında, süpermarketler ve hipermarketler gibi zincir mağazalarda tüketicilere ulaşmaktadır. Geri kalan kısmı ise üretici-tüketici kooperatiflerinde, üretici pazarlarında, organik pazarlarda, üreticiler tarafından yönetilen elektronik satış ağlarında, arıcılık fuarları ve festivallerinde, topluluk destekli tarım sistemleri (TDT) gibi doğrudan satış noktalarında satılmaktadır (Saner ve ark., 2007).



**Şekil 1:** Bal ve Diğer Arı Ürünlerinin Pazarlama Kanalları (TRGM, 2021)

Büyük ölçekli üretime odaklanan üreticilerin yerel pazarlara satış yapma fırsatları daha az olup, büyük toptancılara, işleyicilere ve perakendecilere satış yapma olasılıkları daha yüksektir (Woods, 2020). Düşük pazarlama maliyetleri, şeffaf fiyatlandırma, düşük satış riski vb. gibi faktörler ürünün toptancıya satışını çekici kılmaktadır (Hardesty & Leff, 2010; Kim ve ark., 2014). Ancak çeşitli bölgelerden satın alınan arı ürünleri, üretilen coğrafi bölge dikkate alınmadan, işleyiciler ve perakendeciler tarafından tek bir marka altında

toplanması bölgesel kökenin duyarsızlaştırılmasına neden olmaktadır (Lyubenov, 2022). Ayrıca bazen toptan pazarlamada satılan ürünler ile ilgili ölçülmesi zor olan kalite yönleri için ekonomik ödüller verilmemektedir (Verhaegen & Van Huylenbroeck, 2001). Küçük ve orta ölçekli arıcılık işletmelerinin ekonomik sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından ise doğrudan pazarlamanın etkili bir strateji olduğu belirtilmektedir (Adanacıoğlu & Çelimli, 2016). Doğrudan pazarlama, üretilen bir malın üreticiden tüketiciye ulaşmasındaki dağıtım kanallarındaki toptancı veya perakendecinin elimine edilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir (Hazneci & Anakök, 2021). Bunlarla beraber katma değeri yüksek ürünlere sahip arıcılık işletmeleri de daha çok yerel pazarlamayı tercih etmektedir. Başka bir ifadeyle arıcılık işletmelerinde düşük katma değerli ürünlerin üretilmesi onları işleyici firmalar için mikro hammadde üreticileri konumunda yer almaları için zorlamaktadır (Lyubenov, 2022). Katma değeri yüksek arı ürünlerinin yerel pazarlarda doğrudan pazarlanmasının avantajı, tüketiciler için tazelik, üreticiler için ise yüksek değerli veya özel mahsuller için prim elde etme olasılığının fazla olmasıdır (Kim ve ark., 2014). Yapılan çalışmalar, üretici pazarlarında satış yapmanın, ağı genişleterek diğer pazarlama kanallarına erişmenin bir yolu olduğunu, ayrıca üreticilerin yeni ürünleri test edebilmeleri ve tüketicilerin tercihleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olabilmeleri için tüketicilerle doğrudan temas kurmanın üretici pazarlarıyla ilgili bir avantajın olduğunu bildirmiştir (Hardesty & Leff, 2010; Veidal & Flaten, 2011). Arı ürünleri piyasasında katma değeri yüksek ürün çeşitleri Çizelge 1’de verilmiştir. Görüldüğü gibi arıcılar tarafından

üretilen bal ve diğer arı ürünleri saf halinin yanı sıra işlenmiş bir şekilde de pazarlanabilmektedir.

**Çizelge 1:** Satışa Sunulan Saf Arı Ürünlerinin Listesi

Bal	Süzme çiçek balı (mono/polyfloral), süzme salgı balı (mono/polyfloral), ham bal, krem bal, fenni petek bal, karakovan balı, sır balı, süzme-petek karışımı bal
Polen ve perga	Taze polen (mono/ polyfloral), kuru polen (mono/ polyfloral), kapsül polen, öğütülmüş polen, kuru perga, öğütülmüş perga
Propolis	Saf çiğnenabilir propolis, pudra saf propolis, su bazlı damla propolis, zeytinyağı bazlı propolis, alkol bazlı damla propolis, ağız sprey propolis, kapsül propolis, monofloral propolis: örn. Brezilya yeşil propolisi
Apilarnil	Taze apilarnil (donmuş), kuru apilarnil (Liyofilize), kapsül apilarni, larva sütü veya erkek arı homojenatı: erkek arı larvasından üretilmektedir.
Arı sütü ve ana arı larvası	Saf arı sütü (taze), yüksükte saf arı sütü ve larvası, pudra arı sütü, kapsül arı sütü
Podmor	Öğütülmüş podmor, podmor ekstraktı
Arı zehiri	Kuru arı zehiri, ilaç veya kozmetik sanayide kullanılmaktadır

Piyasada arı ürünleri saf halleri dışında sadece arı ürünleri içeren karışımlar olarak ve arı ürünleri ile meyve, baharat, kuruyemiş, çikolata vb. gibi ürünlerin eklenmesi ile üretilen karışımlar olarak da bulunmaktadır. Bunlarla beraber, arı ürünlerinin eklenmesi ile üretilen tek kullanımlık ürünler, çocuk serisi ürünleri, vitamin katkılı tabletler ve boğaz pastilleri, tek içimlik ampuller, shotlar, propolisli sakız, çay ve İsveç şurubu, mead (bal likörü), honey butter (bal ve tereyağı karışımı), şekerlemeler vb. gibi ürünlere de rastlanmaktadır.

Bal ve diğer arı ürünlerinin en önemli doğrudan satış kanallarından birisi internet ve sosyal medya kanallarıdır. Bal gibi ürünlerin satın alınması ve tüketilmesi, ürünün somut yönleri ile semboller, gelenek, kültür, turizm ve gastronomi gibi tüketici tarafından algılanan değeri önemli ölçüde artıracak tüm unsurlar hakkında yoğun bir bilgi

alışverişine dayanmaktadır. Böylece sosyal ağlar, kullanıcılarla olan yakınlıkları ve etkileşimleri nedeniyle bu tür bilgilerin iletilmesi için ideal bir iletişim kanalı olarak konumlanmaktadır (Andrieu ve ark., 2021). TDT sistemleri de doğrudan pazarlama kanalları içinde yer alan diğer önemli pazarlama kanalı olup, Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu (IFOAM)'a göre TDT (Community Supported Agriculture), gıda üretimi ve tüketimi arasında doğrudan bağlantı kuran, bir çiftlik ve destekçi topluluğu arasındaki karşılıklı bağlılığa dayalı ortaklıktır. Destekçiler genelde hasattan pay satın alarak, bazen de çiftlik işlerine yardımcı olarak çiftliğin yıllık işletme giderlerini karşılamaktadırlar. Karşılığında, çiftlik mümkün olan en sağlıklı ve taze mevsimlik ürünü temin etmektedir (Anonim, 2022) Güneşköy; Bir Umut Derneği Gıda Çalışma Grubu; İmece Evi; Yeryüzü Derneği Tüketim Birliği; Doğal Besin Bilinçli Beslenme Grubu (DBB); Batı İzmir Topluluk Destekli Tarım Grubu (BİTOT); Gediz Ekoloji Topluluğu (GETO); Yaşam Dostu Ürün Dayanışma Üretim ve Paylaşım Grubu; Bayramiç Yeniköy Kazdağları Ekolojik Yaşam ve Tohum Derneği'nin Bayramiç Taş Değirmen; İzmir Doğa ve İnsan Dostu Gıda Grubu; Yerel Tohum Derneği; Bizim Bostan grubu Türkiye'de oluşmuş TDT gruplarından (Çelik, 2016).

Bunlarla beraber üreticiler, kooperatifler sayesinde de ürünlerini değer fiyatı ile pazarlayabilmekte ve piyasada rekabet edebilmektedir. Bu rekabet güçleri sayesinde hem ekonomik hem de sosyal yönden daha iyi bir düzeyde varlıklarını sürdürmektedirler. (Koçtürk ve ark., 2015). S.S. 745 Sayılı Kozan Bal Tarım Satış Kooperatifi (Adana), S.S.



Fethiye Tarımsal Kalkınma Kooperatifi (Muğla), S.S. Anzer Ballıköy Tarımsal Kalkınma Kooperatifi (Rize), İzmir ili Arı Yetiştiriciler Birliği, İzmir-Kemalpaşa Dereköy Kooperatifi, İzmir Seferihisar Gödence Kalkınma Kooperatifi, Çanakkale İli Arı Yetiştiriciler Birliği, Aydın Bal ve Arı Ürünleri Üretim ve Pazarlama Kooperatifi vb. bal ve diğer arı ürünlerinin pazarlanması ile ilgili kooperatif ve birliklere örnek verilebilir (TRGM, 2021).

Bahsedilen doğrudan pazarlama stratejilerinin yanı sıra inovatif pazarlama yaklaşımları da özellikle son zamanlarda bal ve katma değeri yüksek diğer arı ürünlerinin pazarlanmasında önemli bir yer bulmuştur. Niş pazarlama, nöro pazarlama, pazarlama amaçlı ağızdan ağıza iletişim ve deneysel pazarlama inovatif pazarlama yaklaşımlarına örnek verilebilir (Taylan ve ark., 2017).

Literatürde arıcılık ekonomisi ve arıcıların karşılaştıkları sorunlarla ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir çoğunda pazarlama sorunu arıcılık işletmelerinin sürdürülebilirliğini etkileyen en önemli sorunlardan biri olarak belirtilmiştir (Saner ve ark., 2011; Çelik & Turhan, 2014; Emir, 2015; Keskin, 2016; Onuç ve ark., 2019; Söğüt ve ark., 2019; Baydemir, 2022).

Bu çalışmada ise Aydın, İzmir ve Muğla illerinde arıcılık yapan işletmelerin üretim ve pazarlama yapısının belirlenmesi ile işletmelerin karlılığı ve rekabet gücünü artırmaya yardımcı olacak pazarlama önerilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın materyalini 2018-2019 döneminde Aydın, İzmir ve Muğla illerinde arıcılık yapan işletmelerden anket yolu ile elde edilen veriler oluşturmaktadır. Anket yapılacak üretici sayısı oransal örnek hacmi formülü kullanılarak hesaplanmıştır. %95 güven aralığı ve %8 hata payı ile örnek sayısı 149 olarak hesaplanmıştır.

$$n = \frac{N \cdot p(1 - p)}{(N - 1)\sigma_{p_x}^2 + p(1 - p)}$$

n= Örnek hacmi, N= Araştırma bölgesinde arıcılık yapan üretici sayısı,  $\sigma_{p_x}^2$ = Varyans, P= Arıcılıkta sürdürülebilir uygulamaları benimseyen üreticilerin oranı. Maksimum örnek hacmine ulaşabilmek için arıcılıkta sürdürülebilir uygulamaları benimseyen üreticilerin oranı p=0.50 olarak alınmıştır. Çalışmada verilerin analizinde ortalama, yüzde, standart sapma gibi tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Çalışmada incelenen işletme özellikleri normal dağılım göstermediğinden, ilgili özellikler açısından iller arasındaki farklılıklar Kruskal Wallis testi ile ortaya konulmuştur.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. Üretim Çeşitliliği

İncelenen işletmelerin %44.29'unda (66 işletme) sadece bal ve balmumu üretimi yapılırken, %55.70'inde (83 işletme) bal ve

balmumu üretiminin yanı sıra diğer arı ürünlerinin en az birinin üretimi yapılmaktadır. Ayrıca arı sütü üretimi yapan herhangi bir işletmeye rastlanmamıştır. Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerin sırasıyla %30.00, %43.24 ve %50.00’ünde sadece bal ve balmumu üretildiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Ege Bölgesi, Muğla, Denizli ve Aydın illerinde yapılan bir çalışmada üreticilerin %56.3’ünün, Kütahya ilinde yapılan bir çalışmada ise arıcıların %67.2’sinin sadece bal ürettikleri bildirilmiştir (Çevrimli, 2017; Özer, 2017).

**Çizelge 2:** Farklı İllerde Bulunan İşletmelerin Üretim Çeşitliliği

	Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		Genel (149)		
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	
Sadece bal ve balmumu	9	30.00	16	43.24	41	50.00	66	44.29	
Diğer arı ürünlerini de üretenler*	Polen	13	43.33	14	37.84	37	45.12	64	42.95
	Arı satışı	11	36.67	12	32.43	6	7.32	29	19.46
	Propolis	3	10.00	6	16.22	18	21.95	27	18.12
	Arı ekmeği	-	-	-	-	3	3.66	3	2.01
	Ana arı satışı	2	6.67	-	-	-	-	2	1.34
	Arı sütü	-	-	-	-	-	-	-	-

\*Birden fazla yanıt alınmıştır

### 3.2. Bal Verimi

İncelenen işletmelerde kovan başına bal verimi 16.51 kg, balmumu verimi 354.40 gr, polen verimi 486.10 gr, propolis verimi 18.03 gr ve arı ekmeği verimi 133.73 gr olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Ege Bölgesi, Muğla, Denizli ve Aydın illerinde yapılan bir çalışmada, ortalama bal verimi 14.44 kg, Çanakkale ili Gökçeada ilçesinde

yapılan çalışmada 17.58 kg, İzmir ili Kemalpaşa ilçesinde yapılan çalışmada 19.27 kg, Çanakkale ilinde yapılan çalışmada 16.24 kg, Akdeniz bölgesinde yapılan bir çalışmada ise 12.3 kg olarak hesaplanmıştır (Çevrimli, 2017; Özyasin & Karaman, 2018; Onuç ve ark., 2019; Aktürk & Aydın, 2019; Subaşı ve ark., 2019). Edirne’de yapılan bir çalışmada ise yapay oğullardan oluşan kolonilerde, kovan başına ortalama bal verimi 14.20 kg, paket arılardan oluşan kolonilerde bal verimi 18.70 kg olarak hesaplanmıştır (Adanacıoğlu ve ark., 2019).

İl grupları itibariyle dikkate alındığında, Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerde kovan başına bal verimi sırasıyla 12.50 kg, 21.25 kg ve 15.84 kg, kovan başına balmumu verimi sırasıyla 302.85 gr, 295.55 gr ve 399.89 gr, kovan başına polen verimi sırasıyla 794.20 gr, 473.19 gr ve 382.73 gr, kovan başına propolis verimi sırasıyla 7.17 gr, 23.01 gr ve 18.18 gr, Muğla ilinde bulunan işletmelerde ise arı ekmeği verimi 133.73 gr/kovan olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Kruskal Wallis testi sonuçlarına göre bal verimi açısından ( $\chi^2=11.797$ ,  $p=0.003$ ) iller arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, diğer arı ürünlerinin verimliliği açısından anlamlı bulunmamıştır ( $p\geq 0.05$ ).

**Çizelge 3:** İncelenen İşletmelerde Arı Ürünlerinin Verimlilikleri

Arı ürünleri	Aydın (30)	İzmir (37)	Muğla (82)	P	Genel (149)
Bal (kg/kovan)	12.50 <sup>a</sup>	21.25 <sup>b</sup>	15.84 <sup>ab</sup>	0.00**	16.51
Balmumu (gr/kovan)	302.85	295.55	399.89	0.17	354.40
Polen (gr/kovan)	794.20	473.19	382.73	0.56	486.10

Propolis (gr/kovan)	7.17	23.01	18.18	0.37	18.03
Arı ekmeği (gr/kovan)	-	-	133.73		133.73

*Polen, propolis ve arı ekmeği veriminin hesaplanmasında sadece bu ürünleri üreten işletmeler dikkate alınmıştır. İlgili değişkenler için farklı harflerle ifade edilen işletme grupları arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. ( \*\* $p < 0.001$  düzeyinde anlamlı)*

### 3.3. Hasat Sayılarına Göre Süzme Bal Üretimi

İncelenen işletmelerde üreticilerin %16.11'i tek bal sağımı, %47.65'i iki sağım, %29.53'ü üç sağım, %6.04'ü dört sağım ve %0.67'si de beş sağım gerçekleştirmiştir. Tek sağım yapan üreticilerin %54.16'sı Eylül ayında sağım yapmaktadırlar. Aydın ve Muğla illerinde 2 sağım yapan üretici sayısı ön planda iken, İzmir ilinde 3 sağım yapan üretici sayısı daha fazladır. Ayrıca 5 sağım sadece İzmir ilinde bulunan bir işletmede gerçekleşmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4:** Farklı Hasat Sayılarına İlişkin İşletme Sayısı

	Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		Genel (149)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
1. sağım	3	10.00	4	10.81	17	20.73	24	16.11
2. sağım	18	60.00	13	35.14	40	48.78	71	47.65
3 sağım	8	26.67	15	40.54	21	25.61	44	29.53
4. sağım	1	3.33	4	10.81	4	4.88	9	6.04
5. sağım	-	-	1	2.70	-	-	1	0.67
Toplam	30	100.00	37	100.00	82	100.00	149	100.00

Farklı hasat sayılarına sahip işletmelerin bal verimi Çizelge 5'te verilmiştir. Görüldüğü üzere bal verimi tek sağım yapan işletmelerde

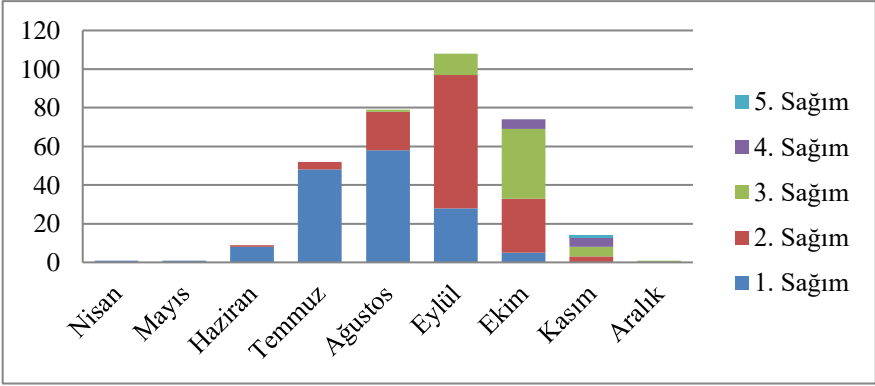
4.93 kg/kovan, iki sağım yapan işletmelerde 14.87 kg/kovan, üç sağım yapan işletmelerde 20.81 kg/kovan, dört sağım yapan işletmelerde 35.49 kg/kovan, beş sağım yapan işletmelerde ise 50.38 kg/kovan olarak hesaplanmıştır. Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerde kovan başına bal verimi üç sağım gerçekleştirenlerde sırasıyla 12.48 kg, 24.00 kg ve 21.56 kg olarak hesaplanmış olup, bu farklılık Kruskal Wallis testi sonuçlarına göre anlamlı bulunmuştur ( $\chi^2=8.325$ ,  $p=0.016$ ).

**Çizelge 5:** İncelenen İşletmelerde Hasat Sayısı İtibariyle Bal Verimi (kg/kovan)

	Aydın (30)	İzmir (37)	Muğla (82)	P	Genel (149)
1 sağım	4.13	7.34	4.50	0.15	4.93
2 sağım	13.50	16.45	14.98	0.53	14.87
3 sağım	12.84 <sup>a</sup>	24.00 <sup>b</sup>	21.56 <sup>ab</sup>	0.02*	20.81
4 sağım	16.88	33.18	42.46	0.18	35.49
5 sağım		50.38			50.38

*İlgili değişkenler için farklı harflerle ifade edilen işletme grupları arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur (\* $p<0.05$  düzeyinde anlamlı).*

İncelenen işletmelerde en erken bal sağımı Nisan ayında, en geç sağım ise Aralık ayında yapılmıştır. 1. sağımın büyük kısmı Temmuz-Ağustos aylarında, 2. sağımın büyük kısmı ise Eylül ayında yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Araştırma Bölgesindeki Arıcıların Bal Sağıım Zamanları

Çizelge 6: İncelenen İşletmelerde Farklı Hasat Sayılarına Göre Toplam Bal Üretim Miktarı

	Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		Genel (149)	
	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%	Miktar (ton)	%
1. Sağıım	59.16	52.32	83.65	43.23	205.47	48.91	348.28	47.93
2. Sağıım	46.09	40.76	68.75	35.53	154.35	36.74	269.19	37.04
3. Sağıım	7.02	6.21	29.91	15.46	53.73	12.79	90.66	12.48
4. Sağıım	0.81	0.71	10.13	5.23	6.53	1.56	17.47	2.40
5. Sağıım	-	-	1.08	0.55	-	-	1.08	0.15
Toplam	113.08	100.00	193.52	100.00	420.08	100.00	726.68	100.00

İncelenen işletmelerde üretilen toplam balın %47.93'ü 1. sağıımda, %37.04'ü 2. sağıımda, %12.48'i 3. sağıımda, %2.40'ı 4. sağıımda ve %0.15'ise 5. sağıımda hasat edilmiştir (Çizelge 6).

### 3.4. İşletmelerde Nektar Kaynaklarına Göre Süzme Bal Üretimi

İncelenen işletmelerde üreticilerin %87.25'i çam balı, %0.67'si meşe balı, %16.78'i monofloral çiçek balı, %27.52'si de çam-çiçek karışımı bal üretmektedir (Çizelge 7). Çam- çiçek karışımı ballar üreticiler tarafından çam balı olarak pazarlanmaktadır. Bu ballar yayladan gelen

çiçek nektarı veya püren bitkisinin nektarını içerdiğinden saf çam balına göre daha erken kristalize olabilmektedir. Balın kristalize olması bozulma olmayıp, balın elde edildiği nektar kaynağına göre oluşabilen doğal bir olay olarak görülmekte ve balın kalitesini etkilememektedir (Yücel & Doğaroğlu, 2015).

**Çizelge 7:** İncelenen İşletmelerde Üretilen Balın Niteliğine Göre Üretici Sayısı

		Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		Genel (149)	
		Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Salgı balı	Çam	27	90.00	32	86.49	71	86.59	130	87.25
	Meşe	-	-	1	2.70	-	-	1	0.67
Çiçek balı	Monofloral	5	16.67	9	24.32	11	13.41	25	16.78
	Polifloral	13	43.33	10	27.03	18	21.95	41	27.52
Çam- Çiçek karışımı		9	30.00	18	48.65	35	42.68	62	41.61

*\*Birden fazla yanıt alınmıştır.*

Pazarlama açısından monofloral balların ön planda olduğu düşünülürse, Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerde üreticilerin sırasıyla %16.67'si, %24.32'si ve %13.41'inin monofloral çiçek balı ürettikleri belirlenmiştir (Çizelge 7).

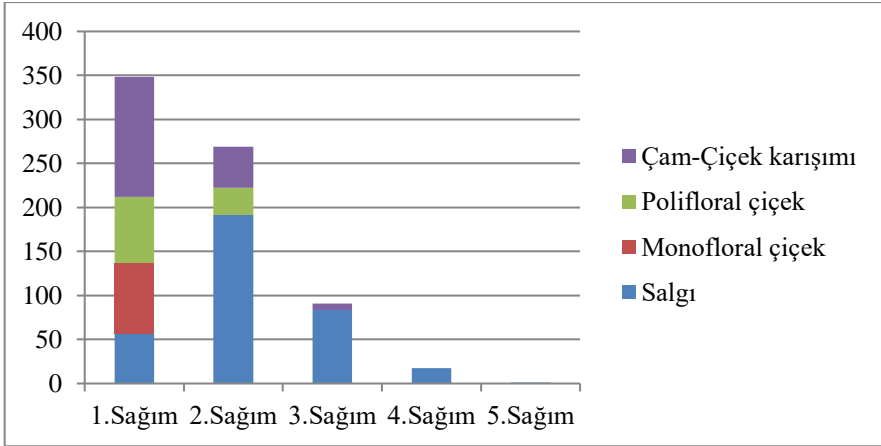
İncelenen işletmelerde üretilen toplam balın %48.10'u salgı balı, %26.16'sı çam-çiçek karışımı bal, %11.09'u monofloral çiçek balı, %14.65'i polifloral çiçek balından oluşmaktadır (Çizelge 8). Salgı balının %99.77'si çam balı, %0.23'ü ise meşe balından oluşmaktadır. Üretilen toplam monofloral balın %75.34'ü ayçiçek balı (60.72 ton), %16.75'i kekik balı (13.50 ton), %4.05'i hayıt balı (3.27 ton), %2.41'i kestane balı (1.94 ton), %0.77'si narenciye balı (0.62 ton) ve %0.68'i geven balından (0.54 ton) oluşmaktadır.



**Çizelge 8:** İncelenen İşletmelerde Nektar Kaynaklarına Göre Toplam Bal Üretim Miktarı (ton)

	Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		Genel (149)	
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Salgı balı*	60.40	53.41	85.80	44.34	203.30	48.40	349.50	48.10
Monofloral çiçek balı	5.70	5.04	34.16	17.65	40.74	9.70	80.60	11.09
Polifloral çiçek balı	23.95	21.18	36.25	18.73	46.28	11.02	106.48	14.65
Çam-Çiçek balı karışımı	23.03	20.37	37.31	19.28	129.76	30.88	190.11	26.16
<b>Toplam</b>	<b>113.08</b>	<b>100.00</b>	<b>193.52</b>	<b>100.00</b>	<b>420.08</b>	<b>100.00</b>	<b>726.68</b>	<b>100.00</b>

İncelenen işletmeler tarafından üretilen monofloral çiçek balının tamamı 1. sağımda, polifloral çiçek balı ise 1. ve 2. sağımda hasat edilmiştir (Şekil 3).

**Şekil 3:** Hasat Sayısına Göre Hasat Edilen Balın Niteliği

### 3.5. Petek Bal Üretimi

Süzme balın dışında üreticiler tarafından düz petek bal, kasnak bal ve karakovan balı da üretilerek pazarlanmaktadır. İncelenen işletmelerde üreticilerin %21.48'i düz petek bal, %14.77'si karakovan balı,

%16.11' i ise her iki petek bal çeşidini de üretirken, üreticilerin %47.64'ü petek bal üretmemektedir. Üretilen toplam petek balının ise %77.56'sını düz petek bal, %22.44'ünü ise karakovan balı oluşturmaktadır. Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerde üreticilerin sırasıyla %50.00, %72.98 ve %43.90'ı petek balı üretmektedir (Çizelge 9).

**Çizelge 9:** İncelenen İşletmelerde Petekli Bal Üreten Üretici Sayısı

	Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		Genel (149)	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Düz petek bal	13	43.33	3	8.11	16	19.51	32	21.48
Karakovan/dalak/ kasnak bal	-	-	13	35.14	9	10.98	22	14.77
Her iki petek bal çeşidi	2	6.67	11	29.73	11	13.41	24	16.11
Petekli bal üretmiyor	15	50.00	10	27.02	46	56.10	71	47.64
Toplam	30	100.00	37	100.00	82	100.00	149	100.00

### 3.6. Üretilen Balın Değerlendirilme Durumu

Arıcılık yapan işletmelerde ortalama 4877.02 kg süzme bal, 122.42 kg petek bal, 66.85 kg polen, 1.13 kg propolis ve 1.34 kg arı ekmeği üretilmiştir. Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerde işletme başına sırasıyla 3769.20, 5230.27 ve 5122.92 kg süzme bal ve 146.10, 147.58 ve 102.40 kg petek balı üretilmiştir (Çizelge 10). Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde İzmir ili Kemalpaşa ilçesinde yapılan bir çalışmada çam balı üretimi 2492 kg, çiçek balı üretim miktarı 71.83 kg, petek bal üretimi 118.53 kg, polen üretimi 18.06 kg ve propolis üretimi 0.76 kg olarak belirlenmiştir (Onuç ve ark., 2019).

İşletme başına üretilen süzme balın %1.80'i, petek balın %4.47'si evde veya işletmede tüketilmiş olup, süzme balın %89.92'si, petek balın %54.32'si toptan satılmış olup, süzme balın %8.03'ü, petek balın ise %41.21'i perakende olarak satılmıştır (Çizelge 10).

**Çizelge 10:** İl Gruplarına Göre İşletmelerde Üretilen Balın Değerlendirilmesi (işletme ortalaması)

		Aydın (30)	İzmir (37)	Muğla (82)	Genel (149)	P
		Ort.	Ort.	Ort.	Ort.	
Süzme Bal	Evde/İşletmede tüketilen süzme bal (kg)	44.27 <sup>a</sup>	88.62 <sup>ab</sup>	103.70 <sup>b</sup>	87.99	0.00**
	Stoklanan süzme bal (kg)	-	-	22.41	12.34	-
	Toptan satılan süzme bal (kg)	3273.40	4535.08	4724.36	4385.22	0.34
	Perakende satılan süzme bal (kg)	451.53	606.57	272.45	391.47	0.52
	<b>Toplam üretilen süzme bal (kg)</b>	<b>3769.20</b>	<b>5230.27</b>	<b>5122.92</b>	<b>4877.02</b>	<b>0.32</b>
Petek bal	Evde/İşletmede tüketilen petek bal (kg)	1.37 <sup>a</sup>	6.12 <sup>b</sup>	6.69 <sup>b</sup>	5.48	0.00**
	Toptan satılan petek bal (kg)	107.67	69.41	50.12	66.50	0.01*
	Perakende satılan petek bal (kg)	37.07	72.05	45.59	50.45	0.46
	<b>Toplam üretilen petek bal (kg)</b>	<b>146.10</b>	<b>147.58</b>	<b>102.40</b>	<b>122.42</b>	<b>0.02*</b>

*İlgili değişkenler için farklı harflerle ifade edilen işletme grupları arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. (\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001 düzeyinde anlamlı)*

İncelenen işletmelerde üreticilerin %98.66'sı süzme bal (147 işletme) ve %42.28'i (63 işletme) petek bal satışı yapmaktadır (Çizelge 11). Süzme bal satışı yapan üreticilerin toptancı- tüccarı, petek bal satışı yapan üreticilerin ise doğrudan tüketiciye perakende satışı daha fazla tercih ettikleri belirlenmiştir. İller itibariyle de aynı sonuca ulaşılmıştır. Bu sonuçlar Ege Bölgesi'nde yer alan Muğla, Denizli ve Aydın illerinde yapılan bir çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir, ilgili çalışmada işletmelerin %49.4'ünün ürettikleri süzme balını toptancıya, %42.5'inin perakende olarak sattığı, %6.8'inin doğrudan firmaya ve %1.3'ünün kooperatife sattığı belirlenmiştir (Çevrimli, 2017).

**Çizelge 11:** İncelenen İşletmelerde Üretilen Balın Pazarlanması (Üretici oranı)

			Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		Genel (149)	
			Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Süzme Bal	Toptan	Toptancı-Tüccar	25	83.33	21	56.76	67	83.75	113	76.87
		Diğer Perakendeciler	-	-	2	5.41	1	1.25	3	2.04
		Birlik ve Kooperatif	-	-	7	18.92	-	-	7	4.76
	Perakende	Doğrudan Tüketici	5	16.67	10	27.03	16	20.00	31	21.09
Petek Bal	Toptan	Toptancı-Tüccar	7	50.00	9	39.13	5	19.23	21	33.30
		Diğer Perakendeciler	-	-	2	8.70	1	3.85	3	4.80
		Birlik ve Kooperatif	-	-	-	-	-	-	-	-
	Perakende	Doğrudan Tüketici	8	57.14	13	56.52	21	80.77	42	66.70

\*Birden fazla yanıt alınmıştır.

### 3.7. İşletmelerde Üretilen Diğer Arı Ürünlerinin Değerlendirilmesi

İncelenen işletmelerde işletme başına 66.85 kg polen, 1127.52 gr. propolis ve 1342.28 gr. arı ekmeği üretilmektedir. İşletmelerde üretilen polenin %67.00'si, propolisin %69.29'u ve arı ekmeğinin %98'i toptan, üretilen polenin %28.42'si ve propolisin %16.78'i perakende satılmıştır. Polen satışı yapan üreticiler toptancı-tüccara ve perakende satışı daha fazla tercih ederken, propolis ve arı ekmeği satışı yapan üreticilerin ise sözleşmeli firmaları daha fazla tercih ettikleri ortaya çıkmıştır (Çizelge 12).

Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerde işletme başına sırasıyla 114.18, 49.16 ve 57.51 kg polen üretilmiştir. Aydın ve İzmir ilinde bulunan üreticilerin çoğu poleni toptancı-tüccara satarken,

Muğla ilindekilerin çoğu perakende polen satışını tercih etmiştir (Çizelge 13).

**Çizelge 12:** İncelenen İşletmelerde Üretilen Çeşitli Arı Ürünlerinin Değerlendirilmesi

Diğer Arı Ürünlerinin Değerlendirilmesi (İşletmeler Ortalaması)		Polen		Propolis		Arı Ekmeği	
		Miktar (kg)	%	Miktar (gr)	%	Miktar (gr)	%
Evde/İşletmede tüketilen		3.06	4.58	157.05	13.93	26.85	2.00
Toptan satılan		44.79	67.00	781.21	69.29	1315.44	98.00
Perakende satılan		18.99	28.42	189.26	16.78	-	-
Toplam üretilen		66.85	100.00	1127.52	100.00	1342.28	100.00
Diğer Arı Ürünlerinin Pazarlama Şekli		Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Toptan	Toptancı-Tüccar	20	44.44	3	21.43	-	-
	Sözleşmeli Firma	4	8.90	7	50.00	3	100.00
	Birlik ve Kooperatif	1	2.22	-	-	-	-
Perakende		20	44.44	4	28.57	-	-
Toplam		45	100.00	14	100.00	3	100.00

**Çizelge 13:** Farklı İllerde Bulunan İşletmelerin Polen Değerlendirme Şekilleri

Polen Değerlendirilmesi (işletmeler ortalaması, kg)		Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		P
		Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	
Evde/İşletmede tüketilen		2.25	1.97	0.82	1.68	4.37	7.60	0.11
Toptan satılan		59.70	52.28	42.42	86.28	40.41	70.26	0.51
Perakende satılan		52.23	45.75	5.92	12.04	12.73	22.14	0.37
Toplam üretilen		114.18	100.00	49.16	100.00	57.51	100.00	0.81
Diğer Arı Ürünlerinin Pazarlama Şekli		Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	
Toptan	Toptancı-Tüccar	6	66.67	7	63.64	7	28.00	
	Sözleşmeli Firma	-	-	-	-	4	16.00	
	Birlik ve Kooperatif	-	-	1	9.09	-	-	
Perakende		3	33.33	3	27.27	14	56.00	
Toplam		9	100.00	11	100.00	25	100.00	

(\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001 düzeyinde anlamlı)

Aydın, İzmir ve Muğla illerinde bulunan işletmelerde işletme başına sırasıyla 108.33 gr, 1337.84 gr ve 1405.49 gr propolis üretilmiştir. Aydın ilinde bulunan işletmelerde üretilen propolisin tamamı evde veya işletmede tüketilmektedir. İzmir ilinde bulunan üreticiler propolis satışında toptancı-tüccarı tercih ederken Muğla ilindeki üreticilerin çoğu sözleşmeli firmaları tercih etmiştir (Çizelge 14).

**Çizelge 14:** Farklı İllerde Bulunan İşletmelerin Propolis Değerlendirme Şekilleri

Propolis Değerlendirilmesi (işletme ortalaması, gr.)	Aydın (30)		İzmir (37)		Muğla (82)		P
	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%	
Evde/İşletmede tüketilen	108.33	100.00	162.16	12.12	172.56	12.28	0.31
Toptan satılan	-	-	945.95	70.71	992.68	70.63	0.18
Perakende satılan	-	-	229.73	17.17	240.24	17.09	0.57
Toplam üretilen	108.33	100.00	1337.84	100.00	1405.49	100.00	0.26
Diğer Arı Ürünlerinin Pazarlama Şekli							
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	
Toptan	Toptancı-Tüccar	-	-	2	66.67	1	9.09
	Sözleşmeli Firma	-	-	-	-	7	63.64
	Birlik ve Kooperatif	-	-	-	-	-	-
Perakende	-	-	1	33.33	3	27.27	
Toplam	-	-	3	100.00	11	100.00	

(\*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001 düzeyinde anlamlı)

### 3.8. Arıcılık Yapan İşletmelerde Arı Ürünleri Fiyatları

İncelenen işletmelerde süzme balın ortalama satış fiyatı 12.72 TL/kg olup, monofloral ballar dikkate alındığında yüksek değerden satılan ballar içerisinde kestane balı 1.sırada yer almıştır. Petek ballarda ise ortalama petek bal satış fiyatı 40.17 TL/kg olup, kara kovan balı daha yüksek fiyattan satılmaktadır. Ortalama polen satış fiyatı 39.37 TL/kg, propolis satış fiyatı 218.08 TL/kg, arı ekmeği satış fiyatı 250 TL/kg, ortalama koloni satış fiyatı 281.45 TL/koloni ve ortalama ana arı satış fiyatı 26 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 15).

Emir (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ortalama bal satış fiyatı 13.60 TL/kg, polen satış fiyatı 42.79 TL/kg, propolis satış fiyatı 186.92 TL/kg, koloni satış fiyatı 225.2 TL/koloni ve ana arı satış fiyatı 26.4 TL/adet olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 15:** İncelenen İşletmelerde Pazarlanan Çeşitli Arı Ürünlerinin Fiyatları (TL /kg) (2018)

Arı Ürünleri Satış Fiyatı	En Düşük Satış Fiyatı	En Yüksek Satış Fiyatı	Ort. Satış Fiyatı
<b>Süzme bal (TL/kg)</b>			12.72
Toptan süzme Bal	8.14	22.50	11.54
Perakende süzme bal	11.11	30.00	17.99
Ayçiçek balı	9.26	12.22	10.63
Kekik balı (tek üretici)	12.96	12.96	12.96
Kestane balı	22.22	29.63	28.40
Geven balı (tek üretici)	18.52	18.52	18.52
<b>Petek bal (TL/kg)</b>			40.17
Toptan petek bal	20.00	60.00	30.48
Perakende petek bal	25.00	100.00	46.44
Düz petek bal	20.00	60.00	32.32
Karakovan balı	22.50	150.00	58.38
<b>Polen (TL/kg)</b>			39.37
Toptan polen	15.00	46.00	27.56
Perakende polen	25.00	100.00	54.13
<b>Propolis (TL/kg)</b>	100.00	276.00	218.08
<b>Arı ekmeği (TL/kg)</b>	250.00	250.00	250.00
<b>Koloni (TL/Adet)</b>	189.00	450.00	281.45
<b>Ana arı (TL/Adet)</b>	25.00	27.00	26.00

İzmir ili Kemalpaşa ilçesinde yapılan bir çalışmada ise ortalama süzme bal satış fiyatı 8.74 TL/kg, petek bal satış fiyatı 16.34 TL/kg, polen satış fiyatı 25.31 TL/kg ve propolis satış fiyatı 79.57 TL/kg olarak hesaplanmıştır (Onuç ve ark., 2019).

#### 4. SONUÇ

Arıcılık dünyanın diğer ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de son yıllarda önemli gelişme kaydeden, doğal denge ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini ve verimliliğini sağlayan bir sektör durumuna gelmiştir. Ancak diğer tarımsal üretim dallarında olduğu gibi arıcılık faaliyetleri de risk ve belirsizlikle karşı karşıyadır. Bu durumda pazarlama yönetimi, risk ve belirsizliklerin etkisiyle üreticinin gelirindeki dalgalanmanın etkisini minimize edecek araçlardan biri

olarak önem kazanmaktadır. Bu nedenle çalışmada Aydın, İzmir ve Muğla illerinde 149 arıcılık işletmesiyle görüşülerek bu işletmelerin üretim ve pazarlama yapısının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre araştırma bölgesinde yaklaşık üreticilerin yarısı sadece bal odaklı çalışmakta olup, en yüksek bal verimine İzmir ilinde ulaşılmıştır. Diğer taraftan bu illerde göçer arıcılık faaliyeti yaygın olduğundan üreticilerin büyük çoğunluğu 2 veya 3 sağımlı yapmaktadır. Bölgelerde en erken bal sağımlı Nisan, en geç bal sağımlı ise Aralık ayında yapılmaktadır. Süzme bal satışı yapan üreticilerin toptancı- tüccarı, petek bal satışı yapan üreticilerin ise doğrudan tüketiciye perakende satışı daha fazla tercih ettikleri belirlenmiştir. Polen satışı yapan üreticiler toptancı-tüccara ve perakende satışı daha fazla tercih ederken, propolis ve arı ekmeği satışı yapan üreticiler ise sözleşmeli firmaları daha fazla tercih ettikleri ortaya çıkmıştır.

Sonuçlara göre arıcılık işletmelerinde karlılığının sağlanması için arı ürünlerinin doğrudan pazarlanması önemli görülmektedir. Doğrudan pazarlama yapılabilmesi için sunulan bal tüketici açısından bir değer taşımalı, aksi takdirde tüketicilerden fazla ilgi görmeyecektir (*organik bal, iyi arıcılık yöntemiyle üretilen bal, coğrafi işarete sahip bal, krem bal, vb. farklılaştırılmış bal ürünleri, biyoçeşitliliğin zengin olduğu bölgelerde üretilen ballar, katma değer yaratan arı ürünleri, baldan üretilen doğal kişisel bakım ürünleri*). Doğrudan pazarlama seçeneklerinin yaygınlaşması için üreticilere eğitim ve danışmanlık hizmetlerinin sağlanması son derece önemlidir. Bu konuda Türkiye



Arıcılar Birliği (TAB), bal kooperatifleri, sivil toplum kuruluşları, firmalar ve üniversitelerin iş birliğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Üreticilerin pazarlama konusunda karşılaştıkları en önemli sorunlardan biri fiyat düşüklüğüdür. Çünkü kaliteli ürün ile kalitesiz ürün arasındaki fiyat farkının azlığı dikkati çekmektedir. Arıcılık faaliyetinin ekonomik sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla farklı kalite ve farklı orijindeki (monofloral) ballara (kekik, ıhlamur, meşe, geven, hayıt, püren, lavanta, akasya, maydanoz, sedir balı vd.) göre ürün fiyatlandırma yapılması uygun olacaktır. Türk Çam Balı ve Çiçek Balı başta olmak üzere, özellikle monofloral ballar için markalaşmaya gidilmesi artık bir zorunluluktur. Fiyat riskine karşı Bal borsası (ürün ihtisas borsası) kurulması ve lisanslı depoculuğun bu sektörde ivedilikle yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bireysel arıcılık işletmeleri şirket adı, markası, logosu, reklam sloganı, reklam hediyeleri vb. gibi klasik reklam değişmezlerini uygulamada zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle öncelikle arıcılık yapılan bölgenin benzersizliğini gösteren çeşitlerden, ırklardan, teknolojilerden, coğrafi işaretlerden, know-how'dan, belirli standartlar altında sertifikasyondan vb. yararlanılması gerekmektedir.

**AÇIKLAMA:** Bu çalışma “Ege Bölgesinde Arıcılık Yapan İşletmelerin Sürdürülebilirlik Yönünden Değerlendirilmesi” başlıklı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Adanacıoğlu, H. & Çelimli, S. (2016). Tarımsal Ürünlerde Doğrudan Pazarlamaya Yönelik Yasal Düzenlemerin Analizi, XII. Tarım Ekonomisi Kongresi, Samsun, ss. 633-642.
- Adanacıoğlu, H. (2014). Tarımsal Ürünlerde Doğrudan Pazarlama Kavramı ve Pazarlama Etkinliği Açısından Dolaylı Pazarlama ile Karşılaştırılmalı Analizi: İzmir İli Urla İlçesi Balıklıova Köyü Örneği, XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Samsun, ss. 1418-1424.
- Adanacıoğlu, H., Kösoğlu, M., Saner, G., Topal, E., & Yücel, B. (2019). Economic feasibility of package beekeeping application in Turkey: A case study of Edirne Province. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(5): 651-658.
- Aktürk, D. & Aydın, B. (2019). Structural characteristics of beekeeping enterprises and beekeeping activities in Çanakkale Province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(10): 1618-1628.
- Andrieu, J., Fernández-Uclés, D., Mozas-Moral, A., & Bernal-Jurado, E. (2021). Popularity in social networks, The case of argentine beekeeping production entities. *Agriculture*, 11(8): 694.
- Anonim (2022). Gıda Toplulukları. <https://gidatopluluklari.org/> (Erişim tarihi: 10 Ağustos 2022)
- Baydemir, M. (2022). Arıcılık faaliyeti için sosyo-ekonomik bir inceleme: Malatya ili örneği. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(1): 11-17.
- Çelik, Y. & Turhan, İ. (2014). Konya ilinde arıcılık işletmelerinin yapısal özellikleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(1): 15-25.
- Çelik, Z. (2016). Gıda Toplulukları ve Aracısız Ürün Ağı Analizi, Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Özel sayı, ss. 26-32.
- Çevrimli, M.B. (2017). Arıcılık İşletmelerinin Teknik ve Ekonomik Analizi; Ege Bölgesi Örneği. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 183s.

- Emir, M. (2015). Türkiye’de Arıcıların Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Üretim Etkinliği. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Samsun, 167s.
- Hailemariam, A. & Tolemariam, T. (2017). Assessment of honey marketing system and its value chain in three selected woredas of Tigray Region, Ethiopia. *Journal of Marketing and Consumer Research*, 35: 37-47.
- Hardesty, S.D. & Leff, P. (2010). Determining marketing costs and returns in alternative marketing channels. *Renew. Agric. Food Syst.*, 25: 24–34.
- Hazneci, K. & Anakök, E. (2021). Samsun ili Alaçam ilçesinde köy ürünleri pazarında doğrudan pazarlama ve pazarlama etkinliği. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 7(3): 485-494.
- Keskin, A.H. (2016). TR52 Bölgesinde Arıcılık Faaliyetlerinin Tarımsal Yayım Açısından Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Adana, 106s.
- Kim, M.K., Curtis, K.R., & Yeager, I. (2014). An assessment of market strategies for small- scale produce growers. *Int. Food Agribus. Manag. Rev.*, 17: 187–204.
- Koçtürk, O.M., Artukoğlu, M.M., & Yercan, M. (2015). Küreselleşme sürecinde Türkiye’de uygulanan kooperatifçilik politikalarının değerlendirilmesi, 21. Milletlerarası Türk Kooperatifçilik Kongresi, Türk Kooperatifçilik Kurumu, Yayın No:104, ss. 397-422.
- Lyubenov, L.D. (2022). Budget for marketing stimulation of regional bee products on the basis of value. *Economic Archive*, 51.
- Milford. A.B., Lien. G., & Reed. M. (2021). Different sales channels for different farmers: Local and mainstream marketing of organic fruits and vegetables in Norway, *Journal of Ruraal Studies*, 88: 279-288.
- Onuç, Z., Yanar, A., Saner, G., & Güler, D. (2019). Arıcılık faaliyetinin ekonomik yönü üzerine bir analiz: İzmir-Kemalpaşa ilçesi örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1): 7- 14.

- Özer, E. (2017). Kütahya İlinde Arıcılığın Yapısal Analizi, Arıcı Sağlığı, Güvenliği, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Yüksek lisans Tezi. Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uşak, 85s.
- Özyasin, D. & Karaman, S. (2018). Arıcılık işletmelerinde bal üretim maliyetlerinin belirlenmesi, II. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, ss. 592-598.
- Saner, G., Yercan, M., Engindeniz, S., Karaturhan, B., & Çukur, F. (2007). Alternative marketing strategies for honey and other bee products in Turkey, *Journal of Agricultural and Food Information*, 8(4): 65-74.
- Saner, G., Yücel, B., Yercan, M., Karaturhan, B., Engindeniz, S., Çukur, F., & Köseoğlu, M. (2011). Organik ve Konvansiyonel Bal Üretiminin Teknik ve Ekonomik Yönden Geliştirilmesi ve Alternatif Pazar Olanaklarının Saptanması Üzerine Bir Araştırma: İzmir İli Kemalpaşa İlçesi Örneği, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Yayın No:195, Ankara, 173s.
- Söğüt, B., Şeviş, H.E., Karakaya, E., & İnci, H. (2019). Arıcılık işletmelerinde mevcut durum, temel sorunlar ve çözüm önerileri üzerine bir araştırma (Bingöl İli Örneği). *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 19(1): 50-60.
- Subaşı, O.S., Uysal, O., Seçer, A., Öztürk, C., Alemdar, T., & Ören, M.N. (2019). Economic analysis of beekeeping operations and factors affecting production in Mediterranean Region of Turkey, *TEAD*, 5(2): 91-100.
- Taylan, G., Saner, G., Uğurluer, S., & Onuç, Z. (2017). Innovative Approach in Bee Product Marketing, In: 45<sup>th</sup> Apimondia International Apicultural Congress, September 29- October4, Istanbul, Turkey.
- TRGM (2021). Beekeeping and Honey Production Sector Analysis, Technical Assistance for Sectoral Analyses for Preparation of IPARD III, Programme Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak Reformu Genel Müdürlüğü Tarafından Yürütülen Avrupa Birliğinin (TA/2020/SER/0002) Projesi.
- Veidal, A. & Flaten, O. (2011). Why do Farm Entrepreneurs Sell at Farmers' Markets? Insights from Norway, 199. *The Handbook of Research on Entrepreneurship in Agriculture and Rural Development*.

- Verhaegen, I. & Van Huylenbroeck, G. (2001). Costs and benefits for farmers participating in innovative marketing channels for quality food products. *J. Rural Stud.*, 17(4): 443–456.
- Woods, M. (2020). Rural-Urban Linkages, In: Duncan, J., Carolan, M., Wiskerke, J.S.C. (Eds.), *Routledge Handbook Of Sustainable and Regenerative Food Systems*, Routledge, London, p. 363–376.
- Yücel, B. & Doğaroğlu, M. (2015). Arı Ürünlerinde Kalite Güvencesi; “İyi Üretim Uygulamaları (GMP)”. *Uluslararası Katılımlı Marmaris Apiterapi ve Arı Ürünleri Sempozyumu, Marmaris-Muğla, 20-22 Kasım, 25s.*

## BÖLÜM 16

### SİVRİSİNEKLERİN KONTROLÜNDE ALTERNATİF STRATEJİLER

Cemile YAŞ<sup>1</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Halil DİLMEN<sup>2\*</sup>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biki Koruma Bölümü, Siirt-Türkiye.  
cemile.yass@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3249-3500

<sup>2</sup> \* Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Siirt-Türkiye.  
halildilmen@siirt.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3802-9947



## GİRİŞ

Diptera takımına bağlı Culicidae familyasından olan sivrisinekler, kan emici zararlı böcekler olarak bilinirler. Sivrisinekler, suda yaşayan makroomurgasızların önemli bir grubu olarak bilinir ve hem karada hem de suda besin zincirinin önemli halkasıdır (Szanyi ve ark., 2020). Su makroomurgasızları balıklar için önemli bir besin kaynağıdır ve su kalitesinin değerli göstergeleri olarak bilinmektedir (Machado ve ark., 2015). Dünya üzerinde geniş adaptasyon yeteneğine sahip ve yaygın olarak bulunan sivrisineklerin larvaları, berrak sulardan çok kirli sulara kadar hemen hemen her su habitatında bulunmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı sucul habitatların en önemli indikatörleri olarak gösterilmektedir. Genellikle ekolojik su kalitesi ya da sucul habitatların kirlilik ve çeşitlilik seviyeleri bu gruplarla yapılmaktadır (Dilmen & Özgökçe, 2018).

Sivrisinekler, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaşayan insanlar arasında önemli ölümlere neden olur (Krishnappa & Elumalai, 2014). Sivrisinekler çok eski zamanlardan beri insanları etkileyen ve rahatsızlıkların kaynağı olarak bilinmektedir. İnsan rahatsızlığı ve acı veren ısırıkların ötesinde, sivrisinekler birçok insan ve hayvan hastalığının önemli vektörleridir. Bunlar içerisinde en yaygın olarak bilinen sıtma hastalığıdır. Bunların dışında Dang humması, Sarıhumma, Chikungunya, Batı Nil humması, Ensefalit, Sıtma ve Filaryaz gibi birçok önemli hastalığın vektörlüğünü yapmaktadır (Şakacı & Çamlıtepe, 2022).



Sivrisinekler günümüzde birçok kişiye çeşitli hastalık etmenleri bulaştırarak halk sağlığına önemli bir zararlar vermeye devam etmektedir. Bu vektör sinekler insanlara hastalık etmenlerini bulaştırmalarından dolayı büyük önem taşırlar. Bulaştırıldıkları hastalıklara karşı mevcut bir aşı olmadığından ve bulaş kaynaklı hastalıkların görülme sıklığını azaltmak için sivrisinek vektörlerinin mücadelesi hala ana araç görülmektedir (Darbro ve ark., 2011). Dünyanın farklı bölgelerine yayılan sivrisinekler, her yıl milyonlarca insanın ciddi hastalıklara yakalanmasına ve birçok insanın hayatını kaybetmesine neden olmaktadır. Dünya genelinde vektör sivrisinek türlerinin taşıdıkları patojenler ve sebep oldukları ciddi hastalıklar Çizelge 1’de sunulmuştur.

Şimdiye kadar dünya genelinde Culicidae familyasına ait toplam 3614 adet sivrisinek türü tanımlanmıştır (Harbach, 2022). Ülkemizde ise ilk olarak Merdivenci, (1984) 55 sivrisinek türünün varlığı bildirilmiştir. Daha sonraki yıllarda Türkiye’de 56 sivrisinek türünün varlığı bildirilmiştir (Öter & Tüzer, 2014). Genel olarak Türkiye’de farklı bölgelerde sivrisineklerin varlığı, önemli bazı türlerin etkinliği, mevsimsel bolluğu, biyoekolojileri ve popülasyon gelişmelerine ilişkin yapılan birçok çalışma mevcuttur (Eren ve ark., 1996; Demirci, 2006; Bişkin ve ark., 2010; Öter & Tüzer, 2014; Sarıkaya, 2017; Sona & Değer, 2016; Şakacı, 2019; Ede & Öztemiz, 2021).

**Çizelge 1:** Sivrisinek Türlerinin Taşıdıkları Patojenler ve Bu Patojenlerin Sebep Olduğu Hastalıklar

Cins	Vektör	Patojen	Hastalık	Kaynaklar
	Tür			
Aedes	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Flavivirus</i> (DEN 1-4)	Dang Humması	Aktaş (2014)
	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i> ve <i>Haemagogus</i> spp. <i>Sabethes</i> spp.	<i>Flavivirus</i> (Yellow fever virüsü)	Sarıhumma	Faria (2018)
	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Chikungunya</i> virüsü (CHIKV)	Chikungunya	Polat ve ark. (2017)
	<i>Aedes aegypti</i> <i>Aedes albopictus</i>	<i>Flavivirus</i> (Zika Virüsü)	Zika	Caminade ve ark. (2017)
Anopheles	<i>Anopheles</i> spp. ( <i>An. funestus</i> , <i>An. maculipenni</i> <i>An. albimanus</i> , <i>An.</i> <i>sachavori</i> ) ve <i>Culex</i> spp.	<i>Plasmodium</i> spp. ( <i>P. falciparum</i> , <i>P.</i> <i>vivax</i> <i>P. malariae</i> , <i>P.</i> <i>ovale</i> )	Sıtma	Aktaş (2014)
Culex	<i>Culex</i> spp. ( <i>Culex pipiens</i> <i>fatigan</i> ) ve <i>Aedes</i> spp. <i>Anopheles</i> spp.	<i>Wuchereria</i> <i>bancrofti</i> , <i>Brugia</i> <i>malayi</i> ve <i>Brugia</i> <i>timori</i> parazitleri	Fil Hastalığı (Filaryaz)	Wada (2011); Famakinde (2018)
	<i>Culex</i> spp. ( <i>C. tarsalis</i> , <i>C.</i> <i>quinquefasciatus</i> , <i>C.</i> <i>pipiens</i> , <i>C.</i> <i>nigripalpus</i> )	<i>Flavivirus</i> (Batı Nil Virüsü)	Batı Nil Humması	Colpitts ve ark.(2012)

Sivrisinekler özel adaptasyon yetenekleri sayesinde geniş alanlara yayılmakla beraber birçok ortamda gelişim gösterirler. Nitekim Becker ve ark., (2010) sivrisineklerin gelişemediği su alanlarının neredeyse olmadığını bildirmiştir. Bu nedenle sivrisinek türlerini dünyanın

birçok yerinde yüksek popülasyonlarda rastlamak büyük olasıdır. Kan emici böcekler içerisinde yer alan sivrisineklerin, uygun olmayan çevre şartlarında dahi uzun süre yaşamlarını sürdürmeleri, larvalarının hemen hemen tüm sucul alanlarda hızlı çoğalma göstermeleri nedeniyle yönden dikkat çekmektedir (Harbach, 2015).

Sivrisinekler dünyanın birçok yerinde hemen hemen her su kaynağında oldukça yüksek popülasyonlarda bulunabilmektedir. Dünya çapında şimdiye kadar Antarktika'nın belli bir bölgesinde rastlanmayan sivrisinekler, Türkiye'de ise hem iklimsel hem de ekolojik özellikleri sebebiyle sivrisinek türlerinin üremesi açısından bilhassa kıyı bölgeler bu anlamda uygun ortamlara sahiptir (Yiğit ve ark., 2019). Hemen hemen dünyanın her yerine yayılış gösteren sivrisinekler, vektörlüğünü yaptığı hastalıklarında geniş bölgelere yayılmasına ve bu hastalıklara bağlı ciddi sayıda vakaların görülmesine yol açmaktadır. Sivrisineklerin vektörlüğünü yaptığı en tehlikeli hastalıklardan biri olan sıtma, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün Dünya sıtma raporuna göre, 2020'de dünya çapında tahmini 241 milyon sıtma vakası ve 627 bin sıtmaya bağlı ölüm gerçekleştiğini bildirmiştir (Anonim, 2022a). Türkiye'de ise şimdiye kadar her ne kadar sıtma hastalığına bağlı ölüm olmasa da 2000-2009 yılları arasında gerçekleşen toplam sıtma vaka sayısı 28 145'tir. 2010 yılında sonra ise herhangi bir sıtma vakasına rastlanılmamıştır (Anonim, 2022a). Dünya sağlık örgütü 2022 verilerine göre Türkiye'ye komşu olan İran'da 2020 yılında 388 232 kişide sıtma vakası tespit edilmiştir. Türkiye'ye komşu olan Yunanistan'da 123 yeni Batı Nil Virüsü vakası tespit edildiği ve 11 virüs kaynaklı ölüm kaydedildiği

bildirilmiştir (Anonim, 2022b). Literatür incelendiğinde Türkiye’de sivrisinek türlerine ilişkin yapılan araştırmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmalar sonucunda bazı yeni türlerin Türkiye’nin farklı bölgelerinde varlığı ilk kez tanımlanmıştır. Bu çalışmalar irdelendiğine; Şimşek ve ark., (2010) tarafından Akdeniz bölgesinde yaptıkları çalışmada, *Culiseta subochrea* sivrisinek türünün Türkiye’de varlığını ilk kez rapor etmişlerdir. Ülkemizin Trakya çevresinde yapılan çalışmada ise *Aedes albopictus*’un (syn. *Stegomyia albopicta*) ülkemiz için ilk kayıt niteliğinde olduğunu belirtmişlerdir. Bu kapsamda Türkiye’nin farklı bölgelerinde her geçen gün yeni sivrisinek türlerin bildirildiği çalışmalar rapor edilmektedir. Halk sağlığı tehdit eden sivrisinek türlerin varlığının tespiti ve bu türlerin popülasyon yoğunluğunun belirlenmesi için faunistik çalışmaların ayrıca önemli bir yer tuttuğu söylenebilir. İnsanlara verdikleri rahatsızlık ve acı dışında, sivrisinekler birçok insan ve hayvan hastalığının önemli vektörleridir. Bu durum gelecekte çeşitli sorunlara yol açabilmesi büyük olasıdır. Bu açıdan bakıldığında faunistik çalışmaların halk sağlığı açısından önemli bir yer tuttuğunu söylenebilir.

Tüm bu sonuçlara dayanarak sivrisinek türlerin biyolojisi, ekolojisi ve mücadele konuları önem taşımaktadır. Sivrisinek faunasının araştırılması, sivrisinek kontrolünün olası etkilerinin planlanması, yönetiminde ve tahmin edilmesinde büyük önem taşır. Bu kapsamda yapılacak entegre zararlı programları ile vektör sivrisineklerin kontrol altına alınması son derece önemlidir. Ancak yapılan rastgele ve gereksiz kimyasal ilaçlamaların bazı problemlere neden olduğu

aşikârdır. Sivrisineklerin insektisit türlerine karşı direnç geliştirdiğini rapor eden bazı çalışmalarda mevcuttur (Hamdan ve ark., 2005; Cui ve ark., 2006; Fotakis ve ark., 2017; Tmimi ve ark., 2018; Khan & Akram, 2019). Sivrisineklerin kontrolü için kimyasalların sürekli kullanımı, hedef olmayan popülasyonları etkileyebilir, çevre kirliliğini artırabilir, sivrisineklerde direnç geliştirebilir ve insanlar ile biyoçeşitlilik üzerinde kötü etkiler yaratabilir. Bunlara ilaveten kimyasal ilaçların oldukça pahalı olmasından kaynaklı maliyetlerin artması gibi istenmeyen bazı etkiler oluşturabilir. Bu nedenle sivrisinekleri kontrol etmek için bazı yararlı, çevre dostu ve uygun maliyetli stratejiler geliştirmeye ciddi bir ihtiyaç vardır (Liu ve ark., 2013). Bu sorunların üstesinden gelmek için son zamanlarda vektör sivrisineklerin kontrolü için çevre dostu ve ekonomik olarak uygulanabilir alternatif yöntemlere vurgu yapılmıştır.

## **1. SİVRİSİNEKLERİN MORFOLOJİK ve BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

Sivrisinekler genellikle 3-6 mm uzunluğundaki küçük canlılardır (Şekil 1). Ancak tropikal bölgelerde yaşayan *Toxorhynchites* cinsine ait vücut uzunluğu 19 mm, kanat açıklığı ise 12- 24 mm arasında olan türlerde mevcuttur (Service, 2012). Sivrisineklerin vücutları dâhil oldukları Diptera takımı üyelerinde olduğu gibi baş, thorax ve abdomen olmak üzere üç kısımdan oluşur. Ancak sivrisinekler, sahip oldukları farklı bazı morfolojik özellikler ile diğer sineklerden kolayca ayırt edilir. Bu ayırt edici morfolojik özellikleri ise; kanat damarlanmaları, kanat uçlarında bulunan pullar ve kıllar, silindirik ve ince vücut yapıları ve en

önemlisi de öne doğru uzanan uzun proboskis denilen hortumlarıdır (Yule & Yong, 2004).

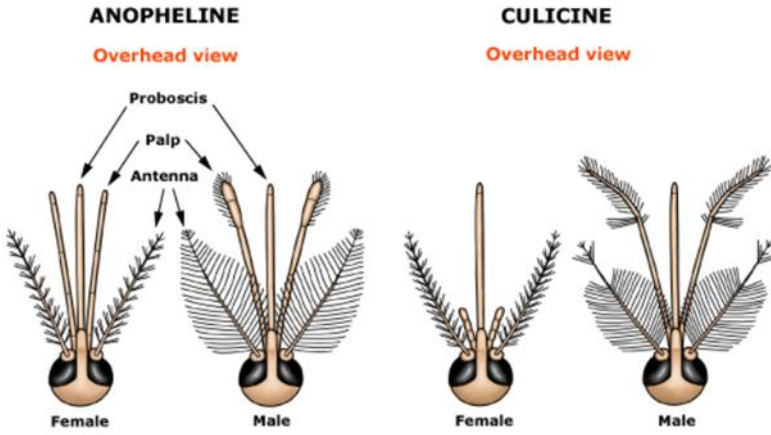


**Şekil 1:** Ergin Sivrinek (Anonim, 2022c)

Sivrisineklerde baş genel olarak bir çift göz, bir çift anten ve ağız parçalarını taşır. Gözler başı neredeyse tamamen kaplayan 350-900 arası ommatidiumdan oluşan, böbrek şeklindeki iki büyük bileşik gözden oluşur (Seymen, 2018). Bu iki bileşik göz arasından uzun, 13-14 segmentli ve üzeri kıllarla kaplı bir çift anten çıkar (Harbach, 2009a). Sivrisineklerin ağız yapısı ise bir çift mandibula, bir çift maksilla, hipofarenks ve labrumdan oluşan altı iğneli sokucu-emici tiptedir. Sivrisineklerde labrum bir takım değişikliğe uğrayarak sokma-emme işlemini gerçekleştiren proboscise (hortum) dönüşmüştür (Jangir, 2020). Ayrıca bu kısımda proboscisin her iki tarafından çıkan ve dokunaç görevinde olan iki tane de palpus bulunur.

Dişi ve erkek sivrisinekleri, anten ve palpusların morfolojik yapılarından yararlanarak birbirinden ayırmak genellikle mümkündür. Dişi sivrisineklerde antenler kısa ve seyrek tüylükten, erkek

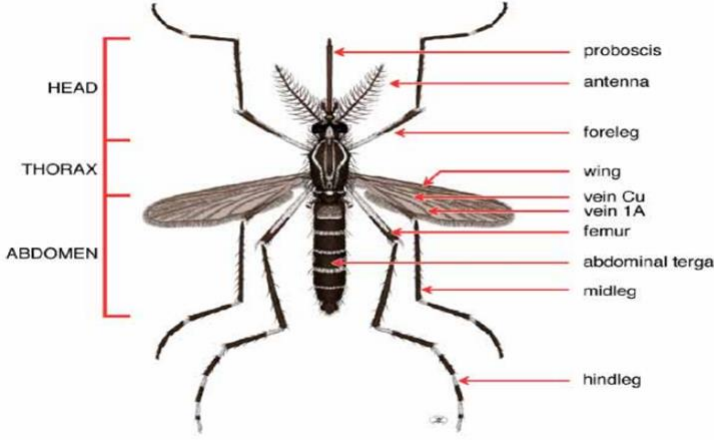
sivrisineklerde antenler uzun ve gür tüylüdür. Aynı şekilde Anophelinae dişileri (*Bironella* sp. hariç) hariç diğer tüm dişilerde palpuslar proboscisten daha kısa, erkeklerde ise ya proboscis kadar ya da proboscisten daha uzun yapıdadır (Ser, 2018). Ayrıca sivrisineklerin anten ve palpuslarındaki bu morfolojik farklılıklar sadece cinsiyetler arasında değil, cinsler ve türler arasında da görülür (Şekil 2).



Şekil 2: Sivrisineklerde Cins ve Cinsiyete Göre Anten ve Palpusların Morfolojik Farklılıkları (Anonim, 2022d)

Sivrisineklerde thorax, diğer böceklerde de olduğu gibi prothorax, mezothorax ve metathorax olmak üzere üç segmentten oluşur. Thoraxın her segmentinde bir çift olmak üzere; ince, uzun ve neredeyse tamamen kıllarla kaplı üç çift bacak bulunur. Ayrıca thoraxın son iki segmenti birer çift kanat taşır. Kanatlardan uçuşu sağlayan birinci çift kanat ince, uzun, enine damarlı ve üzeri pullarla kaplı iken; ikinci çift kanat dumura uğrayarak uçuş esnasında dengeyi sağlayan halter organına dönüşmüştür (Merdivenci, 1984; Harbach, 2009b).

Vücudun son bölümünü oluşturan abdomen 10 segmentten oluşurken, üremede ve çiftleşmede görev alan iki tane cerci ile sonlanır. Bu kısımda ise genel olarak sindirim, boşaltım sistemleri ve üreme organları bulunur (Burkett-Cadena, 2019) (Şekil 3).



Şekil 3: Sivrisineklerin Morfolojisi (Rueda, 2004)

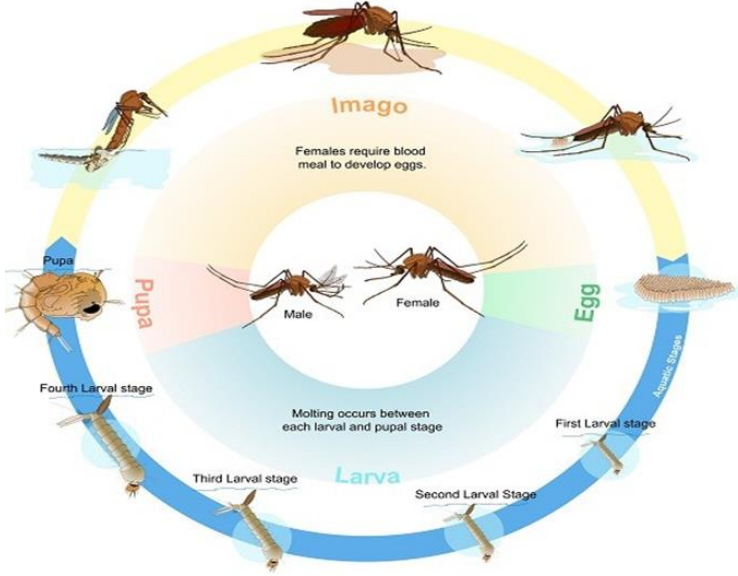
Sivrisineklerin yaşam döngüleri yumurta, larva, pupa ve ergin olmak üzere 4 evrede gerçekleşir. İlk üç evre (yumurta, larva ve pupa) sucul habitatlarda geçerken, son evre olan ergin evresi karasal habitatlarda geçer. Dişi sivrisinekler yumurtalarını genel olarak her türlü su birikintisi, taş ve ağaç oyuklarına, pirinç tarlalarına, göl, bataklık, fosseptik çukurlarına, sulama kanalı, yavaş akan akarsuların kıyı kesiminde oluşan durgun kısımlara bırakırlar (Demirci, 2006). Bu alanlara yumurtalar cins ve türle göre farklılık göstermekle birlikte her seferinde 30 ile 300 arasında değişen sayıda ya tek tek ya da paketler halinde bırakılır (Abd, 2020). *Anopheles* cinsi sivrisinekler yumurtalarını su yüzeyine tek tek bırakırken, *Culex* cinsi sivrisinekler ise yumurtalarını birkaç sıra halinde oluşturdukları sal benzeri yapı



şeklinde bırakır. Geriye kalan bazı türler ise yumurtalarını su yüzeyine bırakmaz, su kenarlarında buluna toprak, ağaç, bitki, taş gibi cisimlerin nemli yüzeyine bırakır (Service, 2012). Bırakılan yumurtalar genellikle 1mm ya da daha küçük boyutta ve kahverengi veya siyahımsıdır. Yumurtalar çevre koşullarına ve türe bağlı olarak genellikle 2 ila 4 gün arasında açılır. Açılan yumurtalardan belirgin baş, thorax ve abdomene sahip, vücutları kıllarla kaplı kahverengimsi renklerde larvalar çıkar. Larvalar su içerisinde solunumu sağlamak için genellikle vücutlarının sonunda bulunan ve sifon adı verilen yapıyı kullanılır. Sifonun hava ile temas etmesi için larvalar su içerisinde baş aşağı asılı konumda bulunur. Solunumu stigmalar aracılığı ile yapan *Anopheles* larvaları ise su yüzeyine paralel konumda dururlar (Alten & Çağlar, 1998). Larvalar genellikle 7-14 gün arasında üç defa gömlek değiştirir ve dört evre geçirerek gelişimini tamamlar. Dördüncü evre sonunda yaklaşık 5-15 cm ulaşan larvaların hareketliliği azalarak vücut virgül şeklini almaya başlar ve ince, saydan ve kahverengi bir zarla sarılarak pupa halini alır (Merdivenci, 1984). Genellikle 2 gün süren pupa evresinden sonra pupalardan ergin dişi ve erkek bireyler çıkar (Seymen, 2018).

Şekil 4'te gösterildiği gibi pupadan çıkan erginler beslenip cinsel olgunluğa ulaşması ve çiftleşmesi yaklaşık 3-5 gün içerisinde gerçekleşir (Foster & Walker, 2019). Pupadan çıkan ergin dişi ve erkek sivrisinekler ilk olarak bitki ve meyve özleri ile beslenir (Melgarejo-Colmenares ve ark., 2022). Ancak daha sonra erkek sivrisinekler sadece bitki özsuyla beslenmeye devam ederken, dişi sivrisinekler yumurta oluşturmak ve geliştirmek için birçok farklı konaktan kan emmek

zorundadır. Erkeklerin kan emme davranışı göstermeye uygun ağız yapıları olmadığından dolayı bu davranışı göstermezler.



Şekil 4: Sivrisineklerin Yaşam Döngüsü (Anonim, 2022e)

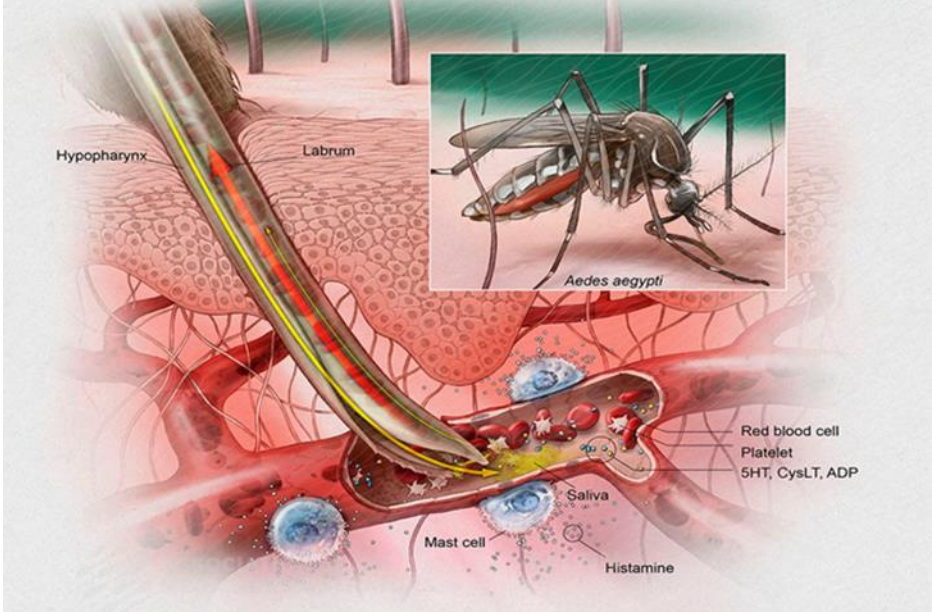
Genel olarak kuşlar, memeliler ve sürüngenler dışı sivrisineklerin konakları arasında yer alır. Sivrisineklerde sadece bir konağa özelleşmiş tür yoktur, genellikle birden fazla konağı bulunur. Sivrisinekleri konak seçimine göre sadece hayvan kanı emen (zoophile), insandan kan emen (anthrophile), hem insan hem de hayvanlardan kan emen (zoo-anthrophile), kuşlardan kan emen (ornitofil), kurbağa ya da sürüngenlerden kan emen (batrokofil) olmak üzere beş farklı gruba ayırabiliriz (Merdivenci, 1984). Sivrisinekler bu gruplar arasında daha çok sıcak kanlı olan kuşlar ve memeli

hayvanlardan kan emer. Bu nedenle sıcak kanlı memeliler grubuna dahil olan insanlarda sivrisineklerin sıkça tercih ettiği bir konaktır.

Konaklardan kan emme işlemi ise sivrisineklerin sahip olduğu altı iğneli ağız yardımı ile gerçekleşir. Öncelikle sivrisinekler antenler ve hortumları yardımıyla uygun konağı tespit ederler. Konak tespit edildikten sonra konağın üstüne konan sivrisinek konak üzerinde kan emmek için uygun noktayı labrummun (hortum/proboscis) ucunu kullanarak tespit eder. Uygun nokta tespit edildikten sonra sahip oldukları keskin mandibula ve tırtıklı maxilla ile ağrısız bir şekilde dokuyu delme işlemi gerçekleştirilir. Ayrıca maxillanın tırtıklı yapısı ağız parçalarının doku içerisinde sabit tutarken, hipofarenkste bu esnada doku altına kanın pıhtılaşmasını engelleyen maddeler içeren tükürük sıvısı salgılar. Uygun derinliğe ulaşıldıktan sonra kan emilecek damar yine labrum (hortum/proboscis) ile tespit edilir ve delinerek kan emmeye başlanır. Sivrisinek yeterince kan emdikten sonra tekrar hipofarenks ile doku içine tükürük sıvısı salgılanır ve labrum (hortum/proboscis) doku içerisinde çekilerek kan emme işlemi sonlandırılır (Gurera ve ark., 2018) (Şekil 5).

Sivrisinekler kan emme sırasında virüs, bakteri ve parazit gibi birçok farklı hastalık etmeninin mekanik veya biyolojik vektörlüğünü yapar. Sivrisineklerin kan emme yoluyla 70 milyondan fazla hastalık etmenini insanlara ve diğer konaklara bulaştırdığı düşünülmektedir (Kuçlu & Dik, 2018). Bununla birlikte sivrisineklerin kozmopolit bir yayılım

göstermesi de göz önünde alındığında, sivrisineklerin insan sağlığı için ciddi bir tehdit olduğunu gösterir.



Şekil 5: Sivrisineklerde Kan Emme İşlemi (Anonim, 2022f)

## 2. Sivrisinek (Culicidae) Türleri ile Mücadele

Culicidae, sivrisinek familyası, birçoğu yüzyıllardır insanları ve evcil hayvanları etkileyen ve on milyonlarca insan için yıkıcı sonuçlar doğuran hastalık patojenlerinin vektörleridir. Bunlar, Sıtma, Filaryaz, Ensefalit, Sarı Humma, Batı Nil virüsü ve Dang humması'nı gibi birçok sivrisinek kaynaklı hastalık etmenlerini bulaştırır. Ayrıca sivrisinekler, tek başına ısırılmaları nedeniyle rahatsız edicidir ve alerjik reaksiyonlar şeklinde kendini gösterebilir (Foster & Walker, 2019). Sivrisinek türlerinin popülasyon yoğunluğunu kabul edilebilir bir yoğunlukta tutmak ve sivrisinek ısırıklarını önlemek en önemli konuların başında

gelmektedir. Sivrisinekler dünya çapında farklı yollarla kontrol edilir. Küresel olarak, çoğunlukla sentetik kimyasalları içeren farklı kontrol önlemleri uygulanmaktadır (Gullan & Cranston, 2005). Sivrisinekleri mücadelesinde çok yoğun ve sadece kullanılan kimyasal ilaçlar kısa vadede çözüm olarak görülse bile uzun vadede çeşitli problemlere neden olabilir. Oysa her sene aynı şekilde yapılan bu kimyasal uygulamaların yerine insan ve çevre sağlığına zarar vermeyen ve doğal dengeyi koruyan alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması son derece önemlidir. Bu nedenle alternatif, kimyasal olmayan stratejilere olan ilginin son on yılda artması şaşırtıcı değildir.

Sivrisineklerin mücadelesinde öncelikle basit bir dizi önlemlere ağırlık vermek gerekir. Bu önlemler özellikle sivrisineklerin yaşam alanlarını oluşturan habitatlar üzerinde yapılacak olan bazı değişiklikleri içerir. Bu kapsamda ergin sivrisineklerin dinlendiği barınaklar uygunsuz hale getirilebilir. Aynı şekilde larvaların yumurtadan çıkmasını ve larvaların gelişimini engellemek için sucul habitatlar çeşitli şekillerde değiştirilerek yapılabilir. İlaveten arazilerin drenajı yapılmalıdır. Kentsel atıkların meydana getirdiği yoğun kirliliği önlemek ve göl, nehir vb. alanlara kentsel atıklar arıtma yapılmadan deşarj edilmemelidir. Kentlerde bulunan kanalizasyon sistemlerinin açık olmamasına dikkate alınmalıdır. Sulama kanallarının kapalı ve su depolama varillerinin kapaklarının kapalı olması özen gösterilmelidir.

## 2.1. Biyolojik Mücadele

Biyolojik mücadele, zararlı böceklerin popülasyonlarının kontrolü için canlı organizmaların veya ürünlerinin uygulandığı çevre dostu bir kontrol yöntemidir. Birçok organizma, sivrisinek larvalarına karşı potansiyel biyolojik kontrol ajanları olarak değerlendirilmektedir. Dünyanın birçok bölgesinde biyolojik mücadelede bakteriler, nematodlar, sucul bitkiler, protozoanlar, etçil balıklar, Cyclopid Copepodlar ve yırtıcı böcekleri kullanılmıştır (Mandal ve ark., 2008; Samanmalı ve ark., 2018; Ranathunge ve ark., 2021).

II. Dünya Savaşı'ndan sonra kimyasal böcek öldürücülerin kullanılmaya başlanmasıyla keskin bir şekilde biyolojik mücadele uygulamaları azalmıştır. Bu kimyasalların hızlı öldürme gücü sivrisinekler, sinekler ve bitler gibi böcekler için o kadar çarpıcıydı ki, diğer kontrol yöntemleri hızla küçük bir role indirildi. Bununla birlikte, 1940'larda ve 1950'lerde geliştirilen kimyasalların vektör ve haşere popülasyonlarında yaygın genetik direncin gelişmesi nedeniyle özellikle biyolojik olmak üzere alternatif kontrol yöntemlerine olan ilgi yeniden ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Bu gelişmelere bağlı sivrisineklerin biyolojik olarak kontrolü birçok araştırmacı tarafından irdelenmiş ve gözden geçirilmiştir. Yusufçuklar, kuşlar ve yarasalar gibi havadan gelen birçok doğal düşman türlerine çok dikkat çekmişlerdir. (Foster & Walker, 2019). Daha sonraki yıllarda dünya çapında sivrisinek balığı (*Gambusia affinis* Baird & Girard), biyolojik mücadele çalışmalarında ön plana çıkmıştır.

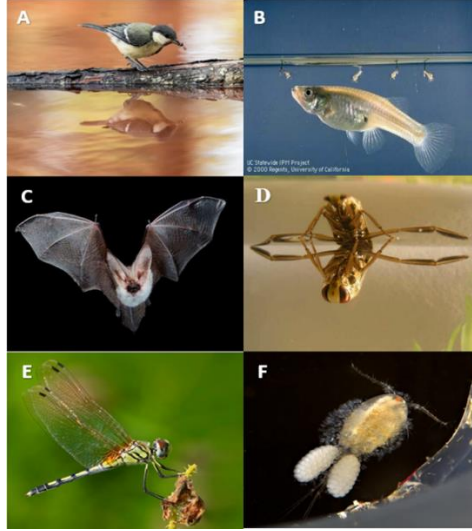
Özellikle su bitkileri ile beslenen *Tilapia* ve *Cyprinus* cinsine ait türler ve ot sazı (*Ctenopharyngodon idella*) sivrisinek larvaları için barınak sağlayan su bitkilerini ortadan kaldırdığını belirtmişlerdir. Özellikle su bitkilerinin ot sazı gibi diğer balıklar, örneğin *Tilapia* ve *Cyprinus*, sivrisinek larvaları için barınak sağlayan su bitkilerini ortadan kaldırdığını belirtmişlerdir.

Öte yandan bazı suda yaşayan böcekler sivrisinek türlerin popülasyonlarının kontrolünde önemli roller oynamaktadır. Genel olarak, hemen hemen tüm sucul böcek avcıları (özellikle Notonectidler, Distisidler ve Odonatlar) sivrisinek larvaları ve pupaları üzerinde avlanır (Kumar & Hwang, 2006). Odonata takımının Corixidae (su böcekleri) familyasına ait, bazı yusuçuk türlerinin sivrisinek popülasyon kontrolünde önemli rol oynadığı kaydedilmiştir (Chatterjee ve ark., 2007; Kumar ve ark., 2008; Saha ve ark., 2012; Khan ve ark., 2022). Aynı şekilde Allo & Mekhlif, (2019), suda yaşayan Notonectidae familyasına bağlı birçok Hemipter tür, sivrisinek larvalarının biyolojik kontrolünde potansiyel rolü önemli türler olarak bildirilmiştir. Benzer şekilde, *Mesocyclops* cinsi Copepodların, sarıhumma sivrisineğinin (*Aedes aegypti*) kontrolü açısından umut verici sonuçlar gösterilmiştir (Nam ve ark., 2012).

Tatlı su ekosistemlerinde önemli etki gösteren amfibi kurbağa yavruları, sivrisinek larvalarının potansiyel avcıları olarak göstermiştir (Kumar & Hwang, 2006). Bunlara ilaveten su bitkilerinden *Utricularia macrorhiza*'nın *Culex pipiens* üzerinde yüksek predasyon oranlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Hatta bazı yırtıcı kabukluların

(Cyclopoid Copepodların) sivrisinek larvalarını üzerinde beslenme kabiliyetine sahip olduğunu kanıtlamışlardır (Marten ve ark., 1994; Ranathunge ve ark., 2021) (Şekil 6).

Öte yandan vektör sivrisineklerin yeni salgınların ortaya çıkmasını engelleyebilecek ve sivrisineklerin kontrol stratejilerinin geliştirilmesi yönelik yürütülen bazı çalışmalarda patojenik organizmalar da kullanılmıştır. Bu anlamda piyasada bulunan ve kullanılan en başarılı biyolojik kontrol ajanlarının içerisinde entomopatojenik mikroorganizmalar (bakteri ve mantarlar) son birkaç yıldır dikkat çekmiştir. Çeşitli araştırmalar sonucunda *Bacillus* cinsine ait bakteri türleri vektör sineklerin biyolojik kontrolünde başarılı olduğunu bildirilmiştir (Monnerat ve ark., 2004; Park ve ark., 2005; Lacey, 2007).



**Şekil 6:** Önemli Bazı Sivrisinek Predatörleri; A: Kuşlar (Anonim, 2022g), B: Balıklar (*Gambusia affinis*) (Anonim, 2022h), C: Yarasalar (Anonim, 2022i), D: Notonectidae (Sırt üstü yüzenler) (Anonim, 2022j), E: Yusuşuklar (Anonim, 2022k), F: Kapepod (Anonim, 2022l)



Öldürücü toksinler üreten bakteriyel larvisitlerden *Bacillus thuringiensis israelensis*, büyük ölçüde kırsal alanlarda, özellikle kirlenmemiş sularda (örneğin, oluklar, hendekler) sivrisineklere karşı kullanılmaktadır (Virgillito ve ark., 2022).

Çeşitli araştırmalar sonucunda *Bacillus* cinsine ait bakteri türleri vektör sineklerin biyolojik kontrolünde başarılı olduğunu bildirilmiştir (Monnerat ve ark., 2004; Park ve ark., 2005; Lacey, 2007). Öldürücü toksinler üreten bakteriyel larvisitlerden *Bacillus thuringiensis israelensis*, büyük ölçüde kırsal alanlarda, özellikle kirlenmemiş sularda (örneğin, oluklar, hendekler) sivrisineklere karşı kullanılmaktadır (Virgillito ve ark., 2022). Ayrıca sivrisineklerin mücadelesinde entomopatojenik mantarlar üzerine mevcut literatür incelendiğinde az da olsa bazı çalışmalara rastlanılmıştır. Özellikle *Metarhizium anisopliae* ve *Beauveria bassiana* sivrisineklerin hem larva hem de ergin dönemlerinin kontrolü için önerilmiş ve en sık izole edilen entomojen mantar tür olan *Beauveria*'nın sivrisinek türleri üzerinde öldürücü etkiye sahip olduğunu belirtilmiştir (Scholte ve ark., 2004). Aynı şekilde bazı çalışmalarda *Beauveria bassiana*'nın sivrisinek larvalarını öldürmede etkili olduğu bildirilmiştir (Deng ve ark., 2017; Vivekanandhan ve ark., 2020; Kirsch & Tay, 2022). Bunlara ilaveten Hertig & Wolbach, (1924) tarafından keşfedilen *Wolbachia* gram-negatif bakterilerin (Order Rickettsiales) farklı suşların dünyadaki böcek türlerinin %60'ından fazlası ile simbiyotik ilişkiler kurdukları ve sivrisineklerin yaşam süresini kısaltma ve patojenlerin

neden olduğu enfeksiyonu engelleme konusunda büyük bir potansiyele sahip oldukları bildirilmiştir (Rodrigues-Alves ve ark., 2020).

## 2.2. Mekansal Uzaklaştırıcılar

Mekansal uzaklaştırıcılar, uçucu kimyasalları bir hava boşluğuna salınması ile vektör sivrisinek türlerin davranışında meydana gelen değişiklikler sonucu patojenin bulaşmasını azaltan ürünlerdir (Achee ve ark., 2012). Bulunduğu ortamı böcek için uygunsuz hale getirerek insan ve vektör arasındaki teması engellemek için buhar fazında çalışan kimyasallardır. Bu yöntem böceği öldürmek yerine ısırmasını önleme temeline dayanır (Kaura ve ark., 2022).

## 2.3. Tuzaklar

Sivrisinek popülasyonlarının kontrolünde kullanılan ve daha önce test edilen bazı tuzaklar da mevcuttur. Bu tuzaklar, dünya sağlık organizasyonu Vektör Kontrol Danışma Grubu (WHO VCAG) tarafından son zamanlarda bir kontrol stratejisi olarak bildirmiştir (Achee ve ark., 2012). Aynı şekilde çekici yemli öldürücü ovitrap (ALOT), *Aedes* popülasyonlarını önemli ölçüde azaltmak için hem laboratuvar hem de saha ortamlarında umut vaat ettiğini belirtilmiştir (Achee ve ark., 2012). Güney Porto Riko'da *Aedes aegypti* (L.) doğal popülasyonlarını kontrol etmek için Otosidal Gravid Ovitrap (AGO) (Şekil 7) cihazların kullanımı ile ilgili çalışmalar, sivrisinek yoğunluklarında %79 azalma olduğunu göstermiştir (Barrera ve ark., 2014).

Brezilya'da ise dang vektörü *Aedes aegypti*'yi kontrol etmek için kitlesel BG-Sentinel (BGS) tuzaklarının etkinliğini değerlendirilmiş ve çalışma sonucunda BGS tuzaklarının kontrol programlarında umut verici bir araç olduğunu bildirilmiştir (Degener ve ark., 2014).



Şekil 7: Otosidal Gravid Ovitrap Yapışkan Tuzak (Barrera ve ark., 2014)

Öte yandan bitkilerden elde edilen çok sayıda doğal özütlerin sivrisinek türlerinin kontrolü için en iyi alternatifler olduğu rapor eden çok sayıda çalışma mevcuttur (Aremu ve ark., 2009; Dua ve ark., 2009; Youmsi ve ark., 2017; Kaura ve ark., 2019). Bitkisel kökenli ürünlerin kullanımı, çevre veya insanlar için risk oluşturmadığından birçok kültür bitkisi zararlısının kontrolü için değerli bir alternatif olarak görülmektedir. Bitkiler sivrisinek ısırıklarını önlemek için güvenli ve güvenilir bir yöntem olarak kabul edildiğinden, bitki kökenli doğal kokulu kovucular

artık dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kaura ve ark., 2022). Şimdiye kadar özellikle önemli olan bazı hastalıklara vektörlük eden sivrinsek türlerin kontrolü için kullanılan bitki özütlerin başarılı sonuçlarını bildiren bazı araştırmalara rastlanılmıştır. Örneğin, yüzyıllardır böcek kovucu özelliğine sahip olduğu bilinen ve %85 oranında sitronellal içeren limon okaliptüs bitkisi *Corymbia citriodora* (Myrtaceae), sivrisinekleri birkaç dakika kovmada çok daha etkili olduğunu belirtilmiştir (Tyagi, 2016). Bununla birlikte çevre dostu ve direnç sorunu olmayan Neem yağı formülasyonlarının sivrisinek larvaları üzerinde öldürücü etkileri olduğunu rapor edilmiştir (Dua ve ark., 2009). Yine başka bir çalışmada Hindistan’da okaliptüs yağının sivrisinek larvalarına karşı etkili olduğunu bildirilmiştir (Kaura ve ark., 2019). Diğer bir çalışma da ise Neem ve portakal bazlı kremin sıtmanın endemik olduğu bölgelerde etkili bir sivrisinek kovucu olarak kullanılabileceğini rapor etmişlerdir (Boanyah & Brenyah, 2022).

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Sivrisinekler dünya genelinde ve ülkemizde yaygın olarak görülmektedir. Sivrisinekler günümüzde halen milyarlarca insanın sağlığını tehdit etmeye devam etmektedir. Halihazırda sivrisineklere karşı yapılan mücadele yöntemleri, farklı sivrisinek türleri tarafından yayılan salgınları başarılı bir şekilde kontrol edememektedir. Özellikle sivrisineklerin kimyasal mücadelesinde bilinçsiz ve yoğun bir şekilde kimyasal ilaçların kullanılması insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir. Bunun yanı sıra sivrinsek türlerinde insektisit direncinin ortaya çıkmasına yol açabilmektedir. Sivrisinek türlerinde meydana

gelen yüksek düzeydeki insektisit direnci onlara karşı kontrol çalışmalarının yürütülmesini zorlaştırmaktır (Girod ve ark., 2016). Sivrisineklerin yayılışı ile aracılık ettikleri hastalıkların kontrol edilmesi için bir dizi entegre mücadele programlarının uygulanması gerektiğini açıkça görülmektedir. Bu çerçevede alternatif sivrisinek kontrol ürünleri ve stratejilerinin geliştirilmesi ile değerlendirilmesi ve bu sürecin sürekli takip edilmesi kritik öneme sahiptir. Sivrisineklerin kontrolü için birincil yöntem olarak kullanılan insektisitlerin kullanımını azaltmak için biyolojik kontrol dahil olmak üzere vektör kontrol stratejilerine ihtiyaç vardır. Sivrisinek türlerini hedefleyecek çevre dostu, güvenli ve sürdürülebilir yöntemler geliştirilmelidir. Bu kapsamda özellikle kullanılan entomopatojen bakteri ve mantarlar gelecekteki kontrol programlarında etkili olabilir. Ayrıca teknolojik gelişmelere bağlı olarak biyoteknik mücadele kapsamında tasarlanan ve tasarlanma aşamasında olan çeşitli tuzaklar sivrisinek popülasyonlarının azaltmak için kullanılan başarılı kontrol stratejilerdendir. Bununla beraber sivrisinek üreme alanlarını ortadan kaldırma teknikleri, doğrudan sivrisinek popülasyonları üzerinde oldukça etkili olmaktadır. Sonuç olarak sivrisinek türlerinin popülasyonlarını eşik değerin altında tutmak için ve insektisit direnci sorununun üstesinden gelmek için alternatif çözümler geliştirmeye acil ihtiyaç olduğunun kanatındeyiz.

## KAYNAKLAR

- Abd, S. (2020). Life Cycle and Cytogenetic Study of Mosquitoes (Diptera: Culicidae). ID: 10.5772/intechopen.93219
- Achee, N.L., Bangs, M.J., Farlow, R., Killeen, G.F., Lindsay, S., Logan, J.G., ... & Grieco, J.P. (2012). Spatial repellents: From discovery and development to evidence-based validation. *Malaria Journal*, 11(1): 1-9.
- Aktaş, O. (2014). Tıbbi Artropodoloji, Erzurum: Eser Basın Yayın Dağıtım Matbaacılık.
- Allo, N.M. & Mekhlif, A.F. (2019). Role of the predator *Anisops sardea* (Hemiptera: Notonectidae) in control mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae) population. *International Journal of Mosquito Research*, 6: 46-50.
- Alten, B. & Çağlar, S. (1998). Vektör Ekolojisi ve Mücadelesi Sıtma Vektörünün Biyo-Ekolojisi, Mücadele Organizasyonu ve Yöntemleri T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Cem Web Ofset Ltd. Şti., Ankara, 4-50.
- Anonim (2022a). Estimated number of Malaria deaths, World Health Organization (WHO). <https://www.who.int/data#reports> (Erişim Tarihi: 08.09.2022)
- Anonim (2022b). Yunanista'da Batı Nil Virüsü. <https://www.ntv.com.tr/saglik/yunanistanda-bati-nil-virusu-vakalarinda-urkuten-artis,ikwqn2ybpkqVRki9KxaOcg> (Erişim Tarihi: 08.09.2022)
- Anonim (2022c). Ergin Sivrisinek, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sivrisinek> (Erişim Tarihi: 6.11.2022)
- Anonim (2022d). Adult Anopheline and Culicine Mosquito Heads. <https://www.uptodate.com/contents/image?imageKey=ID%2F82494> (Erişim Tarihi: 27.08.2022)
- Anonim (2022e). Sivrisineğin Yaşam Döngüsü. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Biyolojik\\_ya%C5%9Fam\\_d%C3%B6ng%C3%BCs%C3%BC#/media/Dosya:Culex\\_mosquito\\_life\\_cycle\\_en.svg](https://tr.wikipedia.org/wiki/Biyolojik_ya%C5%9Fam_d%C3%B6ng%C3%BCs%C3%BC#/media/Dosya:Culex_mosquito_life_cycle_en.svg) (Erişim Tarihi: 30.08.2022)

- Anonim (2022f). Breakdown: why do mosquitoes bite & why does it itch? <https://www.actionnews5.com/2021/09/10/breakdown-why-do-mosquitos-bite-why-does-it-itch/> (Erişim Tarihi: 02.09.2022)
- Anonim (2022g). Birds and other natural predators to control mosquitoes. <https://www.thoughtco.com/birds-and-bats-no-help-with-mosquitos-3970964> (Erişim Tarihi: 11.09.2022)
- Anonim (2022h). Mosquito management for ponds, fountains, and water gardens. <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=14396> (Erişim Tarihi: 11.09.2022)
- Anonim (2022i). What eats mosquitos? <https://control-mosquitoes.com/what-eats-mosquitos/> (Erişim tarihi: 11.09.2022)
- Anonim (2022j). Common backswimmer (*Notonecta glauca*). [https://en.wikipedia.org/wiki/Notonectidae#/media/File:Notonecta\\_glauca01.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Notonectidae#/media/File:Notonecta_glauca01.jpg) (Erişim Tarihi: 11.09.2022)
- Anonim (2022k). What eats mosquitoes? How to attract these mosquito predators to your yard, <https://www.essentialhomeandgarden.com/what-eats-mosquitoes/> (Erişim tarihi: 11.09.2022)
- Anonim, (2022l). Innovations in mosquito control, <https://blog.nwf.org/2022/08/innovations-in-mosquito-control-2/> (Erişim Tarihi: 11.09.2022)
- Aremu, O., Femi-Oyewo M., & Popoola, K. (2009). Repellent action of neem (*Azadirachta indica*) seed oil cream against *Anopheles gambiae* Mosquitoes. African Research Review, 3(3): 12–22.
- Barrera, R., Amador, M., Acevedo, V., Caban, B., Felix, G., & Mackay, A.J. (2014). Use of the CDC autocidal gravid ovitrap to control and prevent outbreaks of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology, 51(1): 145-154.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., & Kaiser, A. (2010). Mosquitoes and Their Control. Springer Science & Business Media.
- Bişkin, Z., Düzlü, Ö., Yıldırım, A., & İnci, A. (2010). Kayseri'nin Felahiye yöresinde *Dirofilaria immitis*' in vektör sivrisineklerde moleküler biyolojik tanısı. Türkiye Parazitoloji Dergisi, 34: 200-205.

- Boanyah, G.Y. & Brenyah, R.C. (2022). The combined efficacy of neem (*Azadirachta indica*) seed oil and orange (*Citrus sinensis*) peel oil cream as a mosquito repellent. *GSC Advanced Research and Reviews*, 12(1): 57-67.
- Burkett-Cadena, N. (2019). Morphology of Adult and Larval Mosquitoes. [https://fmel.ifas.ufl.edu/media/fmelifasufledu/workshop/Mosquito\\_Morphology.pdf](https://fmel.ifas.ufl.edu/media/fmelifasufledu/workshop/Mosquito_Morphology.pdf).
- Caminade, C., Turner, J., Metelmann, S., Hesson, J.C., Blagrove, M.S., Solomon, T., & Baylis, M. (2017). Global risk model for vector-borne transmission of Zika virus reveals the role of El Niño 2015. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(1): 119-124.
- Chatterjee, S.N., Ghosh, A., & Chandra, G. (2007). Eco-friendly control of mosquito larvae by *Brachytron pratense* nymph. *Journal Environmental Health*, 69: 44–49.
- Colpitts, T.M., Conway, M.J., Montgomery, R.R., & Fikrig, E. (2012). West Nile Virus: biology, transmission, and human infection. *Clinical Microbiology Reviews*, 25(4): 635-648.
- Cui, F., Raymond, M., & Qiao, C.L. (2006). Insecticide resistance in vector mosquitoes in China. *Pest Management Science*, 62: 1013–1022.
- Darbro, J.M., Graham, R.I., Kay, B.H., Ryan, P.A., & Thomas, M.B. (2011). Evaluation of entomopathogenic fungi as potential biological control agents of the dengue mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Biocontrol Science and Technology*, 21(9): 1027-1047.
- Degener, C.M., Eiras, A.E., Azara, T.M.F., Roque, R.A., Rösner, S., & Codeço, C.T. (2014). Evaluation of the effectiveness of mass trapping with BG-Sentinel traps for dengue vector control: a cluster randomized controlled trial in Manaus, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 51(2): 408–420.
- Demirci, B. (2006). Iğdır Ve Civarındaki Sivrisinek (Diptera: Culicidae) Türlerinin Biyo-ekolojileri Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, Iğdır, 8-41 s.



- Deng, S.Q., Cai, Q.D., Deng, M.Z., Huang, Q., & Peng, H.J. (2017). Scorpion neurotoxin AaIT-expressing *Beauveria bassiana* enhances the virulence against *Aedes albopictus* mosquitoes. *AMB Express*, 7: 121. ID:10.1186/s13568-017-0422-1.
- Dilmen, H. & Özgökçe, M.S. (2018). Van Gölü kıyı habitatlarında *Notonecta viridis* Delcourt, 1909 (Hemiptera: Notonectidae) ve bazı Chironomidae (Diptera) türlerinin biyolojik gösterge değerleri. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 28(4): 426-437.
- Dua, V.K., Pandey, A.C., Raghavendra, K., Gupta, A., Sharma, T., & Dash, A.P. (2009). Larvicidal activity of neem oil (*Azadirachta indica*) formulation against mosquitoes. *Malaria Journal*, 8(1): 1-6.
- Ede, A. & Öztemiz, S. (2021). İstanbul'da sivrisinek türleri ile invaziv *Aedes* türlerinin tespiti ve bulunma oranları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ek Sayı, 321-327.
- Eren, H., Yağcı, Ş., & Tanyüksel, M. (1996). Ankara yöresinde bulunan sivrisinek (Diptera: Culicidae) türleri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 53(1): 25-29.
- Famakinde, D.O. (2018). Mosquitoes and the lymphatic filarial parasites: Research trends and budding roadmaps to future disease eradication. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 3(1): 4. ID: 10.3390/tropicalmed3010004.
- Faria, N.R., Kraemer, M.U., Hill, S.C., Góes de Jesus, J., Aguiar, R.S., Iani, F.C., & Pybus, O.G. (2018). Genomic and epidemiological monitoring of yellow fever virus transmission potential. *Science*, 361(6405): 894-899.
- Foster, W.A. & Walker, E.D. (2019). Mosquitoes (Culicidae). In *Medical and Veterinary Entomology*. Academic Press. pp. 261-325.
- Fotakis, E.A., Chaskopoulou, A., Grigoraki, L., Tsiamantas, A., Kounadi, S., Georgiou, L., & Vontas, J. (2017). Analysis of population structure and insecticide resistance in mosquitoes of the genus *Culex*, *Anopheles* and *Aedes* from different environments of Greece with a history of mosquito borne disease transmission. *Acta Tropica*, 174: 29-37.

- Girod, R., Guidez, A., Carinci, R., Issaly, J., Gaborit, P., Ferrero, E., Ardillon, V., Dusfour, I., Fontaine, A., & Briolant, S. (2016). Detection of chikungunya virus circulation using sugar-baited traps during a major outbreak in French Guiana. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(9): e0004876. ID: 10.1371/journal.pntd.0004876.
- Gullan, P.J. & Cranston, P.S. (2005). *The Insects: An Outline of Entomology*. 3rd edn. Hoboken: Blackwell Publishing Ltd.
- Gurera, D., Bhushan, B., & Kumar, N. (2018). Lessons from mosquitoes' painless piercing. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 84: 178-187.
- Hamdan, H., Sofian-Azirun, M., Nazni, W.A., & Lee, H.L. (2005). Insecticide resistance development in *Culex quinquefasciatus* (Say), *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* (Skuse) larvae against malathion, permethrin and temephos. *Tropical Biomedicine*, 22(1): 45-52.
- Harbach, R. (2015). Aedini. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/simpletaxonomy/term/8577> (Erişim Tarihi: 11.09.2022)
- Harbach, R. (2009a). Head. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/head> (Erişim Tarihi: 26.08.2022)
- Harbach, R. (2009b). Wings. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/wings> (Erişim Tarihi: 31.08.2022)
- Harbach, R. (2022). Valid species. <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/valid-species-list> (Erişim Tarihi: 28.08.2022)
- Hertig, M. & Wolbach, S.B. (1924). Studies on rickettsia-like micro-organisms in insects. *The Journal of Medical Research*, 44: 74-329.
- Jangir, P.K. (2020). Adaptive Modification in Insect Mouthparts. [https://www.mlsu.ac.in/econtents/1591\\_Adaptive%20Modification%20in%20Insect%20Mouthparts.pdf](https://www.mlsu.ac.in/econtents/1591_Adaptive%20Modification%20in%20Insect%20Mouthparts.pdf) (Erişim Tarihi: 27.08.2022)
- Kaura, T., Mewara, A., Zaman, K., Sharma, A., Agrawal, S. K., Thakur, V., ... & Sehgal, R. (2019). Utilizing larvicidal and pupicidal efficacy of *Eucalyptus* and neem oil against *Aedes* mosquito: An approach for mosquito control. *Tropical Parasitology*, 9(1): 12.

- Kaura, T., Walter, N. S., Kaur, U., & Sehgal, R. (2022). Different Strategies for Mosquito Control: Challenges and Alternatives.
- Khan, H.A.A. & Akram, W. (2019). Resistance status to Deltamethrin, Permethrin, and Temephos along with preliminary resistance mechanism in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Punjab, Pakistan. *Journal of Medical Entomology*, 56(5): 1304–1311.
- Khan, S.U., Mehmood, S.A., Ali, H., Waqas, W., & Rahbar, B. (2022). The role of selected odonate nymphs in biological control of *Culex quinquefasciatus* larvae, and effect of glyphosate herbicide on their predatory performance. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(2): 1859-1864.
- Kirsch, J.M. & Tay, J.W. (2022). Larval mortality and ovipositional preference in *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) induced by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Journal of Medical Entomology*, 59(5): 1687-1693.
- Krishnappa, K. & Elumalai, K. (2014). Mosquitocidal activity of indigenous plants of Western Ghats, *Achras sapota* Linn. (Sapotaceae) and *Cassia auriculata* L. (Fabaceae) against a common malarial vector, *Anopheles stephensi* Liston (Culicidae: Diptera). *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(5): 402–410.
- Kuçlu, Ö. & Dik, B. (2018). Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi sivrisinek (Diptera: Culicidae) faunası. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 42(2): 138-143.
- Kumar, R. & Hwang, J.S. (2006). Larvicidal efficiency of aquatic predators: a perspective for mosquito biocontrol. *Zoological Studies*, 45(4): 447.
- Kumar, R., Muhid, P., Dahms, H.U., Tseng, L.C., & Hwang, J.S. (2008) Potential of three aquatic predators to control mosquitoes in the presence of alternative prey: A comparative experimental assessment. *Marine and Freshwater Research*, 59(9): 817–835.
- Lacey, L.A. (2007). *Bacillus thuringiensis* serovariety israelensis and *Bacillus sphaericus* for mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 23(2): 133-163.
- Liu, H., Yujie, L., Qiyong, L., Xinbei, H., Bo, P., Dongsheng, R., Dandan, W., Jun, W., Xuejun, W., Zhenqiang, T., Wei, L., & Fengxia, M. (2013). Comparison

- of pyrethroid resistance in adults and larvae of *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae) from four field populations in China. *Journal of Economic Entomology*, 106(1): 360–365.
- Machado, N.G., Nassarden, D.C.S., Santos, F.D., Boaventura, I.C.G., Perrier, G., Souza, F.S.C.D., ... & Biudes, M.S. (2015). *Chironomus* larvae (Chironomidae: Diptera) as water quality indicators along an environmental gradient in a neotropical urban stream. *Revista Ambiente & Água*, 10: 298-309.
- Mandal, S.K., Ghosh, A., Bhattacharjee, I., & Chandra G. (2008). Biocontrol efficiency of odonate nymphs against larvae of the mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say, 1823. *Acta Tropica* 106:109–114.
- Marten, G.G., Bordes, E.S., & Nguyen, M. (1994). Use of Cyclopoid Copepods for mosquito control. In *Ecology and Morphology of Copepods*, Dordrecht: Springer. pp. 491-496.
- Melgarejo-Colmenares, K., Cardo, M.V., & Vezzani, D. (2022). Blood feeding habits of mosquitoes: Hardly a bite in South America. *Parasitology Research*, 121(7): 1829–1852.
- Merdivenci, A. (1984). Türkiye Sivrisinekleri (Yurdumuzda Varlığı Bilinen Sivrisineklerin Biyo-Morfolojisi, Biyo-Ekolojisi, Yayılışı ve Sağlık Önemleri). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları.
- Monnerat, R., Silva, S.F., Dias, D.S., Martins, É.S., & Praça, L.B. (2004). Screening of Brazilian *Bacillus sphaericus* strains for high toxicity against *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti*. *Journal of Applied Entomology*, 128: 469–473.
- Nam, V.S., Yen, N.T., Duc, H.M., Tu, T.C., Thang, V.T., Le, N.H., ... & Kay, B.H. (2012). Community-based control of *Aedes aegypti* by using *Mesocyclops* in southern Vietnam. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 86(5): 850.
- Öter, K. & Tüzer, E. (2014). Composition of mosquito species (Diptera: Culicidae) in Istanbul. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 40(2): 249-259.

- Park, H.W., Bideshi, D.K., Wirth, M.C., Johnson, J.J., Walton, W.E., & Federici, B.A. (2005). Recombinant larvicidal bacteria with markedly improved efficacy against *Culex* vectors of West Nile virus. *American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 72: 732–738.
- Polat, Y., Yanıkoğlu, A., & Çetin, H. (2017). İklim değişikliğinin sivrisinek kaynaklı hastalıklar üzerine etkisi. *Anadolu University of Sciences & Technology-C: Life Sciences & Biotechnology*, 6(2): 86-94.
- Ranathunge, T., Kusumawathie, P.H.D., Abeyewickreme, W., Udayanga, L., Fernando, T., & Hapugoda, M. (2021). Biocontrol potential of six locally available fish species as predators of *Aedes aegypti* in Sri Lanka. *Biological Control*, 160: 104638.
- Rodrigues-Alves, M.L., Melo-Junior, O.A. D. O., Silveira, P., Mariano, R.M.D.S., Leite, J.C., Santos, T.A.P., ... & Giunchetti, R.C. (2020). Historical perspective and biotechnological trends to block arboviruses transmission by controlling *Aedes aegypti* mosquitos using different approaches. *Frontiers in Medicine*, 7, 275.
- Rueda, L. (2004). Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with Dengue Virus transmission. *Zootaxa*, 589.
- Saha, N., Aditya, G., Banerjee, S., & Saha, G.K., (2012). Predation potential of odonates on mosquito larvae: Implications for biological control. *Biological Control*, 63(1): 1–8.
- Samanmali, C., Udayanga, L., Ranathunge, T., Perera, S.J., Hapugoda, M., & Weliwitiya, C. (2018). Larvicidal potential of five selected dragonfly nymphs in Sri Lanka over *Aedes aegypti* (Linnaeus) larvae under laboratory settings. *BioMed Research International*, 2018(4): 1-10.
- Sarıkaya, Y. (2017). Identification of Mosquito Species (Diptera: Culicidae) Around Refugee Zones of The Turkish Border with Syria and on Migration Routes of Refugees, (MSc Thesis), Hacettepe University, Ankara, 64 pp.
- Scholte, E., Knols, B.G.J., Samson, R.A., & Takken, W. (2004) Entomopathogenic fungi for mosquito control: a review. *Journal of Insect Science (Online)*, 4(1): 19.

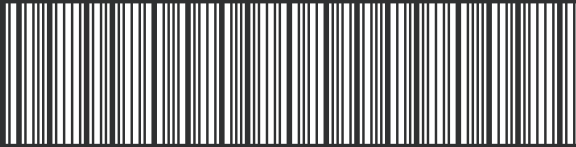
- Ser, Ö. (2018). Antalya İlinde *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) Popülasyonlarının Sentetik Piretroitlere Karşı Hassasiyeti Seviyelerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Antalya, 4-19.
- Service, M. (2012). Medical Entomology for Students, Liverpool: Cambridge University Press.
- Seymen, B. (2018). *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) Türü Sivrisineklerin Larvalarında Tür İçi Kalabalık Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Tekirdağ, 6-20.
- Şimşek, F.M., Bardakçı, F., Ülger, C., Kaynaş, S., Akıner, M., & İpekdal, K. (2010). Türkiye Akdeniz Bölgesi Sivrisineklerinin (Diptera: Culicidae) Sistematığı ve Biyolojik Ekolojik Özellikleri. TÜBİTAK TOVAG Proje Sayfa Sayısı: 181 Proje No: 106O841.
- Sona, A. & Değer, S. (2015). Van Gölü havzasındaki sivrisinek (Diptera: Culicidae) türleri ve aktiviteleri üzerine araştırmalar. Van Veterinary Journal, 27(2): 53-56.
- Szanyi, K., Nagy, A., Molnar, A., Szabo, L.J., & Szanyi, S. (2020). Mosquito (Diptera: Culicidae) fauna of the Velyka Dobron'Game Reserve (West Ukraine) with new distribution data and medical risk assessment. Turkish Journal of Zoology, 44(3): 224-229.
- Şakacı, Z. (2019). Edirne Merkez İlçesinde Vektöriyel Öneme Sahip Sivrisinek (Diptera: Culicidae) Türlerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Edirne, 4-22.
- Şakacı, Z. & Çamlıtepe, Y. (2022). A mosquito survey of Culicidae species at Edirne central district for disease vector. Trakya University Journal of Natural Sciences, 23(Special Issue: Biodiversity of Insect): 41-51.
- Tmimi, F.Z., Faraj, C., Bkhache, M., Mounaji, K., & Failloux, A.B. (2018). Insecticide resistance and target site mutations (G119S ace-1 and L1014F kdr) of *Culex pipiens* in Morocco. Parasites & Vectors, 11(1): 1-9.

- Tyagi, B.K. (2016). Advances in vector mosquito control technologies, with particular reference to herbal products. In *Herbal Insecticides, Repellents and Biomedicines: Effectiveness and Commercialization* (pp. 1-9). New Delhi: Springer.
- Virgillito, C., Manica, M., Marini, G., Rosà, R., Della Torre, A., Martini, S., ... & Caputo, B. (2022). Evaluation of *Bacillus thuringiensis* subsp. *Israelensis* and *Bacillus sphaericus* combination against *Culex pipiens* in highly vegetated ditches. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 38(1): 40-45.
- Vivekanandhan, P., Bedini, S., & Shivakumar, M.S. (2020). Isolation and identification of entomopathogenic fungus from Eastern Ghats of South Indian Forest soil and their efficacy as biopesticide for mosquito control. *Parasitology International*, 76: 102099. ID: 10.1016/j.parint.2020.102099.
- Wada, Y. (2011). Vector mosquitoes of filariasis in Japan. *Tropical Medicine and Health*, 39: 39-45.
- Yiğit, Ş., Saruhan, İ. & Akça, İ. (2019). Farklı bitki ekstraktlarının *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 (Diptera: Culicidae) larvalarına karşı öldürücü etkilerinin belirlenmesi. *Türk Ot Bilimi Dergisi*, 22(2): 169-174.
- Youmsi, R.D.F., Fokou, P.V.T., Menkem, E.Z.O., Bakarnga-Via, I., Keumoe, R., Nana, V., & Boyom, F.F. (2017). Ethnobotanical survey of medicinal plants used as insect's repellents in six malaria endemic localities of Cameroon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(1): 1-14.
- Yule, C. & Yong H.S. (2004). *Freshwater invertebrates of the Malaysian Region*. Academy of Sciences Malaysia.









**ISBN: 978-625-6380-60-8**