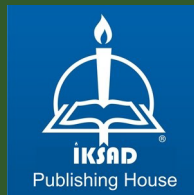




# Tarıma Çok Yönlü Yaklaşım: Ürün ve Bilgi Üretimi 1

Editörler

Prof. Dr. Nurhan KESKİN  
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK  
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ



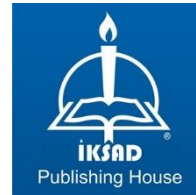
# **Tarıma Çok Yönlü Yaklaşım: Ürün ve Bilgi Üretimi 1**

## **Editörler**

Prof. Dr. Nurhan KESKİN  
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK  
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

## **Yazarlar**

Prof. Dr. Birhan KUNTER  
Prof. Dr. Hakan ENGİN  
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK  
Prof. Dr. Nurhan KESKİN  
Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI  
Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK  
Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI  
Prof. Dr. Savaş KORKMAZ  
Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM  
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK  
Doç. Dr. Abdullah GÜLLER  
Doç. Dr. Ali KARANFİL  
Doç. Dr. Burçak İŞÇİ  
Doç. Dr. Çiğdem GÜNEŞ  
Doç. Dr. Engin GÜR  
Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT  
Doç. Dr. İsmail TAŞ  
Doç. Dr. Mustafa TERİN  
Doç. Dr. Mustafa USTA  
Doç. Dr. Şahin KÖK  
Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK  
Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN  
Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL  
Dr. Güzin TARIM  
Arş. Gör. Ramazan AKTÜRK  
Zir. Yük. Müh. Ali KILINÇ  
Zir. Yük. Müh. Yudum BURCU  
Zir. Yük. Müh. Zeynelabidin KURT  
Zir. Müh. Mehmet NAMAZ  
Zir. Müh. Nisa SİNANOĞLU



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

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE 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 – 2024©

**ISBN: 978-625-367-980-4**

Cover Design: İbrahim KAYA

November / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

## **İÇİNDEKİLER**

**ÖNSÖZ**.....1

### **BÖLÜM 1**

#### **SERT ÇEKİRDEKLİ MEYVE AĞAÇLARINDA ÇİÇEK TOMURCUĞU OLUŞUMU**

Prof. Dr. Hakan ENGİN

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK.....3

### **BÖLÜM 2**

#### **COĞRAFI İŞARET VE TÜRKİYE’DE COĞRAFI İŞARETLİ ÜZÜM ÇEŞİTLERİ**

Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

Zir. Müh. Nisa SİNANOĞLU.....29

### **BÖLÜM 3**

#### **ASMADA VERİM VE KALİTE PERFORMANSINA ÇOK YÖNLÜ YAKLAŞIM: EKOLOJİ VE ÇEŞİT İLİŞKİSİ**

Zir. Yük. Müh. Ali KILINÇ

Prof. Dr. Nurhan KESKİN

Prof. Dr. Birhan KUNTER.....57

### **BÖLÜM 4**

#### **ÜZÜM MUHAFAZASINDA KULLANILAN AMBALAJ MATERYALLERİ**

Dr. Güzin TARIM.....81

### **BÖLÜM 5**

#### **BAĞCILIKTA YAZ BUDAMASI UYGULAMALARI**

Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN.....95

### **BÖLÜM 6**

#### **BAKÜLOVİRÜSLERİN ENTOMOPATOJENİK POTANSİYELİ VE BİYOİNSEKTİSİT OLARAK KULLANIM STRATEJİLERİ**

Zir. Yük. Müh. Zeynelabidin KURT

Doç. Dr. Abdullah GÜLLER

Doç. Dr. Mustafa USTA

Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL.....119



## **BÖLÜM 7**

### **ÜLKEMİZ GÜLLERİNDE TESPİT EDİLEN VİRÜS HASTALIKLARI**

Doç. Dr. Ali KARANFİL

Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT

Prof. Dr. Savaş KORKMAZ.....141

## **BÖLÜM 8**

### **MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ZARARLI AFİTLER (HEMIPTERA: APHIDIDAE) İLE BİYOLOJİK MÜCADELE**

Arş. Gör. Ramazan AKTÜRK

Doç. Dr. Engin GÜR

Doç. Dr. Şahin KÖK.....161

## **BÖLÜM 9**

### **BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN BAĞCILIK AÇISINDAN ÖNEMİ**

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

Doç. Dr. Çiğdem GÜNEŞ.....189

## **BÖLÜM 10**

### **MİKROBİYAL VE HÜCRESEL TARIMSAL PROTEİN ÜRETİMİ**

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK.....215

## **BÖLÜM 11**

### **GELECEĞE YÖNELİK GIDA ÜRETİM STRATEJİLERİ VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI**

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI.....253

## **BÖLÜM 12**

### **AĞRI İLİ PATNOS İLÇESİNDE ÇİFTÇİLERİN TARIMSAL DESTEKLERDEN FAYDALANMA DURUMLARININ ANALİZİ**

Doç. Dr. Mustafa TERİN

Zir. Müh. Mehmet NAMAZ.....277

### **BÖLÜM 13**

#### **ALTERNATİF ŞEKER BİTKİLERİ**

Zir. Yük. Müh. Yudum BURCU

Prof. Dr. Rûveyde TUNÇTÜRK

Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK.....297

### **BÖLÜM 14**

#### **KULLANILMIŞ SULARIN, SULAMADA YENİDEN**

#### **KULLANIMIYLA SAĞLANAN SU VE GÜBRE TASARRUFU**

Doç. Dr. İsmail TAŞ.....323

### **BÖLÜM 15**

#### **EM 38 İLE TOPRAK TUZLULUĞUNUN ÖLÇÜLMESİ VE**

#### **HARİTALANMASI**

Doç. Dr. İsmail TAŞ

Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM.....369



## ÖNSÖZ

İnsanlık tarihinin en eski ve en temel faaliyetlerinden biri olan **tarım** dünya üzerindeki yaşamın devamı için vazgeçilmezdir. Tarım sektörü özellikle gelişmekte olan ülkelerde istihdamın büyük bir kısmını oluşturur. Ayrıca tarımsal ürünler, endüstriyel ham madde kaynağı olarak ekonomiye katkıda bulunur ve ticaretin küresel düzeyde devamını sağlar. Sağlıklı tarımsal uygulamalar toplumların gıda güvenliğini artırırken kırsal alanlarda yaşayan nüfusun geçim kaynağını da destekler. Ekonomik ve sosyal faydalarla sınırlı kalmayan tarım, biyoçeşitliliğin korunması gibi kritik alanlarda büyük rol oynadığından aynı zamanda çevre ve ekosistemler için de hayatidir.

Tarım sürdürülebilirlik, verimlilik ve inovasyon gibi kavramların giderek önem kazandığı dinamik bir alandır. Dünya nüfusunun hızla artması ve iklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha belirgin hale gelmesiyle birlikte, tarımda geleneksel yöntemlerinin ötesine geçmek, modern bilgi teknolojileriyle desteklenen çok yönlü ve sürdürülebilir yaklaşımlar geliştirmek önemlidir. Tarım doğal kaynakları etkin kullanarak toprağın, suyun ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında ve iklim değişikliğinin çevre üzerinde etkisinin dengelenmesinde kullanılabilir en değerli yatırımdır. Tarımın bu yüzyıldaki dönüşüm sürecinde bilgi temelli doğru kararlar almak verimliliği artırma ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma konusunda kilit bir unsurdur.

Bu eser, geniş bir okuyucu kitlesine hitap etmek, tarımda çok yönlü bir bakış açısıyla üretime katkı sunmak için temel tarımsal konular üzerinden sektörde sürdürülebilirlik, verimlilik ve kaliteyi artırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla, üretimden tüketime kadar okurlara ilham vermek için kaleme alınmıştır. Bu çerçevede katkı veren tüm değerli bilim insanlarına şükranlarımızı sunarız.

Editörler



## BÖLÜM 1

### SERT ÇEKİRDEKLİ MEYVE AĞAÇLARINDA ÇİÇEK TOMURCUĞU OLUŞUMU

Prof. Dr. Hakan ENGİN<sup>1\*</sup>

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14274356>

---

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6897-8708>

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0012-9782>

\*sorumlu yazar: [hakanengin@comu.edu.tr](mailto:hakanengin@comu.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Meyve ağaçlarında doğru kültürel uygulamaları yapabilmek ve istenilen sonuçları alabilmek için ağaçlarının verimlilik esaslarını bilmek gerekir. Çiçek tomurcuklarının farklılaşması, oluşumu, çiçek taslaklarının gelişimi ve buna etki eden faktörler meyve ağaçlarının verimlilik esaslarının tanımlanmasında en önemli kısımları oluşturmaktadır. Meyve ağaçlarında çiçeklenme çok sayıda iç ve dış koşuldan etkilenen ve birçok farklılaşma ve gelişim safhasını içeren karmaşık bir süreçtir. Özellikle meyve ağaçlarının çok yıllık olması ve birbirlerinden çok farklı olan yapılarından kaynaklanan zorluklar nedeniyle, çiçek tomurcuğu farklılaşması, oluşumu, gelişimi ve çiçek organ taslaklarının şekillenmesi hakkındaki bilgilerin mevcut belirsizlikleri ortadan kaldıracak şekilde belirlenmesi önem taşımaktadır.

Meyve ağaçları yılın tamamında çevre koşulları ile etkileşim içerisinde ve çiçek tomurcukları ve çiçek organ taslaklarının şekillenmesi çoğu kez bundan etkilenir. Ağaçlarda sürgün oluşumuyla meydana gelen tomurcuklardaki meristem dokularda hormonların, proteinlerin, nükleik asitler ve diğer bazı maddelerin etkisi ile çiçek tomurcuğu ve çiçek oluşumu yönünde hücre bölünmesi ve farklılaşması artmaktadır. Ancak bu uyarımı yapan faktörlerin ne olduğu ve mekanizması ortaya çıkarılmalıdır.

Sert çekirdekli meyve ağaçlarında çiçek tomurcuklarının farklılaşması, oluşumu, çiçek taslaklarının gelişimi ve çiçeklenme fizyolojisi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, sert çekirdekli meyve türlerinden Kiraz (*Prunus avium* L.), vişne (*Prunus cerasus* L.), erik (*Prunus domestica* L., *Prunus spinosa* L., *Prunus salicina* L., *Prunus cerasifera* L.), kayısı (*Prunus armeniaca* L.) ve şeftali (*Prunus persica* L.)’de çiçek ve çiçek organ taslaklarının farklılaşması ve şekillenmesine etki eden faktörler üzerinde durulmuştur. Meyve yetiştiriciliğinde bol ve kaliteli ürün alabilmek, sağlıklı çiçek oluşumuna bağlıdır. Bu nedenle, çiçek oluşumunu kontrol edebilmek yetiştiriciler ve bu konuyu araştıran bilim adamları açısından büyük önem taşımaktadır. Çiçek oluşumu ve farklılaşmasının, yapılacak kültürel uygulamalarla değiştirilebileceği birçok araştırmacı tarafından ispatlanmasıyla birlikte, dünyada ve ülkemizde çiçek tomurcuğu farklılaşması ile ilgili çeşitli araştırmalar dikkati çekmektedir.

Çiçek tomurcuklarının farklılaşması, oluşumu, çiçek taslaklarının gelişimi meyve türlerine göre büyük farklılık göstermektedir. Çiçek oluşumu



sert çekirdekli meyve türlerinde, yumuşak çekirdekli meyve türlerinde, tek evcikli (monoik) ve iki evcikli (dioik) meyve türlerinde çok farklıdır. Özellikle erselik meyve türlerinde çiçek farklılaşması yaprağını döken ve dökmeyen türlerde de birbirinden farklıdır. Çiçek farklılaşması, çiçek organ taslaklarının şekillenmesi ve bütün çiçek organ taslaklarının tamamlanma süresi meyve türüne ve çeşidine, yetiştirildiği bölgeye ve iklim koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Çiçek farklılaşması ve çiçek organ taslaklarının şekillenmesi yaprağını döken erselik meyve türlerinde genellikle çiçeklenmeden bir yıl önceki yaz aylarında meydana gelmektedir. Çiçek organ taslaklarının tamamlanma süresi türe, çeşide ve iklime bağlı olarak 30 gün ile 100 gün arasındadır. Genellikle çoğu meyve türünde ülkemizde kasım ayında bütün çiçek organ taslakları meydana gelmektedir. Çiçek oluşumuna tür, çeşit ve iklim koşullarının yanında ağaçların gelişme kuvveti, toprak koşulları ve yöney gibi faktörler de etki etmektedir.

Kiraz (*Prunus avium* L.), vişne (*Prunus cerasus* L.), erik (*Prunus domestica* L., *Prunus spinosa* L., *Prunus salicina* L., *Prunus cerasifera* L.), kayısı (*Prunus armeniaca* L.), şeftali (*Prunus persica* L.) ve nektarin türleri, bitkiler aleminde *Rosales* takımının, *Rosaceae* familyasının, *Prunoideae* alt familyasına dahildir. Sert çekirdekli meyveler grubunu oluşturan bu meyve türlerinin yetiştiriciliği ülkemiz açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle, çiçek tomurcuğu oluşumunu ve etki eden faktörleri kontrol etmek yetiştiricilik açısından büyük önem taşımaktadır. Çiçek tomurcuğu oluşumu ve farklılaşmasının, yapılacak kültürel uygulamalarla değiştirilebileceği birçok araştırmacı tarafından ispatlandıktan sonra, çiçek tomurcuğu farklılaşması ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların büyük bir çoğunluğu, çiçek tomurcuğu farklılaşma tarihlerini belirlemek amacıyla yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu konuda ülkemizde Malatya koşullarında kayısı çeşitlerinde (Ülkümen, 1972), İzmir koşullarında kayısı çeşitlerinde (Gülcan 1975), İzmir koşullarında badem klonlarında (Ünal, 1987), Ankara koşullarında kayısı çeşitlerinde (Gülşen, 1981), şeftali çeşitlerinde (Hepaksoy, 1988), kayısı çeşitlerinde (Aşkın, 1989), çiçek tomurcuğu farklılaşma zamanı üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Çiçek tomurcuğu oluşumu başlangıcı ilk yılın haziran ayında ve tamamlanması da ertesi yılın ilkbaharına kadar

sürdürmektedir. Genelde çiçek tomurcuğunun dış kısımlarının gelişiminin önce, iç kısımlarının da sonra olmaktadır. Bir tomurcuğun çiçek veya sürgün tomurcuğu olacağı, haziran ve temmuz aylarında kesinleşmektedir.

Çiçek tomurcuğu uyarım ve farklılaşma olayları Engin ve Ünal (2007), tarafından üç safha halinde ele alınmıştır. Bu safhalardan birincisi, çiçek oluşumuna ait uyarıcı etkinin apikal meristeme ulaşması ve RNA ile çiçek oluşumu için gerekli proteinlerin sentezlenmesidir. İkinci safhası, çekirdeklerin bölündüğü mitotik devredir. Üçüncü safha ise, çiçek organ taslaklarının geliştiği morfojenetik safhadır. Bu safhada fazla miktarda Ribonükleik asit (RNA) üretimi ve genlerin aktivitesine bağlı olarak protein sentezi olmaktadır. Gelişim sürecinin çevresel uyarılar ile kontrol edildiğine ilişkin en tipik örneğin, sürgün ucunun çiçeklenmeye geçişi olduğunu ifade edilmektedir. Vegetatif formdan generatif forma geçiş ile apikal meristem değişime uğramakta ve bu dönüşüm ile ilgili fizyolojik değişimler ortaya çıkmaktadır (Salisbury ve Ross, 1992). Çiçek meristemine az derinliğe sahip olması ve geniş bir alan kaplaması, çiçek meristemine genel bir özelliğidir. Çiçek büyüme ucu, küçük ve bol protoplastlı meristematik hücrelerden oluşan bir örtü ile kaplıdır. Bu örtünün altında, büyüme ile ilgili olmayan geniş vakuollü, temel dokudan oluşan öz bulunur (Yentür, 1995).

Verimlilik esasları üzerine etki etmek için alınacak önlemlerin, morfolojik ayırım zamanından önce, tam bu kritik safha esnasında etki edebilecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Meyve ağaçlarının o devredeki beslenme durumları, çiçeklenmeyi teşvik edecek halde ise, bazı sürgün tomurcuklarının, çiçek tomurcuğu haline dönüşmeye başladığını, değilse sürgün tomurcuğu olarak gelişmeye devam ettiğini görülmektedir. Bu nedenle çiçek tomurcuklarının morfolojik ayırım zamanlarının tür ve çeşitlere göre, çeşitli bölgelerde kesin olarak bilinmeli ve buna göre uygulamalar yapılmalıdır.

## **2. SERT ÇEKİRDEKLİ MEYVE AĞAÇLARINDA ÇİÇEK TOMURCUĞU OLUŞUMU**

### **2. 1. Sert Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Çiçek Farklılaşması**

Sert çekirdekli meyve ağaçlarında çiçek tomurcuğu oluşumu çiçek farklılaşması ile başlar. İlkbaharda sürgün gelişmesi ile birlikte oluşan yaprakların koltuklarından yeni tomurcuklar meydana gelir. Bu

tomurcukların ucunda bir başka ifade ile büyüme konisinde gelişmenin ilk dönemlerinde yalnız yaprak ve sürgün meydana getiren meristemetik hücreler bulunur. Bütün meyve tür ve çeşitlerine bağlı olarak belirli zamanlarında yeni meydana gelen tomurcuklardan bazılarında çiçek tomurcuğu oluşumu yönünde farklılaşmalar meydana gelir.

Çiçek oluşumu, sert çekirdekli meyve ağaçlarında meyve tür ve çeşidine, çevre koşullarına ve kültürel önlemlere bağlı olarak, belli bir zaman dilimi içerisinde şekillenir. Bu farklılaşmada önce büyüme konisi genişler, uzar ve üstü düzleşerek silindirik şeklini alır. Sonra düzleşen büyüme konisinin en dışından itibaren önce çanak yaprak taslakları, sonra iki çanak yaprağı arasında fakat iç kısımda taç yaprak taslakları oluşur. Bu oluşumu, yine bir önce oluşan organların birleştiği yerde fakat daha içerde olmak üzere birinci, ikinci ve üçüncü sıra erkek organ taslaklarının oluşması izler. Bu organların oluşmasından sonra en içte ve büyüme konisinin ortasında dişi organ taslağı oluşmaya başlar. Dişi organ önce bir yaprakçık şeklinde görülür. Ancak gelişme ilerledikçe, yaprakçığın her iki kanadı birbirine doğru daire çizerek kıvrılıp birleşerek normal şeklini almaktadır.

Engin ve Ünal (2007), kiraz ve şeftalilerde yaptığı çalışmada, çiçek oluşumu ve çiçek organ taslaklarının bütün gelişim aşamalarını ayrıntılı safhalar halinde vermiştir. Buna göre: Safha 0; büyüme konisi, çiçek ve yaprak gözlerinde birbirinden farksız ve henüz küçüktür. Safha I; büyüme konisi, tomurcuğun en içindeki yaprakları arasından kabarmıştır. Bu safha morfolojik ayrımın başlangıcıdır. Safha II; büyüme konisi kabarıp yükselmiş ve genişlemiştir. Safha III; çanak yaprak taslakları belirmiştir. Safha IV; çanak yaprak taslakları kabarıp irileşmiştir. Safha V-1; taç yaprak taslakları belirmiştir. Safha V-2; erkek organ taslaklarının birinci sırası belirmiştir. Safha VI; ikinci sıra erkek organ taslakları belirmiştir. Safha VII; üçüncü sıra erkek organ taslakları belirmiştir. Safha VIII; dişi organ taslağı belirmiştir. Safha IX; dişi organ taslağının ortasındaki yarık meydana gelmiştir. Erkek organ taslakları irileşmeye devam etmektedir. Safha X; dişi organ taslağı büyüyüp uzamış, yarığı iyice teşekkül etmiştir. Erkek organ taslaklarının ilk sırasındaki teka ve lokuli yarıkları oluşmuş ve ipçikler belirmiştir. Safha XI; dişi organ taslaklarında yumurtalık teşekkül etmiş, erkek organ taslakları irileşmiş ve ipçikler uzamıştır. Safha XII; yumurtalıkta tohum taslağı belirmiş, erkek organlarda tapet hücreleri ve çiçek tozu ana

hücreleri oluşmuştur. Safha XIII: tohum taslağı irileşmiş ve erkek organ başçıklarında tetratlar meydana gelmiştir. Safha XIV-1; erkek organlarda ipçikler uzamış, çiçek tozları meydana gelmiş, dişi organ borusu uzamış ve dişi organın tepesi genişlemiştir. Tohum taslağı irileşmiştir. Safha XIV-2; dişi tepesi, dişi organ borusu ve yumurtalık son şekillerini almışlar, tohum taslağı gayet irileşmiş, erkek organlarda ipçikler uzun fakat aşağıya dönük genişlemiş ve pullar dökülmeye başlamış ve bütün aşamalar Safha XV; ilk çiçeklenme ile tamamlanmıştır.

## **2.2. Sert Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Çiçek Farklılaşma Zamanları**

Şeftali anacına aşılı erik ağaçlarında çiçek tomurcuklarının, haziran başından kasım ayı ortalarına kadar gelişim gösterdiğini ifade etmiştir (Zhong vd., 1998). Çiçek tomurcuğunun bu gelişim periyodunun, 7 aşamadan meydana geldiği açıklanmıştır. Bu aşamalar sırasıyla, farklılaşma öncesi, fizyolojik farklılaşma, çiçek oluşumu, çanak yaprakların farklılaşması, taç yaprakların farklılaşması, erkek organların farklılaşması ve dişi organ farklılaşmasıdır

Kayısı ağaçlarında çiçek tomurcuklarının morfolojik ayırmadan sonraki gelişmesinin 4 periyotta olduğunu bildirmektedir (Gülcan, 1975). Buna göre: Birinci periyot; Eylül sonu-Ekim ortasına kadarki hızlı gelişme periyodudur. Bu devrenin sonunda çiçek organ taslaklarının hepsi teşekkül etmiştir. İkinci periyot; çiçek tomurcuklarında safha değişikliğinin yok denecek kadar az olduğu periyottur. Genellikle çeşitler bu devrede 9 ve 10. safhada bulunmaktadırlar. Üçüncü periyot; 300-400 saat kadar bir soğuklamadan sonra, tekrar safha değişikliğinin görülmeye başlandığı periyottur. Dördüncü periyot; çiçek tomurcuklarının uygun iklim şartlarına cevap verdiği ve süratli bir gelişmenin görüldüğü periyottur. Bu devre çiçeklenme sonuna kadar devam etmektedir. Sert çekirdekli meyve türlerinde çiçek tomurcuklarının ayırım zamanlarını verilmiştir (Tablo 1).

Kiraz ve şeftali ağaçlarında, tam çiçeklenme döneminde fark edilen, yumurtalıkları birbirine yakın veya yapışık çift dişi organ oluşumunun başlangıcı bu dönemde ve daha öncesinde şekillenmektedir. Bu anormal oluşum çiçek tomurcuğu farklılaşma esnasında, dişi organ taslaklarının oluştuğu dönemdeki iki veya daha fazla yumurtalık taslağının oluşumunun

bir sonucudur. Anormal yapılı yumurtalık taslağı oluşumuna, bu oluşum esnasında meydana gelen aşırı hücre bölünmesinin neden olduğu ifade edilmektedir. Bu aşırı hücre bölünmesi hem genetik hem de çevresel olarak kontrol edilir (Engin ve Ünal, 2003a; Engin ve Ünal, 2003b).

**Tablo 1:** Sert çekirdekli meyve türlerinin çiçek tomurcukları ayırım zamanları

Meyve Türü	Ayırım Başlangıç Zamanı	Çiçeklenme Dönemi
Şeftali	Haziran sonu-Temmuz sonu	Gelecek ilkbahar
Kayısı	Ağustos başı	Gelecek ilkbahar
Erik	Haziran sonu-Ağustos ortası	Gelecek ilkbahar
Japon eriği	Temmuz ortası-Ağustos başı	Gelecek ilkbahar
Kiraz	Temmuz başı	Gelecek ilkbahar
Vişne	Temmuz ortası	Gelecek ilkbahar

Sert çekirdekli bazı meyve türlerinin ege bölgesindeki morfolojik ayırım tarihleri Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2:** Sert çekirdekli bazı meyve türlerinin ege bölgesindeki morfolojik ayırım tarihleri.

Meyve Türü	Ayırım Başlangıç Zamanı
Kayısı	18 Temmuz-9 Ağustos
Şeftali	4 Temmuz-15 Temmuz
Kiraz	3 Temmuz-7 Temmuz

Japonya’da yetiştiriciliği yapılan kiraz çeşitlerinde çiçek taslaklarının oluşumunun temmuz ayının başında meydana geldiğini ve bu oluşumu, sırasıyla çanak ve taç yaprakla erkek organ taslaklarının farklılaşmasının takip ettiğini ve dişi organ taslağının Ağustos ayının ortalarında meydana geldiğini saptamışlardır (Beppu vd., 1996).

Engin ve Ünal (2007) elektron mikroskop (SEM) kullanarak 0900 Ziraat (*Prunus avium* L.) kiraz çeşidinde, çiçek tomurcuğu ve çiçek organ taslaklarının gelişimini incelemişlerdir. Tam çiçeklenmeden 85 gün sonra, büyüme ucunun vegetatif aşamadan generatif aşamaya geçtiğini tespit etmişlerdir. Çiçek organlarının gelişiminin aşamalı olarak devam ettiğini, tam çiçeklenmeden 15 hafta sonra çanak yaprak taslaklarının oluştuğunu ve 4 Ağustos’a kadar da taç yaprak taslaklarının şekillendiğini tespit

etmişlerdir. Daha sonra erkek organ taslaklarının halkalar şeklinde meydana geldiğini ve eylül ayı başlarında, dişi organ taslağının oluştuğunu saptamışlardır. Guimont vd. (1998), kiraz üzerine yaptıkları çalışmada, çiçek tomurcuklarındaki morfolojik farklılaşma safhalarını Tablo 3'deki gibi tanımlamışlardır.

**Tablo 3:** Bing kiraz çeşidinin çiçek tomurcuklarındaki morfolojik gelişimi

Örnek Tarihi	TÇSGS*	Morfolojik Gelişim Aşamaları
9 Temmuz	91	Büyüme ucu hafif bir şekilde kabarmıştır. Fakat çiçek oluşumunun başlangıcına dair bir gözlem yoktur.
23 Temmuz	105	Çiçek oluşumu şekillenmeye başlamıştır.
6 Ağustos	119	Çanak yaprak taslakları beşgen şeklinde gelişmektedir.
27 Ağustos	140	Çanak ve taç yaprak taslakları, erkek ve dişi organ taslakları farklılaşmaktadır.
24 Eylül	168	Çanak ve taç yaprak taslakları, erkek ve dişi organ taslakları farklılaşmakta ve çiçek gelişmesine devam etmektedir.

\*Tam Çiçeklenmeden Sonraki Gün Sayısı. Tam çiçeklenme 9 Nisan tarihinde olmuştur.

Engin ve Ünal (2007) elektron mikroskop (SEM) kullanarak Glohaven seftali (*Prunus persica* L.) çeşidinde çiçek tomurcuğu ve çiçek organ taslaklarının gelişimini de incelemiştir. Tam çiçeklenmeden 109 gün sonra (8 Temmuz), büyüme ucunun vegetatif aşamadan generatif aşamaya geçtiğini tespit etmişlerdir (Engin ve Ünal 2007). Bu aşamadan sonra çiçek organlarının gelişiminin aşamalı olarak devam ettiğini, tam çiçeklenmeden 149 gün sonra (17 Ağustos) çanak yaprak taslaklarının oluştuğunu ve 27 Ağustos'a kadar da taç yaprak taslaklarının şekillendiğini tespit etmişlerdir. Daha sonra erkek organ taslaklarının halkalar şeklinde meydana geldiğini ve Eylül ayı ortalarında dişi organ taslağının oluştuğunu belirlemiştir.

### 2.3. Sert Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Çiçek Farklılaşmasına Etki Eden Faktörler

Sert çekirdekli meyve ağaçlarının çiçeklenmesi çok sayıda iç ve dış koşuldan etkilenen birçok gelişim safhasını içeren karmaşık bir süreçtir. Ağaçların çok yıllık olması ve yapılarından kaynaklanan güçlükler nedeniyle çiçek oluşumuna etki eden faktörlerin neler olduğu belirsizliğini

korumaktadır. Ağaçlar yılın her zamanı çevre koşulları ile etkileşim halindedirler ve çiçeklenme de çoğu zaman bu durumlardan etkilenir. Sert çekirdekli meyve ağaçların tomurcuklardaki meristem dokularda hormonların, proteinlerin ve nükleik asitlerin etkisi ile çiçek tomurcuğu ve çiçek oluşumu yönünde hücre bölünmesi ve farklılaşması olmaktadır. Bu uyarımı yapan faktörlerin ne olduğu ve mekanizması üzerine yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olmakla birlikte yaprakların, meyvelerin, ışığın, ağacın karbonhidrat düzeyinin, sıcaklık, genetik faktörlerin, sulamanın, gibberellin düzeylerinin, azot miktarının, anaç, kış soğukları vb. diğer faktörlerin etkili olduğu söylenebilir.

### 2. 3. 1. Sıcaklığın Çiçek Farklılaşmasına Etkisi

Çiçek tomurcuklarının başlangıcı ve gelişimi sıcaklıktan etkilenir. Yüksek sıcaklıklar, büyüyen uzun sürgünlerin uçlarında üretilen giberellik asidi etkisi altına alarak bazı kiraz çeşitlerinin tomurcuk oluşumunu dolaylı olarak engellemektedir (Engin vd., 2014). Yüksek gündüz ve gece sıcaklık değişimleri de çiçek tomurcuğu oluşumu üzerinde baskılayıcı bir etkiye sahiptir. Bazı yıllarda gözlemlendiği gibi, morfolojik farklılaşmanın başlangıcından önceki serin hava, çiçek farklılaşmasının yavaşlamasına yol açmaktadır (Engin ve Ünal, 2002). Soğuklara dayanımları farklı olan vişne çeşitleri ile yapılan çalışmalarda, dona dayanıklı çeşitlerin tomurcuklarının, dona orta derecede dayanan veya hassas olan çeşitlerin tomurcuklarından daha sonra farklılaşmaya başladığı ve daha geri safhada dinlenmeye girdiği tespit edilmiştir (Nekrasova, 1971).

Kiraz ve vişne çeşitlerinin çiçek tomurcuklarının farklılaşması ve çiçeklenmenin başlamasında, yıllık iklim koşullarının, çeşitten daha fazla etkili olduğunu bildirmiştir (Voloshina 1972). Şeftali ağaçlarındaki çiçek tomurcuklarının gelişimine sıcaklığın etkilerini üzerine yapılan bir araştırmada (Shen vd., 1999), şeftali ağaçlarının çiçek tomurcukları 20°C/15°C, 25°C/15°C, 30°C/15°C ve 35°C/15°C gündüz/gece sıcaklıklarına maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak, sıcaklığın bütün çiçek tomurcuğu gelişimini etkilediği ifade edilmiştir. Bu çalışmaya göre, sıcaklıkların çiçek tomurcuğu gelişimine etkisi şu şekildedir; sıcaklık yükseldikçe, çiçek tomurcuğu gelişimi de hızlanmaktadır. Sıcaklığa maruz kalarak hızlı gelişen ve gelişimini erken tamamlayan çiçek tomurcukları, ilkbahar aylarında daha

erken çiçeklenmektedir. Fakat çok yüksek sıcaklıklar çiçek tomurcuğu gelişimini engellemekte ve çiçek tomurcuğuna zarar vermektedir. Tam çiçeklenme döneminde, 25°C/15°C, 30°C/15°C sıcaklık uygulamalarına maruz bırakılan ağaçlar, 20°C/15°C sıcaklık uygulamalarına maruz bırakılan ağaçlara göre 5-8 gün erken çiçek açmıştır. Ayrıca 35°C/15°C sıcaklık uygulamasındaki çiçek tomurcuklarının çoğunluğunda, çiçek organ taslaklarının gelişiminin herhangi bir aşamada durduğu ve bu tomurcukların normal çiçek açmadığı ve döküldüğü gözlenmiştir. 20°C/15°C ve 25°C/15°C sıcaklık uygulamalarında çiçeklerin boyutu, başçıkların boyutu, erkek organların uzunluğu, dişi organ uzunluğu ve yumurtalık çapı açısından farklılık yoktur. Oysa 30°C/15°C sıcaklık uygulamasının çiçeklerin boyutunu, erkek organların uzunluğunu ve yumurtalık çapını azalttığı ifade edilmiştir. Sıcaklık artışları, erkek organların bozulma eğilimlerini de arttırmıştır. 20°C/15°C sıcaklık uygulaması 25°C/15°C, 30°C/15°C sıcaklık uygulamaları ile karşılaştırıldığında, çiçektozu miktarı 25°C/15°C, 30°C/15°C sıcaklık uygulamalarında %54 ile %86 arasında azalmıştır. Yine aynı uygulamalar kıyaslandığında, çiçektozu çimlenme oranı %29 ile %78 arasında azalma göstermiştir. 35°C/15°C sıcaklık uygulaması, bütün erkek organların bozulmasına neden olmuştur. Engin ve Ünal (2003b), bir önceki yılın ilkbaharını takip eden yaz aylarındaki özellikle temmuz ayının son iki haftasındaki yüksek sıcaklıkların çift dişi organ oluşumunu artırdığını ifade etmiştir. Japonya'da yaygın olarak yetiştirilen 'Satohnishiki' kiraz çeşidinde yüksek sıcaklıkların, çiçek organ taslakları ve çift dişi organ oluşumuna olan etkilerini incelemiştirlerdir. Bu çalışma, 'Aobazakura' (*Prunus lannensiana* Wils.) anacı üzerine aşılı 6 yaşındaki ağaçlar üzerinde yapılmıştır. Araştırmada kullanılan kiraz ağaçları 25°C/25°C, 30°C/25°C ve 35°C/25°C gündüz/gece sıcaklıklarına maruz bırakılmıştır. Bu uygulamalar esnasında, sıcaklığa maruz bırakılan ağaçlardan çiçek tomurcuğu örnekleri alınarak incelenmiştir. Daha sonra uygulamaya tabi tutulan bütün ağaçlar, 5 Eylül tarihinde tarla koşullarına transfer edilmiş ve 2 Ekim tarihinde de her ağaçtan alınan çiçek tomurcuk örneklerinde, çift dişi organ taslağı oranları mikroskop altında tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Çift dişi organ taslağı oluşumuna, sıcaklık uygulamalarının etkisi incelenmiştir. Bu incelemede, 25°C/25°C gündüz/gece sıcaklık uygulamalarına tabi tutulan ağaçların tüm çiçek



tomurcuklarının tek dişi organ taslağına sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna rağmen, 30°C/25°C gündüz/gece sıcaklık uygulamalarına tabi tutulan ağaçlardaki çiçek tomurcuklarının, çift dişi organ taslağı oluşturma oranı dikkat çekici bir şekilde artış göstermiştir. 35°C/25°C gündüz/gece sıcaklık uygulamalarına tabi tutulan ağaçlardaki çiçek tomurcuklarının %80'den fazlasının çift dişi organ taslağına sahip olduğu, ayrıca aynı uygulamada, çiçek tomurcuklarının bazılarının üçlü dişi organ taslağına sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı çiçek tomurcuklarının, ilkbahar aylarında, tam çiçeklenme döneminde, çift dişi organa sahip çiçeklerin, yüksek sıcaklık uygulamalarında fazla olduğu gözlenmiştir. Fakat çiçeklerde meydana gelen çift dişi organ oluşum oranlarının, çiçek tomurcuklarında meydana gelen çift dişi organ taslağı oluşum oranlarından daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Engin ve Ünal (2003b), Sapıkısa kiraz çeşidinde yaptıkları çalışmada, çanak yaprak taslaklarının 2000 yılında 20 Temmuz, 2001 yılında ise 27 Temmuzda meydana geldiğini saptamışlardır. Bu dönemlerdeki gün içi sıcaklıklar 30°C ve 35°C'yi aşmaktadır. Her iki yılda da çanak yaprak taslaklarının (safha 3) farklılaşmasından sonraki 15 günlük periyottaki sıcaklıkları incelemişlerdir. İncelemede 30°C ve 35°C'yi geçen sıcaklıkların saat olarak toplamı ele alınmıştır. 2000 yılı (safha 3 sonrası 15 günlük periyot) 30°C aşan sıcaklık toplam 96 saat ve 35°C'yi aşan sıcaklık toplam 20 saattir. 2001 yılı (Safha 3 sonrası 15 günlük periyot) 30°C aşan sıcaklık toplamı 166 saat ve 35°C'yi aşan sıcaklık toplamı 32 saattir. Sapıkısa kiraz çeşidinin çiçeklerinde çift dişi organ oranı, 2001 yılında, %7,6'dır. Bu oluşumun meydana geldiği 2000 yılı, safha 3 sonrası 15 günlük periyottaki 30°C ve 35°C'yi aşan sıcaklıkların saat olarak toplamı 2001 yılına göre daha düşüktür. 2002 yılında Sapıkısa kiraz çeşidindeki çift dişi organ oranı %19,6'dır. Sapıkısa kirazında 2002 yılında çift dişi organ miktarında meydana gelen bu artışın, 2001 yılı çanak yaprak taslaklarının oluşumundan sonraki 15 günlük periyottaki 30°C ve 35°C'yi geçen sıcaklıkların saat olarak toplamının artışıyla paralellik gösterdiğini tespit etmişlerdir.

### **2.3.2. Sulamanın Çiçek Farklılaşmasına Etkisi**

Sulama, sert çekirdekli meyve türlerinde çiçek tomurcuğu oluşumunu olumlu şekilde etkilemektedir. Sulamanın şeftali çeşitlerinde (Garney Beauty, Harbrite, Canadian Hormony) çiçek tomurcuğunun soğuklara

dayanımına etkilerini araştırılmıştır. Araştırmada bir yıllık sürgünler 3 yıl boyunca test edilmiş ve ‘Garney Beauty’ ve ‘Harbrite’ çeşitlerinin çiçek tomurcuklarının soğuklara daha dayanıklı olduğu saptanmıştır. Sulama yapılmayan ağaçlardaki çiçek tomurcuklarının, sulama yapılan ağaçlardakine göre daha dayanıklı olduğunu belirlenmiştir (Richard vd., 1994).

Erik (*P. domestica* L.) ve kiraz (*Prunus avium* L.) ağaçlarında gelişme mevsimi boyunca, sulama uygulamaları yapılmıştır. Sulama uygulamaları, %100, %50 ve %15 oranlarında gerçekleştirilmiştir. İki türe ait ağaçlarda %15’lik su uygulamasında, ağaçların vegetatif gelişimi azalmıştır. Kiraz ağaçlarında uygulamanın başladığı yıl ve bunu takip eden yıllarda, ağaçların dallarında uçtan itibaren kurumalar meydana gelmiştir. Kiraz ağaçlarının canlılıklarını sürdürebilmek için, 1 Haziran-1 Eylül tarihleri arasında ihtiyaç duydukları su miktarının en az 4260 litre/ağaç olduğu saptanmıştır. Ağaçlara %100 sulama uygulamasında 30200 litre/ağaç ve %50 sulama uygulamasında 16000 litre/ağaç su verilmiştir. Erik ağaçlarında, aynı yıl ve dönemde %100 sulama uygulamasında 16400 litre/ağaç, %50 sulama uygulamasında 8100 ve %15 sulama uygulamasında 2200 litre/ağaç olacak şekilde sulama yapılmıştır. Ayrıca, %15’lik su stresi uygulamalarında uç dallardaki gelişim, çiçeklenme ve gövde çapı azalmıştır (Proebsting vd., 1981).

Şeftali (*Prunus persica* (L.) Batsch) ağaçlarını gelişme mevsimi boyunca sulama yapmadan yetiştirilen ağaçlar sadece 86 mm yağmur suyu almışlardır. Çiçek tomurcuklarının boyutlarında azalma meydana gelmiş ve çiçek tomurcuğu farklılaşması engellenmiştir (Proebsting ve Middleton, 1980). Stevnbaer vişne çeşidinin sürgün gelişim ve çiçek tomurcuğu oluşumuna sulamanın etkilerini araştırılmıştır (Dencker ve Hansen, 1994), Sonuç olarak, çiçek tomurcuğu yoğunluğu ile sürgün uzunluğu arasında negatif bir ilişkinin varlığını saptamışlardır.

Kayısılarda (*Prunus mume*), sulamanın büyüme ve çiçek tomurcuğu farklılaşması üzerine etkilerini incelemiş ve şu sonuçlara varmıştır (Li, 1981). Japon kayısılarında çiçek tomurcuğu farklılaşması şeftalilere benzerlik göstermektedir. Çiçek tomurcuklarındaki uyarım ve farklılaşma zamanının başlangıcıyla, çeşitli dallardaki büyümenin durduğu zaman arasında pozitif bir bağ vardır. Kısa dallardaki çiçek tomurcuğu farklılaşması uzun dallarda gelişmenin sona erme zamanı ile kontrol edilmektedir. Uzun

dallardaki gelişmenin kontrol altına alınması bir ölçüde tüm bitkinin çiçek tomurcuğu farklılaşmasını düzenlemektedir. Çiçek tomurcuğu farklılaşmasının değişik aşamaları farklı iç ve dış koşullar gerektirmektedir. Çiçek tomurcuklarında farklılaşma, içsel fizyolojik değişmelerle başlamıştır. Bu değişim çiçek tomurcuğu uyarım zamanı ile çakışmaktadır. Dallardaki gelişmenin durması ile uyarımın başlaması arasında 15-20 günlük, sürgün gelişiminin durması ile çiçek tomurcuklarındaki farklılaşmanın başlaması arasında 40 günlük bir zaman farkı vardır. Farklı uzunluktaki sürgünler arasında orta uzunluktaki sürgün oranını arttırmak için, orta boyda sürgün gelişmesini arttıracak gerekli su düzeyinin uygulanması gerekmektedir. Böylece tüm bitkide besin maddeleri birikmesi sağlanarak, çiçek tomurcuğu farklılaşması teşvik edilir. Ayrıca, farklılaşma süresi uzatılarak farklılaşan çiçek tomurcuğu miktarı da artırılmış olur. Sürgünlerin uzunlukları 30 cm'ye ulaştığında sürgün uzunluğunun sulama ile kontrol altına alınması gerektiği de ifade edilmektedir.

Erik (*Prunus salicina* L. *indl. cv. Red Beaut*) ağaçlarında hasat sonrası su stresinin etkilerini üç yıl boyunca araştırmışlardır. Sonuç olarak, su stresine tabi tutulan ağaçlarda yapraklar erken dökülmüş, sürgünlerde kurumalar meydana gelmiş ve gelecek yılın çiçek tomurcuklarında azalmalar olmuştur (Johnson vd., 1994). Bununla beraber Ryugo ve Herrero (2002), sıcak iklim koşullarında yetiştirilen kayısı ve şeftali ağaçlarının, su stresinde çiçek tomurcuğu oluşumu esnasında meydana gelen anormallikler de saptamıştır.

### **2.3.3. Hormonların ve Bitki Besin Maddelerinin Çiçek Farklılaşmasına Etkisi**

Giberellinler, oksinler, sitokininler, etilen ve büyüme inhibitörleri tanımlanmış bitki hormonlarıdır. Her biri, meyve ağaçlarının davranışlarını düzenlemek için aynı anda hareket ederek çok sayıda işlevi yerine getirirler. Çiçek tomurcuğu oluşumu ile ilgili sert çekirdekli meyve türlerinde yapılan bir araştırmada çiçek tomurcuğu oluşumundaki eksikliklerin temel faktörü olarak giberellinler gösterilmektedir (Engin vd., 2014).

Çiçek oluşumu üzerine, hormonların ve besin maddelerinin etkilerini araştıran çalışmalar sınırlı sayıdadır. Fakat çoğu araştırmacılar, çiçeklerin cinsiyeti ile hormonlar arasında bir ilişkinin var olduğunu (Wellensiek,

1977; Luckwill, 1980), bazı araştırmacılar da, çiçeklerin cinsiyeti ile besin maddeleri arasında bir ilişkinin varlığını (Williams vd., 1987) ifade etmektedirler. Besin maddelerinin, özellikle de azot ve karbonhidrat teşekkülünü kontrol eden ışığın, çiçek tomurcuğu oluşumunda önemli bir faktör olduğu ve bu durumun birbiriyle yakın ilişkili olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır.

Şeftali ağaçlarına yapraklarına, Haziran ortası, Temmuz başı ve Temmuz sonu olmak üzere üç farklı dönemde yapılan, 50, 75, 100 ve 120 ppm GA<sub>3</sub> uygulama sonucunda, Haziran sonu ve Temmuz başı uygulanan GA<sub>3</sub> uygulamaları çiçek tomurcuğu sayısını azaltarak etkili olurken, Temmuz sonu uygulaması etkili bulunmamıştır. Seyreltme zamanı, ağaçlardaki meyve sayıları kontrol ağaçlarıyla kıyaslandığında, Temmuz başı uygulanan bütün GA<sub>3</sub> dozlarında, %40 ile %60 oranında daha az çiçek olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmacılar, kayısı ağaçlarına 10, 50 ve 100 ppm gibberellik asit uygulamaları sonucunda, 100 ppm gibberellik asit uygulamasının, takip eden yılda dallar üzerindeki çiçeklerin oranını azalttığını saptamışlardır (Stephen vd., 1995). Şeftali ağaçlarına 0, 100, 250 ve 500 ppm dozlarında GA<sub>3</sub> uygulaması yapmıştır. GA<sub>3</sub> uygulama dozlarıyla doğru orantılı olacak şekilde, vegetatif tomurcuk oluşumunun da arttığı sonucuna varmıştır (Mizutani vd., 1996). Şeftali ağaçlarına Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında GA<sub>3</sub> uygulamasının, uygulama zamanına bağlı olarak çiçek tomurcuklarının gelişimini geciktirdiğini ve bazı çiçek tomurcuklarında dişi organ taslağının gelişmediğini gözlemişlerdir (Corgan ve Winmoyer 1971). Kiraz çeşitlerine daminozide (SADH) gibi büyümeyi geciktirici hormonlar uyguladığında, GA<sub>3</sub> biyosentezinin engellendiğini ve çiçek tomurcuklarında farklılaşma eğiliminin arttığını saptamıştır (Ryugo, 1986).

Meyve ağaçlarının gübrenmesi, hem çiçek tomurcuğu oluşumunu hem de meyve tutumunu önemli ölçüde etkileyen bir işlemdir. Bu etki, toprak verimliliğine, çeşitlerin ve anaçların özelliklerine, iklim koşullarına, meyve yüküne ve istenen meyve kalitesine göre farklılık gösterebilir.

Şeftali anacı üzerine aşılı erik ağaçlarında, çiçek tomurcuğunun fizyolojik farklılaşması esnasında toplam azot miktarının yüksek olduğunu ifade etmişlerdir (Zhong vd., 1998).

Vişne ağaçlarında azot uygulama zamanı üzerine yapılan bir araştırmada (Pedersen ve Hansen 1996) Mayıs ve Haziran aylarında yapılan azot uygulamasının çiçek yoğunluğunu ve tomurcuk başına çiçek sayısını arttırdığı ifade edilmektedir (Pedersen ve Hansen 1996). Şeftali (*Prunus persica* L.) cv. 'Maravilha' ağaçlarına çiçekler açmadan önce, üre gübresini pülverize edilmiştir (Zilkah vd., 1996). Uygulamanın, tomurcuklarda çiçek organ taslaklarının gelişimini geciktirdiğini saptamışlardır. Benzer şekilde Rhee (1977), şeftalilerde yaptığı bir çalışmada, çiçek tomurcuğu farklılaşması öncesi, üre uygulamasının çiçek tomurcuğu oluşumunu geciktirdiğini ifade etmektedir.

NAA'nın şeftali ağaçlarında tomurcuk sayısını ve çiçek boyutunu azalttığını kayıtlara geçmiştir (Schuyler vd., 1992).

Etrele uygulamasının, şeftali ağaçlarında çiçek tomurcuğu farklılaşmasını geciktirdiğini ve bu olaya bağlı olarak çiçeklenmenin de geciktirildiğini bildirilmektedir (Crisosto vd., 1989).

Bor miktarının kayısı ağaçlarında çiçek organ taslaklarının geliştiği dönemde, etkili olduğunu rapor etmektedirler (Bartolini ve Giorgelli, 1994).

### **2.3.4. Diğer Faktörlerin Çiçek Farklılaşmasına Etkisi**

Sert çekirdekli meyve türlerinde çiçek tomurcuklarının farklılaşması, oluşumu, çiçek taslaklarının gelişimi, indüksiyondan çiçeklenmeye kadar, belirli bir anda çiçek tomurcuğu oluşumundan sorumlu olan farklı diğer faktörlerin ve koşulların da etkisindedir.

#### **2.3.4.1. Budamanın çiçek farklılaşmasına etkisi**

Kış budamaların sert çekirdekli meyve türlerinde ağaçlarının büyümesi ve meyve vermesi üzerindeki etkisi çok sayıda çalışmanın hedefi olmuştur. Yaz budamasının etkisi üzerine yapılan çalışmaları daha sınırlıdır. Genç, kuvvetli büyüyen sert çekirdekli meyve türlerinin ağaçlarına uygulanan yaz budaması, çiçek tomurcuğu oluşumu için elverişli olabilir. Bu tür budamanın yazın ilk yarısında yapılması daha faydalı olacaktır. Yaz budamasının çiçek tomurcuklarının şekillenmesi üzerine etkisi çeşitlerin özelliklerine bağlıdır. Yaz budaması ağaç başına toplam çiçek tomurcuğu sayısını azaltabilir, ancak çiçek salkımı başına çiçek sayısını artırabilir, bu nedenle ağaç başına toplam çiçek sayısı nihai olarak değişmeyebilir.

Hasattan sonra yapılan yaz budamasının çiçek tomurcuğu oluşumunu azalttığını ve vegetatif tomurcuk oluşumunu arttırdığı da ifade edilmiştir (Mizutani, 1996).

Kış budaması söz konusu olduğunda, bir yıllık sürgünlerin kısaltılması, uzun sürgünlerde çiçek tomurcukları başlatmaya meyilli olan çeşitlerde, çiçek tomurcuğu oluşumu üzerinde olumsuz bir etki olmaksızın kullanılabilir. Kirazda, tam çiçeklenmeden sonraki bir buçuk aylık süre içerisinde aynı yılın sürgünlerinin kısaltılması, bu uzun sürgünlerin alt kısımlarında çiçek meristemlerinin sayısını artırdığı, çiçek başlangıcını hızlandırdığı ve ağustos sonuna kadar daha büyük çiçek tomurcuklarının oluşumunu desteklediği ifade edilmektedir (Guimond vd., 1998). Budamanın, kiraz ağaçlarında çiçek tomurcuğu farklılaşmasının başlangıcını ve çiçek organ taslaklarının gelişimini geciktirdiğini saptamışlardır. Ayrıca, budanan sürgünlerdeki çiçek tomurcuklarının, hem mayıs buketlerinde bulunan çiçek tomurcuklarından, hem de budanmayan sürgünlerde bulunan çiçek tomurcuklarından daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir (Guimond vd., 1998).

#### **2.3.4.2. Soğuklamanın çiçek farklılaşmasına etkisi**

Soğuklama gereksinimlerini karşılamak için gerekli düşük sıcaklıkların yetersiz olduğu iklim koşullarında, bazı kayısı çeşitlerinde gelişmeye başlayan çiçek tomurcuklarının büyük bir kısmının, vegetatif tomurcuğa dönüştüğü ortaya konulmuştur (Engin ve Akçal, 2014). Bu tip tomurcuklar, sert çekirdekli meyve türlerinde ağaçların toplam verimliliğini büyük bir oranda etkilemektedir. Bu durum, çiçek tomurcuğu sayısını ve bu tomurcuklardan meydana gelecek çiçeklerin sayılarını azaltarak verim düşüklüğüne neden olmaktadır.

#### **2.3.4.3. Sürgün gelişiminin çiçek farklılaşmasına etkisi**

Sert çekirdekli meyve ağaçlarında çiçek tomurcuğu farklılaşması sürgünlerdeki büyümenin durması ile artmaktadır. Dallarda gelişim sürekli ise çiçek tomurcuklarını taşıma şansı azalır. Buna karşılık gelişmede duraklama söz konusu olduğunda çiçek tomurcuğu oluşma şansında fazlalaşır. Sürgün gelişiminin bir haftalık duraklaması tomurcukların çiçek tomurcuğuna dönüşmesine etki eder. Sürgün büyümesi, çiçek

tomurcuklarının farklılaşmasıyla ilişkilendirilir. Büyümenin sonlanması çiçek başlangıcı için bir ön koşul olarak kabul edilir (Abdulkadyrov vd., 1972).

#### **2.3.4.4. Meyve veren dalların çiçek farklılaşmasına etkisi**

Meyve veren dalların çiçek tomurcuklarının oluşma zamanlarına farklı etkileri belirtilmiştir. Çiçek tomurcuk farklılaşması genellikle en erken çok yıllık dallarda, daha sonra genç ve daha güçlü olanlarda ve en geç sürgünlerde başlamaktadır (McArtney vd., 2001).

Meyve sayısının sert çekirdekli türlerde fazla olması çiçek farklılaşması ve oluşumu üzerine olumsuz etki yapar. Ertürk (1999), şeftali ağaçlarında çiçek tomurcuğu gelişiminin engellenmesi için dallardaki meyve yoğunluğunun fazla olması gerektiğini, bu şekildeki dallarda yapılacak çok hafif bir seyreltmenin bile çiçek tomurcuğu farklılaşmasını etkileyebileceğini bildirmiştir.

#### **2.3.4.5. Işığın çiçek farklılaşmasına etkisi**

Doğal ya da yapay ışık fotosentez için zorunludur. Çiçek oluşumu fotosentez sonucu meydana gelen karbonhidratların miktarına ve aynı zamanda bununla birlikte oluşan bazı hormonlara bağlıdır. Bu nedenle çiçek oluşumu ışıklama ile mutlak suretle bağımlıdır. Özellikle sert çekirdekli bazı meyve türlerinde ışığı fazla alan ağacın dış kısmında az ışık alan iç kısmına göre daha fazla çiçek tomurcuğu oluşur. Kiraz ağaçlarındaki ışığın çiçek oluşumu üzerine çalışma yapmışlardır (Beppu ve Kataoka 2000) bu çalışmada, ağaçlara gölgeleme yapılarak, ışığın, çiçek organ taslaklarının oluşumuna etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, ağaçların üzeri tek kat ve iki kat örtüyle gölgelenmiştir. Işığın girişi tek kat gölgelemede %53, iki kat gölgelemede %78 oranında azaltılmıştır. Gölgelemeyen ağaçlarda çiçekteki anormal taslak oluşumu %51'dir. İki kat örtüyle gölgelenen ağaçlarda %1,5'dur. Tek kat örtüyle gölgelenen ağaçlarda ise bu oranın değerlerinde çok hafif bir azalma meydana gelmiştir. Fotosentez için ideal ışık miktarı kiraz ağaçları için  $500\text{Mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. İki kat örtüyle gölgelenen uygulamada bile (%78 oranında ışığın girişi engellenen uygulama), ışık miktarı  $1400\text{Mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ dir (Beppu ve Kataoka 2000).

Kayısı ağaçlarında çiçek tomurcuğu oluşumuna ışığın rolünü belirlemek için yapılan bir araştırmada ışığın çiçek tomurcuğu gelişiminde etkili olduğu ve yüksek ışık miktarında karbonhidrat rezervlerinin arttığı ve ışığın meyve dalları üzerindeki çiçek tomurcuğu oranını artırdığını belirlenmiştir. Ayrıca, yüksek ışık miktarının, tam çiçeklenme döneminde çiçeklerin bazı organlarında morfolojik değişiklikler meydana getirdiği tespit edilmiştir (Nuzzo vd., 1999).

#### **2.3.4.6. Kış donlarının çiçek farklılaşmasına etkisi**

Kış donlarının çiçek tomurcuklarının tamamen ölmesine veya tomurcuklardaki bazı organ taslaklarının zarar görmesine neden olduğunu ifade edilmektedir. Okie ve Werner (1996), şeftali ve nektarin ağaçlarında, Sorkel ve Proebsting (1993), kiraz ağaçlarında bu tespiti yapmışlardır.

#### **2.3.4.7. Bilezik almanın çiçek farklılaşmasına etkisi**

Bilezik alma, yaprakta karbonhidrat toplanmasına neden olmaktadır. Bu durum çiçek tomurcuğu oluşumunu artırabilir. Gölgede kalan ağaçların yapraklarında karbonhidrat miktarının azaldığını tespit etmişler ve sonuç olarak, yapraktaki karbonhidrat miktarıyla çiçek tomurcuğu oluşumu arasında bir ilişkinin var olduğunu ortaya koymuşlardır (Carcia vd., 1995).

Bir meyve ağacında karbonhidratların sentezini teşvik eden bilezik alma gibi bütün yöntemler ve bunların dallarda taşınması çiçek tomurcuğu oluşumunu artırır. Buna karşılık karbon asimilasyonunu engelleyen faktörler ve maddeler vegetatif gelişmeyi artırarak çiçek tomurcuğu oluşumunu azaltır.

#### **2.3.4.8. Anaçların çiçek farklılaşmasına etkisi**

Anaç sert çekirdekli meyve türlerinde çiçek tomurcuğu farklılaşması üzerine etkilidir. Sert çekirdekli meyve ağaçlarında kullanılan birbirlerinden çok farklı özelliklere sahip olan anaçların çiçek tomurcuklarının farklılaşma zamanlarını etkileyebilir. Bazı kiraz ve erik anaçları tomurcukların vejetatif durumdan generatif duruma geçişinde çok büyük bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Ayrıca tuzlu topraklarda yetiştirilen şeftali ağaçlarında çiçek organ taslaklarının gelişiminin engellendiği görülmektedir (Ivanov ve Sholokhov 1977).



### 2.3.4.9. Yaprakların ve meyvelerin çiçek farklılaşmasına etkisi

Yapraklar ve meyveler çiçek farklılaşması ve oluşumu üzerine etkilidir. Genellikle çiçek tomurcuğu şekillenmesi üzerine yapraklar ve meyvelerin etkisi ters ilişkilidir. Başka bir ifade ile yapraklarla çiçek tomurcuğu oluşumu doğru orantılı iken, meyvelerle ters orantılıdır.

Yapraklar çiçek farklılaşması ve oluşumu üzerine olumlu etki yaparlar. Şeftali çeşitlerinde yaprak koparılması sonucunda oluşan çiçek tomurcuğu sayısının azaldığı ifade edilmektedir (Mizutani, 1996). Erken dönemde yaprak koparılması çiçek tomurcuklarınıninki anormal oluşumları artırmıştır. Çiçek tomurcuklarında yaprak benzeri büyük yeşil çanak yapraklar ve körelmiş taç yapraklar şekillenmiştir. Diğer bir ifade ile çiçek tomurcukları vegetatif görünüm kazanmıştır. Ayrıca çiçek tomurcuklarına yakın yaprakların daha etkili olduğu ifade edilmektedir.

Meyvelerin varlığı genellikle çiçek tomurcuğu oluşumunu engeller. Bu durum, çiçek tomurcuklarıyla meyveler arasındaki besin rekabetinden kaynaklanmaktadır. Meyvelerin tohumları çiçek farklılaşması üzerine engelleyici etki yapan gibberellik asit üretir (Engin vd., 2014). Meyvelerin içerisindeki tohumların gibberellik asit miktarı çiçek farklılaşması esnasında en yüksek miktara ulaşarak dalların altına doğru taşınmaktadır. Bu nedenle dalların alt kısımlarındaki çiçek tomurcuklarının farklılaşması daha fazla engellenmektedir.

## 3. SONUÇ

Kiraz, vişne, erik, kayısı ve şeftali gibi sert çekirdekli meyve türlerinin yetiştiği ılıman iklim kuşağındaki meyve ağaçlarında çiçek tomurcuğu oluşumu, son zamanlarda genetik faktörlerinde içerisine girdiği çok sayıda iç ve dış koşuldan etkilenen ve birçok farklılaşma ve gelişim safhasını içeren karmaşık bir biyolojik süreçtir. Ancak, tomurcuğun vejetatif durumdan generatif durumuna geçişinin en karakteristik şekillenmelerden bazıları ve daha sonraki çiçek taslaklarının gelişimi yeterince açıklığa kavuşturulamamıştır.

Genetik faktörler, hormonal denge, ağaçlarının çok yıllık olması ve çevresel faktörler, çiçek tomurcuğu oluşumu ve çiçek organ taslaklarının

şekillenmesine etki etmektedir. Bu etki birbirleri arasındaki ilişkilere dayalı ve çok yönlüdür.

Çiçek tomurcuklarının gelişimi, meyve ağacı türlerinin ve çeşitlerinin özellikleri, ekolojik koşullar ve tarımsal uygulamalarla ilişkilidir. Çiçek organ taslaklarının kalitesi, çiçek tomurcuğu oluşumu için faktörlere ve koşullara bağlıdır. Bu durum da meyve üretiminin miktarını ve kalitesini etkiler. Sert çekirdekli meyve türlerinde çiçek tomurcuklarının şekillenmesi ve gelişimi, budama, gübreleme, sulama ve büyüme düzenleyicileriyle muamele gibi bilimsel olarak sağlam temellere dayanan tarımsal teknik uygulamalarla başarılı bir şekilde düzenlenebilir.

**KAYNAKÇA**

- Abdulkadyrov S.K., Batyrkhanov Sh.G. & Dzhabaev B.R. (1972). Trudy dagestanskogo sel'skokhozyaistvennogo Instituta 22, 58-71. (in Russian) (Hort. Abstr., 43, 4999).
- Aşkın, M. A. (1989). Ege bölgesinde düzenli meyve vermeyen bazı kayısı çeşitleri üzerinde biyolojik çalışmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Doktora Tezi. Bornova-İzmir.
- Bartolini, S. & Giorgelli, F. (1994). Boron accumulation and xylem differentiation in apricot flower buds. Scuola Superiore di Studi Universitari e Perfezionamento 'S. Anna' Piza, Italy.
- Beppu, K. & Kataoka, I. (2000). Artificial shading reduces the occurrence of double pistil in 'Satohisiki' sweet cherry. *Scientia Hort.*, 83 : 241-247.
- Beppu, K., Sasaki, N. & Kataoka, L. (1996). Effects of summer temperature on pistil doubling of sweet cherry. *J. Japon. Sci. Hort.* (65) 156-157.
- Corgan, J. N. & Winmoyer, F. B. (1971). The effects of gibberellic acid on flower differentiation, date of bloom and flower hardiness of peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96,1, 54-57.
- Crisosto, C. H., Lombard, P. B. & Fuchigami, L. H. (1989). Fall ethephon delays bloom in 'Redhaven' peach by delaying flower differentiation and development during dormancy. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(6): 881-884.
- Dencker, I. & Hansen, P. (1994). Shoot growth-flowering relationships in the sour cherry 'Stevnbaer' as affected by water and nutrient supply. *Journal of Horticultural Science.* 69(1) 15-19.
- Engin H. & Ünal A. (2007). Examination of flower bud initiation and differentiation in sweet cherry and peach by using scanning electron microscope. *Turk J Agric For* 31:373-379.
- Engin, H. & Ünal, A. (2003a). Kiraz çeşitlerindeki çiçek anormallikleri üzerine İncelemeler. *E.Ü.Z.F. Derg.* 40, 3 Bornova-İzmir.
- Engin, H. & Ünal, A. (2003b). Bazı kiraz çeşitlerinde çift dişi organ oluşumları üzerinde araştırmalar. Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Antalya
- Engin, H. & Akçal, A. (2014). Kış dinlenme ihtiyacı yüksek olan kayısı çeşitlerinin Güney Marmara şartlarındaki soğuklanma sürelerinin, tomurcuk dökümleri, çiçeklenme periyodu ve meyve tutumuna etkileri. *Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU Journal of Agriculture Faculty)* 2014: 2 (1): 117-122.
- Engin, H., Gokbayrak, Z. & Akcal, A. (2014). Gibberellic acid inhibits floral formation and delays flower differentiation in '0900 Ziraat' sweet cherry

- cultivar. *Europ.J.Hort.Sci.*, 79 (5). S. 260–266, ISSN 1611-4426. © Verlag Eugen Ulmer KG, Stuttgart.
- Engin, H. & Ünal, A. (2002). Bornova şartlarında yetiştirilen kiraz çeşitlerinin çiçeklenme zamanları ve çiçeklenme dönemindeki sıcaklıkların çiçeklenme üzerine etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 39 (3): 9-16.
- Ertürk, Ü. (1999). Bazı önemli şeftali çeşitlerinde seyreltme uygulamalarının çiçek tomurcuğu oluşumu üzerinde etkileri. Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. 14-17 Eylül. Ankara.
- Guimond, M. C., Andrews, K. P. & Lang, A. G. (1998). Scanning electron microscopy of floral initiation in sweet cheery. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(4): 509-512.
- Gülcan, R. (1975). Bazı kayısı çeşitlerinde kış dinlenmesi ve çiçek tomurcuğu teşekkülü üzerinde araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Meyve-Bağ Yetiştirme ve Islahı Kürsüsü Bornova-İzmir.
- Gülşen, Y. (1981). Bazı kayısı çeşitlerinin çiçek tomurcuğu gelişme safhalarına alar, gibberellik asit ve ethrel'in etkileri. A.Ü.Zir.Fak. Yayınları: 785.
- Hepaksoy, S. (1988). Sert çekirdekli meyve türlerinde ilkbaharda yaprak ve tomurcukların teşekkül zamanı İle bazı şeftali çeşitlerinde morfolojik ayırım zamanı tespiti. E.Ü. Fen Bil. Enst. Bah. Bit. Ana Bilim Dalı Yük. Lisans Tezi.
- Johnson, R. S., Handley, D. F. & Day, K. R. (1994). Postharvest water stress of an early maturing plum. *Journal of Horticultural Science.* 69(6)1035-1041.
- Li, J. (1981). Effect of water stress on shoot growth and flower bud differentiation in japanese apricot. *Acta Hort. Sinica* 8(2), 51-60.
- Luckwill, L. C. (1980). Hormones and productivity of fruit trees. *Hort. Abst.* 50,10,9123.
- McArtney S.J., Hoover E.M., Hirst P.M. & Brooking I.R. (2001). *J. Hor. Sci. and Biotechn.*, 76(5), 536-540.
- Mizutani, F., Rabbany, A. B., Amano, S., Hino, A. & Kadoya, K. (1996). Effect of summer pruning and gibberellin application on reduction of flower bud formation in 'Saotome' peach (*Prunus persica Batsch.*) trees grafted on *P. Japonica* rootstocks. *Bulletin of the Experimental Farm College of Agriculture, Ehime University.* No:18, 1-8.
- Nekrasova, K.K. (1971). The development of flower buds in sour cherry varieties with varying cold hardiness. *Hort.Abst.*,41,3,5859.
- Nuzzo, V., Biasi, R., Dichio, B., Montanaro, G., Xiloyannis, C., Lanzieri, A. & Karayiannis, I. (1999). Influence of different seasonal light availability on flower bud quality in cv. Tirynthos (*Prunus armeniaca L.*). *Proceeding of the*

- XI th International Symposium on Apricot Culture, Veria-Makedonia, Greece, 25-30 May, Volume 2. Acta-Horticulturae. No:488, 477-482.
- Okie, W. R. & Werner, D. J. (1996). Genetik influence on flower bud density in peach and nectarine exceeds that of environment. Hort Science 31(6): 1010-1012.
- Pedersen, H. L. & Hansen, P. (1996). Effect of timing of nitrogen supply on growth, bud, flower and fruit development of young sour cherries (*Prunus cerasus* L.). Department of Fruit and Vegetables, Kirstinebjergvej 6, Aarslev, Denmark.
- Proebsting, E. L. & Middleton, J. E. (1980). The behavior of peach and pear trees under extreme drought stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(3): 380-385.
- Proebsting, E. L., Middleton, J. E. & Mahan, M.O. (1981). Performance of bearing cherry and prune trees under very low irrigation Rates. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(2):243-246.
- Rhee, V. S. (1977). Studies on flower bud differentiation in the main fruit trees grown in Korea. Studies on the effects of environmental factors and cultural treatments on flower bud differentiation in certain fruit species in Korea. Journal of the Korean Soc. For Hort. Sci., 16,2, 121-143.
- Richard, E.C.L., Chin, S.T. & David, M.H. (1994). Cultivar, ground-cover and irrigation treatments and their interactions affect long-term performance of peach trees. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 119(1): 12-19.
- Rodrigo, J. & Herrero, M. (2002). Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. Sci. Hort. 92, 125-135.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. (1992). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company.
- Schuyler, D. S., Hossein, D. & Anderson J. L. (1992). Autumn-applied growth regulators influence leaf retention, bud hardiness, bud and flower size, and endodormancy in peach and cherry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(2): 203-208.
- Shen, Y.Y., Guo, J.X., Liu, C.L. & Jia K.G. (1999). Effect of temperature on the development of peach flower organs. Acta Horticulturae- Sinica, 26:1,1-6.
- Sorkel, A. K. & Proebsting, E. L. (1993). Dead prunus flower-bud-Primordia retain deep-supercooling properties. HortScience 28(8): 831-832.
- Stephen, M. S., James, T. Y. & Zhou, H. (1995). Flowering and fruiting in 'Patterson' apricot (*Prunus armeniaca*) in response to postharvest application of gibberellic acid. Scientia Horticulture Vol. 60 (3-4) pp. 247-277.
- Ülkümen, L. (1972). Çiçek tomurcuğu teşekkül zamanında meyve ağaçlarında mahsuldarlık ve kültür tedbirlerindeki başarı bakımından önemi. Atatürk Üniv. Zir.Fak. Yayınları: 67.

- Ünal, A. (1987). Seçilmiş bazı badem klonlarında çiçek tomurcuklarında morfolojik ayırım zamanının saptanması ve çiçek organ taslaklarının gelişimi üzerinde araştırmalar. *Doğa Dergisi* 11, 2, 461 – 472.
- Voloshina, A. A. (1972). Morphogenesis of sweet and sour cherry flower buds and the role of temperature in their development under crimean conditions. *Hort.Abst.*,42,1,475.
- Wellensiek, S. J. (1977). Principles of flower formation. *ActaHort.* 68, 17-27.
- Williams, R. R., Child, D. V., Lopas, L. & Holgate, M. E. (1987). The mechanism of yield suppression by a triadimefon fungicide programme on the apple c.v. cox's orange pippin. *Journal of Horticultural Science*, 62,3,291-294.
- Yentür, S. (1995). Bitki Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Sayı: 3808, İstanbul.
- Zhong, X. H., Luo, X. S. & Liu, K. H. (1998). Research of flower bud differentiation and changes in some metabolic processes of Nai-Plum. *Advances in Horticulture*. 2: 159-164.
- Zilkah, S., Wiesmann, Z. Klein, I. & David, F. (1996). Foliar applied urea improves freezing protection to avocado and peach. *Scientia Horticulturae*. 66(1-2): 85-92.



## BÖLÜM 2

### COĞRAFİ İŞARET VE TÜRKİYE'DE COĞRAFİ İŞARETLİ ÜZÜM ÇEŞİTLERİ

Doç. Dr. Burçak İŞÇİ<sup>1\*</sup>  
Zir. Müh. Nisa SİNANOĞLU<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14274949>

---

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 35100 İzmir-Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6542-0271>

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 35100 İzmir-Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-3344-9314>

\*sorumlu yazar: [burcak.isci@ege.edu.tr](mailto:burcak.isci@ege.edu.tr)





## 1. GİRİŞ

Coğrafi işaretleme, bir ürünün belirli bir bölgeye özgü özelliklerini, coğrafi kökenini ve üretim yöntemlerini belirten, ürünlerin kalitesini ve güvenilirliğini garanti etmekle birlikte kültürel ve yerel kimliği koruyucu sınıai mülkiyet haklarından biri olarak tanımlanır. Kapsamı dâhilindeki ürüne aktif pazarlama unsurları kazandırmakta, bitkisel üretimin çeşitliliğini sağlamakta, yerel üretime katma değer sağlamaktadır. Türkiye’de 7’si mahreç, 26’sı menşe olmak üzere 33 üzüm çeşidi tescil edilmiş durumdadır. Bu derleme kapsamında Türkiye’de coğrafi işaretli üzüm çeşitleri incelenmiştir.

## 2. DÜNYADA ve TÜRKİYE’DE COĞRAFİ İŞARET KAVRAMI

Coğrafi işaret terimi tüm dünyada, belirli bir lokasyona yani coğrafi bölgeye özgü olan ve o bölgeden kaynaklanan ürünlerin kalitesini, ününü veya diğer özelliklerini tanımlayan bir sınıai mülkiyet hakkı olarak ifade edilir. Bu işaretler, tüketicilere ürünün belirli bir coğrafi kaynaktan geldiğini ve bu kaynağın belirgin özelliklerini taşıdığını garanti etmektedir. Üreticilere ürünlerinin değerini artırma ve taklitlerden korunma imkânı sunarken, tüketicilere de ürünlerin orijinalliği ve kalitesi konusunda güvence verir. Coğrafi işaretlerin korunması yerel ekonomilerin desteklenmesi ve kültürel mirasın korunması açısından büyük önem taşımakla birlikte gelecek kuşaklara miras olarak nitelendirilmektedir (Aslan ve Kaya, 2017).

Coğrafi işaretlerin başarılı örnekleri arasında Fransa’da üretilen şampanya, İtalya’dan Parmigiano Reggiano peyniri ve İspanya’dan Manchego peyniri bulunmaktadır. Fransa’da 1887’de kabul edilen şaraplar için “menşe adı” sisteminin bir parçası olarak coğrafi işaretler kullanılmaya başlanmış ve daha sonra bu sistem diğer tarım ürünlerini de kapsayacak şekilde genişletilmiştir (Bérard ve Marchenay, 2006). Avrupa Birliği 1992 yılında coğrafi işaretlerin korunmasına yönelik bir sistem kurmuş ve bu kapsamda "Korunan Menşe Adı" (Protected Designation of Origin-PDO) ve "Korunan Coğrafi İşaret" (Protected Geographical Indication - PGI) etiketlerini oluşturmuştur (Avrupa Komisyonu, 2020). Bu etiketler, ürünlerin belirli bir bölgeye ait olduğunu ve bu bölgenin kendine özgü özelliklerini taşıdığını garanti etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri’nde, coğrafi işaretler genellikle ticari markalar altında korunmaktadır. Özellikle şarap ve peynir endüstrilerinde, Napa Valley şarapları ve Wisconsin peyniri gibi ürünler coğrafi işaret

statüsünden faydalanmaktadır. Japonya'da coğrafi işaretler 2015 yılında yürürlüğe giren bir yasa ile korunmaktadır. Bu yasa, yerel tarım ürünleri ve gıda maddelerinin kalitesini ve itibarını korumak amacıyla geliştirilmiştir (Kireeva ve Oono, 2015).

Türkiye'de coğrafi işaret sınai mülkiyet hakkının tescil ve koruması, 1995 tarih itibarıyla yürürlük kazanan 555 Sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Avrupa Birliğine uyum yasa çalışmaları çerçevesinde başlamıştır. Bu yasa 2017 yılında güncellenerek 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu kapsamında düzenlenmiştir. 10.01.2018 tarihinde kabul edilen “Amblem Yönetmeliği” ile güncel uygulamalara geçilmiştir (Tekelioğlu, 2019). 6769 sayılı kanunun 34. madde içeriği coğrafi işaretin tanımını; *“Coğrafi işaret; belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleri bakımından kökenin bulunduğu yöre, alan, bölge veya ülke ile özdeşleşmiş ürünü gösteren işarettir”* şeklinde yapmıştır. Bu tanımdan anlaşılacağı üzere ürüne ait tüm karakteristik nitelikler, belirlenmiş bir coğrafi sınır, coğrafi sınıra özgü beşeri ve doğal unsurlarla ürün arasındaki bağın belirlenmesi ve bildirilmesi gerekmektedir.

6769 Sayılı kanun nezdinde, Coğrafi işaret; belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleri bakımından kökenin bulunduğu yöre, alan, bölge veya ülke ile özdeşleşmiş ürünü gösteren işarettir. Coğrafi işaretler, menşe adı ya da mahreç işareti olarak tescil edilir. *“Coğrafi sınırları belirlenmiş bir yöre, bölge veya istisnai durumlarda ülkeden kaynaklanan, tüm veya esas özelliklerini bu coğrafi alana özgü doğal ve beşerî unsurlardan alan, üretimi, işlenmesi ve diğer işlemlerin tümü bu coğrafi alanın sınırları içinde gerçekleşen ürünleri tanımlayan adlar menşe adıdır”*. *“Coğrafi sınırları belirlenmiş bir yöre, bölge veya ülkeden kaynaklanan, belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleri bakımından bu coğrafi alan ile özdeşleşen, üretimi, işlenmesi ve diğer işlemlerinden en az biri belirlenmiş coğrafi alanın sınırları içinde yapılan ürünleri tanımlayan adlar mahreç işaretidir”*. Bir sınai mülkiyet hakkı türü olan coğrafi işaretlerle birlikte düzenlenen SMK md. 33 vd. maddelerinde *“Menşe adı veya mahreç işareti kapsamına girmeyen ve ilgili piyasada bir ürünü tarif etmek için geleneksel olarak en az otuz yıl süreyle kullanıldığı kanıtlanan adların geleneksel ürün adı”* olarak tanımlanacağı belirtilmiştir.

Gerek menşe adları gerekse mahreç işaretlemeleri ülkemizin zengin kültürel ve doğal mirasının korunması, yerel ekonomilerin desteklenmesi ve yerel üreticilerin haklarının teminat altına alınması açısından büyük kazanım

sağlamaktadır. Coğrafi işaretlerin Türkiye'deki uygulamaları, yerel ekonomilerin desteklenmesi, kırsal kalkınmanın teşvik edilmesi ve kültürel mirasın korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından yürütülen coğrafi işaretleme tescil ve koruma süreçleri, ülkenin çeşitli coğrafi bölgelerinden gelen ürünlerin değerini artırırken, tüketicilere de ürünlerin kalitesi ve orijinalliği konusunda güvence sağlamaktadır. Resmi gazetede 29.12.2017 tarih ve 30285 sayılı yayınlanan, “Coğrafi İşaret ve Geleneksel Ürün Adı Amblem Yönetmeliği” kapsamında menşe adı ve mahreç işareti amblemlerinin (Şekil 1) kullanımı ve teminine yönelik esasları açıklamıştır. Gerek menşe adı gerekse mahreç işaretine sahip tescilli coğrafi işaretler her denetimlerinde amblem kullanımı kapsamında da kontrole tabi tutulmaktadır (Arslan, 2021).

Ülkemizde tescil türlerine göre menşe adı %24.7, mahreç işaretli %75, geleneksel ürün adı ise %0.4 orana sahiptir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/Statistics/Type>).



Şekil 1: Menşe adı amblemi (solda), Mahreç işareti amblemi (sağda)

Ülkemizde coğrafi işaret başvuru hakkına sahip olan taraflar 6769 Sayılı SMK içeriğinde belirlenmiş olup gerçekleşen müracaatlar Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından değerlendirilmektedir. Ülkemizde Türk Patent ve Marka Kurumu nezdinde coğrafi işaretlerin tescil sahipleri başta belediyeler, ikinci sırada ticaret/sanayi odaları, üçüncü sırada ise ticaret borsalarıdır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/Statistics/RegistrationOwners>).

Aşağıda sayılanlar coğrafi işaret müracaat hakkına sahiptir:

- Sadece belirlenmiş bir ürünü üreten üreticilerin grupları
- Ürünle ilgili coğrafi olarak belirlenmiş alanda mevcut ilgili kamu kurumları, kuruluşları ve kamu kurumu niteliğinde olan meslek örgütleri
- Ürünle ilgili sivil toplum kuruluşları, ürünün gelişmesi yararına ve kar gözetmeksizin çalışan kooperatif, vakıf gibi tüzel kuruluşlar
- Söz konusu ürünün tek üreticisi konumundaki üreticiler

Kanunun 38. maddesi çerçevesinde başvuru şartlarını karşılayan müracaatlar “Resmi Coğrafi İşaret ve Geleneksel Ürün Adı Bülteni” ile yayımlanma hakkını elde eder. Bültende yayımlanan coğrafi işaret müracaatları ülke genelinde ilanen tüm kamuya duyurulmuş olur ve ilgili taraflar yayımlandığı tarihten itibaren üç ay süresince bu başvurulara itiraz etme hakkını edinir. İtiraz ve itirazların incelenmesi süreci kanunun 40. maddesi kapsamında incelenmektedir. İtiraz süreci sonunda, hakkında itiraz bulunmayan veya itirazları reddedilen başvurular tescil edilmeye hak kazanmaktadır. Ayrıca, itirazların incelenmesi sonucunda gerekli değişiklikler yapılan başvurular da tescil edilebilmektedir. Tescil işlemi tescil bildiriminin alınmasına müteakip iki ay içerisinde, tescil bildirim bedelinin ödenmesi ve ödeme belgesinin kuruma sunulması şartıyla gerçekleştirilir. Tescil edilen başvuru, Coğrafi İşaret sicil sistemine kayıt edilerek tescil hakkı kazanmış hali ile yeniden Resmi Coğrafi İşaret ve Geleneksel Ürün Adı Bülteni ile yayımlanmaktadır. İlgili süreçlerin yasal düzenlemelere tabi olması, coğrafi işaretleme sürecinin işletilmesi, coğrafi işaretlerin korunmasının ve doğru bir şekilde tescil edilmesi açısından süreç yönetimini kusursuz ve etkin bir hale getirmektedir.

Türkiye’de gerek menşe adı gerekse mahreç işareti coğrafi işaret müracaatları ürün grupları bazında ayrıştırılmaktadır. İşlenmiş ve işlenmemiş meyve / sebze / mantarlar, peynir ve tereyağı hariç süt ürünleri, dokumalar gibi 18 ana başlıkta gruplanmaktadır.

Ülkemizde tescil edilmiş coğrafi işaretlerin denetim uygulamaları 6769 Sayılı SMK 49. maddesi kapsamında yerine getirilmektedir. Gerek menşe adı gerekse mahreç işaretli ürün amblemlerini kullanmaya hak kazanan ürünlerin üretimleri, piyasaya arzları ve/veya dağıtımlarının coğrafi işaret sicil dosyasında belirtilen özelliklere uygunluk denetimleri bu madde kapsamında değerlendirilmektedir. Denetim uygulamaları coğrafi işaret başvurusunda belirtilen ve Türkiye Patent Kurumu tarafından yeterlilikleri onaylanan denetim mercii tarafından yerine getirilmektedir.

## **2.1. TÜRKİYE’DE ÜZÜM ÜRÜNÜ KAPSAMINDA COĞRAFI İŞARETLEME**

Türkiye’de “Üzüm” ürünü Coğrafi İşaretleme uygulamaları ‘İşlenmiş ve işlenmemiş meyve ve sebzeler ile mantarlar’ ürün gurubunda değerlendirilmektedir. Bu kategoride toplamda 486 adet ürünün 49 adedi üzüm tesciline yönelik olup, 17 üzüm dosyası başvuru aşamasında sürecini

yürütmektedir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/Statistics/ProductGroup>, Erişim: 09.04.2024)

İşlenmiş ve işlenmemiş meyve ve sebzeler ile mantarlar ürün grubu kapsamında yer alan üzümün %10.08 oranı ile yüksek seviyeye sahip ürünlerden biri olduğu bilinmektedir. Çeşitlerine ve türlerine göre sofralık, şaraplık, kurutmalık, şıralık gibi çeşitli üretimler için yetiştirilen üzümlerin coğrafi işaret olarak işaretlenmeleriyle yerel ve ulusal düzeyde ekonomik kalkınmaya büyük oranda katkı sağlanacaktır.

Menşe adı türünde tescilli üzüm işaretlemeleri dâhilinde belirtilen 26 üzüm çeşidi, Mahreç işaret dâhilinde belirtilen 7 üzüm çeşidi vardır.

## 2.1.1. TÜRKİYE'DE MENŞE ADLI ÜZÜMLERİN İNCELENMESİ

### 2.1.1.1. Adıyaman Besni Üzümü

Menşe adlı “Adıyaman Besni Üzümü” Adıyaman iline bağlı Besni Belediyesi tarafından 2018 yılında tescil ettirilmiştir. Adıyaman’a bağlı Besni ilçesinin Beşkoz, Burunçayır, Çorak, Suvarlı, Pınarbaşı, Karalar, Oyalı, Yayıklı ve Sarıyaprak köyleri sınırları içinde yetiştirilen “Adıyaman Besni Üzümü” Besni üzüm çeşidinden, çekirdekli bir üzüm olup kurutmalık olarak yetiştirilmektedir. Ağustos ayının 10.-25. günleri arasına olgunluğa erişen üzümlerin Eylül ayının ikinci haftasına kadar hasadına devam edilmektedir. Hasat edilen üzümler; asma odun külü veya saf zeytinyağı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş olarak piyasaya sunulmaktadır. İşaretleme meyvenin yaş halini de koruma altına almıştır. Ürün ambalajı üzerinde “Adıyaman Besni Üzümü” ibaresini içeren etiketin (Şekil 2) bulunması gerektiği tescil dosyasında belirtilmiş durumdadır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



Şekil 2: Adıyaman Besni Üzümü etiketi. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/38352> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.2. Arapgir Köhne Üzümü

Menşe adlı “Arapgir Köhne Üzümü” 2007 yılında, Arapgir Belediyesi tarafından tescil ettirilmiştir. Malatya iline bağlı Arapgir ilçesinin tüm köylerinde şarap ve sofralık olarak yetiştirilir. Ürünün ayırt edici özellikleri;

tanesi yumurta şeklinde ve iri, siyah renkli, kabuğu orta kalınlıkta, 2-3 çekirdekli, salkımı ise konik ve sık yapıda olduğu belirtilmiştir. Çiçek yapısı erdişi olarak tanımlanmıştır. Kuru maddesi orta, asitlik düşük derecede olup %73 oranında yüksek şıra randımanı, meyve etrafında sis tabakası özelliklerinin belirgin özellikleri olduğu belirtilmiştir. Eylül ayının ikinci haftası Arapgir ilçesinde bağ bozumu şenlikleriyle birlikte hasat edilen üzümün menşe adı kullanım biçimi markalama olarak belirlenmiştir (Şekil 3) (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 3:** Arapgir Köhne Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/37976> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.3. Avşa Ada Karası Üzümü

Menşe adlı “Avşa Ada Karası Üzümü” 2023 yılında, Erdek Ticaret Odası tarafından tescil ettirilmiştir. Balıkesir ili, Marmara ilçesine bağlı Avşa Adası sınırlarında şıralık ve şaraplık olarak yetiştirilir. Mavi-siyah renk ve tonlarında, tatlı ve buruk bir tada sahip olmasıyla birlikte (Şekil 4) Eylül ayının ikinci haftası hasat zamanının başladığı belirtilmiştir. Ürünün tanımı ve ayırt edici özellikleri bölümünde coğrafi alanın toprak yapısı, iklim özellikleri ve fiziksel-kimyasal özellikleri detaylı olarak tanımlanmıştır. İlaven yetiştiriciliğine yönelik bağ tesisi, toprak ve iklim istekleri, toprak hazırlığı ve gübreleme, budama, sulama, zirai mücadele, hasat, depolama ve muhafaza ile piyasaya arz koşulları detaylı olarak tanımlanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 4:** Avşa Adası Karası Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/6603> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.4. Bornova Misket Üzümü

Menşe adlı “Bornova Misket Üzümü” Bornova Belediyesi tarafından 2021 yılında tescil ettirilmiştir. Coğrafi alanı; İzmir iline bağlı Bornova,

Menemen, Menderes, Seferihisar, Torbalı ve Urla ilçeleri ilaveten Kemalpaşa ilçesine bağlı Halilbeyli Mahallesi olarak belirlenmiş olan “Bornova Misket Üzümü” misket kokulu yerel bir çeşittir. Bu üzüm çeşidi şarap, şıra üretimi ve sofralık olarak az da olsa kurutmalık olarak yetiştirilmektedir. Beyaz-sarı rengine, çekirdekli, yuvarlak ve orta büyüklükte ki özelliklere sahip üzüm tanelerinin salkımları ise orta boyda, konik silindir şeklindedir. En belirgin özelliği suyunda ki misket kokusuna sahip güçlü aromasıdır. Ağustos ayında hasadı yapılan üzümün geçmişi Evliya Çelebi'nin 1671 yılında beğeniyle bahsettiği tarih kitaplarına dayanır. Coğrafi işaret sicil belgesinde; sürgün ucu, boğum arası, kış gözü ve sülük, genç yaprak, çiçek ve salkım taslağı, olgun yaprak, salkım, tane gibi ve genel bileşim özellikleri detaylı olarak tanımlanmıştır. Tescil işaretinin kullanım biçimi ise ibaresi, kendine özgü logosu (Şekil 5) ve amblem zorunluluğu şeklinde belirtilmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay>).



**Şekil 5:** Bornova Misket Üzümü logosu. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay/123> (Erişim: 09.04.2024)

#### 2.1.1.5. Bozcaada Çavuş Üzümü

Menşe adlı “Bozcaada Çavuş Üzümü” S.S. Bozcaada Tarımsal Kalkınma Kooperatifi tarafından 2020 yılında tescil ettirilmiştir. Coğrafi sınırı Çanakkale ili Bozcaada ilçesini kapsayan üzüm çoğunlukla yaş halde tüketime sunulmakta olup son yıllarda kısmen şaraplık olarak da değerlendirilmektedir. İri ve yuvarlak/oval taneli, yeşil ve sarımsı puslu rengine sahip Bozcaada Çavuş Üzümü'nün en belirgin özelliği dişi fizyolojisinden kaynaklı tozlayıcı ihtiyacıdır ve tozlayıcılar tescil dosyasında açıkça tanımlanmıştır. Sicil dosyası içeriğinde üzüme özgü tanım ve karakteristik özellikleri detaylı olarak tanımlandığı üzere hasadı iklim şartlarına bağlı olarak ağustos ayında olgunluk seviyesine göre gerçekleştirilir. Ürün ambalajı üzerinde “Bozcaada Çavuş Üzümü” ibaresini içeren logosu (Şekil 6) ile menşe adı ambleminin yer alması gerekmektedir. Ürün ambalajının bulunmaması halinde ise logo ile amblemi işletmede kolayca görünecek bir yerde bulundurulması belirtilmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay>).





**Şekil 6:** Bozcaada Çavuş Üzümü logosu. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/38630> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.6. Cimin Üzümü

Menşe adlı “Cimin Üzümü” 2001 yılında, Erzincan Üzümlü Belediyesi tarafından tescil ettirilmiştir. Coğrafi sınırı Erzincan ili, Üzümlü ilçesi ve Avcılar, Bayırbağ, Karayaka, Çadırtepe, Pişkindağ, Geyikli belde ve köylerinde sofralık olarak yetiştirilmektedir. Ayırt edici fiziksel özellikleri siyah renkte, şekli basık ve oval, ortalama 3 ila 4 g, ortalama 1 ila 4 çekirdekli, kabuk kalınlığı orta düzeyde, tatlı ve mayhoş aromalı olarak (Şekil 7) tanımlanmıştır. Coğrafi işaret sicil belgesinde bölgesel bağı ile iklim ve nem faktörlerinin etkileşimi açıklanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 7:** Cimin Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/37900> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.7. Denizli Çalkarası Üzümü / Çalkarası Üzümü

Menşe adlı “Denizli Çalkarası Üzümü / Çalkarası Üzümü” Çal Ziraat Odası tarafından 2020 yılında coğrafi sınırı Çal ilçesi olarak tescil ettirilmiştir. Siyah ve morumsu renkte, orta irilikte, dolgun ve etli taneli, elipsoidal ve sulu bu tescilli üzüm, düşük derecede toplam aside ve dengeli tat oranına sahip olduğundan (Şekil 8) şaraplık üretimde ve kurutmalık üzüm olarak kullanılmaktadır. Coğrafi işaret sicil belgesinde; rakım, yağış, iklim gibi yöreye özgü niteliklerin üzüme ayırt edici nitelik kazandırdığı, böylece fiziksel, kimyasal özellikleri ile diğer üzümlerden ayrıştığı kanıtlanmıştır. Yine sicil belgesinde; fidan temini, kültürel işlemler (toprak işleme, gübreleme, budama, sulama, zirai mücadele, hasat) detaylı olarak tanımlanmıştır. Ağustos ayı ortalarında istenilen rengin oluşması, 23 ve üzeri kuru madde oranına

erişilmesi, sap ve çekirdeklerin kahverengileşmesi ile hasadına başlanır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay>).



**Şekil 8:** Denizli Çalkarası Üzümü / Çalkarası Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay/38547> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.8. Diyarbakır Boğazkere Üzümü

Menşe adlı “Diyarbakır Boğazkere Üzümü” 2021 yılında, Diyarbakır Ticaret ve Sanayi Odası tarafından tescil ettirilmiş olup yine 16 Ocak 2021 tarih ve 105 sayılı Bülten ile revize edilerek güncel hale getirilmiştir. Diyarbakır ilinde, şarap üretimi amacıyla yaygın olarak yetiştirilmekle birlikte pekmez, pestil, şıra, sucuk, kesme gibi ürünlerin üretimi içinde yetiştirilir. Mor-Siyah renge ve buruk bir tada sahip bu tescilli üzüm Boğazkere çeşidi üzümünden (Şekil 9) elde edilmektedir. Tescilli ürünün; morfolojik yapısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri tanım ve ayırt edici özellikler bölümünde detaylı olarak belirtilmiştir. Toprak işleme, gübreleme, budama, sulama, zirai mücadele ve hasat özellikleri ise kültürel işlemler bölümünde açıklanmıştır. Eylül ve Ekim aylarında elle hasat edilen üzümün menşe adı kullanım biçimi markalama olarak belirlenmiştir. Markalamada; üzüm ibaresi ve amblem kullanımına yönelik zorunluluk açıkça vurgulanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay>).



**Şekil 9:** Diyarbakır Boğazkere Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay/38509> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.9. Ege Sultani Üzümü

Menşe adlı “Ege Sultani Üzümü” İzmir Ticaret Borsası tarafından 2003 yılında tescil hakkını elde etmiştir. Manisa ilinin ilçeleri, İzmir ilinin Torbalı, Menderes, Kemalpaşa, Menemen, Bayındır ilçeleri ile Denizli ilinin Buldan, Bekili, Çal, Çivril ve Güney ilçeleri coğrafi alanı olarak belirlenmiştir. Bu üzüm çeşidi çekirdeksiz üzüm *Vitis vinifera* L. türüne giren kültür asması çekirdeksiz

üzümü olarak (Şekil 10) tanımlanmıştır. Asma özellikleri, yaş meyve ve kuru meyve özellikleri ayırt edici nitelikte detaylı olarak tanımlanmıştır. Yine yağış, hava nemi ve don kapsamında iklim istekleri, toprak istekleri ve hasat ve kurutma proses basamakları da menşe işaretlemesi dosyasında açıklanmıştır. Kullanım biçimi markalama olarak belirtilmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 10:** Ege Sultani Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/37919> (Erişim: 09.04.2024)

#### 2.1.1.10. Elazığ Boğazkere Üzümü

Menşe adlı “Elazığ Boğazkere Üzümü” 2019 yılında, Elazığ Üzüm Üreticileri Birliği, Elazığ Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Fırat Kalkınma Ajansı, Elazığ Ticaret ve Sanayi Odası, Fırat Üniversitesi olmak üzere 5 Kurum tarafından tescil ettirilmiştir. Coğrafi sınırı Elazığ ve Elazığ’a bağlı Ağın, Arıcak, Maden, Alacakaya, Keban, Baskil, Karakoçan, Kovancılar, Palu ve Sivrice ilçelerinde şıralık ve şaraplık olarak yetiştirilmektedir. Boğazda yanma ve ekşime tadı oluşturduğundan (Şekil 11) bu ad ile anılan üzüme ayırt edici nitelik kazandıran coğrafi alan, toprak ve iklim özellikleri sicil belgesinde detaylı olarak açıklanmıştır. Fiziksel özellikleri ve kimyasal değerlerinin yanı sıra toprak işleme ve gübreleme ile kültürel işlemler yine detaylı olarak tanımlanmıştır. Menşe adı kullanım biçiminin Elazığ Boğazkere Üzümü ibaresinin marka ile birlikte kullanılması şeklinde belirlenmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 11:** Elazığ Boğazkere Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/38402> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.11. Elazığ Öküzgözü Üzümü

Menşe adlı “Elazığ Öküzgözü Üzümü” Elazığ İl Tarım Müdürlüğü tarafından 2008 yılında coğrafi sınırı Elazığ Merkez İlçesi, Ağın, Arıcak, Alacakaya, Maden, Baskil, Karakoçan, Kovancılar, Keban, Sivrice ve Palu ilçeleri olarak sinonimi Devegözü cinsinden tescil ettirilmiştir. Adı iri yapısından gelen Elazığ Öküzgözü Üzümü etli ve sulu taneli, bol sıralı, çeşide özgü tadı, orta kalın kabuklu özellikleriyle (Şekil 12) sofralık ve kurutmalık olarak nitelendirilmiştir. Sicil belgesinde; coğrafi durumu, toprak, iklim, bitki, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin detaylı olarak tanımlandığı Elazığ Öküzgözü Üzümü’nün ayrıca şarap yapımı içinde oldukça uygun olduğu belirtilmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



Şekil 12: Elazığ Öküzgözü Üzümü görseli. Kaynak:

<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/37983> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.12. Erciş Üzümü

Menşe adlı “Erciş Üzümü” Van Ticaret Borsası tarafından 2020 yılında tescil hakkını elde etmiştir. Coğrafi sınırları Van ili Erciş ilçesi olup sofralık ve zaman zaman da şıralık olarak (Şekil 13) tüketime sunulmaktadır. Tanesi morumsu siyah renkte, hafif basık küresel şekle sahip ve yerli bir üzüm türü olan Erciş Üzümü Eylül ayı ortalarında hasat edilmektedir. Sicil dosyasında ayırt edici tüm fiziksel, kimyasal, karakteristik ve ampelografik özelliklerinin yanı sıra üretim metodu bölümünde yetiştirme şekli, hasat, paketlenme ve satış özellikleri de detaylı olarak tanımlanmıştır. Erciş Üzümü kabuk yapısının ince olması sebebiyle hasadın hemen ardından üzerindeki pulsu tabakaya zarar vermeden kasalara istiflenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Coğrafi işaretin kullanım şekli kapsamında ibare ve ambleminin bulundurulmasına yönelik uygulama şekli açıklanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



**Şekil 13:** Erciş Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/1764> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.13. Gülnar Kuş Üzümü

Menşe adlı “Gülnar Kuş Üzümü” 2024 yılında, Mersin Büyükşehir Belediyesi tarafından tescil ettirilmiştir. Coğrafi sınırı Mersin’e bağlı Gülnar ilçesinin Üçoluk, Çukurasma ve Tozkovan Mahalleleri olup diğer üzüm çeşitlerine göre küçük boyutlu olan kuş üzümü cinsindedir. Rengi siyah, etli ve az şekerli, ince kabuklu ve çekirdeksiz kurutmalık olarak yetiştirilen Gülnar Kuş Üzümü (Şekil 14) kuru haliyle de siyah renkte ve küçük tanelidir. Üzümüne ait ayırt edici özellikler; toprak yapısı, iklim, rakım, yağış rejimi gibi koşullar ile üzüm arasında ki coğrafi bağın özellikleri tanımlanmıştır. Yine ayırt edici özellikler bölümünde yaş üzümün fiziksel hali ile kuru üzümüne ait analiz değerleri detaylı olarak tanımlanmıştır. Logo’su Şekil 14’te görülen Gülnar Kuş üzümünün kurutulmuş halinin ortalama %5 nem oranında olmasından kaynaklı 2 yıl raf ömrüne sahip olduğu özellikle vurgulanmıştır. Dikim ve ilaçlama, budama, toprak işleme, sulama, hasat, kurutma, muhafaza koşulları ve ambalajlama metotları da üretim metodu bölümünde tüm detaylarıyla belirtilmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/>).



**Şekil 14:** Gülnar Kuş Üzümü görseli ve Gülnar Kuş Üzümü logosu. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/4824> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.14. Iğdır Beyaz Üzümü / Miskalı

Menşe adlı “Iğdır Beyaz Üzümü / Miskalı” 2021 yılında, Iğdır Ticaret ve Sanayi Odası tarafından tescil ettirilmiştir. Iğdır ili sınırları içinde yetiştirilen

üzümün coğrafi alanla bağı Iğdır Ovası'nın sahip olduğu mikro klima özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Iğdır Beyaz Üzümü / Miskalı fenolojik safhalara uygun olarak kademeli hasat zamanına sahip bir üzüm çeşididir (Şekil 15) (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/>).



**Şekil 15:** Iğdır Beyaz Üzümü / Miskalı görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/1682> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.15. İncesu Karaevrek Üzümü

Menşe adlı “İncesu Karaevrek Üzümü” İncesu Belediyesi tarafından 2014 yılında tescil ettirilmiştir. Kayseri ili İncesu ilçesi sınırları içinde yetiştirilen İncesu Karaevrek Üzümü kültür çeşidi üzümüdür. İncesu ilçesini çevreleyen Hasan, Erciyes, Melendiz sönmüş volkanik dağlarından kaynaklı tüflü toprak ve yumuşak kayalık alanların bağcılığa uygun hale getirilmesiyle, aynı zamanda yüksek rakım ve iklim özelliklerinin bağcılığa uygun olmasıyla birlikte yöreyle ün bağı oluşmuştur. Tatlı ve çekirdek sayısı 2-3 adet olan İncesu Karaevrek Üzümüne ait fiziksel ve kimyasal özellikler (Şekil 16) coğrafi işaret sicil dosyasında detaylı olarak tanılanmıştır. Hasat zamanı mevsimsel şartlara bağı olarak Ağustos ayı içinde gerçekleştirilmektedir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/>).



**Şekil 16:** İncesu Karaevrek Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/38139> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.16. İsabey Çekirdeksiz Üzümü

Menşe adlı “İsabey Çekirdeksiz Üzümü” Saruhanlı Esnaf ve Sanatkârlar Odası tarafından 2021 yılında coğrafi sınırı Manisa ili Saruhanlı ilçesi olarak “Sultana” çeşidi cinsinden (Şekil 17) tescil ettirilmiştir. Adına Saruhanlı Altın Üzüm ve Kültür Festivali düzenlenen ve coğrafi sınırın önemli bir ekonomik

değeri olan Saruhanlı Çekirdeksiz Beyaz Üzümü orta irilikte ve normal sıklıkta salkımları olan, çekirdeksiz, etli, sulu ince kabuklu, yuvarlak ve eliptik şekle sahiptir. Hasat zamanı ağustos ortasından eylül başına kadar devam eden üzümün sicil belgesinde; fiziksel ve kimyasal özellikleri detaylı olarak tanımlanmış olup üretim metoduna yönelik detaylar belirtilmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 17:** Isabey Çekirdeksiz Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/37945> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.17. İznik Müşküle Üzümü

Menşe adlı “İznik Müşküle Üzümü” İznik Belediyesi tarafından 2021 yılında tescil ettirilmiştir. Bursa ili İznik ilçesi sınırları içinde yetiştirilen üzümün coğrafi alanla bağı coğrafi alanın iklim, ekoloji, rakım, yüzey ve toprak yapısı özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Geççi ve dayanıklı yapısından kaynaklı muhafaza süresi uzun olup ekim ayı sonundan kasım ayına kadar kademeli hasat zamanına sahip olan İznik Müşküle Üzümü (Şekil 18) tane yapısı iri, sert, sulu, hafif eliptik, kehribar sarısı renginde sofralık bir üzüm çeşididir. Terbiye sistemi, budama, toprak hazırlığı, gübreleme, sulama, ilaçlama, hasat, ayıklama, ambalajlama, taşıma ve depolama olmak üzere tüm üretim metodu detaylı olarak tanımlanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 18:** İznik Müşküle Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/3003> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.18. Kavacık Üzümü

Menşe adlı “Kavacık Üzümü” İzmir iline bağlı Karabağlar Belediyesi tarafından 2019 yılında tescil ettirilmiştir. İzmir ili Karabağlar ilçesi Kavacık Köyü sınırları içinde yetiştirilen Kavacık Üzümü sofralık üzüm olup “Alphonse Lavallée” kültivarının yetiştirilmesiyle elde edilmektedir. Mor-siyah renkte, parlak ve iri taneli, kalın kabuklu, mukavemetli ve oldukça tatlı bir çeşit olan Kavacık Üzümü’ nün (Şekil 19) coğrafi alanla bağı tescil dosyasında detaylı olarak açıklanmıştır. Hasat zamanı için yaklaşık 500 m rakımında olan bağlarda 10-12 Ağustos ile ekim ayı ortalarına kadar, rakımı yaklaşık 1000 m olan bağlarda ise 10-12 Eylül ile kasım ayının ilk haftasına kadar şeklinde tanımlama yapılmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



**Şekil 19:** Kavacık Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/38553> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.19. Malatya Banazı Karası Üzümü

Menşe adlı “Malatya Banazı Karası Üzümü” 2021 yılında, Malatya İli Yeşilyurt İlçe Belediyesi tarafından tescil ettirilmiştir. Malatya ili Yeşilyurt ve Akçadağ ilçelerinde kurutmalık olarak yetiştirilen siyah renkli ve çekirdekli bir üzümdür. Tescil dosyasında kabuğunda yüksek oranda tanen bulunduğundan buruk bir tada sahip olması ile sofralık taze tüketime uygun olmadığı belirtilmiştir. Orijinal renginin siyah ve puslu yapısı ile (Şekil 20) diğer kurutmalık üzümlerden ayırt edici niteliğinin olduğu vurgulanmıştır. Morfolojik özellikleri bakımında omca habitusunun çok kuvveti olması nedeniyle hasat döneminde olgun meyvelerin dalında buruşmasıyla hasat edilmesi gereği tanımlanmıştır. Coğrafi alanla bağı, diğer ayırt edici özelliklerinin ve üretim metodunun detaylı olarak açıklandığı tescil dosyasında denetime esas kriterler de belirlenmiştir. Bu kriterler; bağ tesisi, zirai mücadele teknikleri, hasat, meyve suyunun %22-24 aralığında SÇKM oranı, taze olgun meyvelerde %60 civarında şıra randımanı, kendine özgün yapısı, salkımların kurutma esnasında dökülme durumu, kurutulmuş salkımlarda %18-21 aralığında nem oranı, salkım şeklinde kurutma ve kurutmada puslu yapının



korunması, depolama koşulları ve ibare ve ambleminin kullanım uygunluğu olarak sıralanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



**Şekil 20:** Malatya Banazı Karası Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/38119> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.20. Manisa Sultani Çekirdeksiz Üzümü

Menşe adlı “Manisa Sultani Çekirdeksiz Üzümü” Manisa Ticaret Borsası tarafından 2019 yılında tescil hakkını elde etmiştir. Coğrafi sınırı Manisa ili olup sofralık, kurutmalık ve şıralık olarak antik çağlardan bu yana yetiştirilmektedir. Tanesi yeşil-sarı renkte, ince kabuklu, eliptik-yuvarlık şekle sahip, salkımları orta irilikte ve normal sıklıkta olan Manisa Sultani Çekirdeksiz Üzümü (Şekil 21) ağustos ayı ortalarında ve eylül başı aralığında hasat edilmektedir. Sultani adını “sultanlara layık” olarak değerlendirilmesiyle almıştır. Sicil dosyasında ayırt edici yaş ve kuru fiziksel, kimyasal, mineral, organik parametre değerlerinin yanı sıra üretim metodu bölümünde dikim, verim çağında budama, kurutmalık hasat, kurutma, sofralık hasat özellikleri de detaylı olarak tanımlanmıştır, İbare, amblem ve logo kullanımında birincil üreticiler, kuru ve sofralık pazarlayanlar için detaylı olarak açıklamalar yapılmış, tüm ambalaj çeşitleri için ilgili açıklamalar detaylı olarak tarif edilmiştir. Yine üzüme ait logonun pekmez, şıra gibi mamullerde kullanılmaması gerektiği vurgulanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



**Şekil 21:** Manisa Sultani Çekirdeksiz Üzümü logosu. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/38399> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.21. Midyat Zeynebi Üzümü

Menşe adlı “Midyat Zeynebi Üzümü” Midyat Belediyesi tarafından 2022 yılında tescil ettirilmiştir. Mardin ili Midyat ilçesi sınırları içinde yetiştirilen bu üzüm, yerel bir çeşit olan Zeynebi üzüm türünden üretilen yeşil-sarı renginde sofralık bir üzüm çeşididir (Şekil 22).



**Şekil 22:** Midyat Zeynebi Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay/1142> (Erişim: 09.04.2024)

İsmi, fiziksel özellik bakımından ince ve silindirik yapısından kaynaklı Midyat yerel Arapça ağzında ince ve uzun anlamına gelen “Zeynebi” kelimesine benzetmesinden almış ve bu isimle ün salmıştır. Coğrafi alanın ilk hasat edilen üzümü olup hasat zamanı temmuz ve ağustos aylarının son haftalarıdır. Yüksek sıra randımanına sahip üzümün fiziksel ve kimyasal özellikleri tescil dosyasında detayı olarak tanımlanmıştır. Üretim metodu bölümünde ise dikim, budama, aşılama, toprak işleme, hasat gibi aşamaları da açıklanmıştır. Raf ömrünün kısa olmasından dolayı ham hasat edilmesi gereken üzüm türünün 4 ila 14<sup>0</sup>C soğuk hava depolarında 1 ila 2 ay boyunca muhafaza edilebileceği vurgulanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).

### 2.1.1.22. Ömerli Karfoki Üzümü

Menşe adlı “Ömerli Karfoki Üzümü” Ömerli Kaymakamlığı tarafından 2021 yılında tescil hakkını elde etmiştir. Coğrafi sınırları; Mardin ili Ömerli ilçesi olan Ömerli Karfoki Üzümü *Vitis vinifera* L. “Karfoki” yerel çeşidinden yetiştirilmektedir. Yaş, sofralık ve kuru olarak tüketime sunulan üzümün yaş rengi yeşil-sarı, kuru rengi ise kahverengiye yakın kehribar renk olarak (Şekil 23) tanımlanmıştır. Kurutulmadan önce %0.5 ayçiçek yağı ile %5-6 potasyum karbonat ve sudan oluşan potasa eriyiğine batırılarak kurutmasının yapıldığı vurgulanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisaretler/detay>).



**Şekil 23:** Ömerli Karfoki Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/38263> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.23. Safranbolu Çavuş Üzümü

Menşe adlı “Safranbolu Çavuş Üzümü” Karabük iline bağlı Safranbolu Kaymakamlığı tarafından 2022 yılında tescil ettirilmiştir. Karabük ilinin coğrafi olarak sınırlandırıldığı Safranbolu Çavuş Üzümü Karabük ilinde yetişen sofralık bir üzüm olup sarımsı yeşil renge “Çavuş” çeşidi (Şekil 24) üzümünden yetiştirilmektedir. Asma anacı ve sofralık üzüm çeşidinden olan dölleyici çeşitleri detaylı olarak belirtilmiştir. Bölgenin mikro klimal özelliği, karasal ve Karadeniz ikliminin geçiş özelliği, yöreye özgü mevsimsel kriterler gibi unsurların etkisiyle diğer üzüm çeşitlerine kıyasla fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından ayırt edici niteliklere sahiptir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



**Şekil 24:** Safranbolu Çavuş Üzümü logosu. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/5523> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.24. Saruhanlı Çekirdeksiz Beyaz Üzümü

Menşe adlı “Saruhanlı Çekirdeksiz Beyaz Üzümü” Saruhanlı Esnaf ve Sanatkarlar Odası tarafından 2021 yılında coğrafi alanı Manisa'nın Saruhanlı ilçesi olarak “Sultana” çeşidi cinsinden (Şekil 25) tescil ettirilmiştir. Adına Saruhanlı Altın Üzüm ve Kültür Festivali düzenlenen ve coğrafi sınırın önemli bir ekonomik değeri olan Saruhanlı Çekirdeksiz Beyaz Üzümü orta irilikte ve normal sıklıkta salkımları olan, çekirdeksiz, etli, sulu ince kabuklu, yuvarlak ve

eliptik şekle sahiptir. Hasat zamanı ağustos ortasından eylül başına kadar devam eden üzümün sicil belgesinde; fiziksel ve kimyasal özellikleri detaylı olarak tanımlanmış olup üretim metoduna yönelik detaylar belirtilmiştir. Saruhanlı Çekirdeksiz üzümü hem sofralık hem kuru olarak tüketime sunulur (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay>).



**Şekil 25:** Saruhanlı Çekirdeksiz Beyaz Üzümü logosu. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay/2743> (Erişim: 09.04.2024)

#### 2.1.1.25. Senirkent Dimrit Üzümü

Menşe adlı “Senirkent Dimrit Üzümü” 2022 yılında, Senirkent Belediyesi tarafından tescil ettirilmiş olup coğrafi sınırı Isparta ili Senirkent ilçesi olarak belirlenmiştir. Bölgede Latince adı *Vitis vinifera* L. olan kültür asmasından ve Siyah Dimrit çeşidi üzümünden sofralık, şıra ve pekmez üretimi amacıyla yaygın olarak yetiştirilmektedir. Mor ve siyah renginde, oval bir şekle sahip çekirdekli üzümün taneleri 2 ila 2,5 g ağırlığında olup (Şekil 26) salkımları 220-250 g, şekli konik, fazla sıklıktadır. Tescil dosyasında üretim metodunu kapsayan diğer özellikleri de detaylı olarak tanımlanmıştır. Markalamada; Senirkent Dimrit Üzümü ibaresi ve menşe adı ambleminin ürünün veya ambalajının üzerinde yapılması gereği, kendisi veya ambalajı üzerinde kullanılmadığında ise işletmenin kolayca görünebilecek bir yerinde bulundurulması gereği açıkça vurgulanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay>).



**Şekil 26:** Senirkent Dimrit Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay/1623> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.1.26. Tarsus Beyazı Üzüm (Topacık)

Menşe adlı “Tarsus Beyazı Üzüm (Topacık)” Tarsus Belediyesi tarafından 2004 yılında tescil hakkını elde eden yerli ve geleneksel bir üzüm çeşididir. Coğrafi sınırları Mersin iline bağlı Tarsus ilçesi olup yüksek şeker oranına sahip olduğundan pekmez üretimi için yetiştirilir. Yaprağının hafifçe tüylü olması sebebiyle sarmalık yaprak olarak tercih edilmemektedir. Tane eti dolgun, sulu, tatlı ve çekirdekli olup sarı rengindedir. (Şekil 27) Coğrafi işaret sicil dosyasında üzüme ait diğer ayırt edici, fiziksel ve kimyasal özellikleri detaylı olarak tanımlanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



Şekil 27: Tarsus Beyazı Üzüm (Topacık) görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/37931> (Erişim: 09.04.2024)

## 2.1.2. TÜRKİYE’DE MAHREÇ İŞARETLİ ÜZÜMLERİN İNCELEMESİ

### 2.1.2.1. Antep Karası Kuru Üzümü

Mahreç işaretli “Antep Karası Kuru Üzümü” Gaziantep Ticaret Borsası tarafından 2022 yılında tescil ettirilmiştir. Gaziantep ili sınırlarında “Horoz Karası” çeşidinin kurutulmasıyla üretilen, yöreyle ün bağı bulunan üzümdür. Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında, en az %20 miktarında suda çözünür kuru madde değerine ulaşan meyvelerin hasat yapıldığı belirtilmiştir. Kurutma işleminin ise ağustos sonunda başlayarak ekim ayında devam ettiği vurgulanmıştır. Antep Karası Kuru Üzümü’ne ait fiziksel ve kimyasal nitelikleri belirlenmiş olup bağların dikiminden kurutulduktan sonra muhafaza yöntemine kadar tüm proses aşamaları tanımlanmıştır. Ürün ambalajı üzerinde Antep Karası Kuru Üzümü ibaresi (Şekil 28) ve mahreç işareti ambleminin yer alması gerektiği, ambalaj üzerinde kullanılmadığında ise Antep Karası Kuru Üzümü ibaresi ve mahreç işareti ambleminin işletmede kolayca görülecek şekilde bulunması gerektiği tescil belgesinde belirtilmektedir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



**Şekil 28:** Antep Karası Üzümü görseli.

Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay/38443> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.2.2. Elazığ Tahannebi Üzümü

Mahreç işaretli “Elazığ Tahannebi Üzümü” Elazığ Tarım ve Orman Müdürlüğü ile Elazığ Ticaret ve Sanayi Odası tarafından 2023 yılında tescil ettirilmiştir. Elazığ ili sınırları içinde “Tahannebi” çeşidi üzümünden sofralık tüketim ve pestil-orcik üretimi için yetiştirilir. Yerel dilde “ternebi” adıyla bilinen üzümün coğrafi alanla bağı coğrafi sınırın ekolojik durumu, iklim özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Tane rengi sarı ve açık yeşil, uzun ve silindirik yapıda, 5-6 g ağırlığına sahip Elazığ Tahannebi Üzümü (Şekil 29) hasat zamanı temmuz ayı ortasından ağustos ayı sonlarına kadar devam etmektedir. Coğrafi işaret sicil dosyasında üzüme ait yöresel bağ, ayırt edici tüm özellikler başta olmak üzere üretim metodu bölümünde fide temini, yetiştiriciliği, budama, toprak işleme, sulama, ilaçlama, gübreleme, hasat ve muhafaza koşulları ana başlıklarıyla detaylı olarak tanımlanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay>).



**Şekil 29:** Elazığ Tahannebi Üzümü görseli. Kaynak:

<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografisiaretler/detay/4124> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.2.3. Gercüş Mezruna Üzümü

Mahreç işaretli “Gercüş Mezruna Üzümü” Batman Ticaret Borsası tarafından 2023 yılında tescil ettirilmiştir. Batman ili Gercüş ilçesinde yetiştirilen *Vitis Vinifera* türü olan sofralık cinsinden bir üzümdür (Şekil 30). Pekmez, pestil, sucuk ve şarap üretimi içinde yetiştirilen üzümün şıra miktarı

%70-80 oranına sahiptir. Tanesi yeşilimsi ve sarımsı rengine, ince kabuklu ve yuvarlak tanecikli olup fiziksel ve kimyasal özellikleri tescil dosyasının ayırt edici özellikler kısmında detaylı olarak tanımlanmıştır. Gercüş ilçe ekonomisi ve yöresel kültüründe uzun yıllardır kıymetli bir yerde olan Gercüş Mezrune Üzümü 20 Ağustos ila 20 Eylül tarihleri arasında olgunlaşmadan hasat edilmektedir. Ürüne ait dikim, toprak yapısı, iklim özellikleri, yetiştirme, zirai mücadele ve hasada ait tüm gereklilikler tescil dosyasında detaylı olarak belirtilmiştir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cograf-i-isaretler/detay>).



**Şekil 30:** Gercüş Mezrune Üzümü görseli. Kaynak: <https://www.google.com/search?q=3.2.3.+gerc%C3%BC%C5%9F+mezrune> (Erişim: 09.04.2024)

#### 2.1.2.4. Gökçealan Osmancık Üzümü

Mahreç işaretli “Gökçealan Osmancık Üzümü” Selçuk Belediyesi tarafından 2023 yılında tescil ettirilmiştir. Coğrafi sınırı; İzmir’ in Selçuk ilçesine bağlı bir köyü olan “Gökçealan” olarak belirlenmiş olan işaretleme, sofralık, kurutmalık, şıralık ve şaraplık olarak yetiştirilen Osmancık çeşidinde bir üzüm türüdür. İri, ince kabuklu ve yeşilimsi açık sarı renkli tanelere sahip üzüm türü (Şekil 31) geççi sınıfında olup ağustos sonundan ekim sonuna kadar hasat edilmektedir. Hasat zamanının en yoğun olduğu ay Eylül olarak belirtilmiştir. Coğrafi işaret sicil dosyasında üzüme ait ayırt edici nitelikler, analiz değerleri ve üretim metodu detaylı olarak tanımlanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cograf-i-isaretler/detay>).



**Şekil 31:** Gökçealan Osmancık Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cograf-i-isaretler/detay/1785> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.2.5. Kahramanmaraş Bertiz Kabarcık Üzümü / Maraş Bertiz Kabarcık Üzümü

Mahreç işaretli “Kahramanmaraş Bertiz Kabarcık Üzümü/Maraş Bertiz Kabarcık Üzümü” Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi tarafından 2023 yılında tescil ettirilmiştir. Coğrafi sınır bölgeleri Kahramanmaraş ili Dulkadiroğlu, Onikişubat, Çağlayanerit ve Pazarcık ilçeleri olarak belirlenmiş ve bu alanlarda tarım ekonomisine büyük katkı sağladığı belirtilmiştir. Kabarcık üzüm çeşidinden sofralık, şıralık, pekmezlik nadiren de kurutmalık olarak yetiştirilmekte olup yeşil sarı renge, ince kabuklu, tatlı, yumuşak etli ve sulu (Şekil 32) özelliklerine sahiptir. Üzüm tanımı ve özgün nitelikleri çerçevesinde üzüme ait fiziksel, kimyasal ve pomolojik özellikleri, üretim metodu bölümünde ise dikim, anaç kullanımı, aşılama, iklim, toprak yapısı, terbiye sistemi, hasat, muhafaza ve ambalajlamaya yönelik proses basamakları detaylı olarak tanımlanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).



**Şekil 32:** Kahramanmaraş Bertiz Kabarcık Üzümü / Maraş Bertiz Kabarcık Üzümü görseli. Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay/4627> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.2.6. Kalecik Karası Üzümü

Mahreç işaretli “Kalecik Karası Üzümü” Kalecik Belediye Başkanlığı tarafından 2006 yılında tescil ettirilmiştir. Üretim alanı tüm ülke sınırları olarak belirlenen tek coğrafi işaretlemedir. Kalecik Karası Üzümü şaraplık üretime uygun bir üzüm çeşidi olup tane rengi kırmızı ve siyah, yuvarlak, iki çekirdekli yapısına (Şekil 33) sahiptir. Coğrafi işaret sicil dosyasında üzüme ait diğer ayırt edici özellikler ve üretim metodu teknik veriler ile desteklenerek açıklanmıştır. Kuru madde miktarı %20 – 24 oranında, kendine has tadına ve rengine ulaştığında hasat edilmektedir (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/detay>).





**Şekil 33:** Kalecik Karası Üzümü görseli.

Kaynak: <https://ci.turkpatent.gov.tr/cograf-i-isaretler/detay/37960> (Erişim: 09.04.2024)

### 2.1.2.7. Karaman Ekşikara Üzümü

Mahreç işaretli “Karaman Ekşikara Üzümü” Karaman Ticaret ve Sanayi Odası tarafından 2022 yılında tescil ettirilmiştir. Karaman ilinde kurutmalık olarak yetiştirilen ve yöreyle ün bağı bulunan bir üzüm çeşididir. Tane yapısı konik ve dolgun, tane rengi koyu siyah ve puslu, 3 ila 4 g ağırlığında olan (Şekil 34) Karaman Ekşikara üzümünün Ağustos ve Eylül aylarında hasat edildiği belirtilmiştir. Coğrafi işaret sicil dosyasında üzüme ait tüm ayırt edici nitelikler, coğrafi alanla bağı olan rakım yüksekliği ve iklim yapısının etkisi, üretim metodu detaylı olarak tanımlanmıştır (<https://ci.turkpatent.gov.tr/cograf-i-isaretler/detay/>).



**Şekil 34:** Karaman Ekşikara Üzümü logosu. Kaynak:

<https://ci.turkpatent.gov.tr/cograf-i-isaretler/detay/5803> (Erişim: 09.04.2024)

## 3. SONUÇ

Coğrafi işaret koruması, ürünlerin diğerlerinden ayrılmasını sağlayan özellikler ve bu niteliklerle ilişkilendirilen coğrafi bölgeler arasındaki bağlantı üzerine kuruludur. Türkiye coğrafi işaret kategorisinde özellikle bitkisel üretim ve gıda üretiminin menşeyini koruma konusunda uzun bir geçmişe ve sağlam bir yasal zemine sahiptir.

Coğrafi işaretleme süreci, ürünlerin korunması, tanıtılması ve yerel ekonominin güçlendirilmesine olanak tanıyarak, tüketicilere güvenilir ve kaliteli ürünler sunmakta ve pazarda rekabet avantajı sağlamaktadır.

Ülkemizde üzüm, ulusal ekonomiye önemli katkılar sağlayan yüksek katma değerli bir tarım ürünüdür. Bu nedenle, Türkiye'nin üzüm çeşitlerinin tanıtımının artırılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Coğrafi işaretleme başvurusunda bulunmadan önce, bağcılık araştırma enstitüleri ve benzeri kurumlardan teknik danışmanlık alınması önerilmektedir. Bu yaklaşım, başvuru sürecinden itibaren sürdürülebilir ve kaliteli işaretleme gerçeleştirilmesine katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- Aslan, B., & Kaya, H.D. (2017). Coğrafi işaretli ürünler ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki durum. GAP TEYAP, 8, 2-7.
- Arslan, N. (2021). Türkiye'de coğrafi işaretler ve yerel ürünlerin korunması. Ankara: Sınai Mülkiyet Dergisi.
- Bérard, L., & Marchenay, P. (2006). *Local Products and Geographical Indications: Taking account of local knowledge and biodiversity. International Social Science Journal*, 58(187), 109-116.
- Kireeva, I., & Oono, S. (2015). Geographical Indications and the protection of traditional food products in Japan. *Journal of Intellectual Property Law & Practice*, 10(10), 768-778.
- European Commission. (2020). Geographical Indications and Traditional Specialities. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/qualitylabels/geographical-indications-and-traditional-specialities\\_en](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/food-safety-and-quality/certification/qualitylabels/geographical-indications-and-traditional-specialities_en)
- <https://www.turkpatent.gov.tr/>
- <https://ci.turkpatent.gov.tr/sayfa/co%C4%9Fafi-i%C5%9Faret-nedir>
- <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=24227&MevzuatTur>

## BÖLÜM 3

### ASMADA VERİM VE KALİTE PERFORMANSINA ÇOK YÖNLÜ YAKLAŞIM: EKOLOJİ VE ÇEŞİT İLİŞKİSİ

Zir. Yük. Müh. Ali KILINÇ<sup>1</sup>

Prof. Dr. Nurhan KESKİN<sup>2\*</sup>

Prof. Dr. Birhan KUNTER<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14275736>

---

<sup>1</sup>GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Diyarbakır-Türkiye  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3417-0249>

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van-Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2332-1459>

<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara-Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7112-1908>

\*sorumlu yazar: [keskin@yyu.edu.tr](mailto:keskin@yyu.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Verim, ürün miktarını ifade ederken, kalite genellikle alınan fiyatı belirlemektedir (Wei vd., 2002). Bağcılıkta verim ve kalite başta çeşit olmak üzere, anaç, ekolojik faktörler ve kültürel uygulamalardan etkilenmektedir.

Şaraplık üzümler için ortak bir 'kalite' tanımı bulmak hala zordur. Çünkü kalite, bireysel şarap tadına, stilistik tercihlere, bağbozumu farklılıklarına ve bir dizi başka faktöre bağlı olup son derece öznedir (Poni vd., 2018). Sofralık üzümün kalitesi ise içsel (görünüm, mekanik, kimyasal vb.) ve dışsal (fiyat, menşe ülke, çeşit, kültürel uygulamalar vb.) özellikleri içerir. Kalite algısı pazarlama zincirinde ve farklı ülkelerdeki tüketici çeşitliliği arasında değişebilir. Bu nedenle, duyuşal değerlendirme tüketici tercihini ve memnuniyetini ölçmek için geçerli bir yaklaşımdır (Ma vd., 2016).

Üzümlerde olgunluk ve hasat çeşit özelliğine göre değişmekle birlikte iklim koşulları ve yetiştirildiği coğrafi konumdan da etkilenmektedir. Sofralık üzümün duyuşal kalitesi öncelikle suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asit, organik asit bileşimi ve bu faktörler arasındaki dengeye bağlıdır (Munoz-Robredo vd., 2011).

Olgunluk ile ilişkilendirilen SÇKM, tüketicinin üzüm kalitesi ve tercihine ilişkin algılarına en çok uyan özelliklerinden biridir. Ancak SÇKM'den elde edilen iyi bir 'olgunluk seviyesi' her zaman en iyi genel olgunluğa karşılık gelmeyebilmektedir. Örneğin bazı yıllarda üzümler 20 °Bx'de olgunlaşmış ve belirgin bir çeşit karakterine sahip olurken, başka bir yıl 23 °Bx'de hala olgun bir çeşit karakterine sahip olamayabilir (Barnuud vd., 2014).

Üzümün albenisi, özellikle tane boyutu, şekli ve rengi gibi görsel özellikler (Ferrara vd., 2017) tat, aroma ve doku ile birlikte tüketicinin sofralık üzümün kalitesini değerlendirmek için kullandığı en önemli faktörlerden biridir. Tüketiciler, hoş tat ve aromanın yanı sıra büyük, çekirdeksiz üzümleri tercih etmektedir (Costenaro da Silva vd., 2010). Çekirdeksizlik kalite için kilit bir faktördür (Vargas vd., 2013) ve genç tüketiciler çekirdeksiz çeşitleri tercih etmektedir. Renk, sofralık üzümü az ya da çok çekici kılan doğrudan duyuşal bir özelliktir. Kalite değerlendirmesinde görsel özelliklere ek olarak sofralık üzüm tanelerinin doku, sertlik, elastikiyet, şekil ve çiğneme anında ağızda duyumsama gibi birçok özelliği içeren (Rolle vd., 2012) fizikokimyasal

özellikler de bulunmaktadır (Crisosto ve Crisosto, 2002; Jayasena ve Cameron, 2008).

Üzüm çeşitlerinde ekolojik uyum, bitkilerin yetiştiği çevre koşullarına gösterdiği adaptasyon yeteneği ile verim ve kalite özelliklerinin korunması arasındaki ilişkiyi ifade eder. Bu uyum, üzüm çeşitlerinin iklim, toprak, su kaynakları, rakım gibi faktörlere bağlı olarak bölgesel farklılıklar göstermesine yol açar. Bağlar, yetiştirildikleri ekolojik koşullara göre farklı kalite ve verim özellikleri sergiler. Aynı üzüm çeşidi, bir bölgede yüksek verim sağlarken başka bir bölgede kalite açısından üstünlük gösterebilir.

Malatya, asma genetik kaynakları ve üzümlerin değerlendirilmesinde farklı kültürel yaklaşımlarıyla bağcılık kültüründe çeşitliliğe sahip önemli bir ildir. İklim özellikleri bakımından Akdeniz ve Karasal iklimlerin etkisi altındadır. Bu nedenle coğrafi olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer almasına rağmen aynı bölgedeki illere göre daha ılıman bir iklime sahiptir. Yaz mevsimi uzun ve sıcak olurken, kış mevsimi kısa sürmekte ve nispeten ılık geçmektedir. Yağışlar genellikle ilkbahar ve kış mevsiminde yoğunlaşırken, yaz mevsimi minimum seviyeye inmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 14.3°C olup, yıllık yağış miktarı ise 365.8 mm kadardır (MGM, 2022).

İlde bir yandan filokseranın yoğun zararı, diğer yandan yoğun şekilde hissedilen kırsal alandan göç olayı, bağcılığın gerilemesine neden olsa da Merkez, Pötürge, Yazıhan, Kuluncak, Yeşilyurt, Doğanyol, Kale, Hekimhan, Akçadağ, Doğanşehir, Battalgazi, Darende, Arguvan ve Arapkir ilçelerinde bağcılık faaliyetleri devam etmektedir. Malatya'da hem sofralık hem şıralık-şaraplık, hem de çekirdekli kurutmalık üzüm çeşitleri başarı ile yetiştirilebilmektedir. Yaklaşık 36.348 dekarlık bir alanda toplam 19.304 ton üzüm üretimi (TÜİK, 2021) gerçekleşmiş olup üzüm üretimi daha çok çekirdekli sofralık çeşitlerle yapılmaktadır. Yetiştirilen mevcut çeşitler, daha çok orta mevsim ve geçi çeşitlerdir.

Bu çalışmada, Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü'nün Battalgazi ilçesinde bulunan koleksiyon bağında yetiştirilen 10 farklı üzüm çeşidinin verim ve kalite özellikleri belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, 2021 yılı vejetasyon döneminde 38°27'30.73"K enlemi ile 38°21'18.60"D boylamında ve 728 m rakıma sahip Malatya Kayısı Araştırma

Enstitüsü Müdürlüğü Battalgazi Yerleşkesi Koleksiyon Bağında 110 R anacı üzerinde yetiştirilen sekiz yaşlı Ağın Beyazı, Banazkara, Barış, Italia, Hatun Parmağı, Horoz Karası, Köhnü, Kureyş, Öküzgözü ve Tahannebi çeşitleri üzerinde yürütülmüştür. Çeşitlerden Ağın Beyazı, Barış, Hatun Parmağı, Italia, Kureyş ve Tahannebi beyaz, Banazkara, Horoz Karası, Köhnü ve Öküzgözü çeşitleri ise renklidir. Koleksiyon bağı, 3.5 x 2 m dikim sıklığında tesis edilmiş ve omcalar 80 cm yüksekliğinde gövde üzerinde çift T telli terbiye sisteminde çift kollu kordon şeklinde terbiye edilmiştir. Tüm üzüm çeşitlerine aynı bakım ve mücadele işlemleri uygulanmıştır. Bağda sulama damla sulama sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Hastalık ve zararlı durumuna göre düzenli olarak ilaç uygulanmasına rağmen külleme, gri küf, kuş ve arı zararı önlenememiştir. Bu talihsiz durum verim ve kalite özelliklerini olumsuz etkilenmiştir. Malatya ili uzun yıllar iklim verileri Tablo1’de, koleksiyon bağının toprak özellikleri ise Tablo 2’de sunulmuştur.

**Tablo 1:** Malatya ili uzun yıllar iklim verileri (MGM, 2022)

MALATYA (1929 - 2021)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.8	2.4	7.7	13.2	18.2	23.7	27.8	27.8	23.0	16.2	8.0	2.5	14.3
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.5	6.9	13.0	19.0	24.6	30.6	34.9	34.8	29.8	22.3	12.9	6.0	19.9
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.1	-1.3	3.0	7.7	12.2	16.9	20.7	20.9	16.4	10.8	4.0	-0.2	9.1
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	3.6	4.6	6.0	7.0	8.9	10.9	11.8	11.3	10.1	7.5	5.4	3.3	7.5
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	8.80	8.43	9.43	9.67	9.23	3.93	1.10	1.00	2.40	6.80	6.93	8.30	76.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort.(mm)	40.6	41.5	43.3	49.5	45.0	13.6	4.6	3.3	10.8	35.1	37.4	41.1	365.8
En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.4	20.3	27.2	33.7	36.3	40.0	42.5	42.7	39.5	34.4	25.0	18.0	42.7
En Düşük Sıcaklık (°C)	-19.5	-21.2	-13.9	-6.6	0.1	4.9	10.0	9.3	3.2	-1.2	-12.0	-22.2	-22.2



**Tablo 2:** Koleksiyon bağının toprak özellikleri

<b>Analiz Tipi</b>	<b>Sonuç</b>	<b>Durumu</b>
Potasyum (K <sub>2</sub> O) kg/da	119.86	Yüksek
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) kg/da	10.39	Yeterli
Kireç (%)	5.7	Orta kireçli
Organik Madde (%)	1.24	Düşük
Toplam Tuz (%)	0.0404	Tuzsuz
pH	7.84	Orta alkali
Saturasyon (%)	46.42	Tın

## 2.1 Yöntem

### 2.1.1 Verim ve Kalite Özellikleri

**Verim (kg/omca):** Üç tekerrür ve her tekerrürde bulunan 6 omcadan ayrı ayrı hasat edilen salkımlar hassas terazi ile tartılarak omca başına verim kg olarak belirlenmiştir.

**Salkım sayısı (adet/omca):** Üç tekerrür ve her tekerrürde bulunan 6 omcadaki salkım sayılarının ortalaması alınarak belirlenmiştir.

**Salkım ağırlığı (g):** Salkım ağırlıkları Mettler Toledo WL-2000-G marka/model dijital terazide tartılmış ve sonuçlar g olarak ifade edilmiştir.

**Salkım genişliği ve uzunluğu (cm):** Salkım genişliği salkımların en geniş yerlerinden bir cetvel yardımıyla ölçülerek tespit edilirken, salkım uzunluğu sapları olmaksızın salkım uzunluklarının yine cetvel ile ölçülmesiyle elde edilmiştir.

**Tane eni ve boyu (mm):** Elektronik kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülmüştür.

**Tane ağırlığı (g):** Salkımların üstünden, ortasından ve altından olacak şekilde 3 tekerrür ve her tekerrürde 20 tane, Mettler Toledo WL-2000-G marka/model dijital terazide tartılmış ve sonuçlar g olarak kaydedilmiştir.

**Tane eti sertliği (g):** Tane eti sertliği tesadüfi seçilen salkımlardan üç tekerrür ve her tekerrürde 20 tane olacak şekilde el penetrometresi ile koni tipi uç kullanarak ölçülmüştür.

**Tanenin saptan kopma direnci (g):** Tanenin saptan kopma direnci tesadüfi belirlenen tanelerde 3 tekerrür ve her tekerrürde 20 tane olacak şekilde

Force Gauge model: FS-5020 (ISO-9001, CE, IEC1010 belgelerine sahip kuvvetölçer yardımı ile ölçülmüştür.

**Çekirdek sayısı (adet) ve ağırlığı (g):** Tesadüfi seçilen tanelerden, 3 tekerrür ve her tekerrürde 20 tane olacak şekilde çekirdekler çıkartılmış ve çekirdek sayısı (adet) ile çekirdek (g) ağırlığı belirlenmiştir.

**Tane kabuk ve tane eti rengi:** Her çeşitte tesadüfen belirlenen 20 tanede; her tanede ikişer okuma yapılarak ölçüm değerlerinin ortalamaları alınmıştır. Ölçümler 'Minolta ChromoMeter CR-400 cihazı kullanılarak L\*, a\*, b\* cinsinden ifade edilmiştir.

**SÇKM (%):** Üzüm taneleri ayıklandıktan sonra elle sıkılarak elde edilen şıradan %SÇKM Atago marka el refraktometresi ile belirlenmiştir.

**pH:** Üzüm taneleri ayıklandıktan sonra elle sıkılarak elde edilen şıradan doğrudan cam elektrotlu HackLange Sension marka/model pH metre ile ölçülmüştür.

**Titre edilebilir asitlik (%):** Üzüm taneleri ayıklandıktan sonra elle sıkılarak elde edilen şıradan 25 ml alınıp pH metre ile 8.1 değerine ulaşana kadar 0.1 N NaOH çözeltisi ile titre edilerek harcanan çözelti miktarı üzerinden tartarik asit cinsinden % olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

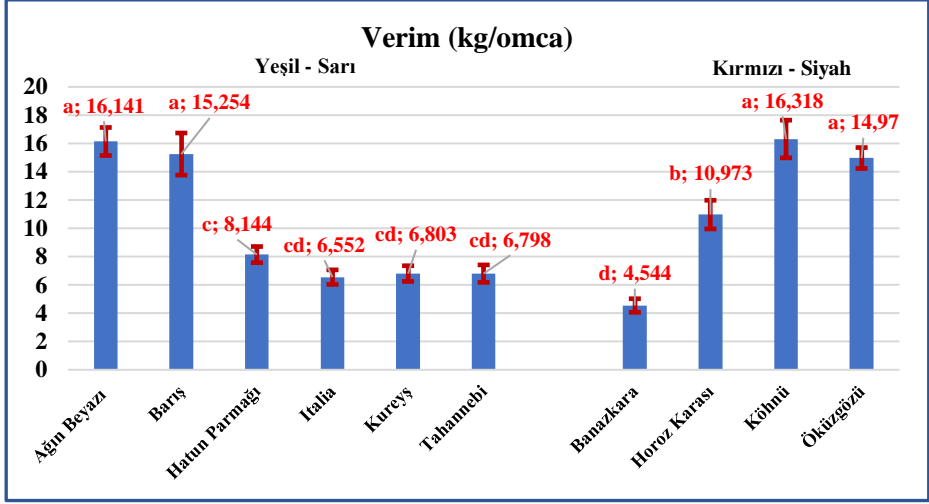
## 2.2. İstatistik Analiz

Üzerinde durulan özellikler bakımından çeşitlere göre tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart hata minimum ve maksimum değer olarak verilmiştir. Bu özellikler bakımından çeşitler arası fark olup olmadığını belirlemek amacıyla Tek yönlü Varyans analizi (One way ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizi sonrası farklı çeşitleri belirlemek üzere Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistik önemlilik (anlamlılık) düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (ver: 21) istatistik paket programı kullanılmıştır.

## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Verim bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.001$ ). Omca başına en yüksek verim 16.318 kg ile Köhnü çeşidinde gözlenirken, bunu 16.141 kg ile Ağın Beyazı, 15.254 kg ile Barış ve 14.970 kg

ile Öküzgözü çeşitleri izlemiştir. Ancak adı geçen dört çeşit arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. En düşük verim ise 4.544 kg ile Banazkara çeşidinde elde edilirken; Italia, Tahannebi ve Kureyş çeşitlerinin Banazkara'dan farkları istatistik olarak önemli bulunmamış ve bu çeşitler de Banazkara'ya benzer şekilde düşük verim özelliği göstermiştir (Şekil 1).

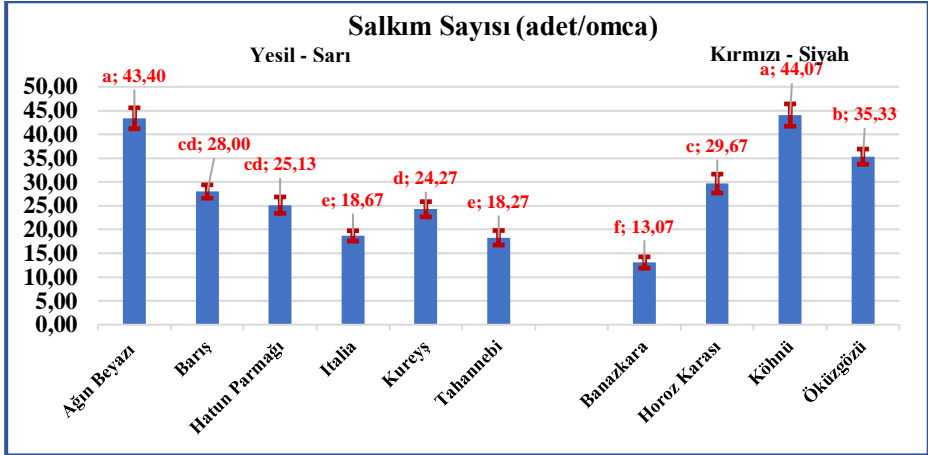


Şekil 1: Verim bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Malatya ekolojik koşullarında (Akçadağ ilçesine bağlı Kırlangıç Köyü, Malatya Merkezine bağlı Banazı Köyü üretici bağları ile Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü Bağ Gen Merkezi), 2015 yılı vejetasyonunda gerçekleştirilen ve çalışmamızla ortak çeşitleri de içeren bir çalışmada omca başına verim Banazkara'da 6.28 kg, Barış'da 6.19 kg, Italia' da 4.45 kg, Kureyş' de 5.24 kg, Köhnü' de 4.23 kg Öküzgözü'nde 7.39 kg ve Tahannebi'de 4.87 kg olarak belirlenmiştir (Küsmüş, 2016). İki çalışmada da ortak olan çeşitler arasındaki bu farklılığa ekoloji ve yıl faktörü etki edebileceği gibi, anaç, yaş, yer ve yöney ile kültürel işlemlerin de etkili olabileceği düşünülmektedir.

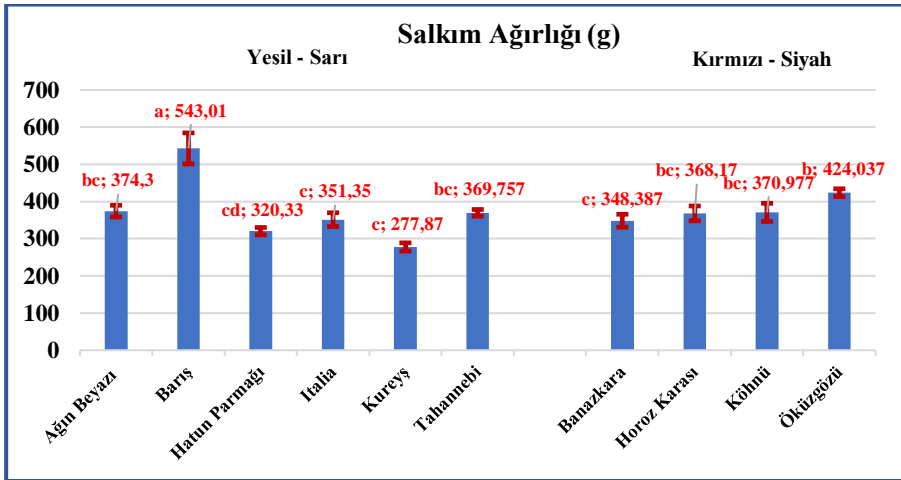
Salkım sayısı bakımından çeşitler arasındaki farkın istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ( $p < 0.001$ ). En yüksek salkım sayısı 44.067 adet ile Köhnü'de gözlenirken, bunu 43.40 adet ile Ağın beyazı ve 35.330 adet ile Öküzgözü izlemiştir. En düşük salkım sayısı ise 13.07 adet ile Banazkara çeşidinde elde edilmiştir (Şekil 2). Kılıç vd. (2015), Tokat (Merkez)

ekolojisinde 13 sofralık üzüm çeşidinin salkım sayısını 4.2 adet/omca ile 22.00 adet/omca arasında belirlemiştir.



Şekil 2: Salkım sayısı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

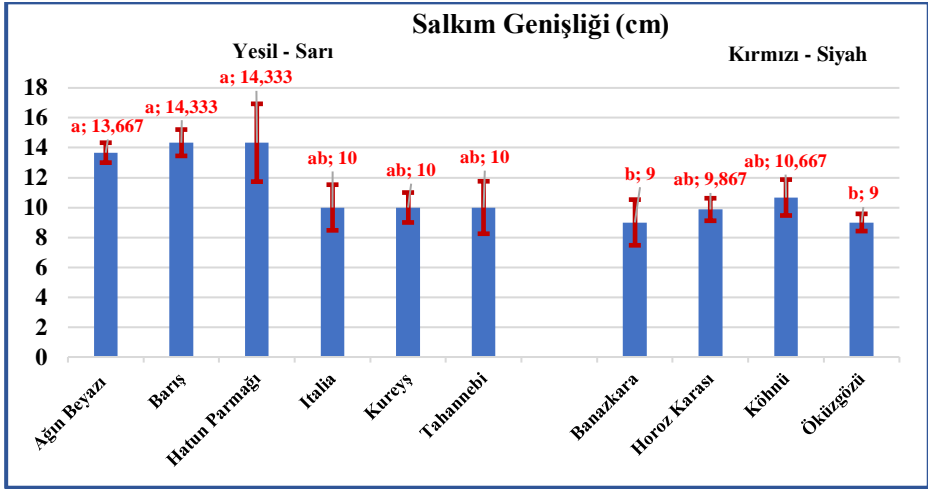
Salkım ağırlığı bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş olup ( $p < 0.001$ ), en yüksek salkım ağırlığı 543.010 g ile Barış çeşidinden elde edilirken, bunu 424.037 g ile Öküzgözü, 374.300 g ile Ağın Beyazı, 370.977 g ile Köhnü, 369.750 g ile Tahannebi ve 368.170 g ile Horoz Karası çeşitleri izlemiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Salkım ağırlığı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

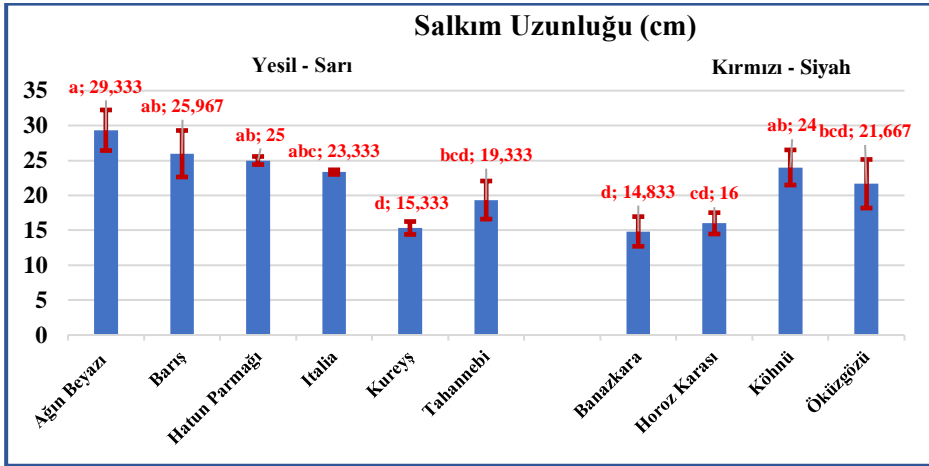
Bariş dışındaki diğer çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmamış ve bu nedenle de söz konusu çeşitlerin, salkım ağırlığı bakımından benzer olduğu gözlenmiştir. En düşük salkım ağırlığı ise 320.330 g ile Hatun Parmağı çeşidinde gözlenmiştir (Şekil 3).

Salkım genişliği bakımından çeşitler arasındaki fark %5 düzeyinde istatistik olarak önemli olmakla birlikte, en yüksek salkım genişliği 14.33 cm ile Bariş ve Hatun Parmağı'nda elde edilirken, bunları 13.667 cm ile Ağın Beyazı izlemiştir. En düşük salkım genişliği ise 9.00 cm ile Öküzgözü çeşidinden elde edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: Salkım genişliği bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Salkım uzunluğu bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş olup ( $p < 0.001$ ), en yüksek ortalama 29.333 cm ile Ağın Beyazı çeşidinden elde edilirken, bu çeşit ile Italia, Hatun Parmağı, Bariş ve Köhnü çeşitleri arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Kureyş, Tahannebi, Öküzgözü ve Horoz Karası çeşitlerinden olan farkı önemli olmamakla birlikte, en düşük salkım uzunluğu ise 14.833 cm ile Banazkara çeşidinden elde edilmiştir (Şekil 5).

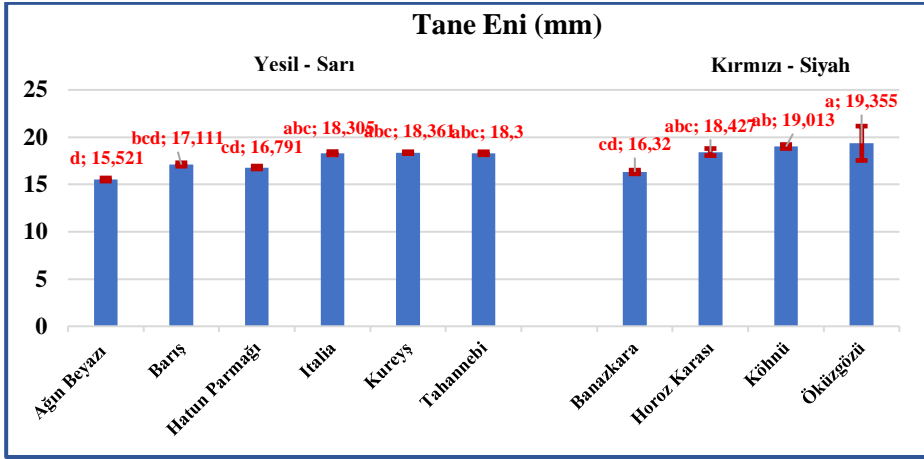


**Şekil 5:** Salkım uzunluğu bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Çeşitlerin salkım ağırlığı 543.010 g ile 320.330 g, salkım genişliği 9.00 cm ile 14.333 cm, salkım uzunluğu 29.333 cm ile 14.833 cm, tane eni 15.521 mm ile 19.355 mm, tane boyu 17.461 mm ile 26.758 mm, tane ağırlığı 2.93 g ile 5.438 g olarak belirlenmiştir. Antalya ekolojisinde üzüm çeşitlerinin salkım ağırlığı 509.3-831.0 g, salkım genişliği 18.7-32.0 cm, salkım uzunluğu 13.1-17.2 cm, tane eni 14.2-23.2 mm, tane boyu 15.4-24.0 mm ve tane ağırlığı 2.0-7.3 g aralığında değişim göstermiştir (Uzun vd., 1995). Tokat (Turhal) ekolojisinde Çavuş ve Narince çeşitlerinin tane ağırlıkları sırasıyla 4.23-2.73 g olarak saptanmış, tane iriliklerinin çeşitlere göre değiştiği, hatta aynı çeşidin aynı ilin değişik yörelerinde farklılık gösterdiği ifade edilmiştir (Yağcı ve Odabaş, 2002). Kaplan ve Fidan (2005), Diyarbakır ve Mardin illerinde yetiştiriciliği yapılan 16 üzüm çeşidinin ortalama salkım uzunluğunu 11.71-24.91 cm, salkım genişliğini 7.89-15.86 cm, tane boyunu 14.10-24.80 mm ve tane enini 7.21-21.22 mm aralığında belirlemişlerdir.

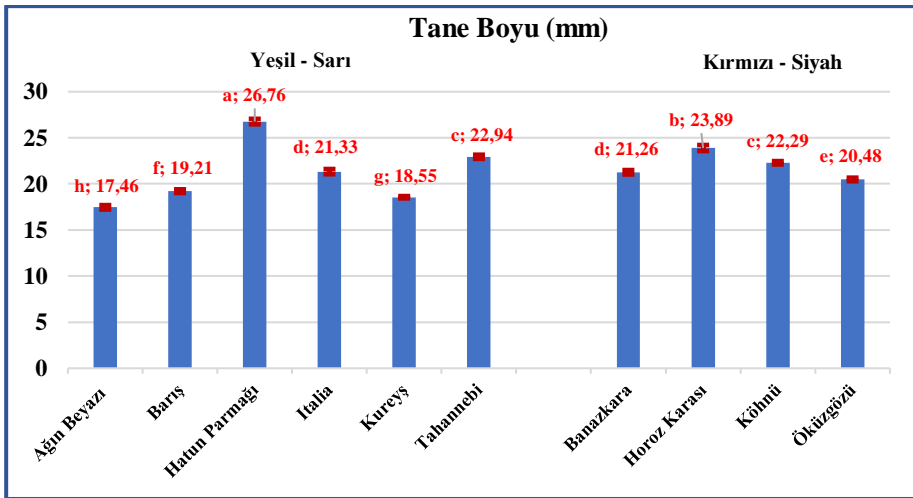
Tane eni bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.001$ ). Tahannebi, Kureyş, Köhnü, Italia ve Horoz Karası çeşitlerinden olan farkı istatistik olarak önemli bulunmamakla beraber, en yüksek tane eni 19.355 mm ile Öküzgözü çeşidinden elde edilirken, en düşük değer, 15.521 mm ile Ağın Beyazı çeşidinde elde edilmiştir. Hatun Parmağı, Barış ve Banazkara çeşitlerinin ise Ağın Beyazı'ndan olan farkları istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır. Buna göre tane eni bakımından, adı geçen bu

dört çeşit birbirine benzer olurken, diğer çeşitler de kendi arasında birbirine yakın değerler sergilemiştir (Şekil 6). Uzun vd. (1995), Antalya ekolojisinde üzüm çeşitlerinin tane eti sertliği değerlerini 129.2- 397.3 g arasında belirlemiştir. Aydın (2009), Tekirdağ ekolojisinde 12 çeşit üzerinde yapmış olduğu çalışmada tane eti sertliği değerlerini 0.041-0.224 g arasında tespit etmiştir.



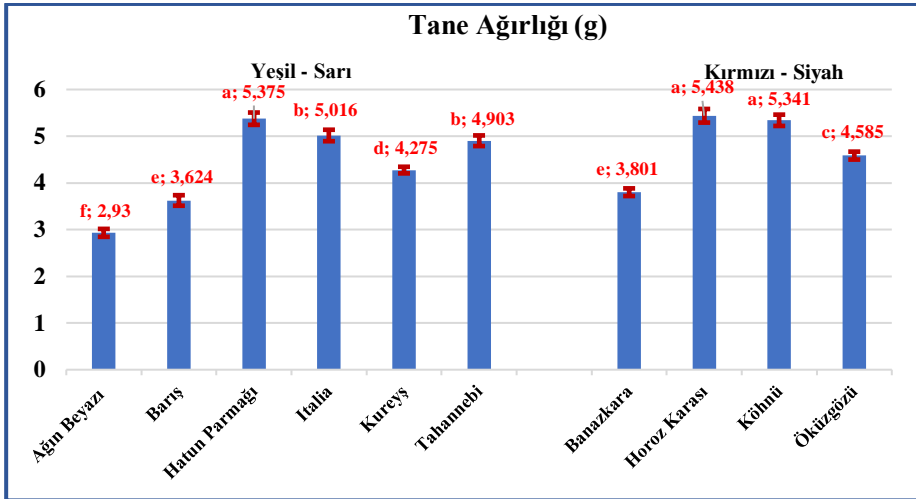
Şekil 6: Tane eni bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Tane boyu bakımından çeşitler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.001$ ).



Şekil 7: Tane boyu bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

En yüksek değer 26.758 mm ile Hatun Parmağı çeşidinde gözlenirken, bunu 23.892 mm ile Horoz Karası, 22.935 mm ile Tahannebi ve 22.296 mm ile Köhnü çeşitleri izlemiştir. En düşük tane boyu ise 17.461 mm ile Ağın beyazı çeşidinde gözlenmiştir (Şekil 7).

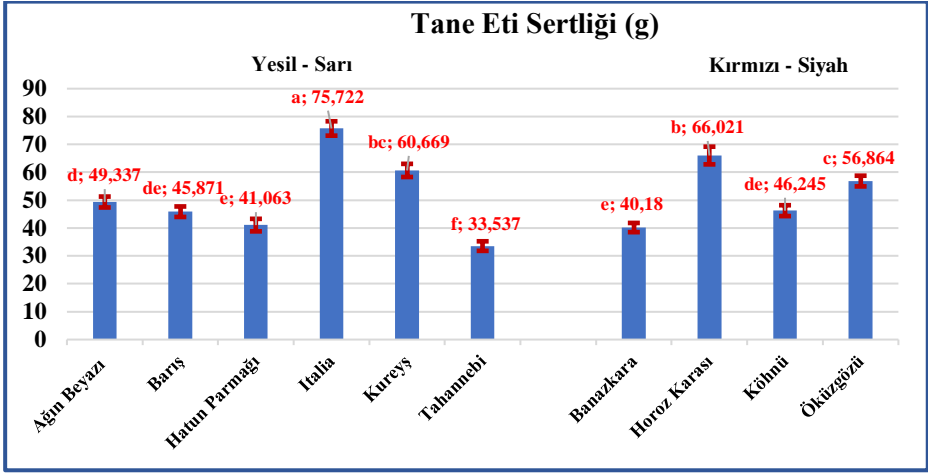


Şekil 8: Tane ağırlığı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

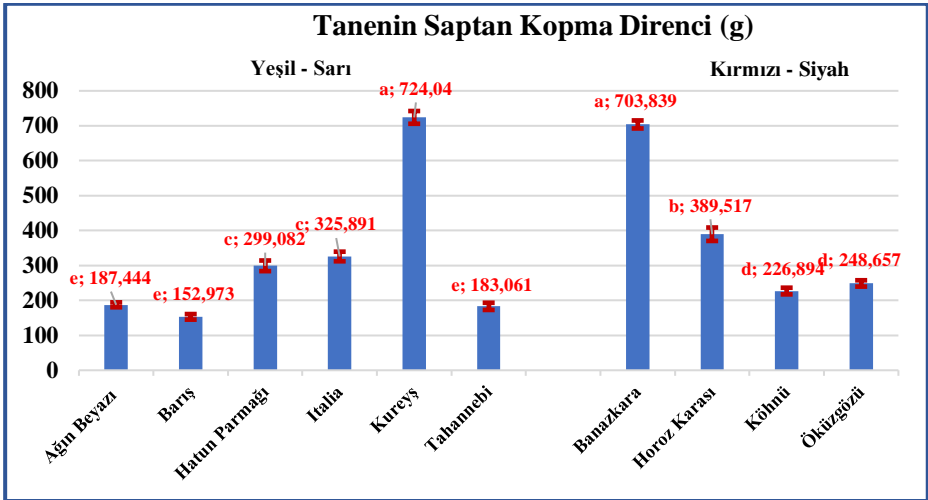
Tanenin diğer özelliklerine benzer şekilde, tane ağırlığı bakımından da çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.001$ ). Hatun Parmağı ve Köhnü çeşitlerinden olan farkı istatistik olarak önemli bulunmamakla beraber, en yüksek değer 5.438 g ile Horoz Karası'ndan, en düşük değer ise 2.930 g ile Ağın Beyazı'ndan elde edilmiştir (Şekil 8).

Tane eti sertliği bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş ( $p < 0.001$ ) ve en yüksek değer 75.722 g ile Italia'dan elde edilmiştir. Italia çeşidini 66.021 g ile Horoz Karası ve 60.669 g ile Kureyş çeşitleri izlemiştir. En düşük tane sertliği ise 33.537 g ile Tahannebi çeşidinde gözlenmiştir (Şekil 9). Kamiloğlu (2013), Hatay ekolojisinde 6 çeşitte tanenin saptan kopma direncini 332.92 g ile 576.83 g olarak belirlemiştir. Kiraz (2014), Mersin ekolojisinde ovada yetişen üzüm çeşitlerinde tanenin saptan kopma direncini 240.72-536 g, yaylada yetişen üzüm çeşitlerinde tanenin saptan kopma direncini ise 121-418 g aralığında belirlemiştir. Yıldız vd. (2018), Manisa ekolojisinde bazı sofralık üzüm çeşitleri ve klonlarında tanenin saptan kopma direncini 310-840 g aralığında saptamıştır.





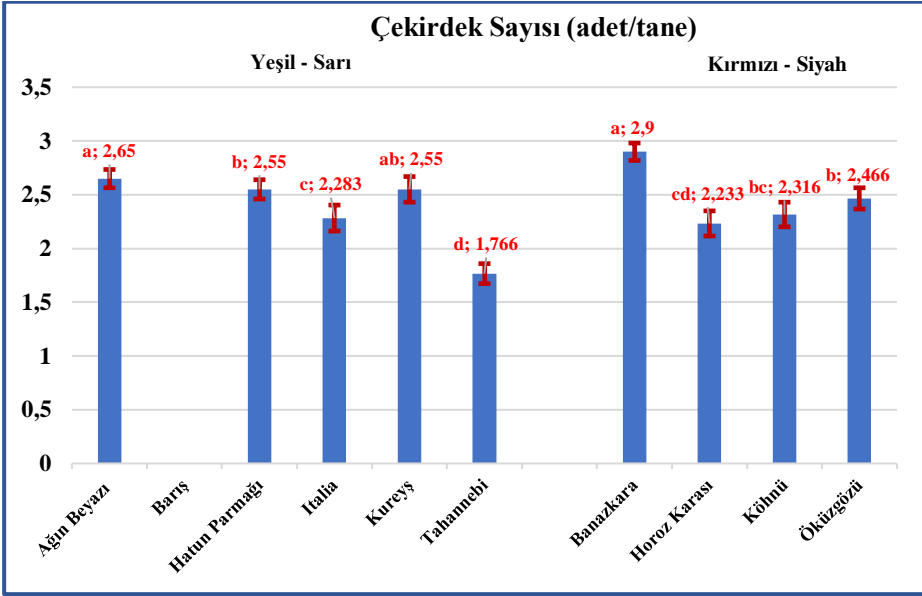
Şekil 9: Tane eti sertliği bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları



Şekil 10: Tanenin saptan kopma direnci bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

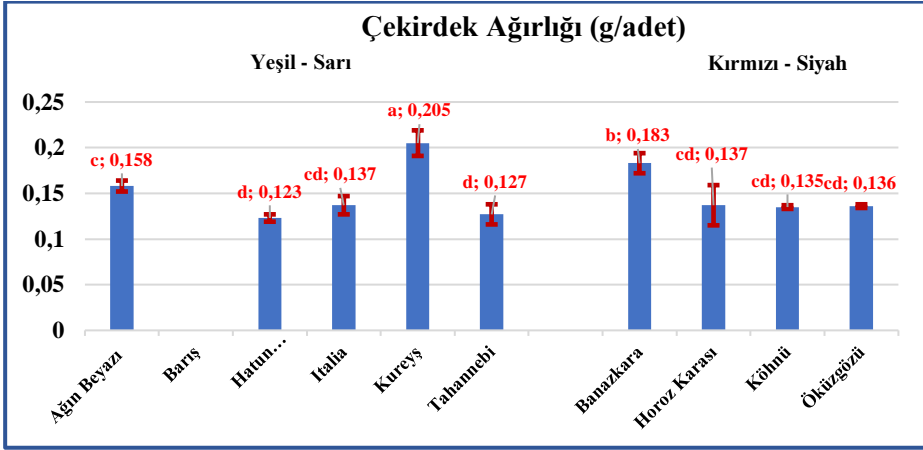
Tanenin saptan kopma direnci bakımından, çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş ( $p < 0.001$ ) olup, en yüksek değer 724.040 g ile Kureyş çeşidinden elde edilirken, bunu 703.839 g ile Banazkara ve 389.517 g ile Horoz Karası izlemiştir. En düşük değer ise Ağın Beyazı ve Tahannebi'den olan farkları istatistik olarak önemli olmamakla birlikte, 152.973 g ile Barış çeşidinde gözlenmiştir (Şekil 10).

Tanedeki çekirdek sayısı bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş ( $p<0.001$ ) olup, ortalama çekirdek sayısının 2.9 ile 1.766 adet arasında değiştiği gözlenmiştir. Kureyş çeşidinden olan farkı önemli olmamakla birlikte, tanedeki ortalama çekirdek sayısı en yüksek olan çeşit Banazkara olurken, Horoz Karası'ndan olan farkı istatistik olarak önemli olmamakla birlikte, en az çekirdeğe sahip çeşit Tahannebi olmuştur (Şekil 11). Kamiloğlu ve Üstün (2014), Adana (Pozantı) ekolojisinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin çekirdek sayısını 1.34-2.20 adet olarak bildirirken, Balbaba ve Bağcı (2021), Kahramanmaraş (Pazarcık) ekolojisinde Besni üzüm çeşidinin tanedeki çekirdek sayısını 1-4 olarak bildirmiştir.



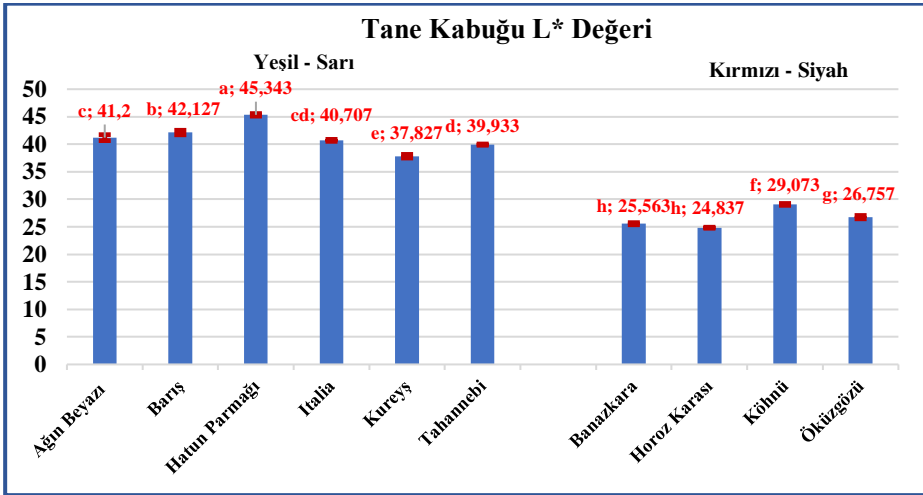
Şekil 11: Çekirdek sayısı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Tek çekirdek ağırlığı bakımından da çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş ( $p<0.001$ ) olup en yüksek ortalama 0.205 g ile Kureyş çeşidinden elde edilirken, bunu 0.183 g ile Banazkara ve 0.158 g ile Ağın Beyazı çeşitleri izlemiştir. Banazkara ve Kureyş çeşitleri dışında diğer çeşitlerin, tek çekirdek ağırlıkları bakımından aralarındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 12). Adana (Pozantı) ekolojisinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin tek çekirdek ağırlığı 0.030-0.058 g arasında değişmiştir (Kamiloğlu ve Üstün, 2014).



Şekil 12: Çekirdek ağırlığı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

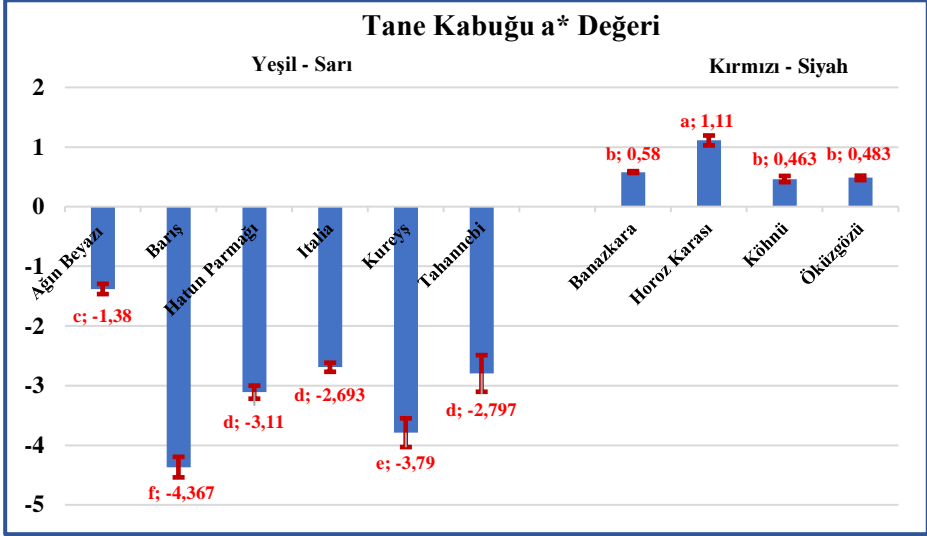
Tane kabuğu L\* değeri bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş ( $p < 0.01$ ) parlaklık açısından en yüksek değer 45.343 ve 29.073 ile sırasıyla Hatun Parmağı (beyaz) ve Köhnü (renkli)'de ölçülmüştür (Şekil 13).



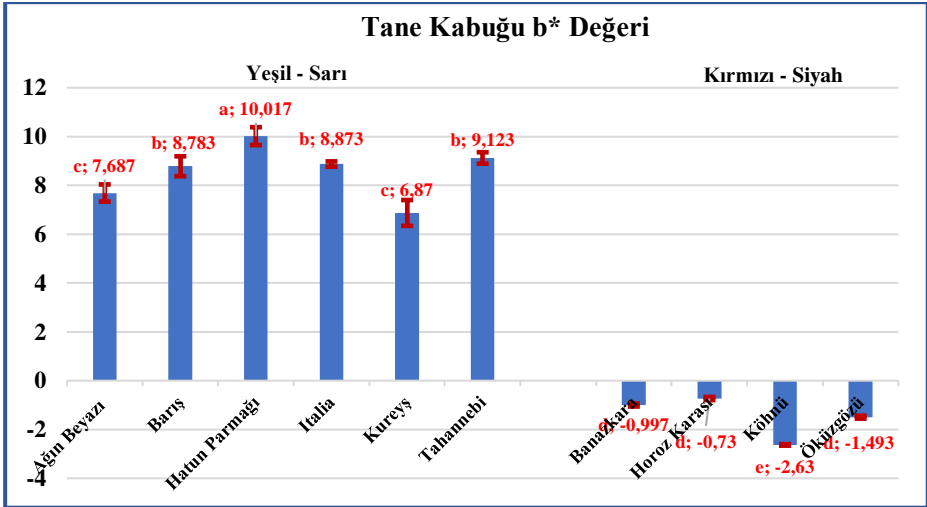
Şekil 13: Kabuk L\* değeri bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Kabuk a\* değeri bakımından çeşitler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuş olup ( $p < 0.001$ ) beyaz çeşitler arasında -4.37 ile Barış en yeşil

renk yoğunluğuna sahip çeşit olurken, renkli çeşitler arasında 1.110 ile Horoz Karası en kırmızı çeşit olmuştur (Şekil 14).



Şekil 14: Kabuk a\* değeri bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları



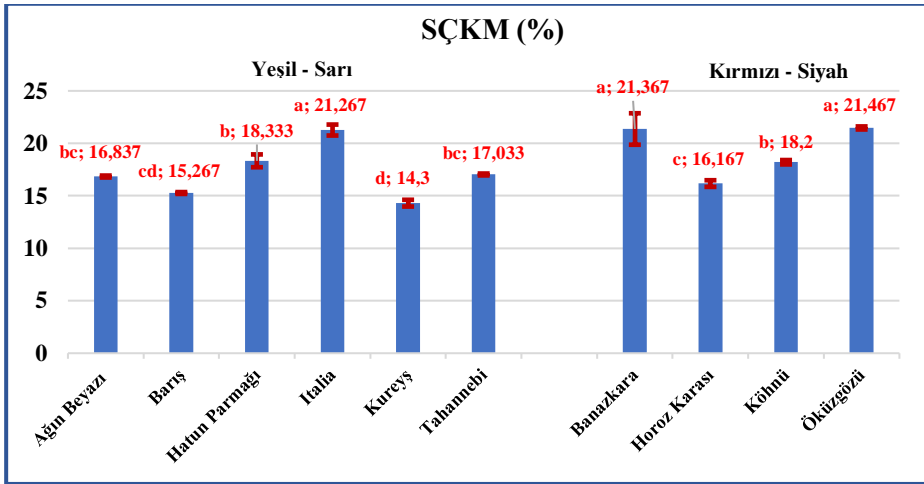
Şekil 15: Kabuk b\* değeri bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Kabuk b\* değeri bakımından çeşitler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuş olup ( $p < 0.001$ ) beyaz çeşitler arasında 10.017 ile Hatun

Parmağı en yüksek sarı rengi içeren çeşit olurken, renkli çeşitler arasında -0.73 ile Horoz Karası en yüksek mavi rengi içeren çeşit olmuştur (Şekil 15).

Tane kabuğu L\* değeri 24.837 ile 45.343, a\* değeri -3.790 ile 1.100 ve b\* değeri -2.630 ile 10.017 aralığında değişim göstermiştir. Akın (2011), Müşküle üzüm çeşidinde kontrol grubu omcalarından alınan üzüm örneklerinde L\*, a\* ve b\* değerlerini sırasıyla; 42.43, -2.47, 8.48 olarak bildirmiştir. Kiraz (2014), Mersin ekolojisinde ovada yetişen üzüm çeşitlerinin tane L\* değerini 22.75 ile 41.34, a\* değerini -4.59 ile 1.69 ve b\* değeri 0.78 ile 11.50 aralığında belirlerken yaylada yetişen üzüm çeşitlerinin L\* değerini 27.76 ile 39.30, a\* değerini -3.37 ile 4.77 ve b\* -2.25 ile 8.15 aralığında belirlemiştir. Sayman ve Çınar ve Akın (2015), Razakı üzüm çeşidi kontrol grubu örneklerinde L\* değerini 46.92, a\* değerini - 5.05, b\* değerini 15.70 olarak belirlemiştir.

SÇKM bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş olup ( $p < 0.001$ ), çeşitlerin SÇKM değerlerinin, %21.467 ile %14.300 arasında değiştiği gözlenmiştir. Banazkara, Öküzgözü ve Italia çeşitleri arasındaki farklar ile Horoz Karası, Barış, Ağın Beyazı ve Tahannebi çeşitleri arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 16).

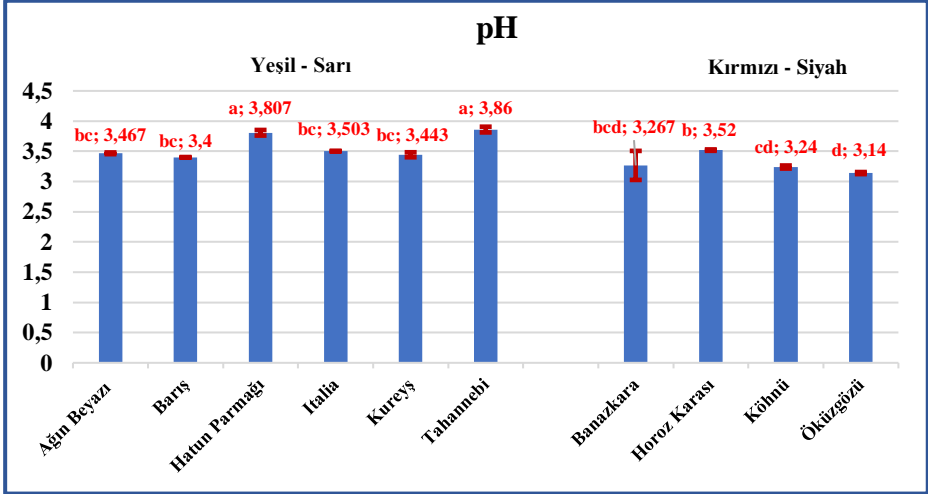


Şekil 16: SÇKM bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Üzüm çeşitlerinin tanımlanmasında kullanılan OIV kodlarına göre (Kod no:505) şıranın şeker içeriği %18-24 arasında değerlendirilmiştir (Anonymous, 2001). Önceki çalışmalarda şırada SÇKM değerini Uzun (1996) Antalya ekolojisinde, %12.4 ile %17.5 arasında, Aydın (2009) Tekirdağ ekolojisinde,

%14.7-%22.3 arasında ve Küsmüş (2016) Malatya ekolojisinde %16.7-%22.1 arasında tespit etmiştir.

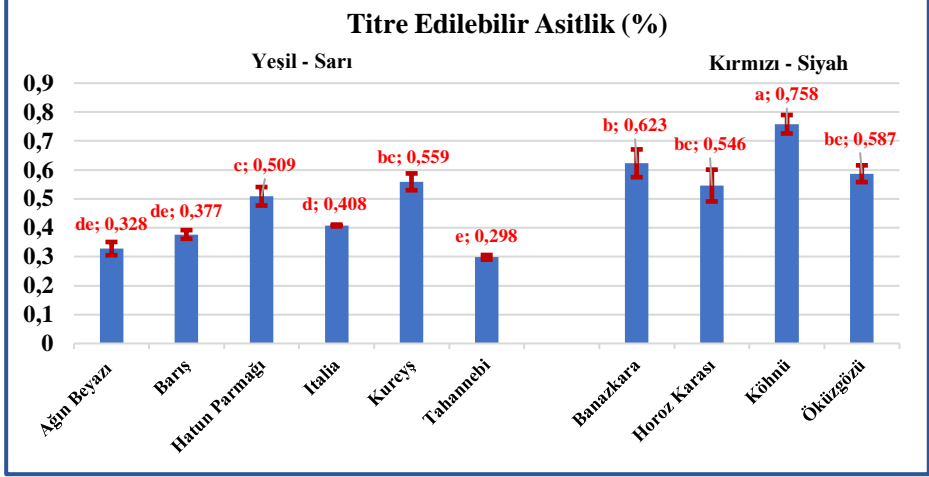
Şırada pH bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuş olup ( $p < 0.001$ ), çeşitlerin pH değerlerinin, 3.860 ile 3.14 arasında değiştiği görülmüştür (Şekil 20). En yüksek pH değeri, Hatun parmağı çeşidinden olan farkı istatistik olarak önemli olmamakla birlikte Tahannebi (3.86) çeşidinden elde edilirken, en düşük pH değeri Banazkara ve Köhnü çeşitlerinden olan farkı istatistik olarak önemli olmamakla birlikte, Öküzgözü (3.14) çeşidinden elde edilmiştir (Şekil 17). Birçok üzüm çeşidinde olgunluk döneminde pH değerinin 3.09-3.92 arasında değiştiği belirlenmiştir (Soyer vd., 2003, Orak, 2007).



Şekil 17: pH bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

Titre edilebilir asitlik (TEA) değeri bakımından çeşitler arası fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.001$ ). En yüksek TEA değeri, %0.758 ile Köhnü çeşidinde gözlenirken, bunu %0.623 ile Banazkara ve %0.587 ile Öküzgözü çeşitleri izlemiştir. En düşük TEA değeri ise Ağın Beyazı ve Barış'tan olan farkı istatistik olarak önemli olmamakla birlikte %0.298 ile Tahannebi çeşidinden elde edilmiştir (Şekil 18). Önceki çalışmalarda titre edilebilir asitlik değerini Kaplama (2012), 0.41 ile 0.62 arasında; Aydın (2015), 0.34 ile 1.03 arasında ve Gönen (2021), ise 0.37 ile 0.85 arasında belirlemiştir. Tanenin şeker, asit ve pH içeriği bağın bulunduğu yer, yöney ve rakım yanında

güneşlenme süresi, yağış, sıcaklık ve nem gibi bazı iklim faktörleri ile çeşidinin genetik yapısına (Fidan ve Eriş, 1975; Uzun, 1996); kullanılan anaca (Tangolar vd., 2015) ve sulama, gübreleme, budama, ilaçlama gibi bazı kültürel uygulamalara göre değişiklik gösterebilmektedir (Reynolds ve Wardle, 1989).



Şekil 18: Titre edilebilir asitlik bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

#### 4. SONUÇ

Bu çalışma, 2021 yılında Malatya Kayısı Araştırma Enstitüsü Battalgazi Yerleşkesi'nde yetiştirilen; Ağın Beyazı, Banazkara, Barış, Hatun Parmağı, Horoz Karası, Italia, Köhnü, Kureyş, Öküzgözü ve Tahannebi üzüm çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda verim 16.318 kg/omca (Köhnü) - 4.544 kg/omca (Banazkara), salkım sayısı 44.067 adet (Köhnü) - 13.07 adet (Banazkara), salkım ağırlığı 543.010 g (Barış) - 320.330 g (Hatun Parmağı), salkım genişliği 14.33 cm (Barış) - 9.00 cm (Öküzgözü), salkım uzunluğu 29.333 cm (Ağın Beyazı) - 14.833 cm (Banazkara), tane eni 19.355 mm (Öküzgözü) - 15.521 mm (Ağın Beyazı), tane boyu 26.758 mm (Hatun Parmağı) - 17.461 mm (Ağın Beyazı), tane ağırlığı 5.438 g (Horoz Karası) - 2.930 g (Ağın Beyazı), tane eti sertliği 75.722 g (Italia) - 33.537 g (Tahannebi), tanenin saptan kopma direnci 724.040 g (Kureyş) - 152.973 g (Barış), tanedeki çekirdek sayısı 2.9 adet (Banazkara) - 1.766 adet (Tahannebi), tek çekirdek ağırlığı 0.205 g (Kureyş) - 0.123 g (Hatun Parmağı), SÇKM %21.467 (Italia) - %14.300, pH 3.860 (Tahannebi) - 3.14

(Öküzgözü), titre edilebilir asitlik %0.758 (Köhnü) - 0.298 (Tahannebi), aralığında belirlenmiştir.

Ağın Beyazı, Banazkara, Hatun Parmağı, Horoz Karası, Köhnü, Kureyş, Öküzgözü ve Tahannebi üzüm çeşitleri Malatya ekolojisine özgü ve yaygın yetiştirilen çeşitlerdir. Italia ve Barış çeşitlerinin de il ekolojisine uygun olduğu söylenebilir. İncelenen verim ve kalite özelliklerinin, çeşit, değerlendirilme şekli, iklim, anaç, toprak ve kültürel işlemlere göre değişkenlik gösterebileceği, ayrıca yıldan yıla farklılıklar ortaya çıkabileceği unutulmamalıdır. Malatya ekolojisinde yetiştirilen çeşitlerin performansı hakkında daha kesin önerilerde bulunabilmek için bu çalışmanın uzun yıllar boyunca sürdürülmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda sonuca ulaşılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, ekolojik uyum süreci, üzüm çeşitlerinin en iyi performansı göstermesi için kritik bir faktördür. Bölgenin iklimi, toprağı ve diğer çevresel faktörleri dikkate alınarak doğru çeşit seçimi yapıldığında, hem verim hem de kalite açısından optimum sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu nedenle, bağcılıkta çeşit seçiminde ekolojik uyum her zaman ön planda tutulmalıdır.

### **Teşekkür**

Bu çalışma Van YYÜ BAP Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2021-9699 No'lu proje ile desteklenmiştir.



## KAYNAKÇA

- Akın, A. (2011). Müşküle üzüm çeşidinde salkım ucu kesme ve bazı büyüme düzenleyici uygulamalarının üzüm verimi ve kalitesine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 21, 134-139.
- Anonymous (2001). Descriptor list for grape varieties and *Vitis* species (2<sup>nd</sup> edition). Erişim tarihi: 15 Eylül 2020. Erişim adresi: <http://www.oiv.int/public/medias/2274/code-2e-edition-finale.pdf>.
- Aydın, S. (2009). Bazı sofralık üzüm çeşitlerinde tane fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye.
- Aydın, M. (2015). Amasya’da yetiştirilen üzüm çeşitlerinin farklı olgunluk dönemlerindeki bazı kimyasal içeriklerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye.
- Balbaba, N., & Bağcı, S. (2021). Besni üzüm çeşidinin salkım, tane ve bazı fitokimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24, 784-794.
- Barnuud, N. N., Zerihun, A., Gibberd, M., & Bates, B. (2014). Berry composition and climate: responses and empirical models. *International Journal of Biometeorology*, 58, 1207-1223.
- Cemeroğlu, B. (2010). Gıda Analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 34. Bizim Grup Basımevi. Ankara, Türkiye.
- Costenaro da Silva, D., Passaia, G., Henriques, J.A.P., Margis, R., Pasquali, G., & Revers, L., (2010). Identification and expression analysis of genes associated with the early berry development in the seedless grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivar Sultanine. *Plant Science*, 179, 510-519.
- Crisosto, C.H., & Crisosto, G.M., (2002). Understanding American and Chinese consumer acceptance of ‘Redglobe’ table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 24, 155-162.
- Çınar, Ş., & Akın, A. (2015). The Effects of Yield and Yield Components of Some Quality Increase Applications on Razakı Grape Variety. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 9, 404-408.
- Ferrara, G., Gallotta, A., Pacucci, C., Matarrese, A.M.S., Mazzeo, A., Giancaspro, A., Gadaleta, A., Piazzolla, F., & Colelli, G. (2017). The table grape ‘Victoria’ with a long shaped berry: a potential mutation with attractive characteristics for consumers. *Journal of Science and Food Agriculture*, 97, 5398-5405.
- Gönen, S. (2021). Yeni melez bazı sofralık üzüm çeşitlerinin Çukurova koşullarındaki performansları ve etkili sıcaklık toplamı isteklerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.

- Jayasena, V., & Cameron, I. (2008). Brix/acid ratio as a predictor of consumer acceptability of Crimson seedless table grapes. *Journal of Food Quality*, 31, 736-750.
- Kamiloğlu, Ö., (2013). Bazı erkenci sofralık üzüm çeşitlerinde tane kalite özellikleri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6, 65-70.
- Kamiloğlu, Ö. ve Üstün, D., (2014). Bazı şaraplık üzüm çeşitlerinin hasat sonrası kalite özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1, 361-368.
- Kaplama, P., (2012). Erzincan'da yetiştirilen üzüm çeşitlerinin antoksidan aktiviteleri antosiyanin profilleri ve bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, Yüksek lisans tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Kaplan, N., & Fidan, Y. (2005). Diyarbakır ve Mardin illerinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin çiçek ve meyve özellikleri üzerinde araştırmalar II. (sofralık-kurutmalık ve kurutmalık çeşitler). *Türkiye 6. Bağcılık Sempozyumu*, Tekirdağ, Türkiye.
- Kılıç, D., Topal, H., Kaya, Y., Basaran, B., Yağcı, A., & Cangi, R. (2015). Bazı erkenci üzüm çeşitlerinin Tokat merkez koşullarına adaptasyonu I. *VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, Çanakkale, Türkiye.
- Kiraz, M. E., (2014). Mersin ili bağcılığının teknik yapısı ile yaygın olarak yetiştirilen üzüm çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye.
- Küsmüş, S. (2016). Malatya ilinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinde etkili sıcaklık toplamı ve optimum hasat zamanlarının belirlenmesi, Yüksek lisans tezi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Ma, C., Fu, Z., Xiao, X., Zhu, Z., Vlad, L.B., & Zhang, X. (2016). Contour diagram-based evaluation on logistics stability of table grapes under variable temperature. *Journal of Food Process Engineering*, 39, 391-399.
- MGM (2022). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Malatya ili uzun yıllar iklim verileri. Erişim tarihi: 15.04.2021. Erişim adresi: <https://mgm.gov.tr/>
- Munoz-Robredo, P., Robledo, P., Manríquez, D., Molina, R., & Defilippi, B.G. (2011). Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71, 452.
- Orak, H. H. (2007). Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. *Scientia Horticulturae*, 111, 235-241.
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., ... & Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462.
- Reynolds, A.G., Wardle, D.A. (1989). Effects of timing and severity of summer hedging on growth yield, fruit composition, and canopy characteristics of de Chaunac.

- II. Yield and fruit composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 40, 299-308.
- Rolle, L., Giacosa, S., Gerbi, V., & Novello, V. (2010). Comparative study of texture properties, color characteristics and chemical composition of ten white table-grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.*, 62, pp. 49-56.
- Soyer, Y., Koca, N., & Karadeniz, F. (2003). Organic acid profile of Turkish White grapes and grape juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16: pp. 629-636.
- Tangolar, S., Gök Tangolar, S. & Altunöz, D. (2015). Bazı erkenci üzüm çeşitlerinin sabit havalandırma açıklığına sahip plastik örtü ve kuş neti altında erkencilik, verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi-A 27 (Türkiye 8. Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu Özel Sayısı)*, 160-169.
- TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu Erişim tarihi: 15.04.2021. Erişim adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr>
- Uzun, H. İ., (1996). Fercal anacına aşlı bazı sofralık üzüm çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri üzerine araştırmalar. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9, 40-60.
- Uzun, H., Baris, C., Gürnül, K., & Özısık, S. (1995). Bazı yeni üzüm çeşitlerinin Antalya koşullarına adaptasyonu üzerine araştırmalar. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8, 65-80.
- Vargas, A.M., Le Cunff, L., This, P., Javier Ibáñez, J., & de Andrés, M.T. (2013). VvGAI1 polymorphisms associate with variation for berry traits in grapevine. *Euphytica*, 191, 85-98.
- Wei, X., Sykes, S.R., & Clingeleffer, P.R., (2002). An investigation to estimate genetic parameters in CSIRO's table grape breeding program. 2. Quality characteristics. *Euphytica*, 128, 343-351.
- Yağcı, A., & Odabaş, F., 2002. Tokat yöresinde yetiştirilen önemli üzüm çeşitlerinin hasat zamanlarının tespiti. *Türkiye V. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu*. Nevşehir, Türkiye.
- Yıldız, N. & Dilli, Y. (2018). Bazı sofralık üzüm çeşitlerinin Manisa koşullarındaki fenolojik özellikler ile etkili sıcaklık toplamı (EST) isteklerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 47 (Özel Sayı 1), 409-417.

## **BÖLÜM 4**

### **ÜZÜM MUHAFAZASINDA KULLANILAN AMBALAJ MATERYALLERİ**

Dr. Güzin TARIM<sup>1\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14275786>

---

<sup>1</sup>Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, 33740 Mersin-Türkiye.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7351-4999>

\*sorumlu yazar: [guzin.tarim@tarimorman.gov.tr](mailto:guzin.tarim@tarimorman.gov.tr)



## 1. GİRİŞ

Yüksek kalitede sofralık üzüm üretimi yapabilmek için bağıın mevcut durumuna; hasat zamanı, hastalık ve zararlılara dayanım durumu, verim ve salkım-tane boyutları gibi asmanın performansını etkileyen faktörlere; renk, aroma, sertlik gibi duyuşal özelliklerine ve tanenin içerdiği lif, vitaminler, mineraller, fenolik bileşikler ve antioksidan aktivitesi gibi besin değerlerine dikkat etmek gerekmektedir (de Aguiar vd., 2023). Bahsi geçen tüm kalite kriterleri anaç seçiminden, budamadan, hastalık ve/veya zararlı varlığından, kullanılan pestisit ve bitki büyüme düzenleyicilerden, bölgenin iklimsel koşullarından ve çeşitli arazi uygulamalarından farklı şekillerde etkilenmektedir (Champa, 2015).

Yüksek kalitede nihai ürün elde edebilmek için hasat zamanı en önemli faktörlerin başında yer almaktadır. Üzüm, klimakterik olmayan ve düşük solunum aktivitesine sahip bir ürün olduğundan dolayı tüketim aşamasında pazar tarafından talep edilen karakteristik özelliğini gösterdiği zaman hasat edilmesi oldukça önem taşımaktadır (Choudhury ve Champa, 2004; de Aguiar vd., 2023).

Tüketicinin satın aldığı ürünün hasat edildiğindeki tazeliğini ve kalitesini koruması ve tüketirken asmadan yeni koparılmış bir salkımın tanesinin tadını alabilmesi için hasat sonrası uygulamaların yönetimi büyük önem arz etmektedir. Son yıllardaki tüketici talepleri yukarıda bahsi geçen doğrultuda şekillenmekte ve ayrıca gıdaların biyokimyasal içeriklerinin de (fenolik bileşenler, antosiyaninler, antioksidan aktivite vb.) korunmasını beklemektedirler. Bu sebeplerden ötürü hasat, paketleme, taşıma, pazarlama aşamalarında bu özelliklerin korunmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Üretim ve hasat sonrası tüm aşamalar önemli olmakla birlikte hasadın zamanı ve şekli en çok dikkat edilmesi gereken noktalardır. Sofralık üzümler elle hasat edilmeli ve kaliteyi bozmayacak şekilde taşımaya hazırlanmalıdır. Hasat zamanı salkım üzerindeki tanelerin tam olgunlaşmış ve bir örnek olması gerekmektedir. Salkımlardaki mekanik zarar görmüş taneler çıkarılmalı, bağda ya da yetiştirme koşullarına bağlı olarak bağda imkân yok ise paketleme tesislerinde temizlendikten sonra paketlenerek sonraki taşıma aşamalarında zarar görmesi engellenmektedir.

Salkımlar genellikle 5, 7.5 veya 10 kg kapasiteli karton kutularda depolanıp sevk edilir ve mümkün olan en kısa sürede su kaybını minimuma

düşürebilmek için 0–1°C'de ön soğutmaya tabi tutulmaktadır (de Aguiar vd., 2023).

Üzüm çeşidine bağlı olarak salkımlar donmadan kaynaklanan önemli bir hasar oluşmadan -2°C'ye kadar depo sıcaklığına dayanım gösterebilmektedir. Üzümlerin hızlı bir şekilde soğutulmasını sağlamak amacıyla, paketlemede kullanılan karton taşıma kolileri yeterli hava geçişine izin verecek şekilde tasarlanmaktadır. Diğer çoğu ürün grubunda paketleme tesislerinde yapılan yıkama, su veya başka kimyasallarla yapılan soğutma uygulamaları üzüm için hastalıkların (özellikle kurşuni küf) yayılması riskinden dolayı önerilmemektedir (Creasy ve Creasy, 2009). Üzüm muhafazasını sınırlayan faktörlerden biri de *Botrytis cinerea* (kurşuni küf) olarak bilinmektedir.

Her ülke veya ticaret alanının, ihracatçıların kesinlikle uyması istenen standartlarla ilgili özel düzenlemeleri bulunmaktadır. Örneğin, AB'nin taze meyve ve sebzeler için pazarlama standardı (543/2011; Part 9), hazırlama ve paketlemeden sonra sofralık üzümler için kalite gereksinimlerini düzenlemektedir. Bu standarda göre, salkımlar ve tanelerde herhangi bir bozulma, çürüme olmamalı ve gözle görülür yabancı madde bulunmamalıdır. Bunlara ek olarak taneler ve salkımlar, zararlılardan ve bunların verdiği hasarlardan arı olmalı, dış yüzeyinde anormal nemlenme, yabancı koku ya da tat olmamalıdır. Taneler sağlam, düzgün biçimli ve çeşidin özelliklerine göre normal şekilde gelişmiş olmalıdır. Ayrıca 5 cm'den uzun olmamak koşulu ile salkım sapı bırakılabilmektedir (European Commission, 2000).

## 2. HASAT VE SOĞUKTA MUHAFAZA

Üzüm çabuk bozulabilen bir meyve olduğundan dolayı hasat sonrası taşıma esnasında çürüme, salkım iskeletinde kuruma, tanelerin suyunu kaybedip buruşması, çatlaması, kararması ve yumuşaması gibi çeşitli hasarlara karşı hassastır ve bu durum meyve kalitesinde kayıpların artmasına neden olmaktadır (Artés-Hernández ve Tomás-Barberán, 2006; Şen vd., 2012).

Sıcaklık ve nemin kontrol edildiği soğutulmuş bir odada depolama gibi hasat sonrası muhafaza teknolojilerinin kullanılması, bozulmanın etkilerini azaltmak, pazarlama süresini uzatmak ve meyve kalitesini artırmak için önemlidir (Cerqueira vd., 2011; Keskin vd., 2015). Sofralık üzümler genellikle çeşide, kuru madde oranına göre değişmek üzere -1°C ile 2°C arasında ve %95-98 oransal nemde depolanmaktadır.

Belirli koşullar altında, uzun süreli depolamanın sonunda ve nakliye esnasında salkım iskeleti kahverengileşmesini, meyve çürümesini ve *Botrytis cinerea*'yı önlemek amacıyla sofralık üzümlere, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ile fümigasyon uygulanmaktadır. 10 günü aşan sevkiyatlarda, SO<sub>2</sub> üreten pedler, aktif bileşenin (sodyum metabisülfite) miktarına bağlı olarak gazın sabit bir konsantrasyonda salınımını sağlamaktadır (Crisosto, 2008). Bu uygulama birkaç hafta hatta aylarca sofralık üzümün depolanmasına olanak tanımaktadır. Çeşidin SO<sub>2</sub>'ye duyarlılık seviyesine bağlı olarak, salınımı gerçekleşen gaz tanelerde hasara, ağarmaya neden olabilmekte ve bu durum ise ürünün pazarlanabilirliğini kısıtlamaktadır. Genel olarak SO<sub>2</sub> ile muamele ve düşük sıcaklıklarda depolamak meyve kabuğu yüzeyindeki *Botrytis* sporları gibi birçok depo zararlısını baskılamalıdır, bunun gerçekleşebilmesi gazın iyi bir şekilde yayılması ve her meyveye yeterli konsantrasyonlarda ulaşmasını sağlamak için uygun bir paketleme malzemesi kullanılmalıdır (de Aguiar vd., 2023).

SO<sub>2</sub>, renksiz, yanıcılık özelliği olmayan, güçlü, keskin, boğucu bir kokuya sahip, gözler, boğaz ve üst solunum sistemi için yoğun tahriş edici bir özellikte bir gazdır. SO<sub>2</sub> uygulaması daha önce de bahsedildiği gibi üzümlere hasar verebileceği gibi geride sülfite kalıntılara bırakabilmekte, bu durum tüketici sağlığı açısından kabul edilemez bir sonuç oluşturmaktadır (Chervin vd., 2005; Shen ve Yang, 2017). Sağlık açısından zararlı etkileri nedeniyle SO<sub>2</sub> için kalıntı sınır düzeyi uygulanmaktadır. Yetiştiricilik sırasında hastalıklara karşı mücadelede kullanılan kükürtlü preparatlar da üzümün bünyesinde SO<sub>2</sub> birikimine neden olmaktadır. Kabul edilebilir en yüksek SO<sub>2</sub> kalıntı miktarı 10 ppm olduğu bildirilmiştir (Smilanick vd., 1990; Anonim 1997).

Depolama ve taşıma sürelerinin farklılık göstermesinden ötürü bu aşamalarda üzümün kalitesini korumak büyük önem arz etmektedir. Sofralık üzümler, yüksek sıcaklıkta ve oransal nemde depolandığında veya taşındığında bu durum genellikle ağırlık kaybına neden olmaktadır. Bu sebepten ötürü hasattan sonra salkımlar en kısa sürede ön soğutmaya tabi tutularak hasat sıcaklığından depolama sıcaklığına düşürülmesi gerekmektedir. Ardından -1 ile 2°C'de %90-95 oransal nemde uygun paketleme ile muhafaza edilmelidir. Ancak, aşırı susuzluğun yol açtığı şiddetli etkiden korunmak için gereken yüksek ve sürekli nemle birlikte oluşan soğuk zincirin bozulması, gri küf gibi mantar hastalıklarının gelişmesine yol açabilir. Bu yüzden sistemin sürekliliği oldukça önem arz etmektedir.



### 3. PAKETLEME MATERYALLERİ

Soğukta muhafaza, sofralık üzümün hasat sonrası yönetiminin temel tekniği olarak kabul edilmesinden dolayı soğutma ile birlikte çalışan stratejiler esastır (Cerqueira vd., 2011). Uygun ambalajlamanın tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılması, meyve çürümesinin neden olduğu yaralanmaları ve ağırlık kaybını, meyvelerin koyulaşması ve soğuk depolama sırasında oluşan salkımın iskeletinin kuruması gibi fizyolojik nitelikteki bozuklukları azaltmayı hedeflediğinden, ürünlerin raf ömrünün uzatılmasına olanak tanımaktadır (Yamashita, 2009; Liguori, 2015; İşlek ve Çavuşoğlu, 2024).

Meyveler paketlenirken solunum devam etmekte ve doğal olarak O<sub>2</sub> tüketilip ortaya CO<sub>2</sub> ile su açığa çıkmasından dolayı başlangıçtaki gaz bileşimi depolama sürecinde değişim göstermektedir. Ortamdaki O<sub>2</sub> miktarı azalır, CO<sub>2</sub> miktarı artış göstermektedir. Ambalajın gaz geçirgenliği paketlenen ürüne kıyasla olması gerekenden daha düşük ise paketteki O<sub>2</sub> tamamen tüketileceğinden nihayetinde anaerobik solunum başlayacaktır. Bu durum meyveler için olumsuz sonuçlar yaratmaktadır. Bundan dolayı solunum yapan ürünlerin paketlenmesinde, solunum hızıyla gaz bileşimi arasındaki dengeyi sağlayabilecek özellikte ambalaj malzemesinin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. İdeal ambalajlamada, ortam içerisindeki gıdanın aerobik solunumu için gerekli O<sub>2</sub> kullanım hızı ile içeriye girecek O<sub>2</sub>'nin hızıyla eşit durumda olmalıdır. Aynı şekilde solunumla ortaya çıkan CO<sub>2</sub> hızı da, dışarı çıkan CO<sub>2</sub>'le aynı miktarda olmalıdır.

Ambalaj seçimi, meyvenin ihtiyaçlarına, ambalajlama yöntemine, dayanıklılığa, maliyete ve bulunabilirliğe ek olarak, değişen pazar gereksinimlerine ve bu pazarların standartları dikkate alınarak yapılmalıdır (Bordin, 1998; Motoike ve Borem, 2018). Sofralık üzümün paketlenmesinde genellikle karton kutular, havalandırılabilir plastik kapaklı kutular, delikli plastik torbalar ve modifiye atmosfer poşetler kullanılmaktadır.

Üzümlerde modifiye atmosferde paketlenme (MAP) (Şekil 1) hem meyveleri çevreleyen atmosferde yüksek oransal nem sağlayarak ağırlık kayıpları ve salkım kararmalarını azaltabilmekte ve hem de düşük O<sub>2</sub> ve yüksek CO<sub>2</sub> atmosfer bileşimi sayesinde yumuşama, şeker ve organik asit içeriğindeki kayıpları önleyebilmektedir (Artes-Hernandez vd., 2004; İşlek ve Çavuşoğlu, 2024). Yüksek CO<sub>2</sub> içeren modifiye atmosferde muhafaza *Botrytis cinerea*'dan

kaynaklanan çürümelerin azaltılmasında etkili olmaktadır (Artes-Hernandez vd., 2004).



**Şekil 1:** Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP) (Fotoğraf: BIOPAC)

Sofralık üzümleri paketlemek için kullanılan dış ambalaj, 5 ve 10 kg üzüm kapasiteli, tepsi tipi tek parça ve çift oluklu mukavva kutulardan oluşmaktadır (Şekil 2). Bu kutuların yapımında kullanılan malzemenin montajının kolay, ıslanmaya dayanıklı, salkımların düzgünce yerleşmesi ve taşınmasına elverişli olması gerekmektedir. Ön soğutma esnasında salkımların hızlı bir şekilde soğumasını sağlamak için hava sirkülasyonuna izin veren deliklere sahip olmalı, bunlara ek olarak yanlarda taşımayı, istiflemeyi ve paletlemeyi kolaylaştıran açıklıklar bulunmalıdır (de Aguiar vd., 2023).



**Şekil 2:** Üzüm taşıma kolileri (Fotoğraf: indiaMART)

Plastik kapaklı delikli ambalajlar, ortalama 500 g ağırlığındaki salkımları tek tek yerleştirmek ve üzümün dış ortamla fiziksel temasını kesmek amacıyla kullanılan ambalajlardır (Şekil 3). Ayrıca, nakliye sırasında oluşan mekanik etkileri azaltmakta, ağırlık kaybını en aza indirmekte, modifiye atmosfer ortamı sağlayarak üzümün kalitesine zarar veren fizyolojik süreçleri yavaşlatmakta, bunun dolaylı sonucu olarak fungusların kontrolünü sağlamaktadır (Camili vd.,

2007; Çavuşoğlu vd., 2021). Gıda sektöründe kullanılan kapaklı kaplar genellikle polietilen tereftalat plastikten üretildiği için yüksek oranda geri dönüştürülebilir özelliğe sahiptir. Bu sebeplerden dolayı, tüketiciye daha fazla kolaylık sağlamanın yanı sıra, nihai varış noktasına ulaşana kadar salkımın bütünlüğünü koruyan yenilikçi bir alternatif haline gelmiştir (Gabler vd., 2010).



Şekil 3: Plastik kapaklı delikli ambalaj (Fotoğraf: indiaMART)

Üzüm salkımları, plastik kapaklı kutularda olsun veya olmasın, karton kutuların içinde havalandırmalı plastik filmler ile paketlenmelidir (Şekil 4) (Henríquez ve Pinochet, 2016). Farklı havalandırma alanları sağlayan deliklere sahip filmlerde amaç, meyvenin susuz kalmasından kaynaklanan ağırlık kaybını azaltmasının yanı sıra, SO<sub>2</sub> üreten pedlerin kullanımında SO<sub>2</sub> gazının daha verimli olmasını sağlamaktır (Chaves vd., 2019).



Şekil 4: Üzümlerin SO<sub>2</sub> pedleri ile paketlenmesi (Fotoğraf a: Güzin Tarım, b: HELLAGRO)

Son yıllarda, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> içeren, delikli, SO<sub>2</sub> üreten yeni bir ambalaj malzemesi geliştirilmiştir. Bu malzemenin avantajı paketi ve SO<sub>2</sub> jeneratörünü tek bir üniteye birleşmesidir, bu sayede paketleme işlemi sırasında işçilikten ve zamandan tasarruf sağlamaktadır (Gabler vd., 2010; Saito vd., 2020). Bu ambalajda üzüm çeşidine göre farklı miktarlarda aktif madde miktarı ve farklı

havalandırma alanları bulunmakta, ayrıca yavaş veya çift SO<sub>2</sub> salınımlı (hızlı ve yavaş) seçenekleri de bulunmaktadır (de Aguiar vd., 2023). Plastik malzemelerin düşük maliyeti, yüksek mukavemeti, stabilitesi, hafifliği, gazlara ve çok sayıda çözücüye karşı geçirgen olmaması, gıda kalitesini etkilemeden sterilizasyona olanak sağlaması gibi nedenlerle gıda ambalajlarında yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak plastik ürünlerin kullanımındaki en büyük problem polimerik bileşiklerden oluştuğundan ötürü zamanla bozulmaması ve fosil kökenli olması nedeniyle çevreye yüksek kirlilik yaratmasıdır (Jamieson vd., 2019; Yılmaz vd., 2023). Bu nedenle, meyve ve sebzelerin ambalajlanmasında daha sürdürülebilir biyolojik kökenli ambalaj malzemelerinin araştırılmasına ve kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Halonen vd., 2020; Ncube vd., 2020; Çavuşoğlu vd., 2020). Böylelikle plastikte üretilen malzemelerin çevre, toplum sağlığı ve ekonomi üzerinde oluşturduğu baskının azaltılması mümkün olabilecektir.

Biyolojik kökenli ambalajlara örnek olarak De Aguiar vd. (2023), patates nişastasından geliştirdikleri ambalaj, sofralık üzümler ve sebzeler de dâhil olmak üzere taze ürünlerin depolanması ve taşınması için kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Geliştirilen bu ambalaj, lazer ile oluşturulmuş mikroskobik havalandırma deliklerine sahip olduğundan dış ortam-paket arasında gaz ve su buharı geçişinin yeterli miktarda olduğu belirtilmiştir. Daha önce de belirtildiği üzere ambalaj nişasta kökenli olduğundan dolayı çözünebilir niteliktedir ve küresel anlamda plastik ambalaj malzemelerin kullanımının azaltılması trendine uygun bir üründür. Ayrıca araştırmacılar geliştirdikleri bu ambalajı 'Benitaka' sofralık üzüm çeşidinin muhafazasında kullanmışlardır. Hızlı SO<sub>2</sub> salınımı yapan pedler ile paketleme yapıldığından üzüm kalitesi korunmuş ve muhafaza sırasında meyve çürümesinin düşük seviyelerde kalmasını sağlamışlardır. Su buharı geçirgenliğinin yüksek olması sayesinde salkımların kuru kalması sağlanarak depolama süresi boyunca çürüme olasılığını önemli ölçüde azaltılmıştır. Ayrıca araştırmacılar bu nişasta bazlı ambalaj ile SO<sub>2</sub> jeneratörlerinin birleştirilerek fosil bazlı plastiklerin kullanımının azaltılmasına olanak sağlaması nedeniyle avantajlı olabileceğini bildirmişlerdir.

#### 4. SONUÇ

Dünya çapında ambalajlama teknolojilerinde çeşitli gıda ürünleri için mevcut ambalajların yarattığı olumsuzlukları çözmek adına çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Küresel tüketici talepleri, fosil kökenli

ambalaj malzemelerine alternatifler bulmak için yeni malzemelerin araştırılması ve geliştirilmesi için motive edici bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynaklardan hazırlanan ambalaj malzemelerinin geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerle değiştirilmesi, tüketiciler ve gıda endüstrisi tarafından talep edilmektedir. Bu bağlamda, biyopolimerlerin gıda ambalajı olarak kullanılması, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve diğer malzemelerle birleştirilebilme gibi avantajlara sahip olması ve gıda atıklarını azaltma yönüyle çevreye fayda sağlama konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğu belirtilmektedir. Gelecek çalışmalarda patates nişastasında olduğu gibi doğada en çok bulunan selüloz vb. hammaddeler kullanılarak geliştirilebilecek ambalaj malzemeleri üzerine araştırmalar yapılması, üzüm muhafazasında en büyük problem olarak görülen SO<sub>2</sub> jeneratörlerinden kaynaklanan sülfid kalıntıları ve kalitede meydana getirdiği olumsuz etkileri en aza indirebilecek alternatif ambalajlama materyalleri ve teknikleri üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

- Anese, R. O., & Fronza, D. (2015). Fisiologia Pós-Colheita em Fruticultura. *UFSC*: Santa Maria, Brazil.
- Artés-Hernández, F., & Tomás-Barberán, F. A. (2006). Modified atmosphere packaging preserves quality of SO<sub>2</sub> -free ‘Superior seedless’ table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, *39*, 146–154.
- Bordin, M. R. (1998). Embalagem Para Frutas e Hortaliças. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. Informativo CETEA: Campinas, Brazil, Volume 10, 4 p.
- Camili, E. C., Benato, E. A., Pascholati, S. F., & Cia, P. (2007). Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva ‘Itália’ contra *Botrytis cinerea*. *Summa Phytopathol.*, *33*, 215–221.
- Cerqueira, T. S., Jacomino, A. G., Sasaki, F. F., & Alleoni, C. C. (2011). Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. *Bragantia*, *70* (1), 2016–2221.
- Champa, H. (2015). Pre and postharvest practices for quality improvement of table grapes (*Vitis vinifera* L.). *J. Natl. Sci. Found. Sri Lanka*, *43*, 3–9.
- Chaves, O. J., Youssef, K., Koyama, R., Ahmed, S., Domingues, A. R., Mühlbeier, D. T., & Roberto, S. R. (2019). Control of gray mold on clamshell-packaged ‘Benitaka’ table grapes using sulphur dioxide pads and perforated liners. *Pathogens*, *8*, 271.
- Choudhury, M. M., & Costa, T. S. (2004). Colheita e pós-colheita. In Cultivo da Videira; Leão, P.C.S., Embrapa Semiárido (Ed): Petrolina, Brazil, pp. 61–66.
- Creasy, G. L., & Creasy, L. L. (2009). Grapes. *Crop Production Science in Horticulture*; CABI: Oxfordshire, UK.
- Crisosto, C. H. (2008). Grapes, Fumigation with Sulfur Dioxide (SO<sub>2</sub> ). WFLO Commodity Storage Manual. <http://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2689.pdf>
- Çavuşoğlu, Ş., İşlek, F., Yılmaz, N., & Tekin, O. (2020). Kayısıda (*Prunus armeniaca* L.) metil jasmonate, sitokinin ve lavanta yağı uygulamalarının hasat sonrası fizyolojisi üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, *30*(1), 136-146.
- Çavuşoğlu, Ş., Yılmaz, N., İşlek, F., & Tekin, O. (2021). Effect of methyl jasmonate treatments on fruit quality and antioxidant enzyme activities of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) during cold storage. *Journal of Agricultural Sciences*, *27*(4), 460-468.
- De Aguiar, A. C., Higuchi, M. T., Ribeiro, L. T. M., Leles, N. R., Bosso, B. E. C., Shimizu, G. D., Da Silva, M. J. R., Marques, V. V., Yamashita, F., Youssef, K., & Roberto, S. R. (2023). Bio-based and SO<sub>2</sub> -generating plastic liners to extend

- the shelf life of 'Benitaka' table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 197, 112217.
- de Aguiar, A.C., Higuchi, M.T., Yamashita, F., Roberto, S.R. (2023). SO<sub>2</sub>-Generating Pads and Packaging Materials for Postharvest Conservation of Table Grapes: A Review. *Horticulturae*, 9, 724.
- European Commission. Council Directive 2000/29/EC. *Official Journal of the European Union*, p. 112.
- Gabler, F. M., Mercier, J., Jimenez, J. I., & Smilanick, J. L. (2010). Integration of continuous biofumigation with *Muscodor albus* with pre-cooling fumigation with ozone or sulfur dioxide to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biol. Technol.*, 55, 78–84.
- Halonen, N., Pálvolgyi, P. S., Bassani, A., Fiorentini, C., Nair, R., Spigno, G., & Kordas, K. (2020). Bio-based smart materials for food packaging and sensors- A review. *Front. Mater.*, 7, 82.
- Henríquez, J. L., & Pinochet, S. (2016). Impact of ventilation area of the liner bag, in the performance of SO<sub>2</sub> generator pads in boxed table grapes. *Acta Hort.*, 1144, 267–272.
- İşlek, F., & Çavuşoğlu, Ş. (2023). Effect of postharvest edible coating materials on sugar and organic acid content of fresh-cut melons grown with different fertilizer treatments. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47(6)- 1142-1154.
- İşlek, F., & Çavuşoğlu, Ş. (2024). Yenipazar Biber Çeşidinde Yenilebilir Kaplama Uygulamalarının Hasat Sonrası Fizyolojisi Üzerine Etkileri. *Ejons International Journal*, 8(3), 366-373.
- Jamieson, A. J., Brooks, L. S. R., Reid, W. D. K., Piertney, S. B., Narayanaswamy, B. E., & Linley, T. D. (2019). Microplastics and synthetic particles ingested by deep-sea amphipods in six of the deepest marine ecosystems on Earth. *R. Soc. Open Sci.*, 6, 2.
- Keskin, N., Keskin, S., Çavuşoğlu, Ş., Şevgin, N., Kunter, B., Karadoğan, B., & Kalkan, N. N. (2015). Karaerik (Cimin) üzüm çeşidinde hasat sonrası UV-C ve sıcak su uygulamalarının meyve kalitesi ve soğukta muhafaza üzerine etkileri. GAP VII. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 34-40.
- Liguori, G. (2015). Effects of modified atmosphere packaging on quality parameters of minimally processed table grapes during cold storage. *Adv. Hortic. Sci.*, 29, 152–154.
- Motoike, S., & Borem, A. (2018). Uva: Do Plantio à Colheita. *UFV: Viçosa, Brazil*, 185 p.
- Ncube, L. K., Ude, A. U., Ogunmuyiwa, E. N., Zulkifli, R., & Beas, I. N. (2020). Environmental Impact of Food Packaging Materials: A review of contemporary

- development from conventional plastics to polylactic acid-based materials. *Materials*, 13 (21), 4994.
- Saito, S., Obenland, D., & Xiao, C. L. (2020). Influence of sulfur dioxide-emitting polyethylene packaging on blueberry decay and quality during extended storage. *Postharvest Biol. Technol.*, 160, 111045.
- Sen, F., Altun, A., Kesgin, M., & Inan, M. S. (2012). Effect of different shading practices used in the pre-harvest stage on quality and storage life of Sultana seedless grapes. *J. Agric. Sci. Technol.*, 2, 1234-1240.
- Yamashita, F. (2009). Embalagem pós-colheita para frutos. In *Manual Pós-Colheita da Fruticultura Brasileira*; Neves, L.C., (Ed.): Londrina, Brazil, 163–187.
- Yilmaz, N., Islek, F., Cavusoglu, S., Nečas, T., Ondrášek, I., & Ercisli, S. (2023). Effect of exogenous essential oil treatments on the storage behaviour of apricot fruit harvested at different altitudes. *Folia Horticulturae*, 35, 433-447.





## **BÖLÜM 5**

### **BAĞCILIKTA YAZ BUDAMASI UYGULAMALARI**

Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN<sup>1\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14276532>

---

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 42250 Konya-Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3264-5925>

\*sorumlu yazar: [osmandogan@selcuk.edu.tr](mailto:osmandogan@selcuk.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Yaz budamaları dünyada aktif olarak yapılan bağcılık uygulamalarındandır. Yaz budamasıyla önceki yılın kış budaması tamamlanırken, bir sonraki kış budaması için de ön hazırlığa başlanmış olunur (El-Boray vd., 2018). Ayrıca yaz budamasının yapılmaması ya da yanlış yapılması gelecek yılın verim ve kalitesini de olumsuz etkileyebilmektedir.

Ürün seviyesi ve gölgelik yoğunluğu, yüksek kaliteli üzüm ve şarap elde etmek için kilit faktörler olarak kabul edilir. Bu hedeflere genellikle, kaba bir ürün kontrolüne izin veren kış budaması yoluyla ve nihayetinde kaynak-havza (source-sink) oranlarını ve taç mikro iklimini değiştiren ince bir ürün yükünü mümkün kılan yaz budaması teknikleri yoluyla ulaşılır (Bravetti vd., 2010). Mevcut yaz budaması teknikleri arasında en yaygın ve derinlemesine çalışılanlar, salkım seyreltme (Guidoni vd., 2002; Petrie ve Clingeffer, 2006; Reynolds vd., 2007) ve ben düşme zamanı salkım bölgesinde yaprak almadır (Almanza-Merchán vd., 2011; Osrečak vd., 2016).

Yaz budaması, sürgün seyreltme ile bitki başına sürgün sayısını, salkım seyreltme ile sürgün başına salkım sayısını ve tane seyreltme ile salkım başına tane sayısını değiştirerek bitkilerin nihai verimliliğini tanımlar. Seyreltme, vejetatif veya generatif organlarının fazlalığının ortadan kaldırılmasından oluşur (Di Lorenzo vd., 2011; Senthilkumar vd., 2015; Tangolar vd., 2017).

Taç yönetimi, terbiye sistemi, güç kontrolü, sürgün budama, salkım seyreltme ve yaprak çıkarma gibi bir dizi bağcılık uygulamasını içerir ve bunlar üzüm üretiminde dünya çapında uzun yıllardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır (Osrečak vd., 2015; Sivilotti vd., 2016). Güneş ışığına maruz kalma, asma sıcaklığı ve hava sirkülasyonunu vb. değiştirerek asmanın taç mikro iklimini, dolayısıyla asmanın büyümesi, üzümü ve şarabın kalitesini etkiler (Duncan vd., 1995; Reynolds vd., 1996; Tardáguila vd., 2008).

Günümüzde çok sayıda yaz budaması çalışmaları bulunmaktadır. Bu derlemenin amacı, en yaygın yaz budama işlemleri hakkındaki en son bulguları özetlemek, yaz budamalarının asmanın verimi, kalitesi, fizyolojisi ve biyokimyasına etkilerini incelemek ve gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutmaktır.

## **2. YAZ BUDAMASI UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

### **2.1. Verim ve Kaliteye Etkisi**

Yaz budaması, asma gücünün korunmasına yardımcı olan ve vejetatif büyüme ile verim ve meyve kalitesi arasında denge sağlayan bir bağcılık tekniğidir. Bu işlemler genellikle sürgün seyreltme, sürgün ucu alma, salkım seyretme ve yaprak almayı içerir (Di Lorenzo vd., 2001). Ayrıca yaz budama uygulamaları aşırı verimi önlemek ve meyve kompozisyonunu iyileştirmek için kullanılan bir bağcılık aracıdır (Condurso vd., 2016). Yaz budamasının ihmal edilmesi veya yanlış yapılması bir sonraki yılın (Gil vd., 2013) yanı sıra içinde bulunulan yılın verim ve meyve kalitesi üzerinde istenmeyen etkilere neden olabilmektedir (El-Boray vd., 2018).

Asmaya yapılan yaz budama uygulamaları hem verimi arttırmak hem de aşırı verimi kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bu amaçla yapılan birçok uygulama bulunmaktadır. Asma verimini büyük ölçüde azaltmak için çiçeklenme öncesi yapraklar alınabilirken (Sabbatini ve Howell, 2010) verimi korumak içinde meyve tutumu sonrası yaprakların alınması (Hickey ve Wolf, 2018; VanderWeide vd., 2018) işlemi yapılabilir. Ben düşme ortasında salkımların %50'sinin kesilmesi asma başına üzüm verimini yaklaşık %40 oranında azaltabilmektedir (Gil vd., 2013). Bu uygulama şarap yapımında üzüm kalitesini artırmak için alternatif bir yöntem olarak görülmektedir (Almanza-Merchán vd., 2011). Çiçeklenme sonrası yaprak alma (Lohitnavy vd., 2010; Cincotta vd., 2022), 1/3 salkım ucu kesme (Akin, 2011) ve uç alma (Korkutal vd., 2021) uygulamaları asma veriminde artışlara neden olmuştur.

### **2.2. Bitki Fizyolojisine Etkisi**

Yaz budama uygulamaları sürgün büyümesi ile tane gelişimi arasında denge bulmak için kullanılan bir bağcılık uygulamasıdır (Condurso vd., 2016). Mikroklimatik koşulları iyileştirerek ve yaşlı, fotosentetik olarak daha az aktif olan yaprakların genç yapraklarla oranını dengeleyerek, asmaların fotosentez yapmaları artırılabilir (Intrieri vd., 2008). Yaprakların çıkarılması, kaynak-havza dengesinde değişikliklere neden olur; bu da kısa ve orta vadede asmanın ana fizyolojik tepkilerinde önemli değişikliklere neden olabilir ve böylece üzüm bileşimini (Kliwer ve Dokoozlian, 2005), rezervlerini (Vaillant-Gaveau vd., 2014), kök büyümesini (Hunter vd., 1995), fotosentezi (Poni vd., 2008; Palliotti vd., 2011) ve su kullanımını (Medrano vd., 2007) etkiler. Ayrıca

yaprak alma uygulamalarıyla stoma iletkenliğinde artış meydana gelebilmektedir (Frioni vd., 2018).

Yaz budaması uygulamalarıyla Superior Seedless üzüm çeşidinin göz verimliliği ve meyve oluşturma katsayısı önemli ölçüde arttırılabilir. Ayrıca çubukların olgunlaşma dinamikleri, toplam klorofil miktarı, yapraklardaki toplam azot, fosfor ve potasyum içeriği ve sürgünlerde biriken toplam karbonhidrat miktarları da iyileştirebilir (El-Boray vd., 2018).

### 2.3. Üzüm Biyokimyasına Etkisi

Asma tacının mikroklimatik koşullar-sıcaklık ve güneş radyasyonu ile şeker kaynağı arasındaki denge, şekerler, organik asitler ve ikincil metabolitler gibi üzüm olgunlaşma parametrelerini doğrudan düzenleyen önemli parametrelerdir (Spayd vd., 2002; Pastore vd., 2013). Yaz budamaları, üzümün fenolojisi ve lezzeti üzerine artan şikayetleri ele almada potansiyel oluşturduğu da bilinmektedir (Poni vd., 2023).

Yaz budama uygulaması, polifenolik ve aromatik bileşiklerin konsantrasyonunu artırarak üzüm ve şarap kompozisyonunu iyileştirebilir (Hickey ve Wolf, 2018; Bubola vd., 2019; Ferlito vd., 2020) ve özellikle malik asit olmak üzere titre edilebilir asitlik azaltılabilir (Riesterer-Loper vd., 2019; Verdenal vd., 2019). Ek olarak salkım seyreltme, asmanın salkım morfolojisini ve meyvenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirir (Gil vd., 2013). Anić vd. (2021), yaptıkları bir çalışmada yaprak alma ile tane kabuğundaki fenoller, antosiyaninler, flavonoller ve flavan-3-ol konsantrasyonlarında artış sağlamışlardır. Bir başka çalışmada ise sofralık üzüm çeşitlerinde yaprak alma ve salkım seyreltme uygulamalarının tanelerin toplam antosiyanin içeriği ve renk yoğunluğunu olumlu etkilediği bildirilmiştir (Cantürk ve Kunter, 2018).

### 2.4. Hastalık ve Zararlılara Etkisi

Yaz budama uygulamaları asma tacının mikro iklimini iyileştirmeye yardımcı olur, olgunlaşmayı iyileştirir ve hastalık insidansını kontrol eder (Di Lorenzo vd., 2001; Guidoni vd., 2008). Çiçek açmadan önce yaprakların alınmasıyla birlikte salkımların güneş ışığına daha fazla maruz kalması, *Botrytis cinerea* (gri küf) gibi çürümeye neden olan mantarların gelişimi için elverişsiz bir mikro iklim yaratarak kimyasal mücadelenin etkinliğini de artırır (Molitor vd., 2011; Sternad Lemut vd., 2015). Ayrıca salkımların güneş ışığına maruz kalması, tane kabuk kalınlığında bir modifikasyonu teşvik ederek

fitoaleksinlerin biyosentezini destekleyebilir, bu da güneş yanığı hasarına ve *B. cinerea* ve diğer mantari hastalıkların neden olduğu enfeksiyonlara karşı dirence arttırabilir (Verdenal vd., 2017).

Elverişsiz olgunlaşma koşullarında, yaprak alınması üzüm sağlığını ve kalitesini iyileştirebilmektedir (Guidoni vd., 2008). Birçok üzüm çeşidi mantar kaynaklı hastalıklara, özellikle *B. cinerea* karşı hassastır. Yaprakların çıkarılması, pestisitlerin etkinliğini artırarak yalnızca hastalıkların azalmasına değil (Percival vd., 1994), aynı zamanda üzümlerin daha iyi olgunlaşmasına ve şarapların duyuşal özelliklerinin gelişimini sağlar (Main ve Morris, 2004; Murisier ve Ferretti, 2004). Ayrıca kompakt salkımlar, çeşitli zararlılara ve hastalıklara karşı daha hassastır (Ioriatti vd., 2011). Bu sorunlarla tane seyreltme uygulaması ile baş edilebilir.

### 3. YAZ BUDAMASI UYGULAMALARI

Yaz budaması veya yeşil budama, bağda vejetatif büyümenin en ufak bir belirtisinin bile gölgelikte algılanabildiği her türlü manuel veya mekanik işlemleri kapsar. Bu nedenle, en genel anlamıyla, gölgedeki tomurcuklardan birkaç açılmamış yaprak geliştiğinde gerçekleştirilen çok gecikmiş bir kış budaması bile yaz budaması olarak sınıflandırılabilir (Poni vd., 2022). Günümüzde yoğun bir şekilde yapılan yaz budama uygulamaları dört ana kategorisi ayrılabilir: yaprak alma, salkım seyreltme, tane seyreltme ve uç alma.

#### 3.1. Yaprak Alma

Salkım bölgesindeki yaprakların alınması, yoğun yaprakların olduğu bölgeye ışık girişini arttırmak ve nemi azaltmak için kullanılan yaygın bağcılık uygulamalarından biridir (Anić vd., 2021). Yaprak alma genellikle çiçeklenme öncesinde (Tardaguila vd., 2010; Intrieri vd., 2013; Gatti vd., 2015; Arrillaga vd., 2021), tane tutumu sonrasında (Lohitnavy vd., 2010; Yu vd., 2016), iri koruk döneminde (Korkutal vd., 2021) ve ben düşme döneminde (Almanza-Merchán vd., 2011; Osrečak vd., 2016; Korkutal vd., 2022a) uygulanmaktadır. Ayrıca yaprak alma işlemi elle (Kotseridis vd., 2012; Quartacci vd., 2022) ve mekanik olarak (Kemp vd., 2011; VanderWeide vd., 2018) da yapılmaktadır.

Yaprak alma uygulamaları ile üzümün asitliği azalmakta, şaraplarda pH düşmekte ve titrasyon asitliği, toplam antosiyanin, flavonoid, polifenol miktarı ve renk yoğunluğu artmaktadır (Verzera vd., 2016). Yue vd. (2021) ise hasat edilen üzümlerde şeker ve toplam antosiyanin miktarını daha düşük bulmuşlardır. Başka bir çalışmada ise tanede antosiyanin ve fenoliklerin teşvik

edilmesine katkıda bulunmuştur (Zhuang vd., 2014). Intrieri vd. (2013) yaptıkları çalışmada pH, SÇKM ve tane kabuk ağırlığında artışlar belirlerken salkım ağırlığı ve asma başına verimde azalmalar tespit etmişlerdir. Aipperspach vd. (2020) ise salkım bölgesindeki yaprakların %50'inin alınmasıyla verimde artış tespit etmişlerdir. Yaprak alma uygulaması ile salkım çürümesinin görülme sıklığı ve şiddetinin azalması, meyve tutumundan sonra veya çiçeklenmeden önce daha düşük düzeylerde uygulanırsa verimin korunmasına yardımcı olabilir (Vogel vd., 2020).

Yue vd. (2021) yaprak alma işlemi ile Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinin bireysel antosiyanin içeriğini artırdığını ve VB6 grubunun malvidin-3-O-glucoside (Mv-3-glc), peonidin-3-O-glucoside (Pn-3-glc) ve malvidin-3-O-(6-asetil)-glucoside (Mv-3-acglc) içeriğini önemli ölçüde iyileştirdiğini saptamışlardır. Ayrıca antosiyanin oluşumunda yapısal ve düzenleyici genlerin, özellikle *VvF3050H*, *VvLDOX* ve *VvDFR*'nin transkript bolluğunu artırdığını belirlemişlerdir. Farklı bir çalışmada da flavonol miktarını artırdığı bildirilmiştir (Pastore vd., 2017).

Nedelkovski vd. (2018) farklı deniz seviyelerinde (50, 280 ve 595 m) yaptıkları yaprak alma uygulamalarıyla üzüm tanesinde hipodermal tabakanın en düşük rakımlı bölgeden en yüksek rakımlı bölgeye doğru arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca yaprak alma uygulamaları, kışlık gözlerin potansiyel verimli olma katsayısını, 2 ve 3 çiçek salkımlı tomurcuk sayısını, 350-550 µm uzunluğundaki çiçek salkımlarını ve 750 µm'den uzun olanların görünümünü arttırmada yararlı bir etki göstermektedir (Nedelkovski vd., 2017).

Özellikle şaraplık çeşitlerde verim kontrolü amaçlanıyorsa çiçeklenme öncesi (Arrillaga vd., 2021), verim artışı amaçlanıyor ise tane tutumundan sonra (Lohitnavy vd., 2010) yaprakların alınması önerilmektedir. Akdeniz bölgesinde kırmızı üzüm çeşitlerine yaprak alma uygulamalarının başarıyla uygulanabileceği (Cincotta vd., 2022), özellikle de organik bağcılıkta uygulanabilir bitki büyüme düzenleyicilerine (giberellik aside) değerli bir alternatif olabileceği (Wegher vd., 2022) vurgulanmaktadır.

### 3.2. Salkım Seyreltme

Ürün yükü hem çekirdekli hem de çekirdeksiz üzüm çeşitlerinde verim ve salkım kalitesinin yanı sıra asma gücünü de etkileyen en önemli faktördür. Salkım seyreltme, aşırı verimi düzeltmek, meyve kompozisyonunu iyileştirmek ve sürgün büyümesi ile tane gelişimi arasında bir denge bulmak için kullanılan



bir bağıcılık aracıdır (Condurso vd., 2016). Bu nedenle, güç ve kapasite arasındaki dengeyi koruyarak daha iyi tane kalitesi elde etmek için asma başına optimum gölge ve salkım sayısı korunmalıdır (Söyler vd., 2020). Salkım seyreltmenin zamanlaması salkım başına tane, tane ağırlığı ve boyutu gibi verim bileşenlerini etkilemektedir. Şaraplık üzümlerde genellikle ben düşmeden önce yapılır (Bruwer, 2010; Fertel, 2011). Salkım seyreltmenin, birçok şaraplık üzüm çeşidinde hasat sırasında SÇKM, renk ve tat artışına yol açtığı bilinmektedir (Reynolds vd., 2007; Tardáguila vd., 2008).

Salkım seyreltme, yaprak alanını azaltmadan ürün miktarını sınırlandırdığı için kaynak/havza oranını etkiler. Bu nedenle, bitki aktivitesini üretim ve kalitenin düzenlenmesine yoğunlaştırır (Matus vd., 2006), bu da şaraplık üzüm çeşitlerinde kalite açısından istenilen tüm salkım özelliklerini etkiler (Korkutal vd., 2022b). Yaprak/tane dengesindeki değişiklikler yoluyla, üzümlerin verimi ve şeker içeriği (Aru vd., 2022), tane lezzetinin diğer bileşenlerini (Reynolds vd., 1996), renk parametreleri (Söyler vd., 2020), asma canlılığını (Bassiony, 2020), meyve kütlesi ve salkım başına tane sayısı (Martínez-Lüscher ve Kurtural, 2021), flavonol ve stilben içerikleri üzerine (Song vd., 2018) etkili olmuştur. Salkımın tamamını almak yerine çiltim alma uygulamalarıyla verimde ve salkım ağırlığında azalma, salkım genişliği, tane ağırlığı ve hacmi, tane uzunluk ve genişliğinde artışlar gözlemlenmektedir (Alshallash vd., 2023).

Seyreltme zamanlamasına gelince, çiçeklenmeden sonraki 8 haftada salkım seyreltmenin üzüm kalitesini artırmak için iyi bir yöntem olduğu bilinmektedir (Kok, 2011). Salkımın çok erken seyreltilmesi, fotosentez oranının azalmasına neden olabilir ve geri kalan meyvelerde şeker birikimini daha da kısıtlayabilir (Fanzone vd., 2011). Yapılan birçok çalışmada salkım seyreltme ile toplam antosiyanin, flavonol ve hidroksisinnamik asit içeriğini (Reščič vd., 2015), fenolik bileşikler (Canon vd., 2014.), salkım ve tane özellikleri (Akin, 2011; Condurso vd., 2016), saptan kopma ve kabuk yırtılma dirençleri (Bassiony, 2020), toplam tanen, toplam polifenol indeksi (Korkutal vd., 2022b) ve şarabın uçucu bileşik profilinde (Condurso vd., 2016) iyileşmelere neden olduğu bildirilmektedir. Son zamanlarda salkım seyreltme etkinliğinin asma su rejimi ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür (Santesteban vd., 2011) ve bu, salkım seyreltmesinin olumlu etkisinin neden sıklıkla hasat zamanına bağlı olduğunu açıklayabilir (Keller vd., 2005).

### 3.3. Tane Seyreltme

Tane seyreltme uygulamaları, kimyasal veya mekanik yaklaşımlarla gerçekleştirilebilir (Sivilotti vd., 2020). Farklı tane seyreltme uygulamaları salkım kompaktlığını azaltmaktadır (Han vd., 2019). Kompakt salkımlarda iç tane sayısı daha fazladır (Vail ve Marois, 1991). Sonuç olarak kompakt salkımlarda meydana gelebilecek mantari hastalıkların bulaşma riski tane seyreltme ile azaltılabilir (Evers vd., 2010). Ayrıca salkım kompaktlığını azaltmak için tane seyreltme, şeker ve antosiyanin içeriğini Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde salkım seyreltmesine göre daha fazla artırmaktadır (Liu vd., 2014). Sonuç olarak, tüketiciler, gıda endüstrisi ve şarap üreticileri, daha yüksek kalite olarak kabul edilen belirli kompaktlık değerlerine sahip üzüm salkımlarını tercih etmektedir (Tello ve Ibáñez, 2018).

Gil vd. (2013), yaptıkları bir çalışmada taneleri seyreltilmiş üzümlerden elde edilen şarapların, daha yüksek toplam fenolik indekse, daha yüksek flavonol, proantosiyanidin ve polisakkarit konsantrasyonlarına ve daha düşük titre edilebilir asitliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca salkım seyreltme asma başına üzüm verimini yaklaşık %40 azaltırken, tane seyreltmede ise sadece %20 civarında kalabildiğini, her iki uygulama da şarabın kalitesini arttırmada etkili gibi görünse de tane seyreltme ürün verimini daha az düşürdüğü için salkım seyreltmeden daha avantajlı olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Piernas vd. (2022) da toplam çözünebilir katılar ve toplam fenolik içerik açısından 'Monastrell' üzümünden elde edilen şarap kalitesini etkili bir şekilde iyileştirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada tane seyreltme ile tane uzunluğu, genişliği, şeker içeriği, antosiyaninler, toplam fenoller ve olgun tanelerin kütlesi, şarapta ise titre edilebilir asitliği, alkol içeriğini, toplam fenol ve tanin miktarını arttırmaktadır (Han vd., 2019). Tane seyreltme ayrıca kabuk tanenlerinin konsantrasyonunu ve bileşimini olumlu yönde etkilemekte (Sivilotti vd., 2020), meyve sertliği ve mineral içerikleri (Ca, Fe, Na, Mg) de artmaktadır (Jia vd., 2023).

### 3.4. Sürgün Seyreltme ve Uç Alma

Asma yaz budaması, tipik olarak vejetasyon döneminde gerçekleştirilen sürgün budama, sürgün ve salkım seyreltme ve yaprak alma gibi, genellikle asma gelişimindeki sapmaları ve ideal bir modelden verim sapmalarını düzeltmeyi amaçlayan bir dizi işlemi içerir (Gatti vd., 2015). Yaz budamasında

sürgün seyreltme, bitki başına sürgün sayısını değiştirerek bitkilerin nihai verimliliğini tanımlar (Söyler vd., 2020). Uç alma ise sürgün ucunun 7-15 cm'lik kısmının çıkarılmasıdır (Teker, 2017).

El-Boray vd., (2018), Superior Seedless üzüm çeşidinin on yıllık asmalarında sürgün seyreltme uygulamasıyla göz verimliliği, salkım ağırlığı, tane uzunluğu, tane genişliği, tane ağırlığı, kuru madde ve asma başına verimde artışlar belirlemişlerdir. Benzer sonuçları Alaunaibi vd., (2022) Kamali üzüm çeşidinde de elde ederken Bravetti vd., (2010) ise verimde azalmalar tespit etmiştir. Maya-Meraz vd. (2023) asma taç yönetiminin Cabernet Sauvignon üzüm çeşidi kimyasal bileşimini ve meyve aroma artışına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Yüksek kaliteli üzüm elde etmek için verim seviyesi ve taç yoğunluğunun kontrolü çok önemlidir. Bu amaca şiddetli kış budaması, Salkım seyreltme ve ben düşme zamanı salkım bölgesinde yaprakların alınması gibi yaz budaması teknikleri birleştirilerek ulaşılabilir, ancak son zamanlarda yeni stratejiler araştırılmaktadır. Bunlar arasında sürgün seyreltmesi dikkat çekmektedir (Bravetti vd., 2010). Fakat salkımların aşırı ısınmaya ve güneş yanığına bağlı hasarlara karşı koruma ihtiyacı nedeniyle, sürgün seyreltme artık çok daha dikkatli ve muhafazakâr bir şekilde uygulanmalıdır (Poni vd., 2023).

**Tablo 1:** Güncel yaz budama uygulamaları ve sonuçları

Çeşit	Uygulama	Sonuç	Kaynak
Semillon	Yaprak alma	Verim, meyve tutumu, salmık ağırlığında artışlara neden olmuştur.	Lohitnavy vd., 2010
Graciano ve Carignan	Yaprak alma	Verim ve gri küf her iki çeşitte önemli ölçüde azalmıştır. Çiçeklenme öncesi yaprak alma üzümlerinde ve şaraplarında antosiyanin ve fenol konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdı.	Tardaguila vd., 2010
Horoz Karası ve Gök üzüm	Salkım seyreltme	Asma başına verim, tane ve salkım ağırlıkları artmıştır.	Akın 2011
Riesling × Silvaner melez	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Salkım seyreltmeyle salkım ve tane kütlesi, SÇKM artmış pH ise azalmıştır. Yaprak alma toplam çözünür katılar ve titrasyon asitliği artırırken, meyve üretimi ve meyve ve salkım ağırlığı azalmıştır.	Almanza-Merchán vd., 2011
Pinot Noir	Mekanik yaprak alma	Yaprak alma daha fazla monomer flavan-3-ol ve tanen konsantrasyonlarına sahip şaraplar üretti. Ayrıca 2,3-trans ile 2,3-cis flavan-3-ol oranını da artırdı.	Kemp vd., 2011
Kamali	Sürgün seyreltme ve uç alma	Uygulamalar ortalama salkım sayısını, bunların uzunluğunu, çapını ve ağırlığını ve üzümün toplam verimini artırmada önemli bir etkiye sahipti.	Alaumaibi vd., 2012
Montepulciano	Salkım seyreltme, sürgün seyreltme ve yaprak alma	Sürgün seyreltmeyle şıradaki şeker ve üzüm fenolikleri önemli ölçüde iyileşti. Yaprak alma, verimi düşürmek ve birinci sınıf asmalar için yüksek kaliteli üzümler üretmek için güçlü ve ilginç bir taç yönetim tekniği olabileceğini bildirdi.	Bravetti vd., 2012
Merlot, Cabernet Sauvignon ve Sangiovese	Yaprak alma	Genel meyve kompozisyonunu iyileştirdiği, yaprak almanın artan şiddetle daha yüksek kabuk antosiyanin seviyeleri ve toplam meyvedeki tanen miktarına tohumların daha düşük katkısıyla ilişkilendirildi.	Kotseridis vd., 2012
Syrah	Tane ve salkım seyreltme	Salkım seyreltme, önemli ölçüde daha yüksek etanol içeriğine, artan antosiyanin ve polisakkarit konsantrasyonlarına ve genel olarak diğer fenolik bileşiklerin çoğunun daha yüksek konsantrasyonlarına sahip şaraplara yol açtı. Tane seyreltme, önemli ölçüde daha yüksek TPI, flavonol, proantosiyanidin ve polisakkarit konsantrasyonlarına ve daha düşük titrasyon asitliğine sahip şaraplara yol açtı.	Gil vd., 2013
Sangiovese	Yaprak alma	SÇKM, pH ve tane başına kabuk ağırlığı artarken salkım ağırlığı ve asma başına verimde azalma tespit edildi.	Intrieri vd., 2013

Nero d'Avola	Yaprak alma	Şaraplarda pH'yi düşürdü ve titrasyon asitliğini, toplam antosiyanin, flavonoid, polifenol miktarını ve renk yoğunluğunu artırdı.	Verzera vd., 2014
Cabernet Franc	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Salkım seyreltme, ürün yükünün başarılı bir şekilde yönetilmesi için yararlı bir araç olduğu kanıtlandı. Yaprak alma, meyvelerdeki antosiyanin ve fenoliklerin önemli ölçüde iyileştirdi.	Zhuang vd., 2014
Ortrugo	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Yaprak alma verim performansı ve meyve kompozisyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini gösterdi. Salkım seyreltme, salkım ve tane ağırlığını artırdı. Her iki uygulama da fenolik maddeler ve SÇKM'yi arttırırken tartarik ve malik asitleri azalttı.	Gatti vd., 2015
Blauer Portugieser	Salkım seyreltme	Salkım seyreltme çözünbilir katıların, şaraptaki alkolün ve üzümdeki ve şarptaki fenolik bileşiklerin, toplam antosiyanin, flavonol ve hidroksisinnamik asit içeriğini önemli ölçüde artırdı.	Rešičič vd., 2015
Syrah	Salkım seyreltme	Salkım seyreltme verimi ve asitliği azaltırken üzümün olgunluğunu, üzümün ve dolayısıyla şarabın fenolik içeriğini, şarabın uçucu profilini, SÇKM, salkım ağırlığı, tane ağırlığı ve pH'yi artırdı.	Condurso vd., 2016
Merlot, Teran ve Plavac	Yaprak alma	Yaprak alma, şarabın fenolik bileşimini güçlü bir şekilde etkiledi.	Osrčak vd., 2016
Merlot	Yaprak alma	Flavonol ve antosiyanin konsantrasyonu, toplam proantosiyanidin konsantrasyonunu ve kabuk proantosiyanidinlerinin ortalama polimerizasyon derecesini artırdı.	Yu vd., 2016
Vranec	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Salkım seyreltme potansiyel göz verimliliğini artırdı. Yaprak alma uygulaması, kış tomurcuklarının potansiyel verimli olma katsayısını, 2 ve 3 çiçek salkımlı tomurcuk sayısını, 350-350 µm uzunluğundaki çiçek salkımlarını ve 750 µm'den uzun olanların görünümünü artırmada yararlı bir etkiye sahipti.	Nedelkovski vd., 2017
Vranec	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Kütüklü tabakası kalınlığı azaldı ve hipodermal tabaka rakımıla birlikte arttı. Uygulanan yaz budaması, üzüm meyvesinin hipodermal tabakasının en düşük rakımlı bölgeden (Gevgelija) en yüksek rakımlı bölgeye (Ušküp) doğru artmasını sağladı.	Nedelkovski vd., 2018
Cabernet Sauvignon, Nero d'Avola, Raboso Piave ve Sangiovese	Yaprak alma	Yaprak alma tüm çeşitlerde flavonol konsantrasyonundaki güçlü artışa neden oldu.	Pastore vd., 2017

Superior Seedles	Sürgün seyreltme, uç alma ve yaprak alma	Sürgün çapı, yaprak alanı, toplam klorofil, N, P, K, salkım ağırlığı, verim, kabuk yırtılma, sap kopma, tane ağırlığı, tane büyüklüğü, tane uzunluğu, tane genişliği, kuru madde, toplam karbonhidrat ve odun olgunlaşma katsayısını artırdı, asitliği azalttı.	El-Boray vd., 2018
Pinot Noir	Yaprak alma	SÇKM, pH, yaprak asimilasyonu ve stoma iletkenliğini artırırken titre edilebilir asitliği azalttı.	Friani vd., 2018
Cabernet Sauvignon ve Ugni Blanc	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Her iki uygulamaya da fenolik asitlerin birikimini artırdı.	Song vd., 2018
Merlot	Yaprak alma	Salkım alma flavonol ve stilben içeriklerinde belirgin artışa neden olurken sinnamillenmiş antosiyaninler azalmıştır.	VanderWeide vd., 2018
Cabernet Sauvignon	Tane Seyreltme	Antosiyaninler ve flavonoller ile OH ikameli antosiyaninlerde artışlar tespit ettiler.	Han vd., 2019
Frontenac Gris ve Marquette	Salkım seyreltme	Şaraptaki titrasyon asitliği, alkol içeriği, toplam fenol ve tanen miktarını arttırdı.	Aipperspach vd., 2020
Flame Seedless	Salkım seyreltme ve uç alma	SÇKM, şeker, toplam fenol, toplam antosiyanin, tane genişliği, tane uzunluğu, tane arttırırken salkım ağırlığı, tane yoğunluğu, salkım sıklığı ve titrasyon asitliği azalttı.	Bassiony 2020
Refosco dal peduncolo rosso	Salkım ve tane seyreltme	Salkım belgesindeki yaprakların %50'sinin çıkartılması verimi arttırdı.	Sivilotti vd., 2020
Mevlâna	1/3 salkım ucu kesme ve bilezik alma	Antosiyanin miktarı, salkım uzunluğu, salkım genişliği, tane ağırlığı, tane hacmi, sap kopma ve kabuk yırtılma dirençlerini arttırırken titre edilebilir asitliği azalttı.	Söyler vd., 2020
Chardonnay	Yaprak alma	Kabuk tanenlerinin konsantrasyonunu ve bileşimini olumlu yönde etkilediğini gösterdi. Şarap ve üzümden toplam antosiyaninde artışlar belirlendi.	Vogel vd., 2020
Cabernet Sauvignon	Yaprak alma	Salkım ucu kesme uygulamasıyla kuru madde, pH, tane ağırlığı ve tane uzunluğu artarken verim, salkım ağırlığı, uzunluğu ve genişliği azalmıştır.	Yeu vd., 2020
Merlot	Yaprak alma	Çözünabilir katıların ve üzüm suyunun şeker-asit oranı arttırırken titre edilebilir asitliği azalttı, salkım çürütmesinin görülme sıklığı ve şiddetini azalttı.	Anic vd., 2021
Tannat	Yaprak alma	Bireysel antosiyanin içeriğini ve antosiyanin yolundaki yapısal ve düzenleyici genlerin, özellikle VvF3050H, VvLDOX ve VvDFR'nin transkript bolluğunu artırdı ve VB6 grubunun malvidin-3-O-glucoside (Mv-3-glc), peonidin-3-O-glucoside (Pn-3-glc) ve malvidin-3-O-(6-asetil)-glucoside (Mv-3-acglc) içeriğini önemli ölçüde iyileştirdi.	Arrillega vd., 2021
		Verimi, salkım ağırlığını, tane ağırlığını, yaprak alanını azaltırken tane kabuğunun fenolik konsantrasyonunu, antosiyanin ve flavonol konsantrasyonu önemli ölçüde iyileştirdi. Düşük verime neden olmasına rağmen daha yüksek bir antosiyanin potansiyeli gösterdi. Salkım çürütmesini azalttı.	

Merlot	Yaprak alma	Şaraptaki uçucu bileşikleri, toplam polifenol ve antosiyanin içeriğini, hasatta edilen üzümlerdeki asitliği, verimini, şeker içeriğini ve renk yoğunluğu artırdı.	Cincotta vd., 2021
Michele Palieri	Yaprak Alma ve Uç Alma	Salkım ağırlığı, salkım hacmi ve salkım sıklığı uygulamaların beraber yapılmasıyla arttı. Salkımdaki tane sayısı her iki uygulama ile arttı. Salkım özellikleri açısından yağışlı sezonlarda ben düşme döneminde; kurak sezonlarda ise iri koruk döneminde yapılacak olan yaprak alma ve uç alma uygulamasının bağda kaliteyi artırdı.	Korkutal vd., 2021
Cabernet Sauvignon	Tane seyreltme ve yaprak alma	Tane seyreltme işlemleri ilk sezonda meyve kütlesi ve salkım başına meyve sayısı üzerinde, ikinci sezonda ise SCKM üzerinde etkisi oldu.	Martínez-Lüscher and Kultural 2021
Solaris	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Her iki uygulama da üzümlerin verimi ve şeker içeriği üzerinde güçlü ancak zıt etkiler gösterdi. Yaprak alma olgunlaşmayı ve şeker birikimini geciktirerek daha yüksek tartarik asit konsantrasyonlarına neden oldu.	Aru vd., 2022
Cabernet Franc	Salkım seyreltme	Salkım eni, salkım hacmi ve salkım ağırlığı arttı.	Korkutal vd., 2022a
Michele Palieri	Salkım seyreltme ve yaprak alma	Şaraphık üzüm çeşitlerinde kalite açısından istenilen tüm salkım özellikleri elde edildi. Salkım seyreltme uygulamaları verimi düşürmesine rağmen kaliteyi artırdı.	Korkutal vd., 2022b
Trebbiano	Yaprak alma	Yaprak alma uygulaması ise verimi arttıran kaliteyi düşürdü Toplam fenoller, antioksidan aktivitesi, askorbat, flavonoidleri ve p-kumarik asit hariç tüm serbest fenolik asitleri artırdı.	Quartacci vd., 2022
Monastrell	Tane seyreltme	Tane seyreltme toplam çözünabilir katımlar ve toplam fenolik içeriğini iyileştirdi. Salkım sıklığını azaltmak ve tanelerin fizikokimyasal ve işlevsel kalitesini ve şarapların duyuasal özelliklerini iyileştirmek için en kullanışlı tarımsal araçtır.	Piernas vd., 2022
Pinot Gris	Yaprak alma	Tane sayısını, ortalama salkım ağırlığını, salkım sıklığını ve asma başına verimi azaltırken toplam çözünabilir katımlarda önemli bir artış gözlemlendi.	Wegher vd., 2022
Sultani Çekirdeksiz	Çiftim alma	Asma başına verim ve salkım ağırlığında azalmalar götüürken salkım genişliği, tane ağırlığı, hacmi, uzunluk ve genişliğinde artışlar gözlemlendi.	Alshallash vd., 2023
Baouang ve Cuiguang	Tane seyreltme	Tane ağırlığı, kuru madde, fruktoz, glikoz, meyve sertliği ve mineral içerikleri (Ca, Fe, Na, Mg) artarken, titre edilebilir asitlik ve organik asit profilleri azaldı.	Jia vd., 2023
Cabernet Sauvignon	Uç alma ve yaprak alma	Üzümlerin kimyasal bileşimini ve meyve aromaları artırdı.	Maya-Meraz vd. (2023)

#### 4. SONUÇ

Günümüzde yoğun bir şekilde yapılan yaz budaması uygulamalarının başında yaprak alma çemekte, bu uygulamayı salkım seyreltme ve tane seyreltme izlemektedir. Yaprak alma uygulamasının birçok amacı bulunmaktadır. Bunların başında yaprakların yoğun olduğu bölgeye ışık girişini artırarak nemi azaltmak nihayetinde ise taç mikro iklimindeki hastalık oluşma riskini azaltmak vardır. Ayrıca taç bölgesinin nemini kontrol ettiği için ilaç kullanımını sınırlandırabilmekte böylece organik bağcılığın uygulanabilirliğini de kolaylaştırmaktadır. Yaprak alma uygulaması çiçeklenme başında yapılırsa verimde azalmalar meydana gelebilmektedir. Özellikle şaraplık çeşitlerde verim kontrolü için kullanılmaktadır. Tane tutumundan sonra yapılması durumunda ise verimde artışlar meydana gelmektedir.

Bağcılıkta aşırı ürün yükü, salkım kalitesinin yanı sıra asma gücünü de etkilemektedir. Salkım seyreltme ile aşırı verim düzenlenebilir, tane yapısı iyileştirilebilir ve sürgün büyümesi kontrol edilebilmektedir. Ayrıca yaprak alanını azaltmadan ürün sınırlandırıldığı için kaynak/havza oranını ve özellikle şaraplık üzüm çeşitlerinde istenilen tüm salkım özelliklerinin elde edilmesini sağlayabilir. Yaprak almada olduğu gibi salkım seyretmenin de uygulama zamanına göre farklı etkileri bulunmaktadır. Seyreltme zamanlamasına gelince, çok erken yapılması fotosentez oranının azalmasına neden olarak şeker birikimini kısıtlayabilir, çok geç yapılması ise aşırı verim kaybına neden olabilmektedir. Salkım seyretmenin asma su rejimini de etkilediği bilinmektedir.

Tane seyreltmeyle salkım sıklığı azaltılır ve yaprak alma da olduğu gibi mantari hastalık riskleri de azaltabilir. Belirli bir kompaktlığa ulaşan salkımlar hem tüketiciler hem de şarap endüstrisi için tercih edilebilir olmaktadır. Tane seyreltme uygulamaları kimyasal veya mekanik yaklaşımlarla yapılabilmektedir. Yaz budamasında sürgün seyreltme ile bitki başına sürgün sayısı değiştirilerek bitkilerin nihai verimliliği kontrol altına alınabilir. Salkımların aşırı ısınması ve güneş yanığına bağlı zararlar nedeniyle, sürgün seyreltme uygulaması yapılırken çok dikkatli olunmalıdır. Sonuç olarak yaz budaması uygulamalarının çok farklı sonuçları olmaktadır. Uygulama yapılırken amaca uygun yaz budaması yönteminin ve uygulama zamanının seçilmesi önem arz etmektedir.



## KAYNAKÇA

- Aipperspach, A., Hammond, J., & Hatterman-Valenti, H. (2020). Utilizing pruning and leaf removal to optimize ripening of *Vitis riparia*-based 'Frontenac Gris' and 'Marquette' wine grapes in the Northern great plains. *Horticulturae*, 6(1), 18.
- Akin, A. (2011). Effects of cluster reduction, herbagegreen and humic acid applications on grape yield and quality of Horoz Karasi and Gök üzüm grape cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 10(29), 5593-5600.
- Alaunaibi, R. M., Alrubbye, H. K., Al-Mosawi, A. J., & Mashkoor, S. A. (2022). Effect of spraying Conocarpus extract and summer pruning treatments on the quality and yield of grapes (*Vitis vinifera* L.) cultivar Kamali. *NeuroQuantology*, 20(5), 4340.
- Almanza-Merchán, P. J., Fischer, G., Serrano-Cely, P. A., Balaguera-López, H. E., & Galvis, J. s. A. (2011). Effects of leaf removal and cluster thinning on yield and quality of grapes (*Vitis vinifera* L., Riesling× Silvaner) in Corrales, Boyaca (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 29(1), 35-42.
- Alshallash, K. S., Fahmy, M. A., Tawfeeq, A. M., Baghdady, G. A., Abdrabboh, G. A., Hamdy, A. E., & Kabsha, E.-b. A. (2023). GA3 and hand thinning improves physical, chemical characteristics, yield and decrease bunch compactness of Sultanina grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Horticulturae*, 9(2), 160.
- Anić, M., Osrečak, M., Andabaka, Ž., Tomaz, I., Večenaj, Ž., Jelić, D., . . . Karoglan, M. (2021). The effect of leaf removal on canopy microclimate, vine performance and grape phenolic composition of Merlot (*Vitis vinifera* L.) grapes in the continental part of Croatia. *Scientia Horticulturae*, 285, 110161.
- Arrillaga, L., Echeverría, G., Izquierdo, B., Rey, J. J., Pallante, A., & Ferrer, M. (2021). Response of Tannat (*Vitis vinifera* L.) to pre-flowering leaf removal in a humid climate. *Oeno One*, 55(2), 251-266.
- Aru, V., Nittnaus, A. P., Sørensen, K. M., Engelsen, S. B., & Toldam-Andersen, T. B. (2022). Effects of water stress, defoliation and crop thinning on *Vitis vinifera* L. cv. Solaris: Part I: Plant responses, fruit development and fruit quality. *Metabolites*, 12(4), 363.
- Bassiony, S. (2020). Effect of bud load levels and summer pruning on vine vigor and productivity of "Flame Seedless" (*Vitis vinifera*, L.) grapevines. *Journal of Plant Production*, 11(4), 301-310.
- Bravetti, B., Lanari, V., Manni, E., & Silvestroni, O. (2010). *Canopy density modification and crop control strategies on 'Montepulciano' (Vitis vinifera L.)*. Paper presented at the XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on the 931.

- Bruwer, R. J. (2010). The edaphic and climatic effects on production and wine quality of cabernet sauvignon in the lower Olifants river region. Doctoral dissertation, Stellenbosch: University of Stellenbosch.
- Bubola, M., Lukic, I., Radeka, S., Sivilotti, P., Grozic, K., Vanzo, A., . . . Lisjak, K. (2019). Enhancement of Istrian Malvasia wine aroma and hydroxycinnamate composition by hand and mechanical leaf removal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 904–914.
- Canon, P. M., Gonzales, Á. S., Alcalde, J. A., & Bordeu, E. (2014.). Red wine phenolic compisition: the effects of summer pruning and cluster thinning. *Ciencia Inv. Agr.*, 41(2), 235-248.
- Cantürk, S. & Kunter, B. 2018. Beauty Seedless ve Tekirdağ Çekirdeksizi üzüm çeşitlerinde (*V. vinifera* L.) salkım seyreltme ve yaprak almanın antosiyanin birikimi ve kabuk renk özelliklerine etkisi. *Bahçe, Özel Sayı 1*,47:569-574.
- Cincotta, F., Verzera, A., Prestia, O., Tripodi, G., Lechhab, W., Sparacio, A., & Condurso, C. (2022). Influence of leaf removal on grape, wine and aroma compounds of *Vitis vinifera* L. cv. Merlot under Mediterranean climate. *European Food Research and Technology*, 1-11.
- Condurso, C., Cincotta, F., Tripodi, G., Sparacio, A., Giglio, D. M. L., Sparla, S., & Verzera, A. (2016). Effects of cluster thinning on wine quality of Syrah cultivar (*Vitis vinifera* L.). *European Food Research and Technology*, 242, 1719-1726.
- Di Lorenzo, R., Barbagallo, M., & Ferrante, S. (2001). Modification of source/sink ratios in Nero d'Avola (*Vitis vinifera* L.) grapevines in a warm-dry environment. *Advances in Horticultural Science [rivista dell'ortoflorofutticoltura italiana]. Special Issue in Grapewine Research in Italy, 2001*, 1000-1008.
- Di Lorenzo, R., Gambino, C., & Scafidi, P. (2011). Summer pruning in table grape. *Advances in Horticultural Science*, 25(3), 143-150.
- Duncan, R., Stapleton, J., & Leavitt, G. (1995). Population dynamics of epiphytic mycoflora and occurrence of bunch rots of wine grapes as influenced by leaf removal. *Plant Pathology*, 44(6), 956-965.
- El-Boray, M., Shalan, A., & Rizk, M. (2018). Effect of Summer Pruning and Some Bio-Stimulants on Bud Fertility, Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of *Vitis vinifera* cv. "Superior" Grapevines. *Journal of Plant Production*, 9(1), 29-38.
- Evers, D., Molitor, D., Rothmeier, M., Behr, M., Fischer, S., & Hoffmann, L. (2010). Efficiency of different strategies for the control of grey mold on grapes including gibberellic acid (gibb3), leaf removal and/or botrycide treatments. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 149, 151–159.
- Fanzone, M., Zamora, F., Jofré, V., Assof, M., & Peña-Neira, Á. (2011). Phenolic composition of Malbec grape skins and seeds from Valle de Uco (Mendoza,

- Argentina) during ripening. Effect of cluster thinning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 6120–6136.
- Ferlito, F., Allegra, M., Torrisini, B., Pappalardo, H., Gentile, A., la Malfa, S., . . . Nicolosi, E. (2020). Early defoliation effects on water status, fruit yield and must quality of 'Nerello mascalese' grapes. *Scientia Agricola* (77).
- Fertel, T. J. (2011). Cluster thinning effects on methoxypyrazine, resveratrol and berry chemistry in *Vitis Vinifera* cv. Cabernet Sauvignon. Doctoral dissertation, California Polytechnic State University, San Luis Obispo.
- Friani, T., Acimovic, D., Tombesi, S., Sivilotti, P., Palliotti, A., Poni, S., & Sabbatini, P. (2018). Changes in within-shoot carbon partitioning in Pinot noir grapevines subjected to early basal leaf removal. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1122.
- Gatti, M., Garavani, A., Cantatore, A., Parisi, M. G., Bobeica, N., Merli, M. C., . . . Poni, S. (2015). Interactions of summer pruning techniques and vine performance in the white *Vitis vinifera* cv. Ortrugo. *Australian journal of Grape and Wine Research*, 21(1), 80-89.
- Gil, M., Esteruelas, M., González, E., Kontoudakis, N., Jiménez, J., Fort, F., . . . Zamora, F. (2013). Effect of two different treatments for reducing grape yield in *Vitis vinifera* cv. Syrah on wine composition and quality: berry thinning versus cluster thinning. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 61(20), 4968-4978.
- Guidoni, S., Allara, P., & Schubert, A. (2002). Effect of cluster thinning on berry skin anthocyanin composition of *Vitis vinifera* cv. Nebbiolo. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53(3), 224-226.
- Guidoni, S., Oggero, G., Cravero, S., Rabino, M., Cravero, M. C., & Balsari, P. (2008). Manual and mechanical leaf removal in the bunch zone (*Vitis vinifera* L., cv Barbera): effects on berry composition, health, yield and wine quality, in a warm temperate area. *Oeno One*, 42(1), 49-58.
- Han, W., Han, N., He, X., & Zhao, X. (2019). Berry thinning to reduce bunch compactness improves fruit quality of Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 246, 589-596.
- Hickey, C. C., & Wolf, T. K. (2018). Cabernet Sauvignon responses to prebloom and post-fruit set leaf removal in Virginia. *Catalyst*, 2, 24–34.
- Hunter, J. J., Ruffner, H. P., Volschenk, C. G., & Le Roux, D. J. (1995). Partial defoliation of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon/99 Richter: effect on root growth, canopy efficiency; grape composition, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46(3), 306-314.
- Intrieri, C., Allegro, G., Valentini, G., Pastore, C., Colucci, E., & Filippetti, I. (2013). Effect of pre-bloom anti-transpirant treatments and leaf removal on "Sangiovese" (*Vitis vinifera* L.) winegrapes. *Vitis*, 52(3), 117-124.

- Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M., & Poni, S. (2008). Early defoliation (hand vs mechanical) for improved crop control and grape composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 14, 25–32.
- Ioriatti, C., Anfora, G., Tasin, M., Cristofaro, A. D., Witzgall, P., & Lucchi, A. (2011). Chemical ecology and management of lobesia botrana (lepidoptera: tortricidae). *J. Econ. Entomol*, 104, 1125–1137.
- Jia, N., Yin, Y., Li, M., Han, B., Sun, Y., Liu, C., . . . Guo, Z. (2023). Berry thinning affects the fruit quality composition of two table grape cultivars under linkage greenhouse conditions. *HortScience*, 58(1), 134-140.
- Keller, M., Mills, L. J., Wample, R. L., & Spayd, S. E. (2005). Cluster thinning effects on three deficit-irrigated *Vitis vinifera* cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.*, 56, 91–103.
- Kemp, B. S., Harrison, R., & Creasy, G. L. (2011). Effect of mechanical leaf removal and its timing on flavan-3-ol composition and concentrations in *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(2), 270-279.
- Kliewer, W. M., & Dokoozlian, N. K. (2005). Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(2), 170-181.
- Kok, D. (2011). Influences of pre- and post-veraison cluster thinning treatments on grape composition variables and monoterpene levels of *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon Blanc. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 9, 22–26.
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Azsöz, S. (2022b). Michele Palieri Sofralık Üzüm Çeşidinde Farklı Fenolojik Gelişim Aşamalarında Gerçekleştirilen Yaprak Alma ve Salkım Seyreltmenin Fitokimyasal Bileşenler Üzerine Etkisi. *Ziraat Mühendisliği*(376), 48-61.
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Koskosoğlu, B. (2022a). Farklı eğimdeki konum ve anaçlara sahip bağda salkım seyreltmenin; salkım özellikleri ve verime etkisi. *Bahçe*, 51(2), 83-92.
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Zinni, A. (2021). Farklı zamanlarda yapılan yaprak alma ve uç alma uygulamalarının üzümde salkım özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 157-164.
- Kotseridis, Y., Georgiadou, A., Tikos, P., Kallithraka, S., & Koundouras, S. (2012). Effects of severity of post-flowering leaf removal on berry growth and composition of three red *Vitis vinifera* L. cultivars grown under semiarid conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 6000-6010.

- Liu, P. H., Liu, S., Qin, W. S., Zhang, J. R., & Zhao, X. J. (2014). Effect of different thinning treatments on volatile compounds in 'Cabernet Sauvignon' grape. *Northern Hortic.*, 9, 27–32.
- Lohitnavy, N., Bastian, S., & Collins, C. (2010). Early leaf removal increases flower abscission in *Vitis vinifera* 'Semillon'. *Vitis*, 49(2), 51-53.
- Main, G. L., & Morris, J. R. (2004). Leaf-removal effects on Cynthiana yield, juice composition and wine composition. *Am. J. Enol. Vitic.*, 55, 147-152.
- Martínez-Lüscher, J., & Kurtural, S. K. (2021). Same season and carry-over effects of source-sink adjustments on grapevine yields and non-structural carbohydrates. *Frontiers in Plant Science*, 12, 695319.
- Matus, M., Rodríguez, J., & Ocvirk, M. (2006). Raleo de racimos en *Vitis vinifera* cv. Malbec. Efecto sobre los componentes del rendimiento y la composición polifenólica de las bayas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad del Cuyo)*, 38(1), 105-112.
- Maya-Meraz, I. O., Pérez-Leal, R., Alonso-Villegas, R., & Salas-Salazar, N. A. (2023). Effect of viticultural practices on yield and volatile composition of 'Cabernet Sauvignon' grapes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(2), 13073-13073.
- Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., & Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones geográficas*, 43, 63-84.
- Molitor, D., Behr, M., Fischer, S., Hoffman, L., & Evers, D. (2011). Timing of cluster zone leaf removal and its impact on canopy morphology, cluster structure and bunch rot susceptibility of grapes. *Oeno One*, 45(3), 149-159.
- Murisier, F., & Ferretti, M. (2004). Essai de défeuillage de la zone des grappes sur Merlot au Tessin. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, 36, 355-359.
- Nedelkovski, D., Roychev, V., Beleski, K., & Mokreva, T. (2017). The effects of the summer pruning operations on the winter buds productivity of cv. Vranec (*Vitis vinifera* L.). *Agro-Knowledge Journal*, 18(3), 155-166.
- Nedelkovski, D., Semerdjieva, I., Roychev, V., & Mokreva, T. (2018). Effect of the altitude and summer pruning on the anatomical structure of grape berry exocarp of Vranec cultivar (*Vitis vinifera* L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(2).
- Osrečak, M., Karoglan, M., & Kozina, B. (2016). Influence of leaf removal and reflective mulch on phenolic composition and antioxidant activity of Merlot, Teran and Plavac mali wines (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 209, 261-269.

- Osrečak, M., Karoglan, M., Kozina, B., & Preiner, D. (2015). Influence of leaf removal and reflective mulch on phenolic composition of white wines. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 49, 183–193.
- Palliotti, A., Gatti, M., & Poni, S. (2011). Early leaf removal to improve vineyard efficiency: gas exchange, source-to-sink balance, and reserve storage responses. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(2), 219–228.
- Pastore, C., Allegro, G., Valentini, G., Muzzi, E., & Filippetti, I. (2017). Anthocyanin and flavonol composition response to veraison leaf removal on Cabernet Sauvignon, Nero d'Avola, Raboso Piave and Sangiovese *Vitis vinifera* L. cultivars. *Scientia Horticulturae*, 218, 147–155.
- Pastore, C., Zenoni, S., Fasoli, M., Pezzotti, M., Torielli, G. B., & Filippetti, I. (2013). Selective defoliation affects plant growth, fruit transcriptional ripening program and flavonoid metabolism in grapevine. *BMC Plant Biology*, 13(1), 30.
- Percival, D. C., Sullivan, J. A., & K.H., F. (1994). Effect of cluster exposure, berry contact and cultivar on cuticular membrane formation and occurrence of bunch rot (*Botrytis cinerea* PERS.: FR.) with 3 *Vitis vinifera* L. cultivars. *Vitis*, 32, 87–97.
- Petrie, P. R., & Clingeleffer, P. R. (2006). Crop thinning (hand versus mechanical), grape maturity and anthocyanin concentration: outcomes from irrigated Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) in a warm climate. *Aust. J. Grape Wine Res.*, 12, 21–29.
- Piernas, J., Giménez, M. J., Noguera-Artiaga, L., García-Pastor, M. E., García-Martínez, S., & Zapata, P. J. (2022). Influence of bunch compactness and berry thinning methods on wine grape quality and sensory attributes of wine in *Vitis vinifera* L. cv. 'Monastrell'. *Agronomy*, 12(3), 680.
- Poni, S., Bernizzoni, F., & Civardi, S. (2008). The effect of early leaf removal on whole- canopy gas exchange and vine performance of *Vitis vinifera* L. Sangiovese. *Vitis*, 47(1), 1–6.
- Poni, S., Frioni, T., & Gatti, M. (2023). Summer pruning in Mediterranean vineyards: is climate change affecting its perception, modalities, and effects? *Frontiers in Plant Science*, 14, 1227628.
- Poni, S., Sabbatini, P., & Palliotti, A. (2022). Facing spring frost damage in grapevine: recent developments and the role of delayed winter pruning—a review. *Am. J. Enology Viticulture*, 73(4), 211–226.
- Quartacci, M. F., Sgherri, C., & Pinzino, C. (2022). Impact of leaf removal on phenolics and antioxidant activity of Trebbiano berries (*Vitis vinifera* L.). *Plants*, 11, 1303.
- Rešičič, J., Mikulič-Petkovšek, M., Štampar, F., Zupan, A., & Rusjan, D. (2015). The impact of cluster thinning on fertility and berry and wine composition of 'Blauer Portugieser' (*Vitis vinifera* L.) grapevine variety. *Oeno One*, 49(4), 275–291.

- Reynolds, A. G., Schlosser, J., Sorokowsky, D., Roberts, R., Willwerth, J., & De Savigny, C. (2007). Magnitude and enological effects. II. Relative impacts of cluster thinning and yeast strain on composition and sensory attributes of Chardonnay Musqué. *Am. J. Enol. Vitic.*, 58, 25-41.
- Reynolds, A. G., Wardle, D. A., & Naylor, A. P. (1996). Impact of training system, vine spacing, and basal leaf removal on Riesling. Vine performance, berry composition, canopy microclimate, and vineyard labor requirements. *American Journal of Enology and Viticulture*, 47(1), 63-76.
- Riesterer-Loper, J., Workmaster, B. A., & Atucha, A. (2019). Impact of Fruit Zone Sunlight Exposure on Ripening Profiles of Cold Climate Interspecific Hybrid Winegrapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70, 286–296.
- Sabbatini, P., & Howell, G. (2010). Effects of early defoliation on yield, fruit composition, and harvest season cluster rot complex of grapevines. *HortScience*, 45, 1804–1808.
- Santesteban, L. G., Miranda, C., & Royo, J. B. (2011). Thinning intensity and water regime affect the impact cluster thinning has on grape quality. *Vitis: J. Grapevine Res.*, 50, 159–165.
- Senthilkumar, S., Vijayakumar, R. M., Soorianathasundaram, K., & Devi, D. D. (2015). Effect of pruning severity on vegetative, physiological, yield and quality attributes in grape (*Vitis vinifera* L.): a review. *Curr Agric Res*, 3(1), 42–54.
- Sivilotti, P., Falchi, R., Vanderweide, J., Sabbatini, P., Bubola, M., Vanzo, A., . . . Herrera, J. C. (2020). Yield reduction through cluster or selective berry thinning similarly modulates anthocyanins and proanthocyanidins composition in Refosco dal peduncolo rosso (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Scientia Horticulturae*, 264, 109166.
- Sivilotti, P., Herrera, J. C., Lisjak, K., Baša Česnik, H., Sabbatini, P., Peterlunger, E., & Castellarin, S. D. (2016). Impact of leaf removal, applied before and after flowering, on anthocyanin, tannin, and methoxypyrazine concentrations in ‘Merlot’ (*Vitis vinifera* L.) grapes and wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 4487–4496.
- Song, C.-Z., Chao, W., Sha, X., & Zhang, Z.-W. (2018). Effects of leaf removal and cluster thinning on berry quality of *Vitis vinifera* cultivars in the region of Weibei Dryland in China. *Journal of integrative agriculture*, 17(7), 1620-1630.
- Söyler, K., Altındışli, A., & İşçi, B. (2020). The Effects of different crop load and summer pruning application on grape yield and quality parameters of ‘Mevlana’ cultivar (*Vitis vinifera* L.). *Erwerbs-Obstbau*, 62(Suppl 1), 125-130.
- Spayd, S. E., Tarara, J. M., Mee, D. L., & Ferguson, J. C. (2002). Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.*, 53, 171-182.

- Sternad Lemut, M., Sivilotti, P., Butinar, L., Laganis, J., & Vrhovsek, U. (2015). Pre-flowering leaf removal alters grape microbial population and offers good potential for a more sustainable and cost-effective management of a Pinot noir vineyard. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(3), 439-450.
- Tangolar, S., Tangolar, S., Tarım, G., Ada, M., & Torun, A. A. (2017). Evaluation of table grape cultivation in soilless culture system. *Turkish J Agric Res*, 4(2), 163–170.
- Tardaguila, J., De Toda, F. M., Poni, S., & Diago, M. P. (2010). Impact of early leaf removal on yield and fruit and wine composition of *Vitis vinifera* L. Graciano and Carignan. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 372-381.
- Tardáguila, J., Diago, M. P., Martínez de Toda, F., Poni, S., & Vilanova de la Torre, M. d. M. (2008). Effects of timing of leaf removal on yield, berry maturity, wine composition and sensory properties of cv. Grenache grown under non irrigated conditions. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 42(4), 221-229.
- Teker, T. (2017). Bağcılıkta Yeşil (Yaz) Budaması Uygulamaları. *Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü*, 34s.
- Tello, J., & Ibáñez, J. (2018). What do we know about grapevine bunch compactness? A state of the art review. *Aust. J. Grape Wine R.*, 24, 6–23.
- Vail, M. E., & Marois, J. J. (1991). Grape cluster architecture and the susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 81, 188–191.
- Vaillant-Gaveau, N., Wojnarowicz, G., Petit, A. N., Jacquens, L., Panigai, L., Clement, C., & Fontaine, F. (2014). Relationships between carbohydrates and reproductive development in Chardonnay grapevine: impact of defoliation and fruit removal treatments during four successive growing seasons. *Oeno One*, 48(4), 219-229.
- VanderWeide, J., Medina-Meza, I. G., Frioni, T., Sivilotti, P., Falchi, R., & Sabbatini, P. (2018). Enhancement of fruit technological maturity and alteration of the flavonoid metabolomic profile in Merlot (*Vitis vinifera* L.) by early mechanical leaf removal. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(37), 9839-9849.
- Verdenal, T., Zufferey, V., Dienes-Nagy, A., Bourdin, G., Gindro, K., Viret, O., & Spring, J. L. (2019). Timing and intensity of grapevine defoliation: an extensive overview on five cultivars in Switzerland. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70, 427–434.
- Verdenal, T., Zufferey, V., Dienes-Nagy, A., Gindro, K., Belcher, S., Lorenzini, F., & Viret, O. (2017). Pre-flowering defoliation affects berry structure and enhances wine sensory parameters. *Oeno One*, 51(3), 263-275.
- Verzera, A., Tripodi, G., Dima, G., Condruso, C., Scacco, A., Cincotta, F., . . . Sparacio, A. (2016). Leaf removal and wine composition of *Vitis vinifera* L. cv. Nero



- d'Avola: the volatile aroma constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(1), 150-159.
- Vogel, A. R., White, R. S., MacAllister, C., & Hickey, C. C. (2020). Fruit zone leaf removal timing and extent alters bunch rot, primary fruit composition, and crop yield in Georgia-grown 'Chardonnay' (*Vitis vinifera* L.). *HortScience*, 55(10), 1654-1661.
- Wegher, M., Faralli, M., & Bertamini, M. (2022). Cluster-zone leaf removal and GA<sub>3</sub> application at early flowering reduce bunch compactness and yield per vine in *Vitis vinifera* cv. Pinot Gris. *Horticulturae*, 8(1), 81.
- Yue, X., Zhao, Y., Ma, X., Jiao, X., Fang, Y., Zhang, Z., & Ju, Y. (2021). Effects of leaf removal on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(8), 3214-3224.
- Zhuang, S., Tozzini, L., Green, A., Acimovic, D., Howell, G. S., Castellarin, S. D., & Sabbatini, P. (2014). Impact of cluster thinning and basal leaf removal on fruit quality of Cabernet Franc (*Vitis vinifera* L.) grapevines grown in cool climate conditions. *HortScience*, 49(6), 750-756.

## BÖLÜM 6

### BAKÜLOVİRÜSLERİN ENTOMOPATOJENİK POTANSİYELİ VE BİYOİNSEKTİSİT OLARAK KULLANIM STRATEJİLERİ

Zir. Yük. Müh. Zeynelabidin KURT<sup>1</sup>

Doç. Dr. Abdullah GÜLLER<sup>2</sup>

Doç. Dr. Mustafa USTA<sup>3\*</sup>

Arş. Gör. Dr. Serap DEMİREL<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van/Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1164-9326>

<sup>2</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü. Bingöl/Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3887-4208>

<sup>3</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van/Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3940-2774>

<sup>4</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü  
Van/Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1877-0797>

\*sorumlu yazar: [mustafausta@yyu.edu.tr](mailto:mustafausta@yyu.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9 milyara ulaşması beklenmektedir. Önümüzdeki 40 yıl içinde 2-3 milyar artması beklenen küresel nüfus artışı, artan beslenme alışkanlıklarıyla birleştiğinde, 2050 yılına kadar gıda talebinde %70'lik bir artışa yol açacağı tahmin edilmektedir (Bruinsma, 2009). Sürekli artan insan nüfusu için gıda temini, insanlık için her zaman büyük bir zorluk olmuştur. Sürekli artan küresel nüfus, bu zorluğun sadece bir kısmıdır; ikinci ve daha önemli kısmı ise bunu güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde üretmektir.

Yeterli tarımsal ürün arzının sağlanmasına yönelik en önemli köşe taşlarından biri, özellikle iklimin çok çeşitli olması böcekler için son derece elverişli bir ortam sağladığı tropikal ve subtropikal iklim bölgelerinde yaşanan böcek istilasıdır. Kültür bitkilerinde zarar yapan 67.000 böcek türü bulunmaktadır. Dünyadaki yıllık tarımsal üretiminin %20'si böcek zararı sonucunda azaldığı bildirilmiştir (Singh ve Kumar, 2014).

Tarımda yapılan mücadelenin önemli bir kısmı ürünü korumak amacıyla böcek popülasyonunu azaltmak için yapılmaktadır. Pestisitler, tarımsal mücadelede verim kayıplarını azaltmak ve ürün kalitesini korumak amacıyla zararlıları, hastalıkları, yabancı otları ve diğer ürün zararlılarını kontrol etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sentetik pestisitlerin yaygın kullanımı böcek-zararlı kontrolünde önemli bir korunma sağlamıştır. Ancak, sentetik kimyasalların kullanımı çevrenin hem abiyotik hem de biyotik bileşenlerini ciddi şekilde olumsuz etkilemiştir. Birincisi, toprak, hava, su, gıda vb. pestisit kalıntıları ile örneklenirken, ikincisi bitkiler, insanlar, kuşlar, böcekler ve diğer canlılarda fitotoksisite, fizyolojik deformasyonlar, hastalıklar, ölümler, popülasyon değişiklikleri, genetik bozukluklar ve gen erozyonuna neden olduğu tespit edilmiştir (Kumar vd., 2008). Kimyasal ilaçların gelişigüzel kullanımı sonucunda birçok böcek bir dizi kimyasal insektisite karşı direnç geliştirmiştir ve aynı zamanda sağlıklı gıda, çevre kirliliği ve faydalı böcek popülasyonunda neden olduğu zararlar pestisitlere karşı endişeleri de arttırmıştır (Kumar, 2012, 2013).

Tarımda yoğun olarak kullanılan kimyasal ürünlerin tarımsal ekosistemin bozulmasını önlemek için entegre bir mücadele yaklaşımının uygulanması gerekmektedir. Bu yaklaşımlar entegre mücadele yöntemi, toprak ve suyun korunması, biyoçeşitliliğin korunması vb. konuları içeren biyogübre ve biyopestisit kullanımınıdır. Doğal pestisitler çevre dostudur ve klasik kimyasal

pestisitlere göre daha güvenlidir. Genellikle sentetik kimyasal pestisitlerden daha az toksiktirler, sadece hedef zararlıyı etkilerler, düşük dozları bile etkilidir, doğal ve hızlı bir şekilde ayrışır. Daha da önemlisi, kimyasal pestisit kullanımını ve buna bağlı çevre kirliliğini en aza indirdiği rapor edilmiştir (Al-shannaf vd., 2012).

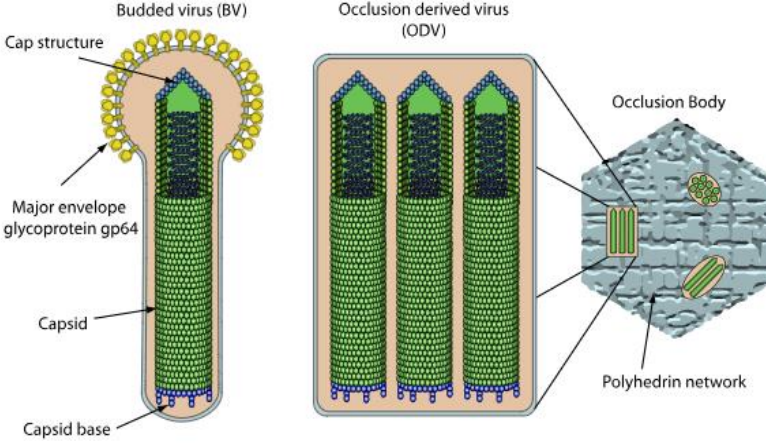
Güncel olan bu araştırma derlemesi ile Entomopatojenik virüslerin (Bakülovirüs) özellikleri, agro-ekonomik anlamda önemli olan zararlı böceklerin özellikle larva dönemlerinde tahripkâr etkileri, viral biyoinsektisit olarak kullanım olanakları ele alınmıştır. Sunulan bu derlemenin, tarımsal ekosistemde güvenilir biyoinsektisitler olarak bakülovirüslerin kullanılması yönüyle araştırmacılara ve üreticilere stratejilerini geliştirmesi açısından ışık tutacağı kanaatindeyiz.

## **2. BAKÜLOVİRÜSLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ**

Bakülovirüsler böcekleri enfekte eden ve çevrede yaygın olarak bulunan oldukça patojenik virüslerdir. Bakülovirüs adı; bu virüslerin karakteristik çubuk şeklindeki nükleokapsidlerini (yaklaşık 50×300 nm) ifade eden Latince bakülum'dan türetilmiştir. Bakülovirüsler genellikle Lepidoptera (Kelebekler, güveler) böcek takımındaki türlerinden tanımlanmıştır, ancak bazı bakülovirüs türleri Diptera (Sinekler) ve Hymenoptera (Arılar) takımlarındaki böcekleri de enfekte etmektedir (Felberbaum, 2015).

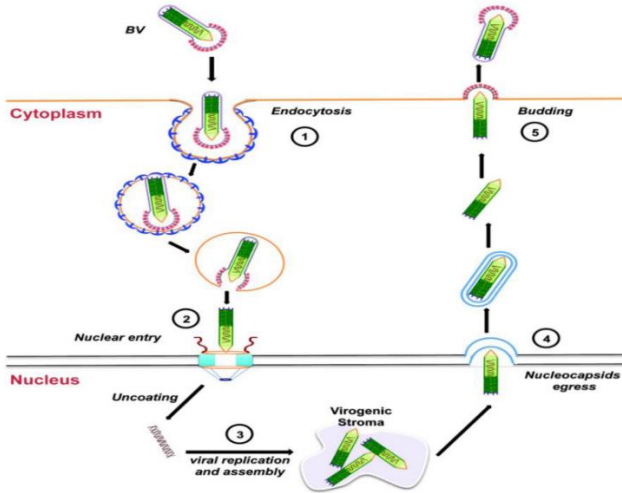
### **2.1. Bakülovirüsün DNA yapısı**

Bakülovirüsler, çubuk şeklinde bir nükleokapsit içinde paketlenmiş (Resim 2.1.), yaklaşık 80 ile 180 kb'lik dairesel, çift iplikçik DNA genomlarına sahiptir. Bu nükleokapsidin boyutu kabaca 40-50 nm çapında ve 200-400 nm uzunluğundadır ve konakçı hücreden türetilen bir zarla sarılmıştır (Harrison vd., 2018).



Şekil 1: Bakülovirüslerin Nükleokapsit yapısı, <https://viralzone.expasy.org/13>

Bakülovirüsler iki tip virion üretir. Bu virionlar fenotipleri fiziksel ve işlevsel olarak farklıdır ve her biri virüsün biyolojisinde kritik bir rol oynar. Bir fenotip olan oklüzyon yapıları (ODV), konağın yutma enfeksiyonunu kolaylaştıran kristalize bir protein yapısındadır. İkinci bir virüs fenotipi olan tomurcuklanmış virüs (BV), BV konukçu böceğin birçok dokusuna bağlanır ve çoğalır. ODV'nin özellikle beslenme yolu ile enfeksiyon oluşturduğu, BV'nin ise enfeksiyonun böcek içinde yayılmasına aracılık ettiği bir yaşam döngüsünü yansıtır.



Şekil 2: a) ODV'nin hücreye girişi, b) Bakülovirüslerin enfeksiyon şeması, <https://www.mdpi.com/1999-4915/5/7/1885>

## 2.2. Bakülovirüs'lerin Sistematiği

*Lefavirales* takımında *Baculoviridae* familyasında yer alan Bakülovirüsler, *Nucleopolyhedrovirus* (NPV) ve *Granulavirus* (GV) olmak üzere iki cinse ayrılır. Bu cinsler; morfolojik, serolojik ve genetik bilgilere dayanılarak yapılmaktadır. Bakülovirüs'ler normalde izole edildikleri ilk konukçuya göre adlandırılır (Long, 2007). NPV'ler Lepidoptera, Hymenoptera ve Diptera böcek takımlarının üyelerini enfekte ederken, GV'nin konukçu aralığı daha dar ve çoğunlukla tek bir türle sınırlıdır. NPV'lerde viriyonlar polihedrin proteini ile sarılarak inklüzyon yapıları 0.5-5 µm büyüklüktedir. GV'lerde ise granulin proteini ile sarılarak inklüzyon yapıları 0.12-0.5 µm büyüklüktedir. NPV'nin konukçu aralığı izole edildikleri familyanın bir veya birkaç türü iken, GV'ler sadece Lepidoptera takımının üyelerini enfekte etmektedir (Slack ve Arif, 2007).

## 2.3. Bakülovirüslerin Bulaşma Yolları

Polihedral inklüzyon yapılar (PIB) tabiatta virüs enfeksiyonunun larvadan larvaya taşınmasında rol oynayan yapılardır. Bakülovirüsler hedef organizmaya beslenme yoluyla bulaşması nedeniyle özellikle çiğneyici ağız yapısına sahip, yaprak yiyen böceklerin kısa sürede enfekte olmasını sağlarlar. Ayrıca, koloni halinde yaşayan böcek gruplarında böcekten böceğe yayılım göstererek, popülasyon da salgınlara sebep olurlar. Bakülovirüs ile enfekteli larvalar yağmur, rüzgâr ve böcek gibi biyotik ve abiyotik faktörler ile bitkilerin ve toprağın üzerine saçılarak etrafa dağılmaktadır (Wang, 2019). Bakülovirüsler, diğer böceklerle pasif olarak etkileşime girerek yayılır. Enfekteli böcekleri tüketen avcılar, midelerinin asit ortamının PIB'leri çevreleyen protein kılıfı çözmeyeceğinden dolayı, virüsü parçacığını dışkılama yoluyla dağıttığı tespit edilmiştir (Williams vd., 2017).







Şekil 4: Bakülovirüsün larvada meydana getirdiği belirtiler  
<https://www.alamy.com/stock-photo-codling-moth-cydia-pomonella-killed-by-cpgv-mexican-a-granulovirus-31587564.html>

### 3. BİYOPESTİSİT

#### 3.1. Biyopestisit Nedir?

Doğal olarak oluşan veya genetik olarak değiştirilmiş canlı veya canlı olmayan bir mikroorganizma (virüs, fungus, protozoa, bakteri, nematod vs.) ve diğer mikroskobik mikroorganizmaların toksin veya metabolitlerini içeren ürünler olarak ifade edilmektedir (Gupta ve Dikshit, 2010). Biyopestisitler dört ana kategoriye ayrılır: mikrobiyal, makrobiyal, biyokimyasal ve bitki koruyuculardır (O'Brien vd., 2009). Biyolojik mücadelede biyopestisitler arasında en çok kullanılanı mikrobiyallerdir (%41), bunu makrobiyaller (%33),

biyokimyasal ve diğer doğal ürünler (%26) olacak şekilde kullanılmaktadır (Guillon, 2003).

Mikrobiyal viral biyoinsektisit olarak bakülovirüsler böcek zararlılarının kontrolünde kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı bakülovirüslerin alternatif bir biyolojik mücadele aracı olarak kullanılabilceğini keşfetmiştir (Inceoglu vd., 2006). Biyoinsektisitler, zararlı böceklerin kontrolü için çevre dostu ve güvenli entegre mücadele yöntemi olarak dikkat çekmektedir (Pandey vd., 2010). Özellikle, çiftçilerin biyoinsektisitleri benimsemesi, "organik olarak üretilen gıda" ve hedef organizmalara karşı geniş bir biyolojik aktivite spektrumuna sahip "biyolojik temelli ürünlerin" daha etkili bir şekilde sentetik kimyasal pestisitlere alternatif olabileceğine dair gelişen farkındalığı artırmaktadır (Chandrasekaran vd., 2012; Senthil-Nathan, 2013). Bakülovirüsler, 13 farklı böcek takımından 1000'den fazla enfekteli böcek türünden izole edilmiştir (Roh vd., 2007). Böcekleri enfekte eden virüslerin çoğu Lepidoptera takımından 560 türde izole edilmiş olup bunu Hymenoptera 100, Coleoptera, Diptera ve Orthoptera'da 40 farklı türde izole edilmiştir (Khachatourians, 2009; Senthil-Nathan, 2015). İzole edilen bakülovirüsler, sebze ve tarla bitkilerinin çeşitli böcek zararlılarının kontrolü için dünyada farklı ülkelerde çeşitli isimler altında yaygın olarak kullanılmak üzere ticarileştirilmiştir.

### 3.2. Bakülovirüs'ün Biyoinsektisit Olarak Kullanımı

Bakülovirüsler, böceklerde enfeksiyon oluşturarak hastalanmalarına ve ölmelerine sebep olan patojenlerdir (Szewczyk vd., 2011; Beas-Catena vd., 2014). Bu virüsler, zararlı böceklerin kontrolünde tercih edilen ve gelecek için büyük umut vaat eden biyolojik ajanlardan biridir (Summers, 2006). Günümüze kadar 13 virüs familyasından 20'den fazla virüs grubunun böcekleri enfekte ettiği bilinmektedir (Fauquet ve Fargette, 2005). *Baküloviridae*, *Nodaviridae*, *Iflaviridae*, *Picarnoviridae*, *Polydnviridae*, *Rhabdoviridae*, *Poxviridae*, *Ascoviridae*, *Reoviridae*, *Iridoviridae* familyaları böceklerde hastalık oluşturan başlıca virüs aileleridir. Bu kadar geniş bir çeşitlilik göstermelerine rağmen, başta biyolojik mücadele olmak üzere, bakülovirüslerin endüstriyel alanda kullanımları konusunda en dikkat çeken bakülovirüslerdir (Szewczyk vd., 2011; Beas-Catena vd., 2014).

Bakülovirüsler çevreye karşı güvenli, böcek-spesifik, insan sağlığı için risk oluşturmaması ve sürdürülebilir çiftçilik uygulamalarıyla mükemmel uyumluluğa sahip olması nedeniyle çekici biyoinsektisitler olarak kabul

edilmektedir (Moscardi, 1999; Buerger vd., 2007). Ayrıca yararlı yırtıcılar ve parazitoidler ile omurgalılar ve bitkiler de dahil olmak üzere hedef dışı organizmalar için de zararsızdırlar (Ashour vd., 2007). Toprak gibi ışıktan korundukları ortamlarda uzun yıllar boyunca varlığını sürdürürler, bu da epizootik potansiyellerinin yanı sıra yoğun kontrol kullanımına da sahip olduklarını gösterir (Lacey vd., 2001).

Bakülovirüsler yaygın olarak kullanılsa da, mevcut kullanımları çeşitli sınırlamalar nedeniyle etkili biyolojik kontrol ajanları olarak potansiyellerinin çok gerisinde kalmaktadır. Bunlar arasında uzun vadeli depolama sorunları, üretim için canlı bir sisteme ihtiyaç duyulması nedeniyle klasik kimyasal pestisitlere kıyasla yüksek üretim maliyeti, ultraviyole ışığa maruz kaldığında tarlada kalıcılığın azalması ve hedeflenen zararlının nispeten yavaş öldürülme hızı yer almaktadır (Kamita vd., 2005; Buerger vd., 2007). Ek olarak, meyve bahçelerinde yeni bir endişe, elma iç kurdunun *Cydia pomonella* granulo virus (CpGV)'ye karşı yakın zamanda tespit edilen direncidir (Asser-Kaiser vd., 2011). Bakülovirüslerin dar konakçı aralığı, bir ekim sisteminde birden fazla zararlı türünün yönetimi için kısıtlayıcıdır. Bakülovirüslerin stabilitesi ayrıca sıcaklık, pH ve nem ile bitki metabolitleri ve diğer çevresel faktörlerden de etkilenebilir. Bir bakülovirüs uygulandıktan sonra, enfekte larvalar ölümlerine kadar birkaç gün beslenmeye devam eder ve önemli hasara neden olabilir. Yetiştiriciler, bakülovirüslerin hızlı etkili klasik kimyasal böcek ilaçlarına benzer şekilde hareket etmesini bekler. Bazı ekim sistemleri, örneğin çam ormanları, bu dönemde meydana gelen hasarı ekonomik kayıp olmadan tolere edebilir. Ancak, meyve bahçesi ve tarla ürünlerine verilen bu tür hasarın maliyeti çok büyüktür ve bu ortamlarda bakülovirüs böcek ilaçlarının ticari kullanımını sınırlar. En iyi kontrol için, yetiştiriciler zararlı böceklere karşı mahsulleri dikkatlice izlemeli ve en hassas larva evrelerine karşı virüs uygulamalarının zamanını belirlemelidir (Moscardi vd., 2011).

### **3.3. Bakülovirüs İnsektisitlerinin Genetik Geliştirilmesi**

Birçok rekombinant bakülovirüs, virüsün böcek öldürücü özelliklerini geliştirme özel amacıyla oluşturulmuştur (Kamita vd., 2005). Bu virüslerin çoğu, virüsün konak böceği öldürmesi için gereken süreyi azaltmak için oluşturulmuştur, ancak bakülovirüs konak aralığının genetik manipülasyonu ve virüs stabilitesinin iyileştirilmesi gibi rekombinat bakülovirüs geliştirilmiştir (Petrik vd., 2003; McIntosh, 2004). Ayrıca, protein ekspresyonu amaçları için

oluşturulan rekombinant bakülovirüslerin böcekler üzerinde ilginç etkilere sahip olduğu gösterilmiştir. Örneğin, böcek hormonu olan protorasikotrofik hormonun aşırı ekspresyonu bakülovirüsün patojenitesini azaltmıştır, iç mitokondriyal zarı bozan bir mısır proteini ifade eden bir bakülovirüs böcek öldürücü olarak işlev görürken, katalitik olarak inaktif bir böcek enzimi olan gençlik hormonu esterazı bakülovirüsle enfekte olmuş larvalar için toksik etki göstermiş ve mutasyona uğramış bir gençlik hormonu esterazı larva kütlelerinde azalmaya ve beslenme hasarına neden olmuştur (El-Sheik vd., 2011).

Yeni yöntemler, büyük ölçüde bakmidlerin inşası yoluyla rekombinant bakülovirüslerin üretimini iyileştirmiş ve etkili kullanımına olanak sağlamıştır (Jarvis, 2009). Rekombinant proteinler ve biyoinsektisitler üretme yaklaşımlarındaki temel fark, bakülovirüs böcek ilaçlarının polihedrin genini ifade etme gereksinimidir. Böcek hücrelerinin in vitro enfeksiyonu için polihedrin gerekli değildir. Bu nedenle, yabancı gen genellikle polihedrin geninin yerine bakülovirüs genomuna yerleştirilir ve güçlü polihedrin promotörünün kontrolü altında rekombinant bir protein ifade edilir. Tek başına veya kombinasyon halinde kullanılabilen, azaltılmış öldürme süresine sahip genetik olarak geliştirilmiş bakülovirüs insektisitleri üretmek için üç yaklaşım kullanılmıştır: (1) böceğe özgü bir toksin, hormon veya enzimi kodlayan bir genin eklenmesi, (2) bir bakülovirüs geninin silinmesi ve/veya (3) oklüzyon gövdesine bir toksinin dahil edilmesidir (Harrison ve Hoover, 2012).

Enfekte konakçının hücreleri içinde bakülovirüsün replikasyonunda, yabancı genin ürünü (toksin, hormon veya enzim) bakülovirüs proteinleriyle birlikte ifade edilir. Bu toksik ajanların ifadesi konak böcek üzerinde zararlı bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, bakülovirüs toksik ajan için bir iletim sistemi görevi görür ve ölüm, bakülovirüs enfeksiyonundan ziyade toksinin ifadesinden kaynaklanır. İfade edilen toksik ajanın böceğe özgü olması ve bakülovirüsün sınırlı konakçı aralığı, rekombinant bakülovirüs böcek ilaçlarının güvenliğine katkıda bulunur (Kamita vd., 2005; Moscardi vd., 2011).

Öldürme süresini azaltmak için genetik geliştirmenin en başarılı örnekleri arasında çeşitli zehirli hayvanlardan türetilen nörotoksinleri ifade eden birkaç bakülovirüs yer alır. Bunlara saman kaşıntısı akarından türetilen tox34.4 toksinleri (Burden vd., 2000), akrelerden türetilen AaIT ve LqhIT2 (Froy vd., 2000), bir örümcekten türetilen  $\mu$ -Aga-IV (Prihod'ko vd., 1996) ve deniz anemonlarından türetilen As II ve Sh I dahildir. Bu toksinleri ifade eden rekombinant virüsler, ilgili vahşi tip virüslerden %50 ila %60 daha hızlıdır.

Bazal membranı parçalayan bir proteaz ifade eden bir bakülovirüs benzer bir etkinliğe sahiptir (Harrison ve Bonning, 2001).

Genetik manipülasyon ve öldürme hızındaki iyileştirme, promotöre, ana virüse, konak böcek suşuna ve aşamasına, virüs dozuna ve kullanılan enfeksiyon yöntemine göre değişir. Bu nedenle, belirli bir toksini ifade eden bir bakülovirüsün performansı, ifadenin zamanlaması veya seviyesi değiştirilerek (ifadeyi yönlendirmek için farklı promotörler kullanılarak) veya belirli zararlı türlerini hedeflemek için farklı bir ana virüs kullanılarak artırılabilir (Kamita vd., 2005). Ancak zararlı yönetimi için en önemli parametre, öldürme hızından ziyade beslenme hasarını azaltmaktır. Bu iki parametre doğrudan ilişkili olmayabilir, örneğin larvaları felç eden nörotoksinler, öldürme hızlarından beklenenden daha fazla beslenme hasarında azalma gösterebilir. Bakülovirüslerin içsel dezavantajlarının üstesinden gelmek ve bunları değerli biyolojik kontrol ajanları olarak geliştirmek için birçok girişimde bulunulmuştur. Gen delesyonu/eklemesi olan rekombinant virüslerin üretimi, birkaç bakülovirüsün etkinliğini artırmıştır (Inceoğlu vd., 2006).

Dünyada bakülovirüse dayalı zararlı böcek kontrol çalışmalarının en önemli örnekleri aşağıdaki bölümlerde anlatılmaktadır. Bir planın uygulanabilirliği ve başarısı hükümetlerin, araştırma kuruluşlarının, çiftçilerin ve kamuoyunun bilgilendirilmesine bağlı olduğundan, her bir örneğin içeriğine özel önem verilmelidir. Bakülovirüslerin yıllık tarımsal ürünlerin, meyve bahçelerinin ve ormanların korunması için kullanımı beklendiği kadar yaygın olmasa da yeni bakülovirüs-konukçu sistemlerindeki çalışmalar ilerledikçe yaygınlaşacağı ümit edilen bir dizi başarılı örnek bulunmaktadır.

Dünyada ticarileştirilen ve çoğunlukla üretilen bakülovirüs tabanlı ürünlerin özeti Tablo 1'de bu ticari ürünlerin birer örneğidir.

**Tablo 1:** Dünyada ticarileştirilen bakülovirüs bazlı ürünler.

Virüs	Biyoinsektisit	Zararlı Böcekler	Ürün
<i>Phthorimaea operculella</i> PoGV	Tutavir®	Domates Güvesi	Domates, Biber, Patlıcan
<i>Cydia pomonella</i> CpGV	Madex™	Meyve kurtları	Elma, Armut, Ayva, Şeftali
<i>Thaumatotibia</i> <i>leucotreta</i> TıGV	Cryptex®	Morina Güvesi	Avokado, Narenciye, Nar
<i>Helicoverpa armigera</i> HearNPV	Bolldex®	Afrika Koza Kurdu, Yeşil Kurt	Mısır, Ayçiçeği, Lahana
<i>Phthorimaea operculella</i> PhopGV	Matapol Plus®	Patates güvesi	Patates
<i>Helicoverpa zea</i> HzNPV	Elcar™- GemStar™	Mısır Yeşil Kurdu	Mısır, Pamuk, Tütün
<i>Spodoptera littoralis</i> SINPV	Spodopterin™	Pamuk yaprak kurdu	Pamuk, Tütün, Muz, Mısır, Domates
<i>Tecia solanivora</i> Gv	Bakülovirüs Corpoica®	Patates yumru güvesi	Patates

### 3.3.1. Tutavir®

*Tuta absoluta* çok tahripkâr ve kontrol edilmesi zor bir domates zararlısıdır. Güney Amerika orijinli olan bu zararlı 2006 yılında İspanya'da tespit edilmiş ve Akdeniz bölgesinin yanı sıra Avrupa kıtası, Orta Doğu ve Afrika'da da yayılmaya başlamıştır (Korycinska ve Moran, 2009). Zararlının larvaları yapraklara ve meyvelere girerek hızlı bir şekilde ürün kaybına yol açmaktadır. Domates güvesi hem kimyasal hem de biyolojik olmak üzere çok çeşitli pestisitlere karşı direnç kazanmıştır (Lietti vd., 2005).

Tutavir, domates güvesinin son derece etkili ve aynı zamanda seçici kontrolü için bir *Phthorimaea operculella* granülovirüsü (PhopGV) içermektedir. Polinatörler, faydalı böcekler ve diğer tarımsal girdilerle yüksek uyumluluğu nedeniyle Tutavir, entegre zararlı mücadele yöntemleri için en iyi alternatiftir. Etki şeklinin yeni ve benzersiz olması nedeniyle Tutavir, geleneksel ve biyolojik mücadele sistemlerinde direnç gelişimi için önemli bir yöntemdir. PhopGV granülovirüsten izole edilen TUTAVIR® aktif maddesi; Domates, Biber, Patlıcan gibi ürünlerde seralarda *Tuta absoluta* mücadelesinde özellikle organik tarım yapılan alanlarda aktif olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2023).



Şekil 5: Tutavir ticari üretimi, <https://www.andermt.com/product/tutavir>

### 3.3.2. Bolldex™

Pamuğun en önemli böcek zararlıları arasında yeşil kurt (*Helicoverpa armigera*) yer almaktadır (Moore ve Kirkman,2010). Bu zararlı, Asya, Avrupa, Afrika ve Avustralasya'da 200'den fazla üründe zarar oluşturan polifag bir zararlıdır (Chen vd., 2020). Başta pamuk olmak üzere biber, mısır, domates, soya fasulyesi ve tütün dahil olmak üzere çok geniş bir konukçuda zarar oluşturduğu bildirilmiştir (Gu vd.,2018). *H. armigera*, zarar seviyesi yüksek üreme yeteneği fazla, çok hareketli ve kimyasal ilaçlara karşı direnci nedeniyle ciddi bir zararlıdır (Tossou vd., 2019). Pamukta esas olarak *H. armigera*'nın larva aşaması tarafından saldırıya uğrar, bu da yüksek verim kaybına neden olur (Safna vd., 2018). *Helicoverpa armigera* Nucleopolyhedrovirus (HaNPV) Bolldex® aktif maddesi, mısır, ayçiçeği, lahana gibi birçok üründe Afrika koza Kurdu ve Yeşil Kurt mücadelesinde 100 bin hektarın fazla alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Anonim, 2023).



Şekil 6: Bolldex ticari üretimi, <https://andermtt.co.za/product/bolldex>

### 3.3.3 Cryptex®

Morina güvesi (*Thaumatotibia leucotreta*) son derece polifag olan bu zararlı, meyvelerin içine girerek beslenir ve önemli hasara neden olur. Bu zararlının yüksek düzeyde zararlı olması genellikle ciddi meyve dökülmelerine ve yüksek verim kayıplarına yol açmaktadır. *Cryptophlebia leucotreta* (CrleGV) granülovirüsü içeren Cryptex® aktif maddesi; avokado, narenciye, nar ve şeftali gibi birçok üründe zararlı mücadelesinde aktif olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2023).





Şekil 7: Cryptex ürünün ticari üretimi, <https://www.andermtt.com/product/cryptex>

### 3.3.4. Madex®

Elma iç kurdu (*Cydia pomonella*), yumuşak çekirdekli meyveleri yiyerek zarar veren dünyanın en önemli zararlılarından. Çeşitli iklim koşullarına ve ortamlara son derece uyumludur. Çeşitli kimyasal insektisitlere karşı direnç gösterdiği bildirilmiştir. Bu nedenle, bu zararlıyı başarılı bir şekilde kontrol etmek için alternatif yöntemler gerekmektedir. Larvalar, genellikle çiçek ucundan, sap ucundan veya meyveler arasındaki temas noktalarından girerek meyvelerin içine doğru ilerler. Larvaların oluşturdukları spiral tünel sonunda çekirdeğe doğru ilerler ve genellikle ikincil enfeksiyonlar oluşturur ve meyvede zarar meydana getirdiği bildirilmiştir. Granulovirüsler cinsinden olan (CpGV), *C. pomonella* 'ya karşı elma, armut, ayva ve şeftalide aktif olarak kullanılan bir viral biyoinektisittir (Kumari vd., 2009). Madex her yıl yaklaşık 100 bin hektar meyve bahçesinde kullanılmaktadır (Moscardi vd., 2011).



Şekil 8: Madex ürünün ticari üretimi, <https://www.andermtt.com/product/madex-twin/>

### 3.3.5. Matapol Plus®

Patates güvesi larvaları (*Phthorimaea operculella* ve *Symmetrischema tangolias*) dünyanın birçok bölgesinde tarlada ve depolama sırasında yumrularında beslenerek kayıplara neden olur (Rondon,2010). Matapol Plus, hem tarla hem de depolanan patates ürünlerini böcek zararından korumaya yönelik bir biyoinsektisittir (Anonim,2024).



Şekil 9: Matapol Plus biyoinsektisitin ticari üretimi, [biotopbolivia.org](http://biotopbolivia.org)

## 4. SONUÇ

Günümüzde tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde önemli bir yere sahip olan tarım ve orman ürünlerinin sağlıklı bir şekilde korunması

gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda kimyasalların çevreye ve başta insanlar olmak üzere hedef olmayan canlılara olumsuz etkileri göz önünde bulundurulmalı ve kimyasallara karşı hedef zararlının direnç oluşturma mekanizmalarının hızla geliştiği dikkate alınmalıdır. Tarımsal mücadelede zararlı böceklerle yönelik kullanılan mikrobiyal biyoinsektisitlerin içinde önemli bir yer tutan bakülovirüsler, en çok gelecek vaat eden biyolojik kontrol materyalleridir. Bakülovirüsler önemli birer biyolojik mücadele materyali ve gen ifadesi/tedavi vektörü olarak kullanılmakla birlikte, bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak biyoteknolojik amaçlarla kullanımı hızla artmaktadır. Bu virüslerin yeni izolat veya yeni suşlarının keşfedilmesi daha verimli ve güvenilir materyallerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır. Ayrıca yeni izolatlarla beraber moleküler algoritmaların ve bu algoritmaların çalışma yöntemlerinin keşfedilmesi bakülovirüslerin bu alanlardaki kullanılabilirliğini arttıracaktır.

Sonuç olarak, yeni bakülovirüs ırklarının keşfi ve sinerjistik etkilere sahip olan karışım formüllerinin hazırlanması, daha fazla ve daha verimli biyoinsektisitlerin gelişiminde önemli bir rol oynayacaktır. En nihayetinde, biyoinsektisitlerin yaygınlaşması için karar mercilerinin (temel araştırmaların yapılması, ruhsatlandırma, kullanıcı eğitimi gibi) daimî desteği ve yönlendirilmesi gerekmektedir. Çok yakın bir tarihte bakülovirüsler hem bilim dünyasının önemli bir çalışma materyalleri hem de biyoteknolojik alanda sağlayacağı katkılarla tüm insanlığa büyük hizmet verecek birer biyomateryal konumunda yer alacaklardır.

## KAYNAKÇA

- Al-shannaf, H.M., Mead, H.M., & Hassan-Sabry, A.K. (2012). Toxic and Biochemical effects of some Bioinsecticides and IGRs on American Bollworm, *Helicoverpa armigera* (hüb.) (noctuidae: lepidoptera) in Cotton Fields. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 3, 118.
- Anonim, (2023). <https://www.andermtt.com/product/tutavir/>. (Erişim Tarihi;10.10.2023)
- Anonim,(2024). [Biotopbolivia.org/bt/index.php/es/Bioinsecticida-m](https://biotopbolivia.org/bt/index.php/es/Bioinsecticida-m). (Erişim Tarihi; 27.03.2024)
- Asser-Kaiser, S., Radtke, P., El-Salamouny, S., Winstanley, D., & Jehle, J.A. (2011). Baculovirus resistance in codling moth (*Cydia pomonella* L.) caused by early block of virus replication. *Virology* 410, 360–367.
- Ashour, M., Ragheb, D., El-Sheikh, E., Gomaa A.E., Kamita Ş.G., & Hamak, B.D. (2007). Biosafety of recombinant and wild type nucleopolyhedroviruses as bioinsecticides. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 4, 111–125.
- Beas-Catena, A., Sanchez-Miron, A., Garcia-Camacho, F., Contreras-Gomez, A., & Molina-Grima, E. (2014). Baculovirus Biopesticides: An overview. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 24, 362–373.
- Bruinsma, J. (2009). The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? FAO Expert Meeting on ‘How to Feed the World in 2050’, Rome.
- Buerger, P., Hauxwell, C., & Murray, D. (2007). Nucleopolyhedrovirus introduction in Australia. *Virologica Sinica*, 22, 173–179.
- Burden, J., Hails, R., Windass, J., Suner, M.M., & Cory, J.S. (2000). Infectivity, speed of kill, and productivity of a baculovirus expressing the itch mite toxin Txp-1 in second and fourth instar larvae of *Trichoplusia ni*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 75, 226–236.
- Chandrasekaran, R., Revathi, K., Nisha, S., Kirubakaran, S.A., Sathish-Narayanan, S., & Senthil-Nathan, S. (2012). Physiological effect of chitinase purified from *Bacillus subtilis* against the tobacco cutworm *Spodoptera litura* Fab. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 104, 65–71.
- Chen, G., Liu, H., Mo, B.C., Hu, J., Liu, S.Q., Bustos-Segura, C., Xue, J., & Wang, X. (2020). Growth and development of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infected by *Heliiothis virescens* ascovirus 3i (HvAV-3i) *Front. Physiology*, 5, 93.
- El-Sheikh, E., Kamita, S., Şizuo, G., Vu. K., & Hamak-Bruce, D. (2011). Improved insecticidal efficiency of a recombinant baculovirus expressing mutated JH esterase from *Manduca sexta*. *Biological Control*, 58, 354–361.
- Fauquet, C.M., & Fargette, D. (2005). International Committee on Taxonomy of Viruses and the 3,142 unassigned species. *Virology Journal*, 2, 64.
- Felberbaum, R.S. (2015). The baculovirus expression vector system: a commercial manufacturing platform for viral vaccines and gene therapy vectors. *Biotechnology Journal*, 10, 702–14.
- Froy, O., Zilberberg, N., Chejanovsky, N., Anglister, Y., Loret, E., Şaanan, B., Gordon, D., & Gurevitz, M. (2000). Scorpion neurotoxins: structure/function relationships and application in agriculture. *Pest Management Science*, 56, 472–474.

- Gu, S., Han, P., Ye, Z., Perkins, L.E., Li, J., Wang, H., Zalucki, M.P., & Lu, Z. (2018). Climate change favours a destructive agricultural pest in temperate regions: Late spring cold matters. *Journal of Pest Science*, 91, 1191–1198.
- Guillon, M.L. (2003). Regulation of Biological control agents in Europe. In: Roettger U, Reinhold M (eds) International symposium on Biopesticides for developing countries. CATIE, Turrialba, pp, 143–147.
- Gupta, S., & Dikshit, A.K. (2010). Biopesticides: An Ecofriendly Approach for Pest Control. *Journal of Biopesticides*, 1, 186–188.
- Harrison, R.L., & Bonning, B. (2001). Use of proteases to improve the insecticidal activity of baculoviruses. *Biological Control*, 20, 199–209.
- Harrison, R.L., Herniou, E.A., Jehle, J.A., Theilmann, D.A., Burand, J.P., Becnel, J.J., Krell, P.J., van Oers, M.M., Mowery, J.D., & Bauchan, G.R. (2018). ICTV virus taxonomy profile: Baculoviridae. *Journal of General Virology*. 99, 1185–1186.
- Harrison, R.L., & Hoover, K. (2012). Chapter 4: Baculoviruses and other occluded insect viruses. In: Vega, F. E., Kaya, H. K, editors. *Insect Pathology*. 2nd edition. London, England: *Academic Press*. Pp, 73-131.
- Inceoglu, A.B., Kamita, S.G., & Hammock, B.D. (2006). Genetically modified Baculoviruses: a historical overview and future outlook. *Advances in Virus Research*, 68, 323–360.
- Jarvis, D. (2009). Baculovirus–insect cell expression systems. *Methods in Enzymology*, 463, 191–222.
- Kamita, S.G., Kang, D.K.D., Inceoglu B., & Hammock, B. (2005). Genetically modified baculoviruses for pest insect control. In: Gilbert L, Iatrou S (eds) *Comprehensive molecular insect science*, vol 6. *Elsevier*, Oxford, pp, 271–322.
- Khachatourians, G.G. (2009). Insecticides, microbials. In: *Applied microBiology: agro/food*. *Elsevier*, Amsterdam, pp, 95–109.
- Korycinska, A., & Moran, H. (2009). Plant Pest Notice: South American Tomato Moth, *Tuta absoluta* (No. 56). *Department for Environment, Food and Rural Affairs, Food and Environment Research Agency*, pp, 1-4.
- Kumar, S., Chandra, A., & Pandey, K.C. (2008). *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic crop: an environment friendly insect-pest management strategy. *Journal of Environmental Biology*, 29, 641–653.
- Kumari, V., & Singh, N.P. (2009). *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis virus (NPV-S) as a component in Integrated Pest Management (IPM) of *Spodoptera litura* (Fab.) on cabbage. *Journal of Biopesticides*, 2, 84 – 86.
- Lacey, L., Frutos, R., Kaya, H., & Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: do they have a future?. *Biological Control*, 21, 230–248.
- Lietti, M.M.M., Botto, E., & Alzogaray, R.A. (2005). Insecticide Resistance in Argentine Populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34(1), 113-119.
- Long, G. (2007). Structure-function relationship of the baculovirus envelope fusion protein F. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
- McIntosh, A., Grasela, J., Lua, L., & Braunagel, S.C. (2004). Demonstration of the protective effects of fluorescent proteins in baculoviruses exposed to ultraviolet light inactivation. *Journal of Insect Science*, 4,31.
- Moore, S., & Kirkman, W. (2010). Helicovirtm: A virus for the biological control of bollworm. *SA Fruit Journal*, 9, 63–67.

- Moscardi, F., Souza, M.L., Castro, M.E.B., Moscardi, M.L., & Szewczyk, B. (2011). Baculovirus Pesticides – Present State and Future Perspectives, In *Microbes and Microbial Technology. Springer Link*, p, 415-445.
- Moscardi, F. (1999). Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 44, 257–289.
- O'Brien, K.P., Franjevic, S., & Jones, J. (2009). Green chemistry and sustainable agriculture: the role of Biopesticides. *Advancing Green Chemistry*, pp,1–46.
- Pandey, R.K., Prasad, R., Mangunath, V.G., & Goswami, B.K. (2010). Biotechnology of biocontrol based biopesticides: Core component of biological deterrents In: *Fungal Biochemistry and Biotechnology* (Eds. Gupta, V. K., Tuoshy, M. and Gaur, R. K.). Lap Lambert. Academic Publishing AG & Co. KG, Germany, 215-244.
- Petrik, D., Iseli, A., Montelone, B.A., Van Etten, J.L., & Clem, R.J. (2003). Improving baculovirus resistance to UV inactivation: increased virulence resulting from expression of a DNA repair enzyme. *Journal of Invertebrate Pathology*, 82, 50–56.
- Prikhod'ko, G., Robson, M., Warmke, J., Cohen C.J, Smith M.M., Wang P., Warren, V., Kaczorowski, Gregory., Van der Ploeg, L.H.T., Lois, K., & Miller, L.K. (1996). Properties of three baculoviruses expressing genes that encode insect-selective toxins: m-Aga-IV, As II, and Sh I. *Biological Control*, 7, 236–244.
- Roh, J.Y., Choi, J.Y., Li, M.S., Jin, B.R., & Je, Y.H. (2007). *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17, 547–549.
- Rondon, S.I. (2010). The potato tuber moth: A literature review of its Biology, ecology and control. *American Journal of Potato Research*, 87,149–166.
- Safna, M., Naik, K.V., Desai, V.S., Karmarkar, M.S., Shinde, B.D., & Raut, P.P. (2018). Evaluation of the efficacy of some insecticides against fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hubner) infesting tomato. *International Journal of Chemical Studies*, 6, 1158–1163.
- Senthil-Nathan, S. (2013). Physiological and Biochemical effect of neem and other Meliaceae plants secondary metabolites against Lepidopteran insects. *Frontiers in Physiology*, 4, 359.
- Senthil-Nathan, S. (2015). A review of Biopesticides and their mode of action against insect pests. In: Thangavel P, Sridevi G (eds) *Environmental sustainability*. Springer, New Delhi, p, 49.
- Slack, J., & Arif, B.M. (2007). The baculoviruses occlusionderived virus: Virion structure and function. *Advances in Virus Research*, 69, 99-165.
- Summers, M.D. (2006). Milestones leading to the genetic engineering of Baculoviruses as expression vector system and viral pesticides. *Advances in Virus Research*, 68, 3–73.
- Kumar, S. (2012). Biopesticides: a need for food and environmental safety. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 3, e107.
- Kumar, S. (2013). The Role of Biopesticides in Sustainably Feeding the Nine Billion Global Populations. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 4,2.
- Kumar, S., & Singh, A. (2014). Biopesticides for Integrated Crop Management: Environmental and Regulatory Aspects. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 5, 1.

- Szewczyk, B., de Souza, M.L., de Castro, M. E. B., Moscardi, M.L., & Moscardi, F. (2011). *Baculovirus Biopesticides*, Editör: Stoytcheva, M. InTech Publishing, Rijeka, Croatia.
- Toprak, U. (2004). Bazı baculovirüs preparatlarının laboratuvar koşullarında noctuidae familyasındaki önemli tarımsal zararlı türler üzerinde etkinliklerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Yüksek Lisans Tezi 210, Ankara.
- Toprak, U., & Gürkan, M.O. (2005a). Tarımsal mücadelede farklı bir strateji; entomopatojen mikroorganizmalar. *Türk Tarım, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi*, 163, 50-51.
- Tossou, E., Tapa-Yotto, G., Kpindou, O.K., Sandeu, R., Datinon, B., Zeukeng, F., Akoton, R., Tchigossou, G.M., Djègbè, I., Vontas, J., ...& Djouaka, R. (2019). Susceptibility profiles of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to deltamethrin reveal a contrast between the Northern and the Southern Benin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1882.
- Wang, M., & Hu, Z. (2019). Cross-talking between baculoviruses and host insects towards a successful infection. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 2019 Mar 4, 374(1767), 20180324.
- Williams, T., Virto, C., Murillo, R., & Caballero, P. (2017). Covert Infection of Insects by Baculoviruses. *Frontiers in Microbiology*, 2017, 8, 1337.

## BÖLÜM 7

### ÜLKEMİZ GÜLLERİNDE TESPİT EDİLEN VİRÜS HASTALIKLARI

Doç. Dr. Ali KARANFİL<sup>1\*</sup>

Doç. Dr. Filiz RANDA-ZELYÜT<sup>2</sup>

Prof. Dr. Savaş KORKMAZ<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14276602>

---

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4503-6344>

<sup>2</sup>Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 11230 Bilecik-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1366-4389>

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8227-3800>

\*sorumlu yazar: [ali.karanfil@hotmail.com](mailto:ali.karanfil@hotmail.com)





## 1. GİRİŞ

Süs bitkileri sektörü gerek dünyada gerekse ülkemizde hızlı bir ilerleme süreci içerisinde. Süs bitkileri sektörü dünyada ve ülkemizde ekonomik getirisi ile önemli bir yer tutmaktadır. Ancak sebze ve meyve virüslerine göre süs bitkisi virüs hastalıkları ile ilgili yapılan çalışmalar son derece sınırlıdır.

Çok sayıda bitki türünü barındıran bu sektörün önemli üyelerinden bir tanesi de gül (*Rosa spp.*) bitkisidir. Gül dünyada en önemli süs, endüstriyel ve kozmetik-tıbbi yağ bitkisi olarak tanımlanmaktadır. Her bitki türü gibi güllerin de hastalık ve zararlıları bulunmakta olup enfeksiyonlar sonucu çiçek verimi ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bu hastalık ve zararlılar arasından en önemlileri viral etmenler olarak tanımlanmaktadır. Gül virüs hastalıkları bitkilerde ciddi tahribatlara ve ürün kayıplarına neden olabilmektedir (Golino vd., 2007; Milleza vd., 2013)

Ülkemizde karanfil, krizantem, gerbera, glayöl, lale, nergis, sümbül ve zambak gibi bazı süs bitkilerinde virüs hastalıkları ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilse bile (Cevik vd., 2010; Uzunoğulları ve Gümüş, 2015; Gökduman, 2015; Karanfil vd., 2016; Safak ve Kamberoğlu, 2017; Karanfil ve Korkmaz, 2017; Deligöz ve Şevik, 2019; Yeşil, 2022), dünyadakilere paralel olarak ülkemizde süs bitkileri ile gerçekleştirilen çalışmaların büyük bir kısmını gül virüsleri oluşturmaktadır (Erdiller vd., 1995; Sipahioğlu vd., 2001; Yardımcı ve Culal, 2009; Sertkaya, 2010; Karanfil vd., 2018; Karanfil, 2021).

Güllerde kayıplara neden olan bu virüs hastalıklarından en yaygın olarak görülenlerin prunus necrotic ringspot virus (PNRSV), apple mosaic virus (ApMV) ve arabis mosaic virus (ArMV) olduğu belirtilmiştir (Moury vd., 2001; Horst ve Cloyd, 2007; Yardımcı ve Culal, 2009). Ancak dünyada gerçekleştirilen araştırmalar sonucunda güllerde enfeksiyonlara neden olan viral etmenlere her geçen gün yenileri eklenmektedir. Bu virüs hastalıklarından bazıları rose yellow vein virus (RYVV), rose spring dwarf associated virus (RSDaV) ve rose cryptic virus-1 (RCV-1)'dir (Mollov vd., 2009, 2012; Salem vd., 2008).

Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda ise güllerde hastalık oluşturan bazı virüs etmenlerinin tanısı gerçekleştirilmiştir. Erdiller vd. (1995), Isparta ilinde gerçekleştirmiş olduğu çalışmalar sonucunda güllerde PNRSV ve ArMV virüslerini saptamışlardır. Sipahioğlu vd. (2001) yaptıkları çalışma sonucunda ülkemizde PNRSV'nin gülde en önemli virüs hastalığı olduğunu rapor etmişlerdir. Yardımcı ve Culal (2009) güller bölgesindeki güllerde

gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında PNRSV, ArMV ve ApMV varlıklarını yüksek oranlarda tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Sertkaya (2010) Hatay ilinde gerçekleştirdiği çalışmada ise ApMV, ArVM ve PNRSV etmenlerini tespit etmiştir. Culal-Kilic vd. (2017) Burdur ilinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında PNRSV enfeksiyonunu yağlık güllerde tespit etmişlerdir. Ülkemizin farklı bölgelerinden alınan örneklerde de dünya için hala güllerin yeni bir virüs hastalığı olarak kabul edilen RYVV varlığı tespit edilmiştir (Karanfil vd., 2018). Karanfil (2021) ise ülkemizde şimdiye kadar gül virüs hastalıkları ile gerçekleştirilen en kapsamlı çalışma olma özelliği taşıyan araştırmasında ülkemiz gülleri için en yaygın virüs hastalığını PNRSV olarak tespit etmiştir. Ayrıca çalışmasında PNRSV dışında RYVV ve ApMV enfeksiyonlarına ek olarak, ülkemizde ilk kez RSDaV ve RCV-1 etmenlerinin enfeksiyonları da tespit etmiştir. Bu virüs hastalıklarının detaylı olarak özellikleri ise tür düzeyinde aşağıda verilmiştir.

## **2. ÜLKEMİZ GÜLLERİNDE TESPİT EDİLEN VİRÜS HASTALIKLARI**

### **2.1. Prunus necrotic ringspot virus (PNRSV)**

#### **Etmen**

Gül mozaik hastalığına neden olan virüs hastalılarının başında prunus necrotic ringspot virus (PNRSV) gelmektedir. Ülkemizde son yıllarda yapılan bir çalışmada güllerde enfeksiyonu en çok tespit edilen virüs hastalığı olduğu bildirilmiştir (Karanfil, 2021).

#### **Coğrafik Dağılım**

Virüs, Afrika, Amerika, Asya, Avrupa ve Okyanusya kıtalarına yayılmıştır (Kawas vd., 2024). Ülkemizde etmenin varlığı ilk kez Afyon'da kirazlarda tespit edilmiştir (Kurçman, 1977). Daha sonra yapılan bir çalışmada etmenin ülkemizin birçok bölgesinde gülleri enfekte ettiği bildirilmiştir (Karanfil, 2021).

#### **Hastalık Belirtileri**

PNRSV enfeksiyonu sonucunda konukçuda neden olduğu belirtiler oldukça değişkendir. Bazı PNRSV izolatları ile enfekte olmuş *Prunus* bitkilerinde belirti görülmezken, diğerleri genç yapraklarda tipik nekrotik lekeler ve delikler oluşturabilmektedir (Aparicio vd. 1999). Nekrotik halkalı lekeler ve delikler, Bulgaristan'da vişne ve tatlı kirazlarda PNRSV enfeksiyonu

ile ilişkilendirilmiş olup, yapraklarda kloroz, yaprak kenarlarında nekroz, deformasyon ve buruşma gibi diğer yaprak belirtileriyle birlikte görülmüştür (Kamenova ve Borisova, 2021). İran'da yapılan bir çalışma, belirtilerin mevsimlerle değiştiğini göstermiştir; klorotik lekeler ve mozaik ilkbaharda yapraklarda yaygınken, yılın sonlarına doğru delikler ve halkalı lekelerin daha yaygın olduğu belirtilmiştir (Sokhandan-Bashir vd., 2017). Bu nedenle, PNRSV yaygınlığı yalnızca rastgele örnekleme ve bitkilerin test edilmesiyle güvenilir şekilde tahmin edilebilir. PNRSV'nin güllerdeki en tipik belirtisi ise yapraklardaki klorotik çizgilerdir (Karanfil, 2021).

### **Taşınım**

PNRSV, gül, birçok *Prunus* türleri ve şerbetçiotu gibi pek çok bitki türü için ciddi bir patojendir (Pallas vd., 2012). PNRSV polen ile taşınmaktadır. Ayrıca etmen tohumları enfekte edebilmekte ve rutin bitki çoğaltma yöntemleriyle kolayca bulaşabilmektedir (Barba vd., 2015).

### **Teşhis Metotları**

PNRSV, otsu ve odunsu konukçularda biyolojik indeksleme yöntemiyle yaprak, tomurcuk, kabuk veya polende tespit edilebilir (Fulton, 1970; Hammond, 2011). PNRSV'nin tespiti için ELISA gibi serolojik analizler kullanılabilir (Mekuria vd., 2003). Ayrıca moleküler tespit yöntemleri, yüksek hassasiyetli tanı araçları olup virüsün güvenilir şekilde tespit edilmesini sağlar (Marbot vd., 2003).

### **Partikül Morfolojisi ve Genom Organizasyonu**

PNRSV *Bromoviridae* familyasındaki *Ilarvirus* cinsinin bir üyesidir ve dünya genelinde yaygındır. PNRSV, üç parçalı bir genoma sahiptir; RNA 1 ve RNA 2 viral replikasyonda görevli proteinleri, RNA 3 ise 3a (hareket proteini, MP) ve 3b (kılıf proteini; CP) kodlamaktadır (Aparicio vd., 2003). PNRSV'nin MP ve/veya CP'sinin nükleotid veya amino asit diziliminin konukçu özgülüğü, belirti oluşturma veya virüsün diğer biyolojik özellikleriyle ilişkisi olup olmadığı, birçok çalışmada ele alınmıştır. Scott vd. (2001), farklı konukçulardan ve coğrafi bölgelerden elde edilen PNRSV izolatlarının RNA 3'ünün nükleotid dizilimini incelemiştir. İncelemeleri, konukçu kökeni, belirtisellik veya coğrafi köken ile herhangi bir spesifik nükleotid veya amino asit farklılıkları arasında bir ilişki ortaya koymamıştır. Yakın zamanda, Aparicio vd. (1999), Aparicio ve Pallàs (2002) ve Vašková vd. (2000), bağımsız olarak,

farklı konukçu ve coğrafi kökenlerden elde edilen PNRSV izolatlarının RNA 3'ündeki moleküler değişkenliği incelemiş ve bu çalışmalar, önceki çalışmada olduğu gibi, filogenetik gruplama, izolatın coğrafi kökeni veya belirti tipi arasında net bir korelasyon bulamamıştır. Ancak Vašková vd. (2000), bir grubun alt kümesinin konukçu ile ilişkilendirilebileceğini not etmiştir. Ayrıca bu çalışma, MP dizisinin bir kısmı değerlendirildiğinde PNRSV'nin coğrafi bölgeye göre gruplar oluşturma eğiliminde olduğunu gözlemlenmiştir.

## 2.2. Rose spring dwarf associated virus (RSDaV)

### Etmen

Rose spring dwarf-associated virus (RSDaV), ticari fidanlıklar, peyzaj dikimleri ve halk bahçelerinde gülleri etkileyen bir hastalık olan gül ilkbahar cücelik hastalığının etmeni olarak tanımlanmıştır.

### Coğrafi Dağılım

RSDaV, ilk olarak 2008 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki güllerde tanımlanmıştır (Salem vd. 2008a, b), daha sonra Şili (Rivera ve Engel, 2010), Yeni Zelanda (Milleza vd. 2013), Birleşik Krallık (Vazquez-Iglesias vd. 2020), Türkiye (Karanfil, 2021) ve Çin'de (Xing vd., 2021) bildirilmiştir.

### Hastalık Belirtileri

Hastalıkla ilişkili belirtiler, gül tomurcuklarının patlamasını takiben ilkbaharda ortaya çıkar ve en belirgin şekilde *Rosa floribunda* ve *R. multiflora* bitkilerinde görülür (Slack vd. 1976). Belirtiler arasında, belirgin damar açılması, yaprakların aşağı doğru kıvrılması, cüceleşmiş sürgünlerin kıvrılması ve sürgün uçlarında şiddetli rozetleşme görülmesi yer almaktadır. Bazı durumlarda, uç yaprakçıklar yalnızca orta damara kadar uzanabilen kenar klorozu gösterebilir (Salem vd. 2008a; Karanfil 2021). RSDaV çoğunlukla diğer virüslerle karışık enfeksiyonlar halinde bulunabilir (Karanfil, 2021).

### Taşıma

*Metopolophium dirhodum* ve *Rhodobium porosum* bu virüsün yaprak biti vektörleri olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, etmen vejetatif çoğalma ve aşılama yoluyla da yayılabilir. Deneysel olarak RSDaV'nin *Nicotiana benthamiana*, *Avena sativa* ve *Hordeum vulgare* bitkilerine de asimptomatik olarak bulaşabildiği de bildirilmiştir (Salem vd., 2008a).

### **Teşhis Metotları**

Virüsün pürifiye edilmesi amacı ile enfekteli bitkilerden dsRNA izole edilmeye odaklanılmıştır (Rivera ve Engel, 2010; Salem vd. 2008a). Bu RNA'ların, yaklaşık 6, 3 ve 1 kb uzunluğunda parçalarla diğer luteovirüslere benzer bir profil gösterdiği ve son iki parçanın muhtemelen subgenomik RNA'lar olduğu ifade edilmiştir (Salem vd. 2008a,b). Etmenin gen spesifik primerler kullanılarak RT-PCR ile tespit edilebilmektedir (Karanfil, 2021).

### **Partikül Morfolojisi ve Genom Organizasyonu**

Virüs partiküllerinin morfolojisinin diğer luteovirüslere benzer olduğu kabul edilmektedir. Virionlar, zarfı olmayan, çapı 24-30 nm arasında değişen ve ikosahedral yapıdadır. İki CP'den (bir majör; 24 kDa ve bir readthrough protein; 75 kDa) oluşur. Bu proteinler, tek sarmallı pozitif sense RNA genomunu kapsüllemektedir. Kapsidin küçük bir bileşeni olan readthrough CP, yaprak biti ile bulaşma için gerekli olduğu belirtilmiştir (Domier, 2011; Miller, 1999). Etmenin genomu 5800 nükleotitden oluşmaktadır. Bu genom 5 büyük ve 3 küçük ORF'ye sahiptir. Ayrıca etmenin yaprak bitleri ile persistent sirkulatif tarzda taşındığı bildirilmiştir (Martin vd., 1990).

## **2.3. Rose cryptic virus-1 (RCV-1)**

### **Etmen**

Rose cryptic virus-1 (RCV-1), rosa multiflora cryptic virus olarak da bilinmektedir.

### **Coğrafik Dağılım**

Etmen ilk olarak ABD'de bildirilmiştir. Virüsün ABD'nin birçok farklı bölgeden rapor edilmesinden dolayı, etmenin ABD'de yaygın olduğu düşünülmektedir (Martin ve Tzanetakis, 2008; Sabanadzovic ve Ghanem-Sabanadzovic, 2008; Lockhart vd., 2011). Daha sonra, Yeni Zelanda'da, gülleri enfekte eden en yaygın virüs olarak bildirilmiştir (Milleza vd., 2013) ve Kanada'da da rapor edilmiştir (James vd., 2015). Ayrıca etmen geçtiğimiz yıllarda ilk kez Birleşik Krallık'taki güllerden de bildirilmiştir (Vazquez-Iglesias vd., 2019). Etmenin ülkemizdeki varlığı ise ilk kez 2021 yılında bildirilmiştir (Karanfil, 2021).

### **Hastalık Belirtileri**

Virüs, simptomsuz güllerde (Sabanadzovic ve Ghanem-Sabanadzovic, 2008) ve bahar cüceliği belirtileri (RSDaV) (Salem vd., 2008a) veya gül rozeti belirtileri (Rose rosette virus) (Martin and Tzanetakakis, 2008) gösteren gül bitkilerinde tespit edilmiştir. Martin ve Tzanetakakis (2008), bu hastalıklarla ilişkili bir virüs kompleksi bulunması durumunda RCV-1'in muhtemelen bir rol oynayabileceğini belirtmiştir. Ayrıca etmenin kriptomik virüs olmasına rağmen, enfekteli bitkilerin çiçeklerinde renk açılmalarına ve yapraklarında da klorotik lekelere neden olduğu bildirilmiştir (Milleza vd., 2013). Etmenin ülkemizde de özellikle RSDaV ile karışık enfeksiyonlar halinde bulunduğu bildirilmiştir (Karanfil, 2021).

### **Taşıma**

Kriptovirüslerin bilinen doğal vektörleri yoktur. Bitki konukçuları arasında ovül ve polen yoluyla tohum embriyosuna aktarılırlar, ancak aşı yoluyla bulaşma ve hücreden hücreye taşıma gözlenmemiştir (Salem vd., 2008a).

### **Teşhis Metotları**

Etmenin dsRNA ve moleküler yöntemlerden RT-PCR ile gen spesifik primer ile tanılabileceği bildirilmiştir (Salem vd., 2008a, b; Karanfil, 2021).

### **Partikül Morfolojisi ve Genom Organizasyonu**

Etmenin genom yapısının 3 segmentli dsRNA yapısında olduğu düşünülmektedir (Martin ve Tzanetakakis, 2008; Sabanadzovic ve Ghanem-Sabanadzovic, 2008; Salem vd., 2008). Bunlardan dsRNA-1 RNA-bağımlı RNA polimeraz enzimini, dsRNA-2 ve dsRNA-3'ün ise fonksiyonu bilinmeyen ya da kılıf protein ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Ancak son yıllarda gerçekleştirilen başka bir çalışmada da etmenin iki segmentten oluştuğuna dair bulgular elde edilmiştir (James vd., 2015). Virionlar izometrik yapıdadır ve yaklaşık 30-40 nm çapındadır, belirgin yüzey yapısı bulunabilir veya bulunmayabilir (Sabanadzovic ve Ghanem-Sabanadzovic, 2008).

## **2.4. Rose yellow vein virus (RYVV)**

### **Etmen**

Rose yellow vein virus (RYVV) gül sarı damar hastalığının etmeni olup dünya için hala yeni bir virüs hastalığı olarak kabul edilmektedir. RYVV'nin varlığı sadece birkaç ülkede bulunmaktadır (Karanfil, 2021).

### **Coğrafik Dağılım**

Etmenin varlığı ilk olarak ABD (Mollov vd., 2009) ve Yeni Zelanda'dan (Perez-Egusquiza vd., 2013) bildirilmiştir. RYVV'nin ülkemizdeki ilk kaydı ise 2018 yılında Çanakkale ve Ankara illerinde yapılmış (Karanfil vd., 2018), daha sonra ülkemizin birçok farklı bölgesi ve ilinde tespit edilmiştir (Karanfil, 2021).

### **Hastalık Belirtileri**

Etmenin en tipik belirtisi gül yaprak damarlarındaki sarımtırak renk açılmalarıdır. Ancak etmenin diğer virüs hastalıkları ile de karışık enfeksiyon halinde bulunması durumunda semptomlarda farklılıklar görülebilir (Perez-Egusquiza vd., 2008; Karanfil, 2021).

### **Taşınım**

Etmen dünya için hala oldukça yeni bir virüs olduğu için etmen ile ilgili yapılan çalışma sayısı da oldukça azdır. Bu sebeple etmenin özellikleri ile ilgili de son derece sınırlı sayıda çalışma vardır. Ancak etmenin aşı ile taşınabildiği fakat yaprak biti veya mekanik bulaşma söz konusu olmadığı belirtilmiştir (Mollov vd., 2013).

### **Teşhis Metotları**

RYVV'nin PCR ve varyantları ile tespit edilebileceği bilinmektedir (Perez-Egusquiza vd., 2013). Ayrıca etmenin gelişen sekanslama tekniklerine paralel olan yüksek kapasiteli ve nanopore sekanslama ile teşhis edilebileceği de düşünülmektedir (Karanfil, 2021).

### **Partikül Morfolojisi ve Genom Organizasyonu**

RYVV ise *Caulimoviridae* familyasından *Rosadnavirus* cinsinin üyesi olup tam nükleotit sekansı ve genom organizasyonunun ortaya çıkarılması sonucunda genomunun 9314 bp büyüklüğünde ve 8 ORF'ye sahip olduğu bildirilmiştir. Bu ORF'lerden 1, 2 ve 3'ün, *Caulimoviridae* familyasının bilinen üyeleri ile %22-38 amino asit benzerliğine sahip olduğu belirtirmiştir. Geri kalan ORF'lerin ise bilinen virüslerle anlamlı bir amino asit dizi benzerliğinin olmadığı ortaya koyulmuştur (Mollov vd., 2009, 2012). Benzersiz genom organizasyonu ile ayırt edilirler. Bu özellikler arasında örtüşen ORF 1, 2 ve 3'e sahip olması, çok büyük bir genom yapısı ve polimeraz gen dizilerinin analizi ile belirlenen filogenetik konumu bulunmaktadır. Virionları ikosahedraldir ve çapları 42-45 nm'dir.



## 2.5. Apple mosaic virus (ApMV)

### Etmen

Apple mosaic virus (ApMV), adını elmalarda ilk olarak tanımlanan belirtilerden almıştır ve ilk kez White (1928), Bradford ve Joley (1933), ve Christoff (1934) tarafından tanımlanmıştır. Etmenin farklı isimler ile de oluşturduğu simptom tipine göre anıldığı bilinmektedir (Grimova vd., 2016).

### Coğrafik Dağılım

ApMV, konukçularının bulunduğu her yerde dünya çapında yayılmış durumdadır (Fulton, 1972). Ülkemizde de ilk bulunduğu konukçu olan elmanın yanı sıra ülkemiz güllerinde de enfeksiyonları bilinmektedir (Sertkaya, 2010; Yardimci ve Culal, 2009; Karanfil, 2021).

### Hastalık Belirtileri

ApMV'nin neden olduğu simptomlar konukçu ve izolatlara göre değişkenlik gösterebilir (Grimova vd., 2016). Etmenin elmada hafiften şiddetliye kadar değişen mozaik simptomlara neden olduğu bildirilmiştir (Fulton, 1972). Virüs duyarlı çeşitlerde % 50'ye varan gelişme geriliklerine sebep olabilmektedir. ApMV gerek doğal koşullarda gerekse de laboratuvar koşullarında 65'ten fazla türde 19 farklı familyayı enfekte edebilmektedir. ApMV'nin konukçuları arasında böğürtlen, frenk üzümü, elma, kayısı, vişne, kiraz, badem, erik, şeftali, fındık, kestane, şerbetçi otu vb. gibi birçok konukçuları vardır (Bruntd. 1996; Suticvd. 1999; Roossinckvd. 2005; Birişik vd., 2009). Basit ve Francki (1970), güllerde ApMV simptomlarını klorotik çizgi desenleri, klorotik halka lekeleri, klorotik beneklenme ve damar bantlaşması olarak tanımlamıştır. Çoğu durumda, bu simptomların tümü, bireysel bitkilerin farklı yapraklarında görülmüştür. Wong vd. (1988) ApMV ile enfekteli güllerin yapraklarında klorotik lekeler, büzüşme ve şekil bozuklukları gözlenmiştir. ApMV'nin çiçek üretimi ve kalitesi üzerinde herhangi bir etkisi gözlemlenmemiştir.

### Taşıma

ApMV üretim materyali, aşı gözü ve budama ile vejetatif olarak yayılmakta ve verim kaybına neden olmaktadır. Tohum ile ise taşınmamaktadır. ApMV'nin doğada en fazla köklerin birbiri ile teması ile kolaylıkla taşınabildiği düşünülmektedir (Ertunç vd., 2014).

### **Teşhis Metotları**

ApMV'nin rutin tanısı için ELISA testi kullanılabilir. Ayrıca moleküler tekniklerin tamamı ve yeni gelişen sekanslama teknikleri ile etmen tespit edilebilmektedir.

### **Partikül Morfolojisi ve Genom Organizasyonu**

ApMV, Ilarvirus cinsinin bir türüdür. Bu cins, *Alfamovirus*, *Anulavirus*, *Bromovirus*, *Cucumovirus* ve *Oleavirus* cinsleriyle birlikte 19 tür içeren *Bromoviridae* ailesini oluşturur (Anonim, 2015). Etmen pozitif duyarlılıkta tek sarmallı bir RNA virüsüdür (Roosinck vd., 2005). Bu virüsün partikül yapısı hakkında doğrudan bilgi bulunmamakla birlikte, PNRSV ile benzerlik gösterdiği düşünülmektedir ve partiküllerin muhtemelen %16 RNA içerdiği tahmin edilmektedir (Fulton, 1972). ApMV virionları, her biri 25 ila 29 nm çapında olan, yarı-küresel veya hafifçe pleomorfik üç partikülden oluşur. Her partikül, üç parçalı RNA genomunun bir bileşenini (yaklaşık 2.1, 3.0 ve 3.5 kb) içerir (Barbara vd., 1978). Enfeksiyonun başlaması için konak bitkide tüm genomik bileşenlerin bulunması gereklidir. ApMV genomu RNA 1, RNA 2, RNA 3 ve bir alt genomik RNA 4'ten oluşur (Roosinck vd., 2005).

## **2.6. Arabis mosaic virus (ArMV)**

### **Etmen**

Arabis mosaic virus (ArMV), süs bitkileri de dahil olmak üzere çok çeşitli bitki türlerinde patojeniktir.

### **Coğrafik Dağılım**

Etmenin dünyanın birçok bölgesinde enfeksiyonu bildirilmiştir. En yaygın olarak bulunduğu ülkeler genel olarak Çek Cumhuriyeti, Almanya, Bulgaristan, Lüksemburg ve Macaristan olarak bildirilmiştir. İçlerinde ülkemizin de bulunduğu Norveç, Finlandiya, İsveç ve Güney Afrika gibi ülkelerde ise sınırlı dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca Kanada, Yeni Zelanda, Polonya ve Avustralya'da etmenin mevcut olduğu fakat az sayıda kayıt olduğu, ayrıca Birleşik Krallık, Fransa ve İtalya'da ise etmenin mevcut olduğu bilinmesine rağmen detaylı kayıtlar olmadığı bildirilmiştir (Dupuis, 2010).

### **Hastalık Belirtileri**

ArMV ile enfekte olan bitkiler, geniş bir yelpazede farklı belirtiler gösterebilir. Ancak birçok bitki asimptomatik olarak da ArMV ile enfekteli

olabilir. En yaygın görülen semptom tipi ise diğer virüslerle enfekte bitkilerde görülenlerle benzer olabilmektedir. Bunlar mozaik, nekrotik veya klorotik halkalar (halkalı lekeler), yaprak lekelenmesi ve beneklenmesi, damar nekrozu, enasyon ve bitki bodurluğudur. Şiddetli enfeksiyon durumunda bitkinin ölümüne yol açabilir (Dupuis, 2010).

### **Taşıma**

ArMV mekanik olarak kolayca bulaşabilmektedir. Mekanik aşılama ile bulaştığında 28 dikotiledon familyasındaki 93 türü enfekte ettiği bildirilmiştir. Virüs doğada *Longidorus* ve *Xiphinema* cinslerine ait nematodlar ve tohum ve polen yoluyla bulaşır (Murant, 1970; Dijkstra vd., 2006).

### **Teşhis Metotları**

ArMV'nin güvenilir şekilde tespiti ve teşhisi DAS-ELISA ve RT-PCR gibi virüs teşhis yöntemlerinin uygulanmasıyla mümkün olabilmektedir (Samuitiené ve Navalinskiené, 2008). Bunlar ile birlikte moleküler tabanlı birçok yöntem de tanı amaçlı olarak kullanılabilir.

### **Partikül Morfolojisi ve Genom Organizasyonu**

ArMV, oldukça geniş bir konukçu genişliğine sahiptir. Etmen *Secoviridae* familyasından *Nepovirus* cinsinin bir üyesidir (King vd., 2012). ArMV yaklaşık 30 nm çapında izometrik parçacıklara sahiptir. Genomu RNA-1 ve RNA-2 olarak tanımlanan +(ss)RNA yapıda iki segmentten oluşmaktadır. Bunlardan RNA-1'in polyprotein (P1) olarak işlevi bilinen ve bilinmeyen bazı proteinleri kodladığı bildirilmiştir (Wetzel vd., 2008). RNA-2 segmentinin ise hareket ve kılıf protein gen bölgelerine sahip olduğu bildirilmiştir (Vigne vd., 2008; Zarghani vd., 2014).

## **3. SONUÇ**

Güller hem endüstriyel özellikleri hem de estetikleri nedeniyle dünya çapında en önemli süs bitkisi türlerinin başında gelmektedir. Ancak virüs hastalıkları bitki canlılığını, çiçek kalitesini, üretim verimini ve çeliklerin köklenme yeteneğini önemli ölçüde azaltabilir ve bazen ölümcül olabilmektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi güllerde enfeksiyon oluşturan çok sayıda virüs hastalığı vardır. Bu hastalıklara sebep olan viral etmenlerin sayısı ise virüs tanılama çalışmalarındaki teknolojik gelişmelere paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Ancak bu viral etmenler arasından strawberry latent ringspot virus

(SLRSV), ArMV, ApMV ve PNRSV'nin tek veya karışık enfeksiyonlar halinde sebep olduğu gül mozaik hastalığı (rose mosaic disease; RMD) güllerin tüm dünyada en yaygın hastalığı olarak bilinmektedir. Bunlarından arasından da özellikle PNRSV'nin ülkemizde son derece yaygın bir şekilde ülkemiz güllerinde en fazla enfeksiyona sebep olan viral tür olarak bulunduğu bildirilmiştir. Bu sebeple özellikle yeni gül dikimlerinde fidanların ya da çeliklerin PNRSV'den ari olmasına dikkat edilmesi gereklidir.

Dünyada gül virüs hastalıkları ile ülkemizde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında ise ülkemizde daha çok çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir. Çünkü ülkemiz güllerinde tespit edilen virüs türlerinin sayısı, gülleri enfekte eden toplam virüs tür sayısı ile karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu sebeple bundan sonra yapılacak çalışmalarda ülkemizde şu ana kadar tespit edilmemiş etmenlerin araştırılmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

**KAYNAKÇA**

- Anonim, (2015). International Committee on Taxonomy of Viruses. <http://www.ictvonline.org/virusTaxonomy>
- Aparicio, F., & Pallás, V. (2002). The molecular variability analysis of the RNA 3 of fifteen isolates of Prunus necrotic ringspot virus sheds light on the minimal requirements for the synthesis of its subgenomic RNA. *Virus Genes*, 25, 75-84.
- Aparicio, F., Myrta, A., Di Terlizzi, B., & Pallás, V. (1999). Molecular variability among isolates of Prunus necrotic ringspot virus from different Prunus spp. *Phytopathology*, 89(11), 991-999.
- Aparicio, F., Vilar, M., Perez-Payá, E., & Pallás, V. (2003). The coat protein of prunus necrotic ringspot virus specifically binds to and regulates the conformation of its genomic RNA. *Virology*, 313(1), 213-223.
- Barba, M., Ilardi, V., & Pasquini, G. (2015). Control of pome and stone fruit virus diseases. *In Advances in Virus Research*, 91, 47-83.
- Barbara, D. J., Clark, M. F., Thresh, J. M., & Casper, R. (1978). Rapid detection and serotyping of prunus necrotic ringspot virus in perennial crops by enzyme-linked immunosorbent assay. *Annals of Applied Biology*, 90(3), 395-399.
- Basit A.A. & Francki, R.I.B. (1970). Some properties of Rose mosaic virus from South Australia. *Australian Journal of Biological Sciences*, 23, 1197-120.
- Birişik, N., Yılmaz, M. A., & Baloğlu, S. (2009). Elma yetiştiriciliğinde zararlı olan virüs ve virüs benzeri (aşıyla taşınan) hastalıklar ve mücadelesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1, 25-33.
- Bradford F.C., & Joley, L. (1933). Infectious variegation in the apple. *Journal of Agricultural Research*, 46, 901-9
- Brunt, H.A., Crabtree, K., Dallwitz, M.J., Gibbs, A.J., & Watson, L. (1996). Viruses of plants. *CAB Internation, Wallingford*.
- Cevik, B., Bakır, T., & Koca, G. (2010). First report of Carnation mottle virus in Turkey. *Plant Pathology*, 59(2), 394.
- Christoff A. (1934). Mosaikkrankheit oder Viruschlorose, bei Äpfeln. Eine neue Viruskrankheit. *Phytopathology*, 7, 521- 536.
- Culal-Kiliç, H., Yardimci, N., & Gübür, Ş. (2017). Serological, biological and molecular detection of Prunus necrotic ringspot virus on *Rosa damascena* Mill. in Turkey. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 16(1), 145-150.
- Deligoz, I., & Sevik, M.A. 2019. The occurrence of the Tulip breaking virus in tulips in the northern part of Turkey. *Folia Horticulturae*, 31(2), 263-268.
- Dijkstra J., & Khan J. (2006). Handbook of Plant Virology. *New York: The Haworth Press*, 253-388.
- Domier, L. (2011). Luteoviridae. In: King, A., Adams, M., Carstens, E., Lefkowitz, E. (Eds.), *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses: Ninth*

- Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. *Elsevier*, San Diego, 1045e1053.
- Dupuis, L. (2010). Study of the interactions between Arabis mosaic virus and its host plants. *Doctoral Dissertation*, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg and Université de Strasbourg.
- Erdiller, G., Elibüyük, Ö., & Akbaş, B. (1995). Virus diseases of roses. Proceeding of VII. *Turkish National Congress of Phytopathology*, 26-29 September, Adana-Turkey, 286-289.
- Ertunc, F., Topkaya, S., & Sezer, A. (2014). Distribution and molecular detection of apple mosaic virus in apple and hazelnut in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 13(31), 3144-3149.
- Fulton, R.W. (1970). Prunus necrotic ringspot virus. *CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses*, 5, Kew, Surrey, UK
- Fulton, R.W. (1972). Apple mosaic virus. *CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses*, 83, Kew, Surrey, UK
- Golino, D.A., Sim, S.T., Salem, N., & Rowhani, A. (2007). Rooting success of rose cuttings reduced by infection with Apple mosaic virus and Prunus necrotic ringspot virus. *Acta Horticulturae*, 751, 225-228
- Gökdoğan, N. (2015). İzmir ili krizantem üretim alanlarında görülen virüslerin saptanması; biyolojik ve moleküler karakterizasyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Grimova, L., Winkowska, L., Konrady, M., & Ryšánek, P. (2016). Apple mosaic virus. *Phytopathologia Mediterranea*, 55(1), 1-19.
- Hammond, R.W. (2011). Prunus necrotic ringspot virus in Virus and Virus-like Diseases of Pome and Stone Fruits. *APS Press*, 207-213.
- Horst, R. K., & Cloyd, R.A. (2007). Compendium of rose diseases and pests. *APS Press*, 1-83.
- James, D., Phelan, J., Varga, A., Rott, M., & Berube, J.A. (2015). First report of Rose cryptic virus 1 in Rosa plants in Canada. *Plant Disease*, 99(4), 558-558.
- Kamenova, I., Borisova, A. (2021). Molecular variability of the coat protein gene of prunus necrotic ringspot virus on sweet and sour cherry in Bulgaria. *Journal of Plant Pathology*, 103(1), 97-104.
- Karanfil, A. (2021). Prevalence and molecular characterization of Turkish isolates of the rose viruses. *Crop Protection*, 143, 105565.
- Karanfil, A., & Korkmaz, S. (2017). First report of Hibiscus chlorotic ringspot virus in Turkey. *New Disease Reports*, 35(1), 22-22.
- Karanfil, A., Randa-Zelyüt, F., Ertunc, F., & Korkmaz, S. (2018). First report of Rose yellow vein virus in Turkey. *New Disease Reports*, 38(11).
- Karanfil, A., Soylu, B., & Korkmaz, S. (2016). Çanakkale ili ve ilçelerindeki soğanlı süs bitkilerinde hiyar mozaik virüsü enfeksiyonunun serolojik ve moleküler

- yöntemler ile araştırılması. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 17(2), 105-110.
- Kawas, H., Ertunç, F., Karanfil, A., & Choudhary, N. (2024). Characterization of viruses infecting rose. *In Viral Diseases of Field and Horticultural Crops*, 749-754.
- King, A.M.Q., Adams, M.J., Carstens, E.B., & Lefkowitz, E. (2012). *Virus Taxonomy: Classification and Nomenclature of Viruses*. Elsevier Academic Press, San Diego, California.
- Kurçman, S. (1977). Afyon ilinde vişne ve kiraz ağaçlarında görülen virüs hastalıklar üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 17(2-4), 113-149.
- Lockhart, B., Zlesak, D., & Fetzer, J. (2011) Identification and partial characterization of six new viruses of cultivated roses in the USA. *Acta Horticulturae*, 901, 139–148.
- Marbot, S., Salmon, M., Vendrame, M., Huwaert, A., Kummert, J., Dutrecq, O., & Lepoivre, P. (2003). Development of real-time RT-PCR assay for detection of Prunus necrotic ringspot virus in fruit trees. *Plant Disease*, 87(11), 1344-1348.
- Martin, R.R., & Tzanetakis, I.E. (2008). First report of rosa multiflora cryptic virus in Rosa multiflora in the Eastern United States. *Plant Disease*, 92(12), 1706-1706.
- Martin, R.R., Keese, P.K., Young, M.J., Waterhouse, P.M., & Gerlach, W.L. (1990). Evolution and molecular biology of luteoviruses. *Annual Review of Phytopathology*, 28, 341-363.
- Mekuria, G., Ramesh, S. A., Alberts, E., Bertozzi, T., Wirthensohn, M., Collins, G., & Sedgley, M. (2003). Comparison of ELISA and RT-PCR for the detection of Prunus necrotic ring spot virus and prune dwarf virus in almond (Prunus dulcis). *Journal of Virological Methods*, 114(1), 65-69.
- Miller, W.A. (1999). Luteovirus (luteoviridae). *Encyclopedia of Virology*, 901e908.
- Milleza, E.J.M., Ward, L.I., Delmiglio, C., Tang, J.Z., Veerakone, S., & Perez-Egusquiza, Z. (2013). A survey of viruses infecting Rosa spp. in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 42, 313-320.
- Mollov, D., Lockhart, B., Olszewski, N. (2012). Complete nucleotide sequence of Rose yellow vein virus, a member of the family Caulimoviridae having a novel genome organization. *Archives of Virology*, 158(4), 877-880.
- Mollov, D., Lockhart, B., & Zlesak, D. (2009) Genome characterization and transmission of Rose yellow vein virus, a new Caulimovirus occurring in garden rose. *Phytopathology*, 99, S87.
- Mollov, D., Lockhart, B., Zlesak, D. C., & Olszewski, N. (2013). Complete nucleotide sequence of rose yellow vein virus, a member of the family Caulimoviridae having a novel genome organization. *Archives of Virology*, 158, 877-880.

- Moury, B., Cardin, L., Onesto, J. P., Candresse, T., & Poupet, A. (2001). Survey of Prunus necrotic ringspot virus in Rose and Its Variability in Rose and Prunus spp. *Phytopathology*, 91(1), 84-91.
- Murant A.F. (1970). Arabis Mosaic Virus. *C.M.I./A.A.B. Description of Plant Viruses*, 16.
- Pallas, V., Aparicio, F., Herranz, M. C., Amari, K., Sanchez-Pina, M. A., Myrta, A., & Sanchez-Navarro, J. A. (2012). Ilarviruses of Prunus spp.: A continued concern for fruit trees. *Phytopathology*, 102(12), 1108-1120.
- Perez-Egusquiza, Z., Liefting, L.W., & Ward, L.I. (2013). First Report of Rose yellow vein virus in Rosa sp. in New Zealand. *Plant Disease*, 97(8), 1122-1122.
- Rivera, P.A., & Engel, E.A. (2010). Presence of rose spring dwarf-associated virus in Chile: partial genome sequence and detection in roses and their colonizing aphids. *Virus Genes*, 41, 295-297.
- Roossinck, M.J., Bujarski, J., Ding, S.W., Hajimarad, R., Hanada, K., Scott, S., & Tousignant, M. (2005). Bromoviridae. *Virus Taxonomy. Eight Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, 1049–1058.
- Sabanadzovic, S., & Ghanem-Sabanadzovic, N.A. (2008). Molecular characterization and detection of a tripartite cryptic virus from rose. *Journal of Plant Pathology*, 90(2), 287-293.
- Salem, N.M., Golino, D.A., Falk, B.W., & Rowhani, A. (2008a) Identification and partial characterization of a new Luteovirus associated with rose spring dwarf disease. *Plant Disease*, 92, 508–512.
- Salem, N.M., Golino, D.A., Falk, B.W., & Rowhani, A. (2008b) Complete nucleotide sequences and genome characterization of a novel double-stranded RNA virus infecting Rosa multiflora. *Archives of Virology*, 153, 455–462
- Samuitienė, M., & Navalinskienė, M. (2006). Identification of viruses and phytoplasma infecting scarlet lychnis (*Lychnis chalconica* L.) plants. *Biologija*, 2, 59-62.
- Scott, S.W., Zimmerman, M. T., Yilmaz, S., Zehr, E. I., & Bachman, E. (2001). The interaction between Prunus necrotic ringspot virus and prune dwarf virus in peach stunt disease. In *XVIII International Symposium on Virus and Virus-like Diseases of Temperate Fruit Crops-Top Fruit Diseases*, 550, 229-236.
- Sertkaya, G. (2010). An investigation on rose mosaic disease of rose in Hatay-Turkey. *Julius-Kühn-Archiv*, 427, 309.
- Sipahioğlu, H.M., Çağlar, B.K., & Baloğlu, S., (2001). Determination of the incidence of PNRSV and ApMV rose viruses in rose by ELISA in the Eastern Mediterranean region. *IX Congress of Phytopathology*, 3–8.
- Slack, S.A., Traylor, J.A., Williams, H.E., & Nyland, G. (1976) Rose leaf curl, a distinct component of a disease complex which resembles rose wilt. *Plant Disease Reporter*, 60, 178–182.



- Sokhandan-Bashir, N., Kashiha, M., Koolivand, D. & Eini, O. (2017). Detection and phylogenetic analysis of prunus necrotic ringspot virus isolates from stone fruits in Iran. *Journal of Plant Pathology*, 99(3):1–14.
- Sutic, D.D., Ford, R.E., & Tomic, M.T. (1999). Handbook of plant virus diseases. *CRC Press LLC*, 139e141p.
- Şafak, F., & Kamberoğlu, M.A. (2017). Detection of tospoviruses in ornamental plants in hobby gardens and landscaping areas in adalar district of Istanbul province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(9), 1119-1124.
- Uzunoğullari, N., & Gümüş, M. (2015). Marmara bölgesi'nde bazı kültür bitkilerinde doğal enfeksiyona neden olan hıyar mozaik virüsü (cucumber mosaic virus, CMV)'nün tespiti. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 16(1), 9-15.
- Vašková, D., Petrzik, K., & Karešová, R. (2000). Variability and molecular typing of the woody-tree infecting prunus necrotic ringspot ilarvirus. *Archives of Virology*, 145, 699-709.
- Vazquez-Iglesias, I., Adams, I. P., Hodgetts, J., Fowkes, A., Forde, S., Ward, R., & et al. (2019). High throughput sequencing and RT-qPCR assay reveal the presence of rose cryptic virus-1 in the United Kingdom. *Journal of Plant Pathology*, 101, 1171-1175.
- Vazquez-Iglesias, I., Scrace, J., McGreig, S., Pufal, H., Robinson, R., & vd. (2020). First report of rose spring dwarf-associated virus in *Rosa* spp. in United Kingdom. *New Disease Reports*, 42(1), 13-13.
- Vigne, E., Marmonier, A., & Fuchs, M. (2008). Multiple interspecies recombination events within RNA2 of grapevine fanleaf virus and arabis mosaic virus. *Archives of Virology*, 153(9), 1771-1776.
- Wetzel, T., Chisholm, J., Dupuis-Maguiraga, L., Bassler, A., & Sanfacon, H. (2013). In vitro and in vivo evidence for differences in the protease activity of two arabis mosaic nepovirus isolates and their impact on the infectivity of chimeric cDNA clones. *Virology*, 446(1-2), 102-111.
- White R.P., (1928). An infectious chlorosis of roses. *Plant Disease Reporter*, 13, 3.
- Wong S.M., R.K. Horts & R.W. Langhans, (1988). Symptoma tology and occurrence of apple mosaic and prunus necrotic ringspot viruses on rose in New York. *Acta Horticulturae*, 234, 437-45.
- Xing, F., Gao, D., Habili, N., Wang, H., Zhang, Z., Cao, M., & Li, S. (2021). Identification and molecular characterization of a novel carlavirus infecting rose plants (*Rosa chinensis* Jacq.). *Archives of Virology*, 166, 3499-3502.
- Yardimci, N., & Culal, H. (2009). Occurrence and incidence of prunus necrotic ringspot virus, arabis mosaic virus, and apple mosaic virus on oil rose (*Rosa damascena*) in the Lakes region of Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37(2), 95-98.

- Yeşil, S. (2022). Determination of some virus diseases infecting dahlia species grown for landscape purposes in Konya province parks and home gardens by serological methods. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(1), 2789-2794.
- Zarghani, S.N., Dupuis-Maguiraga, L., Bassler, A., & Wetzel, T. (2014). Mapping of the exchangeable and dispensable domains of the RNA 2-encoded 2AHP protein of arabis mosaic nepovirus. *Virology*, 458, 106-113.



## BÖLÜM 8

### MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ZARARLI AFİTLER (HEMIPTERA: APHIDIDAE) İLE BİYOLOJİK MÜCADELE

Arş. Gör. Ramazan AKTÜRK<sup>1</sup>

Doç. Dr. Engin GÜR<sup>2</sup>

Doç. Dr. Şahin KÖK<sup>3\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14276647>

---

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3142-2797>

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4668-1206>

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lâpseki Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bitki Koruma Programı, 17800 Lapseki-Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1092-8596>

\*sorumlu yazar: [sahinkok@comu.edu.tr](mailto:sahinkok@comu.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

İnsanlığın gıda tüketiminde önemli bir yere sahip olan tarım ürünlerinden birisi meyvelerdir (Micha vd., 2015). Meyve botanikte olgunlaşmış yumurtalık, bahçecilik biliminde yenilebilir olgunlaşmış bitki ürünü, kimilerine göre ise “doğa tarafından çekici, kullanışlı ve kolay açılabilir şekilde özenle paketlenmiş bir yiyecek, içecek ve ilaç” olarak tanımlanmaktadır (Radha ve Mathew, 2007). Yerleşik hayatın öncesinden günümüzdeki medeni yaşama kadar insanoğlu meyveyi öncelikle gıda amaçlı olarak kullanmıştır. İçerikleri nedeniyle meyveler çok sağlıklı ve bir dizi hastalığa karşı koruyucudur (Takaoka ve Kawakami, 2013). Meyvelerin vitaminler, temel mineraller, antioksidanlar ve prebiotikler (lifler) gibi sağlığı geliştirici birçok bileşen içerdikleri bilinmektedir (Hanke ve Flachowsky, 2010). Geçmişten günümüze meyveler insan hayatının bir parçası olmuş bu durum farklı kültürlere yansımıştır. Bu durumun en bilinen örneklerinden birisi Antik Akdeniz medeniyetlerinde zeytinin sahip olduğu çeşitli sembolik konumlardır (Polymerou-Kamilakis, 2006).

Geçtiğimiz yüzyıl ile beraber dünya nüfusu önemli oranda artış göstermeye başlamıştır. Dünya nüfusu 1986'da yaklaşık 5 milyar iken 1998'de 6 milyar, 2010'da 7 milyar ve 2020 ortalarında 7.8 milyara ulaşmıştır (Gu vd., 2021). Bu artış ile beraber yeterli gıda kaynaklarının sağlanabilmesi için önemli derecede sürdürülebilir tarımsal üretime ihtiyaç duyulmuştur (Sharma vd., 2017; Moustafa vd., 2018). Bu ihtiyacın giderilebilmesinde insanlığın karşılaştığı sorunlardan birisi ürün kayıplarının oluşmasına sebep olan çeşitli hastalık ve zararlılardır (Oerke, 2006). Dünyada gıda olarak kullanılan bitki türleri 10.000'den fazla böcek türü, 30.000 yabancı ot türü, 100.000 hastalık (funguslar, virüsler, bakteriler ve diğer mikroorganizmaların neden olduğu) ve 1000 nematod türü tarafından çeşitli oranlarda zarar görmektedir (Dhaliwal vd., 2010). Dünya genelinde gıda üretiminin %40'ından fazlası, mahsullerin böcekler, hastalıklar, yabancı otlar ve bazı omurgalı hayvanlar tarafından tahrip edilmesi nedeniyle kaybedilmektedir (Oerke, 2007). Tarihin farklı dönemlerinde bazı hastalık ve zararlıların etkisi o derece yıkıcı olmuştur ki bunun sonucunda kıtlıklar ve yüksek oranlarda ölümler meydana gelmiştir (Matthews, 2018). İnsanlık, tarihin farklı dönemlerinde çeşitli kimyasalları kullanarak hastalık ve zararlılara karşı mücadele etmeye çalışmış, bu çaba 20. yüzyılın ilk yarısı itibari ile sentetik pestisitlerin doğmasına sebep olmuştur (Costa, 1987). Geçen zamanla beraber pestisitlerin olumsuz etkileri hakkında

çeşitli kaygılar oluşmaya başlamıştır ve bu durum Rachel Carson'un 1962 yılında basılan "Sessiz Bahar" adlı kitabının etkisiyle kamuoyundaki yerini korumuştur (Zadoks ve Waibel, 2000). Bu kaygıların haklılığı su kaynakları gibi çevre kaynaklarının kirlenmesi, insan sağlığının olumsuz etkilenmesi, doğal düşman popülasyonlarının etkilenmesi ve bunun sonucu olarak ana zararlıların ve hatta potansiyel zararlıların popülasyonlarının artması gibi pestisit kaynaklı çoğu problemle kanıtlanmıştır (Felsot ve Rack, 2007). Bu nedenle, dünyanın giderek artan nüfusunu beslemek ve açlıktan kaçınmak için, tarımsal ürünlerde kayba neden olan çeşitli zararlılara karşı çevre kirliliğini azaltan mücadele yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır (DeBach ve Rosen, 1991). Ayrıca sentetik pestisit kullanımının sınırlı gıda kaynaklarının daha etkili kullanılmasını zorunlu kılacağı ve pestisitlerin çoğu zararlı sorununa karşı en etkili çözüm olarak görülme statüsünü koruyacağı öngörülmektedir (Huffaker, 2012).

Bu bağlamda öne çıkan mücadele yöntemlerinden birisi biyolojik mücadeledir. Biyolojik mücadele; zararlıyı öldüren, üreme potansiyelini azaltan veya başka bir şekilde sayılarını azaltan organizmalar olan doğal düşmanların kullanımı yoluyla zararlıları ve zararlı etkilerini azaltma veya hafifletme yöntemidir (Flint ve Dreistadt, 1998; Sanda ve Sunusi, 2014). En belirgin avantajları sırasıyla tarımsal zararlıların, hastalık vektörlerinin ve istilacı yabancı türlerin kontrolü yoluyla gıda güvenliği, insan sağlığı ve çevrenin korunması ile ilgilidir. Biyolojik mücadele gıda güvenliğinin sağlanmasına, biyolojik çeşitliliğin korunmasına, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasına, toprak, su ve hava kalitesini artırılarak pestisit kullanımının azaltılmasına dadolaylı olarak önemli faydalar sağlamaktadır (Heimpel ve Mills, 2017).

Afitler meyveler de dahil olmak üzere dünya üzerindeki bitkilerin %25'inde beslenen bir zararlı grubudur (Dedryver vd., 2010). Stiletleri ile bitki öz suyunu (çiçek, yaprak, gövde bazen de kök üzerinde) emerek beslenirler. Beslendikleri bitkilerde yaprakların alt kısımlarında benekli sarı renk değişimleri, bodur büyüme, erken yaprak dökümü, dallanma ile sonuçlanan çarpık, kıvrılmış veya deforme olmuş yapraklar gözlemlenir (Wari vd., 2021). Floemde beslenmeleri sonucunda salgıladıkları tatlımsı madde zamanla birikip bitki yüzeyini kaplar ve bu yüzey üzerinde önce fungus gelişimi; sonuç olarak da bitkide fotosentez azalması ve verim kaybı görülür (Chomnunti vd., 2014; Singh ve Singh, 2016; Kök vd., 2022; Kök vd., 2023). Çoğu önemli bitki

virüsünün vektörlüğünü yapmaktadırlar (Diehl vd., 2013; Hullé vd., 2020). Örneğin muzda görülen Banana Bunchy Top Virus'un vektörlüğünü *Pentalonia nigronervosa* Coquerel yapmaktadır (Ansari vd., 2019). Yine sert çekirdekli meyvelerin virüs kaynaklı en yıkıcı hastalıklarından biri olan Plum Pox Virus *Aphis fabae* Scopoli, *Aphis spiraecola* Patch, *Brachycaudus persicae* (Passerini) ve *Myzus persicae* (Sulzer) gibi bazı afit türleri tarafından değişik seviyelerde taşınmaktadır (Gildow vd., 2004). Meyve bahçelerinin başlıca zararlıları arasında yer alan afitler büyük ölçüde periyodik insektisit uygulamaları yoluyla kontrol edilmektedir (Penvern vd., 2010). Fakat bazı afit türlerinin kimyasal kontrolü, insektisitlere, özellikle de organofosfat, karbamat ve piretroid grubu insektisitlere karşı direnç kazanmaları nedeniyle son derece zor hale gelmiştir (Drees, 1993). Bu türlerden biri olan *M. persicae*'nin organofosfatlar, karbamatlar, piretroidler, siklodienler ve neonicotinoidler dahil olmak üzere çoğu insektisit sınıfına karşı farklı seviyelerde dirençli olduğu rapor edilmiştir (Aparicio vd., 2021; Margaritopoulos vd., 2021). Bu durum afitlerle mücadelede biyolojik mücadeleye olan talebin ve ihtiyacın artmasına neden olmuştur (Rabasse ve van Steenis, 1999; Yano, 2006). Bu çalışmada meyve ağaçlarında önemli ekonomik zarara neden olabilen afitlere karşı biyolojik mücadele uygulamaları ve ekolojik özelliklerin biyolojik mücadele uygulamalarına etkilerinin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

## 2. AFİTLERDE BİYOLOJİK MÜCADELE

Doğada her zararlının popülasyonunu dengede tutan doğal düşmanları bulunup, bu doğal düşmanlar herhangi bir dış etki tarafından (pestisitler ve bazı hava koşulları gibi) devre dışı bırakılmadıkça zararlının üreticiler tarafından fark edilmemesini sağlar (Flint ve Dreistadt, 1998). Çevre koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak zararlı ve doğal düşman popülasyonlarının belirli alt ve üst sınırlarda bir denge halinde takip etmesi olarak tanımlanan bu olgu "Doğal Biyolojik Mücadele" kavramıyla açıklanır (Huffaker vd., 1971). Tarımsal ve doğal habitatlarda ortaya çıkan doğal düşmanları, üzerinde beslendikleri avları ve bu avların konukçu bitkilerini tanımayı ve tanımlamayı öğrenmek, biyolojik mücadeleden tam olarak yararlanabilmek için önemlidir (Flint ve Dreistadt, 1998; Schuber vd., 2012; Kök vd., 2020; Kök vd., 2023). Önemli zararlı gruplarından birisi olan afitlerin meyve ağaçlarında bulunan doğal düşmanlarının belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.



Bu çalışmalardan Aslan ve Karaca (2005) Isparta'daki meyve ağaçlarında yaptıkları gözlemler sonucu afitlerden sekiz cinse ait on dört afit türü tespit etmiş, bunların arasından elma (*Malus domestica* L.)'da zararlı *Dysaphis plantaginea* (Passerini), *Aphis pomi* De Geer ve *Dysaphis devecta* (Walker)'nın en yaygın türler olduklarını ortaya koymuşlardır. Predatörlerden Coccinellidae (Coleoptera) familyasından sekiz tür, Syrphidae (Diptera) familyasından üç tür ve Forficulidae (Dermaptera) familyasından bir tür bulunmuşlardır. Aphidiidae, Aphelinidae ve Pteromalidae (Hymenoptera) familyalarından toplam sekiz tür parazitoit tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada, Yoldaş vd. (2011) İzmir'de dört Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) bahçesinde afitler ve doğal düşmanlarının mevsimsel yayılışını belirlemek amacıyla arazi çalışmaları yapmışlardır. Belirledikleri afit türleri arasında *Aphis craccivora* Koch, *Aphis gossypii* Glover, *A. Spiraecola* Patch, *M. persicae* Sulzer ve *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) yer almaktadır. Coccinellidae (Coleoptera), Chrysopidae (Neuroptera), Syrphidae, Cecidomyiidae ve Chamaemyiidae (Diptera) familyalarına ait predatörleri tespit etmişler ve Braconidae (Hymenoptera) familyasına mensup parazitoitleri sahadan toplanan mumyalardan elde etmişlerdir. Schuber vd. (2012) şeftali ve yabancı otlarda görsel analiz, sarı leğen tuzakları, yapışkan tuzaklar ve huniler yardımıyla yaptıkları örneklemler sonucu tespit ettikleri predatör türler: *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, *Cycloneda pulchella* (Klug), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus), *Eriopis connexa* (Germar), *Harmonia axyridis* (Pallas), *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville ve *Scymnus* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), *Allograpta* sp., *Palpada* sp. ve *Toxomerus* sp. (Diptera: Syrphidae) ve *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) iken, parazitoit türler: *Diaeretiella rapae* (M'Intosh), *Opius* sp. ve *Praon* sp. (Hymenoptera: Braconidae)'dir. Kök vd. (2020) Türkiye'nin Kuzeybatı bölgesindeki afitlerin tritrofik ilişkilerini araştırdıkları çalışmalarında bazı meyvelerdeki afitlerin doğal düşman ilişkilerini ortaya koymuşlardır. Elmada *D. plantaginea*'nın Coccinellidae (Coleoptera) familyasından iki ve Chrysopidae (Neuroptera) familyasından bir tür olmak üzere üç predatör ve Braconidae (Hymenoptera) familyasından iki parazitoit tür ile ilişkisini ortaya koymuşlardır. Kiraz (*Prunus avium*)'da *Myzus cerasi* (Fabricius)'nin Coccinellidae (Coleoptera) familyasından altı, Syrphidae (Diptera) familyasından iki (bu türlerden olan *Paragus pecchiolii* Rondani ile *M. cerasi* arasındaki etkileşim Avrupa için ilk kez kaydedilmişken, diğer tür *Episyrphus balteatus* De Geer, ile *M. cerasi*'nin

etkileşimi Türkiye’de ilk kez kayda geçmiştir). Şeftali (*Prunus persica*)’de *Brachycaudus amygdalinus* (Schouteden)’un Coccinellidae (Coleoptera) familyasından bir predatörle etkileşimini kaydetmişlerdir. Gacem vd. (2022) Bouira’daki Lakharia deneme bahçesinde elde edilen sonuçlara dayanarak bu bölgede turuncgillere bağımlı 4 afit türünün (*A. spiraecola*, *A. gossypii*, *M. persicae* ve *T. aurantii*) niteliksel zenginliğini vurgulamışlar, *A. spiraecola*’nın en baskın tür olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu çalışma sonucu ortaya koyulan predatör türler: *Coccinella algerica* Kovar, *H. axyridis* ve *E. balteatus* iken toplanan tek parazitoit tür *Aphidius colemani* Virecek olmuştur.

Biyolojik mücadele uygulamaları doğada bir uyum ve denge içerisinde var olduğu kabul edilen doğal biyolojik mücadele haricinde klasik biyolojik mücadeleye uygulamaları, Koruyucu biyolojik mücadele uygulamaları ve Arttırıcı biyolojik mücadele uygulamaları olarak öne çıkan üç başlık altında predatör, parazitoit ve bazen de entomopatojenlerle gerçekleştirilmektedir (Kenis vd., 2017; Stenberg vd., 2021).

## 2.1. Afidlerde Klasik Biyolojik Mücadele

Bazı zararlılar yerlileri oldukları habitatlarda ekonomik olarak önemli zarara sebep olmazken doğal düşmanlarının bulunmadığı başka habitatlara taşındıklarında önemli zararlı statüsüne erişirler. Herhangi bir habitatta bulunmayan doğal düşmanların bir kısmının veya tamamının yerli veya dışardan gelmiş zararlılara karşı mücadele amacıyla yeni habitata getirilip (doğru tanımlama ve güvenliği sağlamak için uygun karantina testlerinden sonra) yerleştirilmesi/tanıtılması şeklinde yapılan biyolojik mücadele uygulamaları “Klasik Biyolojik Mücadele” terimi ile ifade edilir (Howarth, 1991; Barbosa, 1998; Waterhouse ve Sands, 2001; Van Driesche ve Hoddle, 2009; Zhou vd., 2014; Kenis vd., 2017).

Kundoo ve Khan (2017) 1874’te Yeni Zelanda’da bulunan çeşitli meyve ve yem bitkilerinde zararlı olan afit ve unlu bitlere karşı bu habitata salınmış *Coccinella undecimpunctata* (Linnaeus)’nın zamanla bu zararlıların önemli avcısı konumuna geldiğini belirtmişlerdir. Elmada zararlı önemli afit türlerinden biri olan *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) ile başa çıkmak amacıyla parazitoit *A. mali* ilk olarak 1942 yılında Japonya’dan Çin’e getirilmiş ve şu anda tüm önemli elma üretim bölgelerinde yaygın olarak dağılmış vaziyette bulunduğu rapor edilmiştir (Zhou vd., 2014).

*Aphelinus gossypii* Timberlake (Hymenoptera: Aphelinidae), 1969 yılında Hindistan'dan Florida'ya getirilerek *A. gossypii*'ye karşı salınmış daha sonraları bazı araştırmacılar tarafından Florida'daki turuncgillerde bulunan *A.gossypii* bireyleri üzerinde bu parazitoitlerin tespit edilmesi sonucu bu salım başarılı varsayılmıştır (Frank ve Mcboy, 2007).

Bir habitata tanıtılan tüm organizmaların esasında potansiyel bir tehlike arz etmesinden dolayı incelemeye tabi tutulmaları gerekmektedir (Hoddle, 2002). Klasik biyolojik mücadelede en büyük risk, biyolojik kontrol ajanının kalıcı olarak yerleşeceği beklentisiyle yapılan tanıtımlarla ilgilidir çünkü istilacı türlerle ilgili deneyimler, bir organizmanın giriş noktasının ötesine yayıldıktan sonra yok edilmesinin nadiren mümkün olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, biyolojik mücadele girişlerinin yalnızca avantaj, dezavantaj ve risklerin değerlendirilmesinden sonra yapılması önemlidir (Greathead, 1995). Başarıya ulaşmış bir klasik biyolojik mücadele kendi kendini idame ettiren, kirlenmeyen ve çok önemli ekonomik faydalar sağlayabilen bir yöntem olabilirken aksi durumda ekonomik öneme sahip hedef dışı türler, yerel fauna ve flora olumsuz etkilenebilir; belli bir zararlı grubunun etkinliğinin azalması sebebiyle potansiyel zararlılar önemli zararlı konumuna yükselebilir; tanıtılan tür aşırı çoğalma eğiliminde ise toplu yaşam alanlarında fazlaca rastlanabilir duruma gelebilir; bu doğal düşmanların bir yere aktarılması için kullanılan araç gereçlerin çevre dostu olmaması sebebiyle çevre kirliliğine yol açabilir; bazı hayvan ve bitki patojenlerinin tanıtılan doğal düşmanlarla başka alanlara yayılması riski söz konusu olabilir; doğal düşmanların politik sınırlarla sınırlandırılmaması salındıkları ülkeden aynı ekolojik bölgedeki komşu ülkelere yayılabilmelerine olanak sağlayabilir (Howarth, 1991; Greathead, 1995; Goldson vd., 2014).

## 2.2. Afitlerde Koruma Amaçlı Biyolojik Mücadele

Tarım uygulamaları, doğal düşmanların zararlı artropodları gerçekten ne derece baskıladığını büyük ölçüde etkiler (Zhao vd., 2015). Koruma amaçlı biyolojik mücadele, bu tür etkilerin incelenmesi ve manipüle edilmesidir (Barbosa, 1998). Amacı, faydalı türlere zarar veren faktörleri en aza indirmek ve tarım alanlarını doğal düşmanlar için uygun habitat haline getiren özellikleri geliştirmektir (Hassan vd., 2016; Shields vd., 2019). Bu yaklaşım, halihazırda mevcut olan doğal düşmanların, fırsat verilmesi halinde potansiyel olarak zararlıyı baskılayabileceği yönündedir (Begg vd., 2017). Klasik biyolojik

mücadele kapsamında özel doğal düşmanlar ithal edilmediği sürece istilacı böceklerle karşı koruma amaçlı biyolojik mücadelenin genellikle doğru bir yöntem olmadığı kabul edilir (Van Driesche ve Hoddle, 2009). Koruma amaçlı biyolojik mücadele, zararlıların doğal olarak oluşan düşmanlarına dayandığı için çevreye uyum sağlamak için zamana ihtiyaç duyan doğal düşmanların ithal edilmesine göre daha avantajlı bir durumdur (Ehler, 1998). Doğal düşman popülasyonlarını olumlu etkileyecek uygulamalara arazi etrafındaki bitki örtüsünün doğal düşmanları olumlu etkileyecek şekilde manipüle edilmesi, doğal düşmanların ihtiyaç duyduğu fiziksel sığınakların oluşturulması, alternatif konukçuların yaşaması için yer sağlanması, nektar kaynağı olarak çiçekli bitkilerin ekilmesi, sıcaklığı ve bağıl nemi dengelemek için ürün sıraları arasına örtücü bitkilerin ekilmesi, hasat şekli veya zamanlaması ya da hasat sonrası ürün kalıntılarının işlenmesi ve pestisit uygulamalarının uygun zamanlama, miktar ve aralıklarla yapılması; kullanılan pestisitlerin seçici olması örnek verilebilir (Wei vd., 2005; Griffiths vd., 2008; Van Driesche ve Hoddle, 2009; Gontijo, 2019; Aparicio vd., 2021).

Afitlere karşı uygulanmış çeşitli koruma amaçlı biyolojik mücadele uygulamaları bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde, Gontijo vd. (2013) çiçekli tek yıllık bitkilerin elma bahçelerine daha fazla doğal düşman çekip çekmediğini ve bunun da yakındaki ağaçlarda *E. lanigerum*'un baskılanmasını artırıp artırmadığını incelemişlerdir. Aday çiçeklerin ilk taramasına dayanarak, önemli afit avcıları olduğu düşünülen syrphid sineklerinin (Diptera: Syrphidae) özellikle tatlı alyssum çiçeklerine (*Lobularia maritima* L.) ilgi duyduğunu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, birbirini takip eden iki saha deneyinde, çiçek açan tatlı alyssum çiçeklerinin yanında veya nispeten uzağında bulunan ağaçlardaki afit popülasyon yoğunluklarını takip etmiş ve karşılaştırmışlardır. Bir hafta sonra çiçeklere bitişik ağaçlardaki afitlerin popülasyon yoğunluklarını kontrol parsellerindekilere göre önemli ölçüde daha düşük bulmuşlar ve bu farklılıkların birkaç hafta boyunca devam ettiğini rapor etmişlerdir. Afitlerin popülasyon yoğunluklarındaki düşüşünün esasen syrphid predasyonundan kaynaklanmadığını çünkü az sayıda syrphid larvası bulunmasına rağmen daha düşük afit popülasyon yoğunluklarının gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bunun yerine çeşitli genel avcı gruplarının tatlı alyssum ekim alanlarının yakınında önemli ölçüde artması araştırmacılara afitlerin baskılanmasındaki rolün bu canlılara ait olduğunu düşündürmüştür. Diğer çalışmada, Brown ve Mathews (2014) *D. plantaginea*'nın biyolojik mücadelesini ve koruma amaçlı biyolojik

mücadele yoluyla geliştirme potansiyelini, özellikle de çiçek dışı nektar taşıyan şeftali ağaçlarının aralara dikilmesinin etkisini incelemiştir. İlk çiçeklenmeden 20 gün sonra, 687 koloniden elde edilen verilerin regresyonuna dayanarak, başlangıçta mevcut olan fundatrikslerin sadece %2'sinin koloni oluşturmak için hayatta kaldığını gözlemlemiştir. Dışlama çalışmalarına dayanarak, erken kolonilerin çoğunun muhtemelen predasyon nedeniyle yok olduğunu, sorumlu ana predatörün ise ergin *Harmonia Axyridis* (Pallas) bireyleri olduğunu tespit etmiştir. Çalışmanın sonuçlarına dayanarak araştırmacılar çiçek dışı nektar taşıyan ağaçların ara dikiminin biyolojik mücadeleyi arttırmadığını ve çiçek dışı nektar bezlerine sahip %50 ağaçla ara dikim yönteminin biyolojik mücadeleyi azalttığını ortaya koymuşlardır. Gómez-Marco vd (2016) narenciye bahçelerinde toprak erozyonunu önlemek için örtücü bitki olarak kullandıkları bazı otların (Poaceae) turunçgillerde zararlı olan *A. spiraecola*'nın biyolojik mücadelesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Poaceae bitkileri ve *Oxalis* sp.'nin sırasıyla stenofag afit türlerini ve *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)'yı barındırdığını ve bunların doğada turunçgillerde zararlı afit türlerinden daha erken ortaya çıktığını tespit etmiştir. Bu afitlerin doğal düşmanlar için alternatif av veya konukçu olarak hizmet edebileceğini ve bu sayede *A. spiraecola*'nın biyolojik mücadelesini arttırabileceğini savunmuşlardır. Buna karşın, *Malva* sp. ve *Sonchus* sp.'nin potansiyel turunçgil zararlısı *A. gossypii* ve *A. spiraecola* ile eş zamanlı olarak ortaya çıkan diğer afit türlerini barındırdığını ortaya koymuşlar bu nedenle, bu son grup bitkilerin afitleri altına çekerek doğal düşmanların gölgelikteki *A. spiraecola*'ya saldırısını hafifletebileceği ihtimalini vurgulamışlardır. Bu yabancı otların *A. spiraecola*'nın yanı sıra doğal düşmanların biyolojik mücadeledeki etkilerini bozabilecek diğer afit türleri için kaynak görevi görebilmesi olasılığına karşın, genel olarak ekilen örtücü bitkilerin turunçgil kanopisinde *A. spiraecola*'nın biyolojik mücadelesi açısından etkili olduğunu belirtmişler ve turunçgil kanopilerinde avcılarının erken varlığını teşvik ettiğini ancak parazitoitlerin erken varlığını teşvik etmediğini ortaya koymuşlardır. Santos vd. (2018) elma bahçelerine bitişik üç kenar şeridi uygulamasının (kır çiçeği şeritleri, çim şeritleri ve kendiliğinden oluşan bitki örtüsü) *D. plantaginea*'nın biyolojik mücadelesi üzerindeki etkisini iki ardışık yıl boyunca incelemiş ve karşılaştırmışlardır. Kenar şeritlerinde, uçan sineklerin daha yüksek kaynak sağlanmasına olumlu yanıt verirken, uğur böceği bolluğunun şerit uygulamaları arasında farklılık göstermediğini gözlemlemiştir. Meyve

bahçelerinde, afit kolonilerindeki parazitoit, syrphid sinekleri ve uğur böceği varlığı ve apterous afitlerin predasyonunun bitişik şerit uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmediğini, afit kolonilerinde gözlemlenen doğal düşmanların sayısının esasen afit sayısına bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Kenar şeritlerinin yakınında afit sayılarının daha yüksek olmasının kır çiçeği şeritlerinin doğal düşman bolluğu ve afit istilasının azaltılması üzerindeki olumlu etkisini negatif etkileme ihtimalinin altını çizmişlerdir. Sonuçlara dayanarak araştırmacılar, kır çiçeği şeritlerinin çiçek kaynağı sağlamasının afit doğal düşmanlarının korunması üzerindeki olumlu etkisini doğrulamış ancak kır çiçeği şeritlerinin meyve bahçeleri içindeki afit düzenlemesi üzerindeki etkilerinin, kenarlarda doğal olarak oluşan spontane bitki örtüsüne kıyasla çok güçlü olmadığını belirlemişlerdir. Jado vd. (2019) çiçekli bitkilerin biyolojik mücadeleye etkisini incelemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada *M. persicae*'nin önemli parazitoitlerinden olan *A. colemani*'nin laboratuvar koşullarında sekiz çiçekli bitki kullanarak (karabuğday, alyssum, beyaz roka, yabani hardal, lavanta, yabani mercanköşk, kekik ve biber nanesi) biyolojik mücadeledeki potansiyelini geliştirme üzerine yoğunlaşmışlardır. Karabuğdaya erişimi olan *A. colemani*'nin ömür uzunluğunu kontrol uygulamasındaki bireylerden 4-5 kat ve diğer bitki uygulamalarından 2-3 kat daha uzun bulmuşlardır. Araştırmacılar *A. colemani*'nin potansiyel doğurganlığının, karabuğday çiçekleri sağlandığında en yüksek seviyeye ulaştığını tespit etmişlerdir. Ayrıca *A. colemani*'nin çiçekli bitkilere daha uzun zaman aralıklarında (12 saat ve 24 saat) maruz bırakılmasının 6 saat ile karşılaştırıldığında üretilen yumurta sayısını artırdığını gözlemlemişlerdir. Parazitlenen en yüksek afit/dişi *A. colemani* sayısını (kontrolde 14 ile karabuğdayda 219 arasında değişmektedir) karabuğday çiçekleri üzerinde elde etmişlerdir.

### 2.3. Afidlerde Artırıcı Biyolojik Mücadele

Artırıcı biyolojik mücadele yetersiz doğal düşman popülasyonlarını artırmak, zararlı popülasyonlarını hızlı bir şekilde baskılamak ve üretim sezonu boyunca zararlı nesillerinin kontrolünü sağlamak için kitle üretimleri yapılan doğal düşmanların belirli zamanlarda yoğun bir şekilde salınmasıdır (Collier ve Van Steenwyk, 2004; Van Lenteren, 2012; Perez-Alvarez vd., 2019; Van Lenteren vd., 2021). Biyolojik mücadelenin modern anlamda ilk başarılı uygulamalarından sonra doğal düşmanlar hakkında sahip olunan bilginin

artması, doğal düşmanların kitle üretimlerinin gerçekleştirilmesi, taşıma ve salım tekniklerinin geliştirilmesi ve kalite kontrol standartlarının oluşturulması sonucu ortaya çıkan ve gelişen artırıcı biyolojik mücadele uygulamaları diğer biyolojik mücadele yöntemlerinin başarısız olması durumunda doğal düşmanın sonraki üretim sezonuna geçme ihtimali düşük veya olmayan kısa süreli mevsimsel ürünler için kullanılabilecek başarılı bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Van Lenteren vd., 2021). Artırıcı biyolojik mücadele yöntemi insan sağlığını olumsuz etkilememesi, dayanıklılık sorununa neden olmaması, uygulandıktan sonra hasat için belirli bir bekleme süresi zorunluluğunun olmaması gibi avantajlara sahipken başka habitatlardan getirilen doğal düşmanlara da uygulanabilen bir yöntem olduğundan bu yöntemin en büyük riski bu doğal düşmanların hedef dışı organizma ve faunaları etkilemesidir (Clercq, 2002; Van Lenteren vd., 2021). Doğal düşmanların yüksek maliyeti ve dolayısıyla bu tür programların maliyeti, doğal düşmanların bulunabilirliği ve kalitesiyle ilgili sorunlar, ekonomik analizlerin yanı sıra başarılı salım oranlarının ortaya konulduğu titiz araştırma projelerinin eksikliği ve son olarak böyle bir stratejinin doğal düşmanları bir pestisit olarak kullandığı ve bu nedenle de biyolojik mücadelenin ekolojiden uzaklaştığı yönündeki yaygın inançlar bu biyolojik mücadele yönteminin gelişimini sınırlandıran önemli etmenler olarak kabul edilmiştir (Parrella vd., 1992). Ayrıca doğal düşman için çevrenin uygun olmaması, salımı yapılan doğal düşmanların zamanla uygulama alanından dağılması, doğal düşmanların avlanmaya maruz kalmaları, zararlıların sığınma alanları, kannibalizm, doğal düşmanların zararlıların ergin öncesi evrelerine saldırmaları, doğal düşmanın kalitesi, zararlı-doğal düşman uyumsuzluğu, zararlı göçleri, salım zamanları, fungusitler ve salım yöntemleri artırıcı biyolojik mücadeleyi sınırlandıran ekolojik karakterler olarak belirtilmiştir (Collier ve Van Steenwyk, 2004).

Meyve ağaçlarında zararlı olan afitlere karşı uygulanmış farklı artırıcı biyolojik mücadele uygulamaları bulunmaktadır. Bu çalışmalardan, Wyss vd. (1999) elma ağaçlarında zararlı afit türü *D. plantaginea*'ya karşı yerli uğur böceği *Adalia bipunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) larva ve yumurtalarının artırılmış salımlarının etkisini değerlendirmişlerdir. İlk denemelerinde, beş afit bireyi ile istila edilmiş üç yaşındaki elma ağaçlarına yumurta ve larvaları dört farklı avcı-av oranında (0:5, 1:5, 1:1, 5:1) salmış, ikinci denemelerinde ise yumurta ve larvaları doğal olarak afitlerle istila edilmiş elma ağaçlarının dallarına 5:1 avcı-av oranında salmışlardır.

Karıncalarla etkileşimi dikkate alarak ve salımlarını ilkbaharın iki farklı zamanında yaptıkları her iki denemenin sonucunda, larvaların artırılarak salınmasının *D. plantaginea* kolonilerinin oluşmasını önemli ölçüde engellediğini gözlemlemişlerdir. En yüksek iki avcı-av oranı olan 1:1 ve 5:1'de afit sayısında önemli düşüşler kaydetmişlerdir. Ayrıca larvaların, elma ağaçlarının çiçeklenmesinden hemen önce, yetiştiricilerin normalde ağaçlarını ilaçlamaları gereken bir zamanda etkili olduğunu ve karıncaların mevcut olduğu ağaçlarda *A. bipunctata* larvalarının önemli ölçüde daha az etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, *A. bipunctata* yumurtalarının etkilerini daha az güvenilir bulmuşlardır. İlk salım tarihinde, yaptıkları yumurta salımının kötü hava koşullarının bir sonucu olarak hiç çıkış göstermediği varsaymışlardır. Diğer çalışmada, Kehrlı ve Wyss (2001) elma ağaçlarında zararlı afit türlerini kapsayan *Dysaphis* cinsinin sonbahar formlarını kontrol etmek için yerli avcılarının artırılmış salımlarının ve pestisit uygulamalarının etkisini değerlendirmişlerdir. *A. bipunctata*'nın yumurta ve larvalarını, afitlerin eşeylerinin mevcut olduğu sonbahar aylarında beş farklı tarihte dört yaşındaki elma ağaçlarına çeşitli sayılarda salmışlardır. Ayrıca, bu destekleyici salımların etkinliğini yaygın olarak uygulanan bir insektisitle karşılaştırmak için aynı beş tarihte Pyrethrum püskürtmüşlerdir. Ekim ayının ortasından önce larvaların artırılmış salımlarının, *Dysaphis* cinsi afitlerin kışlamak amacıyla oluşturdukları yumurtalarının önemli ölçüde azaltılmış olduğunu, bunun sonucu olarak ilkbaharda yumurtadan çıkan fundatriks sayısının düştüğünü gözlemlemişlerdir. Sonbahar salınan larva sayısı ile ilkbaharda elma ağaçlarında gözlenen fundatriks sayıları arasında negatif fonksiyonel tepki olduğunu ayrıca ekim ortasından önce Pyrethrum uygulamalarının *A. bipunctata* larvalarının artırılmış salımlarından daha etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Avcı yumurtalarının salınmasının bir sonraki ilkbaharda *Dysaphis* cinsi fundatrikslerinin sayısı üzerinde soğuk hava koşulları sebebiyle yumurtaların açılmamasından dolayı hiçbir etkisi olmadığını gözlemlemişlerdir. Alins vd. (2023) yaptıkları bir çalışmada, dünya çapında elma ağaçlarının ciddi zararlılarından *E. lanigerum*'un kontrol edilmesinde *Forficula auricularia* (Linnaeus) (Dermaptera: Forficulidae) salımlarının etkisini değerlendirmişlerdir. Uygulama için, oluklu mukavva bir barınak aracılığıyla ağaç başına 30 birey salımı gerçekleştirmişler ve bu salımları sezon başına bir kez olacak şekilde her yıl tekrarlamışlardır. Afet kolonilerinin uzunluğunu, ağaç başına düşen koloni sayısını, *A. mali* tarafından parazitlenen



afitlerin yüzdesini ve barınak başına düşen *F. auricularia* sayısını periyodik olarak değerlendirmişlerdir. Sonuçlara dayanarak araştırmacılar, *F. auricularia* salımlarının kolonilerin uzunluğunu azalttığını, ancak bu etkinin yalnızca ikinci yıldan itibaren fark edilebilir olduğunu ayrıca bu salımların *A. mali* ile uyumlu olduğunu tespit etmişlerdir.

### **3. AFİTLERDE EKOLOJİ İLE BİYOLOJİK MÜCADELE ARASINDAKİ İLİŞKİ**

Her canlı yaşadığı ortamdaki canlı ve cansız varlıklarla bir ilişki içerisinde. Bu ilişkiden canlı olumlu veya olumsuz etkilenebilir. Biyolojik mücadelenin canlılara dayanan bir yöntem olduğu göz önünde bulundurulursa bu uygulamanın ekolojiden etkilenmemesi imkansız görünmektedir. Afitle karşı yapılan biyolojik mücadele uygulamalarında ekoloji bağlamında göze çarpan olgulardan ikisi karınca katılımı ve birlik içi avcılık durumlarıdır (Flanders, 1951; Hall, 2011).

#### **3.1. Karınca Katılımı ve Biyolojik Mücadele**

Afitler floemde beslenmelerinin bir sonucu olarak karbonhidrat ve şeker içeriği yüksek olan tatlımsı madde olan ve honeydew ismi verilen bir madde salgırlar (Völkl vd., 1999; Douglas, 2009). Bu madde karıncaların metabolizmaları için gerekli olan enerjiyi sağlayabilmesi sebebiyle karıncalar açısından önemli bir besin maddesi işlevi görür (Kök vd., 2022). Bu maddenin devamlılığının sağlanması amacıyla karıncalar ve afitler arasında “karıncaların beslenmesi - afitlerin doğal düşmanlardan korunması” üzerine kurulmuş bir mutualistik ilişki ortaya çıkmaktadır (Hembry vd., 2006). Karıncalar doğal düşmanlardan korumanın yanı sıra afit kolonilerine daha temiz bir ortam sağlayıp onların fungal enfeksiyonlardan korunmalarını sağlarlar (Völkl vd., 1999; Blanchard vd., 2019).

Afit - karınca ilişkisini göz önünde bulundurarak meyve ağaçlarında zararlı olan afitlere karşı yapılmış çeşitli biyolojik mücadele uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalardan birinde, Pinol vd. (2009) karıncalar ve afitler arasındaki iyi bilinen mutualizme dayanarak, afitlerin biyolojik mücadelesinde olası bir yöntem olarak turunçgil ağaçlarının kanopilerinden karıncaların dışlanması yönelik beş yıllık bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ancak çalışmanın sonucunda, karıncaların kanopilerden dışlanmasının afitlerin bolluğunu azaltmak yerine artırdığını gözlemlemişlerdir. Bu beklenmedik sonucun karıncaların kanopilerden dışlandığı gibi kulağakaçan, *F. auricularia*,

benzeri afitleri avlayan sürünen böceklerin de dışlanmış olabileceğinden kaynaklandığını düşünmüşlerdir. Böyle bir olasılığı, afit yoğunluğu ile kulağakaçan bolluğu arasındaki negatif ilişkiye dayandırmış ve bu durumun afitlerin kulağakaçan tarafından yukarıdan aşağıya kontrol edilmesiyle tutarlı olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşılık, diğer avcılarının bolluğunun afit yoğunluğu üzerinde böyle bir olumsuz etkiye sahip olmayıp kontrol uygulaması ile karıncaların dışlandığı ağaçlar arasında hiçbir farklılık göstermediğini tespit etmişlerdir. Bundan ötürü karıncaların dışlandığı ağaçlardaki afit artışının en olası açıklamasının dışlanma yöntemi kullanılmış ağaçların kanopilerinde kulağakaçan bulunmaması olduğunu ve bu durumun kulağakaçanların kültür ağaçlarındaki afitlerin önemli doğal düşmanları arasında yer aldığının kanıtı olduğunu belirtmişlerdir. Nagy vd. (2015) elma bahçelerinde yaptıkları çalışmada alternatif bir şeker kaynağı olarak sükroz çözeltisi içeren karınca besleyiciler kullanarak elma ağaçlarının gölgeliklerindeki *D. plantaginea* kolonilerinde yaygın olarak bulunan karınca türü *Lasius niger* (Linnaeus) (Hymenoptera: Formicidae)'in varlığını manipüle edip doğal düşmanlarının aktivitesini artırarak *D. plantaginea*'nın yoğunluklarının ekonomik zarar eşiğinin altına çekilme olasılığını test etmişlerdir. Kontrol çalışmaları için fiziksel karınca dışlama (yapışkan bariyerler) uygulanan ve herhangi bir uygulama yapılmayan elma ağaçlarını kullanmışlardır. Sükroz çözeltisi ile karınca beslemenin, fiziksel karınca dışlamaya benzer bir şekilde, *D. plantaginea* kolonileriyle ilişkili karıncaların sayısını etkili bir şekilde azalttığını ve sonuç olarak her iki çalışmada da *D. plantaginea* popülasyonlarında bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Her iki uygulamada da *D. plantaginea* üzerindeki doğal düşman (örn. Dermaptera, Heteroptera, Coccinellidae, Syrphidae) baskısında önemli artışlar tespit etmişlerdir. Sonuçlara dayanarak araştırmacılar, karıncaların ilave şekerle beslenmesinin, doğal düşmanlarının etkinliğini artırarak *D. plantaginea*'nın biyolojik mücadelesini desteklemek için başarılı bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır. Biale vd. (2017) afit türlerine karşı iyi bilinen bir davranış biçimi olan karınca katılımını, afitlerin muz üzerinde önemli bir zararlı konumunda olduğu Carmel (İsrail) kıyı bölgesindeki dört bahçede *Pentalonia nigronervosa* Coquerel popülasyonları üzerinde incelemişlerdir. Bahçelerdeki karınca topluluğunu da farklı karınca yemleri kullanarak incelemişlerdir. Buna ek olarak, karıncaların *P. nigronervosa* popülasyonunun yoğunluğu üzerindeki etkisini ve yerel doğal düşmanların potansiyel rolünü, bir tutkal bariyeri olan

veya olmayan bahçeye yerleştirilen yapay olarak istila edilmiş saksılardaki muz bitkilerinde değerlendirmişlerdir. Matlar üzerindeki afit kolonilerinin %80'inden fazlasında karınca katılımı gözlemlenmiştir. Bahçelerde tespit edilen on iki karınca türünden onunun *P. nigronervosa*'ya bir katılım gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Çoğunluğu Syrphidae, Cecidomyiidae ve Coccinellidae familyalarına ait olmak üzere on yedi potansiyel doğal düşman türünü afit kolonilerinde tespit etmişlerdir. Saksılardaki istila edilmiş muz bitkilerindeki karınca katılımı hariç tutulduğunda, doğal düşmanların sayısının kontrol bitkilerinde kaydedilenden daha yüksek, afit yoğunluğunun ise daha düşük olduğunu ortaya koymuşlardır. Bulgulara dayanarak, karıncaların, özellikle de istilacı türlerin, afit popülasyonu üzerindeki doğal düşman baskısını azalttığını ve aynı zamanda yerel bahçelerde *P. nigronervosa*'nın neden olduğu ana zararın kaynağı olduğu düşünülen büyük miktarda tatlımsı maddeyi ortadan kaldırdığını vurgulamışlardır.

Pålsson vd. (2020) yaptıkları bir çalışmada çok yıllık ürünlerin arasına belirli bir tamamlayıcı bitki ekilmesinin, karınca katılımını ürüne saldıran bir afit türünden yeni eklenen bitkide beslenen başka bir afit türüne yönlendirerek ürün üzerindeki afit hasarını azaltacağı fikrini test etmek için üzerinde afit türü *D. plantaginea* ve karınca türü *L. niger* bulunan elmaların arasına *A. fabae* ile bulaşık bakla (*Vicia faba*) bitkileri ekmişlerdir. Yarı tarla ve tarla denemelerinde her iki bitki türü üzerinde karınca katılımını, afit gelişimini ve hayatta kalma oranını ayrıca tatlımsı madde bileşimini ölçmüşlerdir. Saksı bitkileri ile yapılan yarı tarla denemelerinde karıncaların çoğunluğunun *D. plantaginea* yerine *A. fabae*'yi tercih ettiğini, meyve bahçesinde de avcılarının büyük bir çoğunluğunun *D. plantaginea* yerine *A. fabae*'yi tercih ettiğini gözlemlenmiştir. Kontrol uygulamasında elma üzerinde daha fazla sayıda *D. plantaginea* kolonisine rastlarken, ara ekim ile koloninin neredeyse yok olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan tatlımsı madde kimyasal analizlerinin sonuçlarına dayanarak afit türleri arasında karbonhidrat ve amino asit profillerinde farklılıklar olduğunu ortaya koymuş olsalar da *A. fabae*'nin tercih edilmesindeki asıl sebebinin bal özü bileşimindeki farklılıkla açıklayamamışlardır çünkü karıncalar hem laboratuvar hem de tarla denemelerinde iki tatlımsı madde arasında ayırım yapamamıştır. Sonuçların, karınca katılımını ve dolayısıyla koloni hayatta kalmasını azaltmak için bir yöntem olarak elma ağaçlarının fasulye ile birlikte ekilmesinin potansiyelini gösterdiğini belirtmişlerdir. Borbély ve Nagy (2022) genç elma ağaçlarında karıncalarla kurdukları mutualistik ilişkileri sonucu önemli zarara

sebebe olan *A. pomi* ve *A. spiraecola* kolonileri üzerinde yaygın olarak bulunan karınca türü *L. niger*'in varlığını manipüle etmeyi hedeflemişlerdir. Bu amaçla, her biri 300 g/1000 ml konsantrasyonda sükröz çözeltisi içeren iki tür şeker dağıtıcısını (şişe dağıtıcılar ve agar jöle küpleri) karıncalar için alternatif şeker kaynakları olarak kullanmış, dağıtıcıların bulunmadığı parselleri ise kontrol amacıyla kullanmışlardır. Her iki şeker sağlama şeklinin de *Aphis* spp. kolonileriyle ilişkili karıncaların sayısını ve afit popülasyonlarını her iki yılda da kontrol uygulamalarına göre azalttığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, şişe dağıtıcıların her iki yılda da tutarlı bir etkinlik gösterirken, agar jöle küplerinin karıncaların dikkatini dağıtmada daha az güvenilir bir araç olduğunu vurgulamışlardır. Her iki uygulama da *Aphis* spp. kolonilerindeki doğal düşman popülasyonlarının kontrollere kıyasla önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir. Sonuçlara dayanarak araştırmacılar, elma bahçelerinde karıncalara şeker kaynaklarının oluşturulmasıyla karıncaların *Aphis* spp. kolonilerinden uzaklaştırılıp böylece afit kolonilerindeki doğal düşman predasyonunu artırarak karınca-afit mutualizmlerini etkili bir şekilde bozabileceğini ortaya koymuşlardır.

### 3.2. Birlik İçi Avcılık ve Biyolojik Mücadele

Biyolojik mücadele kapsamında kullanılan doğal düşmanlar konukçuları ile özelleşmiş, daha dar bir konukçu yelpazesine sahip doğal düşmanlar (özelleşmiş doğal düşmanlar) ve belli bir konukçu grubuna özelleşmemiş, daha geniş bir konukçu yelpazesine sahip doğal düşmanlar (genelci doğal düşmanlar) olarak ikiye ayrılmaktadır (Snyder ve Ives, 2001). Genel avcılarının biyolojik mücadele programlarında kullanımına rastlansa da, bunların diğer doğal düşmanlarla etkileşime girip zararlıya karşı yapılan biyolojik mücadele uygulamalarında bir tehlike arz etmesi riski mevcuttur (Messelink vd., 2013). Bir doğal düşmanın (avcı doğal düşman) başka bir doğal düşman türüne (av doğal düşman) saldırırken, aynı zamanda aynı zararlı için rekabet etmesi durumuna “Birlik İçi Avcılık / Intraguild Predation (IGP)” denir (Janssen vd., 2006; Yano, 2006).

Doğal düşmanların başka habitatlardan yeni bir habitatlara tanıtılması, doğal düşmanların beraber kullanılması gibi uygulamaları kullanan biyolojik mücadele için birlik içi avcılık durumunun belirlenmesi bu yöntemin başarısını etkileyen önemli noktalardan birisidir (Snyder ve Ives, 2003; Hall, 2011).

Meyve ağaçlarının önemli zararlıları konumunda bulunan afitlere karşı kullanılacak biyolojik mücadele ajanlarının birlik içi avcılık tehlikesinin belirlenmesi amacıyla yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan, Brown (2003) başka bir habitattan getirilmiş *H. axyridis* istilasının elmadaki afit avcılarının ekolojisi üzerine etkilerini üç farklı çalışma ile araştırmıştır. Bu amaçla yaptığı örneklemelerin birini 1992'de *H. axyridis* istilasından önce, diğer ikisini 1996-1997 ve 1999-2000 yıllarında yani istiladan sonra gerçekleştirmiştir. Bir yıl hariç (1999), *H. axyridis*'in baskın uğurböceği türü olup daha önce baskın olan tanıtılmış *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) türünün yerini aldığını gözlemlemiştir. Ayrıca *H. axyridis*'in erginlere kıyasla larvalara karşı daha fazla baskınlık gösterdiğini tespit etmiştir. *H. axyridis* istilasının predatör sinek türü *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani)'nın popülasyon yoğunluğu üzerinde belirgin bir etkisi gözlemlenemeyen araştırmacı, *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) popülasyon yoğunlukları üzerinde olası bir pozitif etki görmüştür. Çalışmanın analizlerine dayanarak *H. axyridis* istilasından türlerin tek tek etkilenmiş olsalar da avcı faunası olarak etkilenme seviyesinin ihmal edilebilir düzeyde olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca ortaya konulan verilerden yola çıkarak iki tanıtılmış tür olan *H. axyridis* ve *C. septempunctata* arasındaki etkileşimin, *C. septempunctata*'nın baskın uğurböceği türü olduğu zamana kıyasla yerli uğurböceği türlerinin elma üzerinde daha bol olmasına izin veriyor olabileceğini varsaymıştır. Diğer çalışmada, Dib vd. (2011) *D. plantaginea*'nın iki predatörü olan geneli avcı *F. auricularia* ve özelleşmiş avcı *E. balteatus*'un etkinliklerini karşılaştırmak amacıyla laboratuvar koşullarında petri kaplarında 24 saat boyunca *E. balteatus*'un 2. ve 3. dönem larvaları ile *F. auricularia*'nın 3. ve 4. dönem nimflerinin avlanmalarını ayrı ayrı ve birlikte değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada *D. plantaginea*'nın beş farklı yoğunluk (25, 50, 75, 100 ve 200) ve üç farklı sıcaklıkta (15, 20 ve 25 °C) inkübe edilmiş 1. veya 3. dönem nimflerini kullanmışlardır. Genel olarak, her iki avcı türün de yaşlı evrelerinin genç evrelere kıyasla daha obur olduğunu ve iki predatör türün olumsuz bir etkileşime girmediklerini tespit etmişlerdir. Bunun yerine afit yoğunluğunun sınırlayıcı faktör olmadığı durumlarda bu avcılar birbirlerine katkı sağladıklarını fark etmişlerdir. Avcıların genç nimf evreleri sunulduğunda önemli ölçüde daha yüksek sayıda afit tüketmiş olsalar da, 1,8 ila 2,7 kat daha yüksek biyokütle tüketimiyle yaşlı nimf evrelerinde daha verimli beslendiklerini ortaya koymuşlardır. Genel olarak, en fazla afidin 20 °C'de

tüketildiğini, *E. balteatus*'un 15 °C'de 25 °C'ye göre daha fazla afit tüketirken *F. auricularia*'nın 25 °C'de 15 °C'ye göre biraz daha fazla afit tükettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca genel olarak, iki avcının da yoğunluğa ulaşana kadar ilk dört afit yoğunluğunda sabit oranda afit tükettiğini ortaya koymuşlardır. Bu bulguya dayanarak arazi koşullarında *D. plantaginea* popülasyonlarının oluşmaya başladığı erken ilkbaharda bu avcıların afit popülasyonunu düzenleyebilmede etkili olabileceğini belirtmiş ve bu sebeple her iki avcının yarı saha ve saha çalışmalarındaki tek başlarına ya da kombinasyon halindeki potansiyellerinin artırıcı yaklaşımlar için test edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Aparicio vd. (2020) *M. persicae*'nin üç predatörünün, *E. balteatus*, *A. aphidimyza* ve *Orius majusculus* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae)'nin birbirleriyle olan etkileşimin *M. persicae* ile mücadeledeki katkısını belirlemek amacıyla bir laboratuvar çalışması yapmışlardır. Buna ek olarak, siphunculus salgıları nedeniyle afidin davranışındaki değişiklikleri ve bahsedilen avcılarının parazitoid *Aphidius matricariae* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) türü ile etkileşimini incelemişlerdir. Sonuçlara dayanarak en obur predatörün *E. balteatus* olduğunu ve onu *A. aphidimyza*'nın izlediğini belirtmişlerdir. Ayrıca afit popülasyonunun 72. saatte, siphunculus salgılarının bulunduğu alanlarda, bulunmadığı alanlara kıyasla üç katına çıktığını tespit etmişlerdir. Kapalı bir ortamda, parazitoid ile birlikte tek bir *A. aphidimyza* ve *O. majusculus* bireyinin bulunması durumunda afit popülasyonunun azalmak yerine arttığını gözlemlemişlerdir. Tüm avcılarının mumyalanmış afitlerle beslenmekten kaçınması ve *A. aphidimyza* ile *O. majusculus*'un parazitlenmemiş afitlerle beslenmeyi tercih etmesi olgularına dayanarak parazitoid ve avcılarının afit mücadelesine ortaklaşa katkıda bulunma olasılığını vurgulamışlardır.

#### 4. SONUÇ

Meyveler insanoğlunun gıda temininde geçmişten günümüze kadar önemli bir yer tutan, insan sağlığı için önemli bileşikleri içeren ve tarih boyunca farklı kültürlerde farklı anlamlar kazanmış bir tarım ürünü grubudur. Çeşitli tarım ürünlerinde ekonomik olarak önemli kayıplara sebep olan afitler meyvelerde de önemli zarara neden olmaktadır. Afitlere karşı yürütülen mücadele kapsamında yararlanılan alternatif mücadele yöntemlerinden en önemlisi pestisit kaynaklı sorunlardan dolayı biyolojik mücadeledir. Biyolojik mücadelenin insan ve çevre dostu olması, zararlılarda dayanıklılık sorununa

sebepler olmaması gibi avantajları bulunmaktadır. Dünya üzerinde farklı lokasyonlarda ve farklı araştırmacılar tarafından meyve yetiştiriciliğinde zararlı olan afid türlerine karşı yapılmış çeşitli biyolojik mücadele çalışmaları bulunmaktadır. Bu çalışmalardaki yaklaşımlar biyolojik mücadelenin ana uygulamalarına bağlı olarak birbirlerinden farklılık gösterebilmektedir ki bu uygulamalar bazen doğal habitatlarda kendi başına bir düzen halinde olan biyolojik mücadelenin ortaya konmasını hedeflerken bazen de doğal düşmanların farklı habitatlara salınmasını, mevcut doğal düşmanların korunmasını veya popülasyonlarının artırılmasını hedefleyebilmektedir. Meyve yetiştiriciliğinde zararlı afidlere karşı yapılmış çalışmalar göz önüne alındığında biyolojik mücadelenin başarısının ekolojik faktörlerden önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir. Çünkü biyolojik mücadelenin ana materyelini canlılar oluşturmaktadır ve her canlı yaşadığı ortamdaki canlı ve cansız varlıkla bir ilişki içerisinde. Özellikle afidlere karşı yürütülen biyolojik mücadelenin başarısını etkileyen faktörlerden olan karınca katılımı ve birliği avcılık ekolojik ilişkiler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak önemli tarım ürünlerinden olan meyvelerde afidler ile biyolojik mücadele çalışmalarında doğal düşmanların yanı sıra bunların habitatlarının ve ekolojik ilişkilerinin bilinmesi biyolojik mücadelenin uygulanabilirliği ve başarısı açısından öneme sahiptir.

## KAYNAKÇA

- Alins, G., Lordan, J., Rodríguez-Gasol, N., Arnó, J., & Peñalver-Cruz, A. (2023). Earwig releases provide accumulative biological control of the woolly apple aphid over the years. *Insects*, 14(11), 890.
- Ansari, M. S., Basri, R., & Shekhawat, S. S. (2019). Insect Pests Infestation During Field and Storage of Fruits and Vegetables. In: Malik, A., Erginkaya, Z., Erten, H. (eds) Health and Safety Aspects of Food Processing Technologies. Springer, Cham. 121-207 pp.
- Aparicio, Y., Gabarra, R., & Arnó, J. (2020). Interactions among *Myzus persicae*, predators and parasitoids may hamper biological control in Mediterranean peach orchards. *Entomologia Generalis*, 40(3), 217-228.
- Aparicio, Y., Riudavets, J., Gabarra, R., Agustí, N., Rodríguez-Gasol, N., Alins, G., Blasco-Moreno, A., & Arnó, J. (2021). Can insectary plants enhance the presence of natural enemies of the green peach aphid (Hemiptera: Aphididae) in Mediterranean peach orchards?. *Journal of Economic Entomology*, 114(2), 784-793.
- Aslan, B., & Karaca, İ. (2005). Fruit tree aphids and their natural enemies in Isparta region, Turkey. *Journal of pest science*, 78, 227-229.
- Barbosa, P. A. (1998). Conservation biological control. Elsevier.
- Begg, G. S., Cook, S. M., Dye, R., Ferrante, M., Franck, P., Lavigne, C., Lövei, G. L., Mansion-Vaquie, A., Pell, J. K., Petit, S., Quesada, N., Ricci, B., Wratten, S. D., & Birch, A. N. E. (2017). A functional overview of conservation biological control. *Crop Protection*, 97, 145-158.
- Biale, H., Mendel, Z., & Soroker, V. (2017). Insects associated with the banana aphid *Pentalonia nigronervosa* Coquerel (Hemiptera: Aphididae) in banana plantations with special emphasis on the ant community. *Phytoparasitica*, 45, 361-372.
- Blanchard, S., Lognay, G., Verheggen, F., & Detrain, C. (2019). Today and tomorrow: impact of climate change on aphid biology and potential consequences on their mutualism with ants. *Physiological Entomology*, 44(2), 77-86.
- Borbély, C., & Nagy, C. (2022). Providing sugar sources for ants improves the biological control of *Aphis* spp. in apple orchards. *Biological Control*, 175, 105056.
- Brown, M. W. (2003). Intraguild responses of aphid predators on apple to the invasion of an exotic species, *Harmonia axyridis*. *BioControl*, 48, 141-153.
- Brown, M. W., & Mathews, C. R. (2014). Conservation biological control of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Passerini), in eastern North America. *Environmental Entomology*, 36(5), 1131-1139.



- Chomnunti, P., Hongsanan, S., Aguirre-Hudson, B., Tian, Q., Peršoh, D., Dhami, M. K., Alias, A. S., Xu, J., Liu, X., Stadler, M., & Hyde, K. D. (2014). The sooty moulds. *Fungal Diversity*, 66, 1-36.
- Clercq, P. D. (2002). Dark clouds and their silver linings: exotic generalist predators in augmentative biological control. *Neotropical Entomology*, 31, 169-176.
- Collier, T., & Van Steenwyk, R. (2004). A critical evaluation of augmentative biological control. *Biological Control*, 31(2), 245-256.
- Costa, L. G. (1987). Toxicology of pesticides: a brief history. In: Toxicology of pesticides: Experimental, clinical and regulatory perspectives (pp. 1-10). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- DeBach, P., & Rosen, D. (1991). Biological control by natural enemies. CUP Archive.
- Dedryver, C. A., Le Ralec, A., & Fabre, F. (2010). The conflicting relationships between aphids and men: a review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus Biologies*, 333(6-7), 539-553.
- Dhaliwal, G. S., Jindal, V., & Dhawan, A. K. (2010). Insect pest problems and crop losses: changing trends. *Indian Journal of Ecology*, 37(1), 1-7.
- Dib, H., Jamont, M., Sauphanor, B., & Capowiez, Y. (2011). Predation potency and intraguild interactions between generalist (*Forficula auricularia*) and specialist (*Episyrphus balteatus*) predators of the rosy apple aphid (*Dysaphis plantaginea*). *Biological Control*, 59(2), 90-97.
- Diehl, E., Sereda, E., Wolters, V., & Birkhofer, K. (2013). Effects of predator specialization, host plant and climate on biological control of aphids by natural enemies: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 50(1), 262-270.
- Douglas, A. E. (2009). Honeydew. In Encyclopedia of insects (pp. 461-463). Academic Press.
- Drees, B. M. (1993). Aphid management. College Station Texas: A & M University.
- Ehler, L. (1998). Conservation biological control: past, present, and future. In Conservation biological control (pp. 1-8). Academic Press.
- Felsot, A. S., & Rack, K. D. (2007). Chemical pest control technology: benefits, disadvantages, and continuing roles in crop production systems. Crop Protection Products for Organic Agriculture Chapter 1-18 pp.
- Flanders, S. E. (1951). The Role of the Ant in the Biological Control of Homopterous Insects1. *The Canadian Entomologist*, 83(4), 93-98.
- Flint, M. L., & Dreistadt, S. H. (1998). Natural enemies handbook: the illustrated guide to biological pest control (Vol. 3386). Univ of California Press.
- Frank, J. H., & McCoy, E. D. (2007). The risk of classical biological control in Florida. *Biological Control*, 41(2), 151-174.

- Gacem, K., Mezzerdi, F., & Billal, N. (2022). Diversity of aphids and their natural enemies in the citrus (*Citrus sinensis*) orchard of Lakhdaria, Bouira, Algeria. *Munis Entomology & Zoology*, 17(1), 573-582.
- Gildow, F., Damsteegt, V., Stone, A., Schneider, W., Luster, D., & Levy, L. (2004). Plum pox in North America: identification of aphid vectors and a potential role for fruit in virus spread. *Phytopathology*, 94(8), 868-874.
- Goldson, S. L., Wratten, S. D., Ferguson, C. M., Gerard, P. J., Barratt, B. I. P., Hardwick, S., McNeill, M. R., Phillips, C. B., Popay, A. J., Tylianakis, J. M., & Tomasetto, F. (2014). If and when successful classical biological control fails. *Biological Control*, 72, 76-79.
- Gómez-Marco, F., Urbaneja, A., & Tena, A. (2016). A sown grass cover enriched with wild forb plants improves the biological control of aphids in citrus. *Basic and Applied Ecology*, 17(3), 210-219.
- Gontijo, L. M. (2019). Engineering natural enemy shelters to enhance conservation biological control in field crops. *Biological Control*, 130, 155-163.
- Gontijo, L. M., Beers, E. H., & Snyder, W. E. (2013). Flowers promote aphid suppression in apple orchards. *Biological Control*, 66(1), 8-15.
- Greathead, D. J. (1995). Benefits and risks of classical biological control. *Biological control: benefits and risks*, 53-63.
- Griffiths, G. J., Holland, J. M., Bailey, A. ve Thomas, M. B. (2008). Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control. *Biological Control*, 45(2), 200-209.
- Gu, D., Andreev, K., & Dupre, M. E. (2021). Major trends in population growth around the world. *China CDC weekly*, 3(28), 604.
- Hall, R. J. (2011). Intraguild predation in the presence of a shared natural enemy. *Ecology*, 92(2), 352-361.
- Hanke, M. V., & Flachowsky, H. (2010). Fruit crops. Genetic modification of plants: agriculture, horticulture and forestry, 64, 307-348.
- Hassan, K., Pervin, M., Mondal, F., & Mala, M. (2016). Habitat management: A key option to enhance natural enemies of crop pest. *Universal Journal of Plant Science*, 4(4), 50-57.
- Heimpel, G. E., & Mills, N. J. (2017). Biological control. Cambridge University Press.
- Hembry, D. H., Katayama, N., Hojo, M. K., & Ohgushi, T. (2006). Herbivory damage does not indirectly influence the composition or excretion of aphid honeydew. *Population Ecology*, 48, 245-250.
- Hoddle, M. S. (2002). Classical biological control of arthropods in the 21st century. In: 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, 14-18pp).
- Howarth, F. G. (1991). Environmental impacts of classical biological control. *Annual Review of Entomology*, 36(1), 485-509.

- Huffaker, C. B. (2012). Theory and practice of biological control. Elsevier.
- Huffaker, C. B., Messenger, P. S., & DeBach, P. (1971). The natural enemy component in natural control and the theory of biological control. In: Biological Control: Proceedings of an AAAS Symposium on Biological Control, held at Boston, Massachusetts, Springer US, 16-67pp.
- Hullé, M., Chaubet, B., Turpeau, E., & Simon, J. C. (2020). Encyclop'Aphid: A website on aphids and their natural enemies. *Entomologia generalis*, 40(1), 97-101.
- Jado, R. H., Araj, S. E., Abu-Irmaileh, B., Shields, M. W., & Wratten, S. D. (2019). Floral resources to enhance the potential of the parasitoid *Aphidius colemani* for biological control of the aphid *Myzus persicae*. *Journal of Applied Entomology*, 143(1-2), 34-42.
- Janssen, A., Montserrat, M., HilleRisLambers, R., Roos, A. M. D., Pallini, A., & Sabelis, M. W. (2006). Intraguild Predation Usually does not Disrupt Biological Control. In: Brodeur, J., Boivin, G. (eds) Trophic and Guild in Biological Interactions Control. Progress in Biological Control, vol 3. Springer, Dordrecht, 21-44 pp.
- Kehrli, P., & Wyss, E. (2001). Effects of augmentative releases of the coccinellid, *Adalia bipunctata*, and of insecticide treatments in autumn on the spring population of aphids of the genus *Dysaphis* in apple orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 99(2), 245-252.
- Kenis, M., Hurley, B. P., Hajek, A. E., & Cock, M. J. (2017). Classical biological control of insect pests of trees: facts and figures. *Biological Invasions*, 19, 3401-3417.
- Kök, Ş., Aktaç, N., & Kasap, I. (2022). Ant (Hymenoptera: Formicidae)-aphid (Hemiptera: Aphididae) interactions in different habitats from Turkey with new mutualistic associations. *Agricultural and Forest Entomology*, 24(1), 124-136.
- Kök, Ş., Tomanović, Ž., Karabacak, E., & Kasap, İ. (2023). Do primary and secondary host plants affect aphid-parasitoid interactions in fruit orchards?. *Bulletin of Entomological Research*, 113(3), 326-334.
- Kök, Ş., Tomanović, Ž., Nedeljković, Z., Şenal, D., & Kasap, İ. (2020). Biodiversity of the natural enemies of aphids (Hemiptera: Aphididae) in Northwest Turkey. *Phytoparasitica*, 48(1), 51-61.
- Kundoo, A. A. ve Khan, A. A. (2017). Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5), 1362-1373.
- Margaritopoulos, J. T., Kati, A. N., Voudouris, C. C., Skouras, P. J., & Tsitsipis, J. A. (2021). Long-term studies on the evolution of resistance of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) to insecticides in Greece. *Bulletin of Entomological Research*, 111(1), 1-16.
- Matthews, G. A. (2018). A history of pesticides. Cabi.

- Messelink, G. J., Bloemhard, C. M., Sabelis, M. W., & Janssen, A. (2013). Biological control of aphids in the presence of thrips and their enemies. *BioControl*, 58, 45-55.
- Micha, R., Khatibzadeh, S., Shi, P., Andrews, K. G., Engell, R. E., & Mozaffarian, D. (2015). Global, regional and national consumption of major food groups in 1990 and 2010: a systematic analysis including 266 country-specific nutrition surveys worldwide. *BMJ open*, 5(9), e008705.
- Moustafa, K., Cross, J., ve Gasim, S. (2018). Food and starvation: is Earth able to feed its growing population?. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(4), 385-388.
- Nagy, C., Cross, J. V., & Markó, V. (2015). Can artificial nectaries outcompete aphids in ant-aphid mutualism? Applying artificial sugar sources for ants to support better biological control of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini in apple orchards. *Crop Protection*, 77, 127-138.
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43.
- Oerke, E. C. (2007). Crop losses to animal pests, plant pathogens, and weeds. *Encyclopedia of Pest Management*, 2, 116-120.
- Pålsson, J., Porcel, M., Hansen, M. F., Offenberg, J., Nardin, T., Larcher, R., & Tasin, M. (2020). Aphid-infested beans divert ant attendance from the rosy apple aphid in apple-bean intercropping. *Scientific Reports*, 10(1), 8209.
- Parrella, M. P., Heinz, K. M., & Nunney, L. (1992). Biological control through augmentative releases of natural enemies: a strategy whose time has come. *American Entomologist*, 38(3), 172-180.
- Penvern, S., Bellon, S., Fauriel, J., & Sauphanor, B. (2010). Peach orchard protection strategies and aphid communities: Towards an integrated agroecosystem approach. *Crop protection*, 29(10), 1148-1156.
- Perez-Alvarez, R., Nault, B. A., & Poveda, K. (2019). Effectiveness of augmentative biological control depends on landscape context. *Scientific Reports*, 9(1), 8664.
- Pinol, J., Espadaler, X., Canellas, N., & Pérez, N. (2009). Effects of the concurrent exclusion of ants and earwigs on aphid abundance in an organic citrus grove. *BioControl*, 54, 515-527.
- Polymerou-Kamilakis, A. (2006). The culture of the olive tree (Mediterranean World). In *Olive oil* (pp. 1-12). AOCS Press.
- Rabasse, J. M., & van Steenis, M. J. (1999). Biological control of aphids. In *Integrated pest and disease management in greenhouse crops* (pp. 235-243). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Radha, T., & Mathew, L. (2007). *Fruit crops* (Vol. 3). New India Publishing.

- Sanda, N. B., & Sunusi, M. (2014). Fundamentals of biological control of pests. *International Journal of Clinical & Biological Sciences*, 1(6), 1-11.
- Santos, L. A. O., Botelho Costa, M., Lavigne, C., Fernandes, O. A., Bischoff, A., & Franck, P. (2018). Influence of the margin vegetation on the conservation of aphid biological control in apple orchards. *Journal of Insect Conservation*, 22, 465-474.
- Schuber, J. M., Monteiro, L. B., Almeida, L. M., & Zawadneak, M. A. C. (2012). Natural enemies associated to aphids in peach orchards in Araucária, Paraná, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72, 847-852.
- Sharma, S., Kooner, R., & Arora, R. (2017). Insect pests and crop losses. *Breeding Insect Resistant Crops for Sustainable Agriculture*, 45-66.
- Shields, M. W., Johnson, A. C., Pandey, S., Cullen, R., González-Chang, M., Wratten, S. D., & Gurr, G. M. (2019). History, current situation and challenges for conservation biological control. *Biological Control*, 131, 25-35.
- Singh, R., & Singh, G. (2016). Aphids and their biocontrol. In *Ecofriendly pest management for food security* (pp. 63-108). Academic Press.
- Snyder, W. E., & Ives, A. R. (2001). Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid. *Ecology*, 82(3), 705-716.
- Snyder, W. E., & Ives, A. R. (2003). Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol. *Ecology*, 84(1), 91-107.
- Stenberg, J. A., Sundh, I., Becher, P. G., Björkman, C., Dubey, M., Egan, P. A., Friberg, H., Gil, J. F., Jensen, D. F., Jonsson, M., Karlsson, M., Khalil, S., Ninkovic, V., Rehermann, G., Vetukuri, R. R., & Viketoft, M. (2021). When is it biological control? A framework of definitions, mechanisms, and classifications. *Journal of Pest Science*, 94(3), 665-676.
- Takaoka, Y., & Kawakami, N. (2013). Fruit and vegetable consumption in adolescence and health in early adulthood: a longitudinal analysis of the statistics Canada's National Population Health Survey. *BMC public health*, 13, 1-9.
- Van Driesche, R., & Hoddle, M. (2009). Control of pests and weeds by natural enemies: an introduction to biological control. John Wiley & Sons.
- Van Lenteren, J. C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57(1), 1-20.
- Van Lenteren, J. C., Bueno, V. H., & Klapwijk, J. N. (2021). Augmentative biological control. *Biological Control: Global Impacts, Challenges and Future Directions of Pest Management*; Mason, PG, Ed, 90-109.

- Vökl, W., Woodring, J., Fischer, M., Lorenz, M. W., & Hoffmann, K. H. (1999). Ant-aphid mutualisms: the impact of honeydew production and honeydew sugar composition on ant preferences. *Oecologia*, 118, 483-491.
- Wari, D., Kuramitsu, K., & Kavallieratos, N. G. (2021). Sap-sucking pests; they do matter. *Insects*, 12(4), 363.
- Waterhouse, D. F., & Sands, D. P. A. (2001). Classical Biological Control of Arthropods in Australia. Australian Centre for International Agricultural Research CSIRO Entomology Canberra. Vol. 41. CSIRO Entomology (Canberra) and CSIRO Publishing.
- Wei, J. N., Bai, B. B., Yin, T. S., Wang, Y., Yang, Y., Zhao, L. H., ... & Xiang, R. J. (2005). Development and use of parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae & Aphelinidae) for biological control of aphids in China. *Biocontrol Science and Technology*, 15(6), 533-551.
- Wyss, E., Villiger, M., Hemptinne, J. L., & Müller-schärer, H. (1999). Effects of augmentative releases of eggs and larvae of the ladybird beetle, *Adalia bipunctata*, on the abundance of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, in organic apple orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 90(2), 167-173.
- Yano, E. (2006). Ecological considerations for biological control of aphids in protected culture. *Population Ecology*, 48, 333-339.
- Yoldaş, Z., Güncan, A., & Koçlu, T. (2011). Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35(1), 59-74.
- Zadoks, J. C., & Waibel, H. (2000). "From pesticides to genetically modified plants: history, economics and politics". *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 48(2), 125-149.
- Zhao, Z. H., Hui, C., He, D. H., & Li, B. L. (2015). Effects of agricultural intensification on ability of natural enemies to control aphids. *Scientific Reports*, 5(1), 8024.
- Zhou, H., Yu, Y., Tan, X., Chen, A., & Feng, J. (2014). Biological control of insect pests in apple orchards in China. *Biological Control*, 68, 47-56.



## BÖLÜM 9

### BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN BAĞCILIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK<sup>1\*</sup>

Doç. Dr. Çiğdem GÜNEŞ<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14276694>

---

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0012-9782>

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0742-7205>

\*sorumlu yazar: [zgokbayrak@comu.edu.tr](mailto:zgokbayrak@comu.edu.tr)





## 1. GİRİŞ

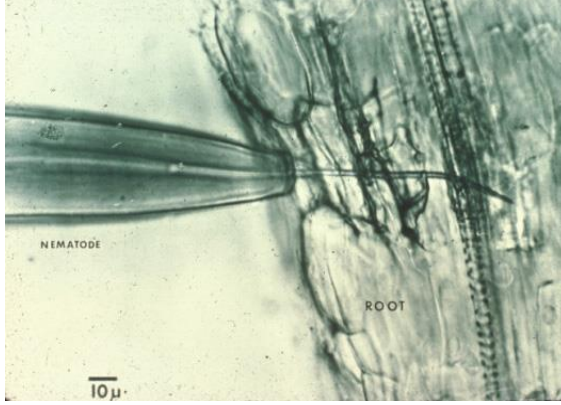
Her kıtada sayısız yetiştiricisinin bulunduğu rekabetçi bir endüstri olan bağcılık faaliyetinin karşılaştığı birçok zararlının başında bitki paraziti nematodlar (BPN) gelmektedir. Dünya genelinde üzüm bağlarındaki verim kayıplarının yaklaşık 157 milyar dolarlık bir seviyeye ulaştığı bildirilmiştir (Howland vd. 2014; Gaziea vd. 2020). Muhtemelen, üzüm üreticileri için en endişe verici nematod, kök-ur nematodu *Meloidogyne* spp.'dir. Kök-ur nematodlarından kaynaklanan verim kayıplarının Amerika Birleşik Devletleri üzüm yetiştiricileri için %20'ye kadar çıktığı tahmin edilmektedir (Howland vd. 2015). Bu nematodlar özellikle Avustralya ve Güney Afrika bağlarındaki kumlu topraklarda yoğun olarak tespit edilmiştir (Smith vd. 2020; Yang vd. 2021).

Üzüm üretimi üzerinde en ciddi ekonomik zararlar ile ilişkili türlerin; *Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *M. javanica* ve *M. arenaria* olduğu bildirilmiştir (Zasada vd. 2012; Yang vd. 2021). Ancak *M. chitwoodi*, *M. ethiopica*, *M. hispanica*, *M. nataliei*, *M. thamesi* ve *M. vitis* sp. nov. da asmada zarara neden olabilmektedir (Nicol vd. 1999; Yang vd. 2021). Red Globe ve Flame Seedless gibi sofralık üzüm çeşitleri, genellikle black-foot hastalığı ve asma çökmesinden sorumlu funguslar ile ilişkilendirilen kök-ur nematodu türlerine karşı oldukça hassastır (Scheck vd. 1998). Akdeniz havzasının en çok üzüm yetiştirilen bölgelerine hâkim ılık iklimde ve kumlu topraklarda yetiştirilen asmalarda meydana gelen ekonomik kayıpların en büyük sebebi *M. incognita* ve *M. javanica*'dır (Nicol vd. 1999).

Kamalı nematodlar (*Xiphinema* spp., Şekil 1) bağcılık açısından büyük önem taşıyan bir diğer BPN'dir ve bazı kamalı nematod türlerinin nepovirüslerin vektörleri olduğu doğrulanmıştır (Van Zyl vd. 2012; Wilcox vd. 2015) (Şekil 2). Bu grubun iki önemli türüolan *Xiphinema index* ve *X. italiae*. günümüzde üzüm üretimini zorlayan en önemli hastalıklardan biri olan asma yelpaze yaprak virüsünün (GFLV) bilinen vektörleridir (Téliz vd. 2007; Gutiérrez-Gutiérrez vd. 2011; Nguyen vd. 2020). Bu türler asma köklerine verdiği fiziksel zararın yanı sıra, GFLV'ye vektörlük ederek Afrika, Asya, Avustralya, Avrupa, Yeni Zelanda, Kuzey Amerika ve Güney Amerika'daki bağlarda %80'e varan verim kayıplarına da neden olmuştur (Maliogka vd. 2015).

Halka nematodu *Mesocriconema xenoplax*'ın da dünya çapında geniş bir dağılımı olup Fransa, Almanya, Michigan (Amerika Birleşik Devletleri),

İspanya ve İsviçre'deki bağlarda en sık karşılaşılan BPN olarak rapor edilmiştir (Pinkerton vd. 2004). Bu nematodun asmanın besleyici köklerini azaltarak üzüm veriminin düşmesine yol açtığı bildirilmiştir (Wilcox vd. 2015). Şaraplık üzümde ekonomik zarara neden olduğu bilinen diğer nematodlar arasında kök-lezyon (*Pratylenchus* spp.) ve turunçgil nematodu (*Tylenchulus semipenetrans*) da bulunmaktadır (Nicol vd. 1999; Wilcox vd. 2015).



Şekil 1: Bitki kökünü penetre eden *Xiphinema index* (kaynak: (Wylie vd. 2004).



Şekil 2: Kamalı nematodların vektörlük ettiği GFLV virüsünün asmadaki semptomları (<https://ephytia.inra.fr/en/D/1826>'dan alıntıdır).

Bitki paraziti nematodların birçoğu toprakta bulunduğundan ayrıca zorunlu olarak konukçu bitkilerin varlığına ve bolluğuna bağlı olduğundan dağılımları, yoğunlukları ve oluşumları edafik (toprak dokusu, pH ve kimyasal bileşim) ve biyotik (konukçu bitkiler, avcı nematodlar vb.) faktörlerden etkilenebilir (Jagdale vd. 2019). Toprak tekstürü, nematod varlığı ve bolluğu ile ilişkili en sık ölçülen fiziksel abiyotik faktörlerden biridir (Mateille vd. 2014). Örneğin, daha yüksek kum yüzdesine sahip topraklar genellikle kök-ur

nematodları ile pozitif bir ilişkiye sahip olarak tanımlanırken (Ferris ve McKenry, 1975; Blair vd. 1999), *T. semipenetrans*'ın daha ağır, balçık bazlı toprakları tercih ettiği görülmektedir (Nicol vd. 1999). Birçok çalışma pH'nın BPN popülasyonları üzerinde çok az etkili veya etkisiz olduğunu bildirmiş olsa da (Barbercheck ve Duncan, 2004; Marquez vd. 2021), bazı çalışmalar pH'nın yumurtadan çıkmayı engelleyebileceğini, üreme oranlarını azaltabileceğini ve belirli nematod taksonlarının büyüme oranlarını değiştirebileceğini göstermiştir (Norton, 1989).

## 2. BAĞLARDA BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARI KONTROL ETMEK İÇİN KULLANILAN EN ÖNEMLİ KONVANSİYONEL YÖNTEMLER

### 2.1. Dayanıklı Anaç Kullanımı

Üzüm yetiştiricileri yaşlı bağları yenilemek zorunda kaldıklarında toprak kökenli zararlılara ve abiyotik stres kaynaklarına dayanıklı anaçları kullanma isteği artmaktadır. Tablo 1'de bağcılıkta sıklıkla kullanılan ve yeni ıslah edilen bazı anaçların üç nematod türüne karşı dayanım durumları verilmiştir.

Köklerde küçük galler oluşturarak su ve besin maddesi alımını sınırlayan *M. hapla* yeni bağlarda sağlıklı kurulumu engelleyebilmekte, kurulu bağlarda ise taç ve asma gerilemesine neden olabilmektedir (East vd. 2021). Gagnier vd. (2024a) 1616C, 99R, 44-53 M, 140 Ru, Minotaur, SO4, SW, 5BB ve 1103P anaçları ile kendi kökleri üzerindeki Chardonnay ve Cabernet Sauvignon çeşitlerinin köklerine uyguladıkları *M. hapla*'ya karşı dayanımlarını test etmişler ve *vinifera* olmayan anaçlarda nematod üreme faktörünün daha düşük ve sadece 44-53M anacının önemli derecede daha yüksek üreme faktörü değerine sahip olduğunu bildirmiştir. Hahn vd. (2022) *Vitis labruscana* x *V. rotundifolia* hibritlerinin (IBRE 421, IBBT 481, IBRK 504 ve IBMG 631) *M. javanica*'ya karşı dayanıklı olduğunu belirtmiştir. Vega-Callo vd. (2021) 101-14 Mgt, 110R, 1103P, 5BB ve SO4'ün *M. incognita*, *M. hapla* ve *M. arenaria*'ya karşı dayanıklı, Salt Creek anacının ise *M. incognita* ve *arenaria*'ya dayanıklı ancak *hapla*'ya hassas olduğunu bildirmiştir. Somavilla vd. (2012) Harmony, Salt Creek, 1103P, IAC 572-Jales, IAC 313-Tropical, 5BB ve SO4 anaçlarının *incognita* türüne dayanıklı olduğunu, buna karşılık 420A, du Lot ve 1103P'nin hassas olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Solferino diye anılan orijini bilinmeyen bir anacın ise bağışık olduğu ifade edilmiştir.

**Tablo 1:** Asma anaçlarının ektoparazit (*Mesocriconema xenoplax* ve *Xiphinema americanum*) ve endoparazit (*Meloidogyne hapla*) türlerine karşı dayanım durumları (bkz. farklı kaynaklarda belirtilen verileri kullanarak hazırlayan Zsada ve Forge, 2022'den alınmıştır).

Anaçlar	<i>M. xenoplax</i>	<i>M. americanum</i>	<i>M. hapla</i>
Schwarzmann	OH, H*	OH	-
Dog Ridge	H	OD, H	-
Harmony	H	H	D
Freedom	OH	OH, H	D
Ramsey	H	H	D
St. George	H, YH	-	D
110R	H, D, H	-	D
1103P	H, YH, H	-, H	-
44-53 M	OD, H	-	-
420A Mgt	H, YH	-	D
5C	OH, H	H	-
5BB	H, H	-	-
101-14 Mgt	H, YD, H	-, H	D
Riparia Gloire	H, H	-	D
SO4	-. H	-	-
3309C	H, YH, H	H	D
<b>UCDavis serisi</b>			
GRN1	D	-	-
GRN2	OH	-	-
GNR3	OD	-	-
GRN4	OD	-	-
GRN5	D	-	-

\*D, dayanıklı; YD, yüksek oranda dayanıklı; YH, yüksek oranda hassas; OD, orta derecede dayanıklı; OH, orta derecede hassas, H, hassas; -, bilgi yok.

*Vitis aestivalis*'in kök-ur nematoduna dayanıklı aksesyonları tanımlanmıştır (Walker vd. 1994).

Ancak bağıcılık açısından neden olduğu sıkıntılar nedeniyle doğrudan kullanımını mümkün olmayan bu türün *V. riparia* ile olan doğal melezi *V. x slavini* Rehder *X. indeks*'e dayanıklıdır ve anaç ıslahında kullanılmaktadır (Meredith vd. 1982). Gutiérrez-Gutiérrez vd. (2011) *M. arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica* ve *Xiphinema index*'e karşı 161-49C, 41B, 1103P, 110R, 140Ru ve SO4 anaçlarının tepkilerini kontrollü koşullarda incelediğinde büyümenin olumsuz etkilendiğini ve köklerde ortadan şiddetliye değişen düzeylerde ırlanmanın olduğunu tespit etmiş ve bu anaçların bu nematod türleri için uygun konukçu olduğunu belirtmiştir.

Dos Santos vd. (2018) türler arası *Vitis* hibritlerini (*V. romanetti* × *V. vinifera*, (*V. vinifera*/*V. rotundifolia*) × *V. vinifera*) asma lezyon nematodu

*Pratylenchus branchyurus*'a karşı denemiş ve 57 hibritten %31.58'inin hafif hassas, %8.77'sinin orta derecede hassas, %15.79'unun ise çok dayanıklı olduğunu bildirmiştir. Zasada vd. (2019) 10 ticari anacın *M. hapla*'da dayanım durumlarını araştırdığında Salt Creek, Freedom, Harmony, St. George, Riparia Gloire, 101-14 Mgt, 3309C, 110R, 420A ve Matador anaçlarının kötü bir konukçu olduğunu belirtmiştir. Ayrıca *M. chitwoodi*'ye karşı Matador anacının zayıf bir konukçu olduğu da ifade edilmiştir.

## 2.2. Nematisitler

Üreticiler verimi en üst seviyeye çıkarmak için zararlıları kontrol etmek amacıyla kimyasal maddelere güvenmektedir. Sentetik nematisitler yıllarca BPN'leri kontrol etmede önemli rol oynamıştır ancak çevreye verdikleri toksik etki ve insan sağlığı konusundaki endişeler yaygın olarak kullanılan nematisitlerin kullanımını sınırlandırmıştır (Desaeger vd. 2020). Başka bitki türlerinde yapılan çalışmalar fluensulfon (Nimitz) ve spirotetramat (Movento) isimli nematisitlerinin umut verici olduğunu gösterse de Martin vd. (2022) *Vitis vinifera* şaraplık üzüm çeşitlerinde ektoparazitik BPN'lerin (*Helicotylenchus*, *Mesocriconema*, *Xiphinema*) popülasyon yoğunluğu bakımından önemli bir farklılığa sebep olmadıklarını göstermiştir.

German vd. (2019) kendi kökleri üzerindeki Flame Seedless ve Quebranta anacı üzerine aşılı Red Globe çeşitlerinde *Meloidogyne* türlerine karşı Mocap® 6EC (ethoprophos-AMVAC) uygulamış ve bütün dozların *Meloidogyne* türlerini toprakta ve köklerde azalttığını bildirmiş ve sulama suyuna 10-12 L ha<sup>-1</sup> oranında 2 saat verilmesini tavsiye etmiştir. Burns vd. (2023) selektif imidazotiazol nematisitleri (selektivinler) ppm konsantrasyonlarda *M. incognita* kök infeksiyonlarını kontrol etmede başarılı bulmuş ve bunların fungus, böcek, balık veya insan hücrelerine zarar vermediklerini bildirmiştir.

## 2.3. Fumigantlar

Dikim öncesi yapılan toprak fumigasyonu nematod ve toprak kökenli patojenleri kontrol etmek için kullanılmaktadır (Raski, 1955). Ancak bu yöntem bütün üzüm yetiştiricileri tarafından uygulanmamakta, onun yerine dayanıklı veya toleranslı asma anaçları tercih edilmektedir. Anaçlar ilk 4 yıl için etkili olabilmektedir ancak ilerleyen yıllarda tolerans veya dayanım kırılıp nematod popülasyonları artabilmektedir (Cabrera vd., 2011, 2012). Ayrıca bağlarda farklı nematod türleri olabildiğinden ve her türe karşı dayanıklı bir anaç

olmadığından dikim sonrası nematodları kontrol altına alabilecek yöntemler gerekli olmaktadır (Cabrera vd. 2012).

Fumigasyonun uzun-dönemli bir seçenek olmadığı yapılan çalışmaların takibinde ortaya çıkmıştır. Fumigasyonun sadece uygulandığı toprağı etkilemesi nedeniyle etkisi uygulama alanının derinliği ve genişliği ile sınırlıdır (Moyer vd. 2023). Özellikle asmayı etkileyen nematod türleri toprakta hareketlidir ve hızlıca daha önceden fumige edilmiş topraklara yeniden arız olabilmektedirler. 1103 Paulsen, 101-14 Mgt, 5C ve Harmony üzerine aşılı Chardonnay omcalarında fumigasyon *M. hapla* popülasyon yoğunluğunu sadece takip eden ilk yılda azaltmıştır. Buna karşılık *X. americanum*'a karşı yapılan fumigasyon 3,5 yıla kadar popülasyonu azaltabilmiştir (East vd. 2021). Metil bromür, 1,3-diklorpropen ve karbon disülfid kullanılarak yapılan toprak fumigasyon denemelerinde ilk iki madde *X. index*-yaprak yelpaze virus ikilisinin verdiği zararı ortadan kaldırmamış olsa da nematod yoğunluğunu ve hastalık oluşum düzeyini kabul edilebilir seviyeye çekmiştir (Lear vd. 1981).

Zsada vd. (2019) uzun dönemli (2014-2025) çalışmalarında metam sodyum ile fümigasyonun Harmony, 101-14 Mtg, Teleki 5C ve 1103P üzerine aşılı Chardonnay omcaları üzerine etkilerini incelediklerinde fümigasyonun *M. hapla*'nın gelişimi üzerinde sadece ilk 6 ay için etkili olduğunu, ancak *Xiphinema* türlerini 3 gelişme sezonu süresince baskıladığını bildirmiştir.

#### 2.4. Biyolojik Mücadele (Fungus, Maya ve Rizobakteriler)

Biyokontrol ajanları sadece parazitik nematodları (*Meloidogyne* spp.) kontrol etmekle kalmaz aynı zamanda bitki büyümesini destekler ve birçok biyotik strese karşı bitkide sistemik dayanımı da tetikler. Toprakta bulunan geniş bir bakteri, fungus, virüs ve protozoa gibi organizma grubu doğal ortamlarında nematod antogonistleri olarak yaşamaktadır (Bhat vd. 2023). Endospor üreten *Pasteuria* cinsi organizmalar domates, asma (*V. vinifera* L.), tütün (*N. tabacum* L.) ve yer fıstığı (*Arachis hypogea* L.) gibi türlerde kök-ur nematodu popülasyonlarını azaltmıştır (Bhuiyan vd. 2018). *Pseudomonas* ve *Bacillus* cinsi PGPR antagonizm için kullanılmaktadır (Aksoy ve Mennan, 2004; Adesemoye vd. 2008). Gazieva vd. (2020) *Bacillus thuringiensis* (Bt) I977 ve *P. aeruginosa* süspansiyonlarını protoplast füzyonu tekniği ile kullanarak asmalarda nematod ölüm oranını arttırmıştır. *M. incognita* ile enfekteli Superior asmalarında *Dactylaria brochopaga* güçlü bir biyoajan olarak kullanılmaktadır (Aboul-Edid vd. 2014). Senthilkumar ve Rajendran (2004) bağda Hamburg

Misketi üzerinde *Pseudomonas fluorescens* ve *Trichoderma viride* gibi ticari biyokontrol ajanlarının formülasyonları ile tek başına ve çiftlik gübresi ve karbofuran 3G ile birlikte uyguladıklarında nihai nematod popülasyonunu azaldığını bildirmiştir.

Rizobakterilerin potansiyel kullanımı farklı koşullar altında *M. incognita* ve *javanica* (Ali vd. 2002), *Criconemella xenoplax* (Kluepfel vd. 1993), *Paratrachodorus pachydermus* ve *Trichodorus primitivus* (Insunza vd. 2002) gibi patojenlere karşı değerlendirilmiştir. Aballay vd. (2020) *Bacillus* ve *Pseudomonas* izolatlarını saksıda yetiştirilen Cabernet Sauvignon asmalarında denediğinde *X. index* zararının azaldığını ancak *M. ethiopica*'ya karşı belirsizliğin ortaya çıktığını ve dolayısıyla etkinin konsantrasyona bağlı olabileceğini ifade etmiştir.

Arbuskular mikoriza fungusları (AMF) ve *Meloidogyne* rizosferde yaşamakta ve bitki büyümesi üzerine karşıt etkilere sahiptir. Etki şeklinin karmaşık olduğu ve AMF, bitki ve etkileşimdeki nematod türüne göre değişebileceği belirtilmektedir (Cofcewicz vd. 2001). Genel olarak *Meloidogyne* gibi yerleşik nematodlar hareketli nematodlara göre AMF'den daha fazla etkilenmektedir (Hol ve Cook, 2005). *Meloidogyne* ile enfekteli bitkilerin büyümesi üzerine AMF'lerin etkisi çok değişkendir ancak genellikle olumludur (Maia vd. 2006). Ayrıca AMF'nin kurulumu nematod gelişimini sıklıkla azaltmaktadır. Atilano vd. (1981) *Glomus* türü AMF'nin Thompson Seedless omcalarında *M. arenaria*'nın gal ve yumurta sayısı üzerine bir etkiye sahip olmadığını ancak larvaların sayısını arttırdığını belirtmiştir.

Hashem vd. (2008) Flame Seedless asmalarında *M. incognita*'nın baskılanmasındaki etkinlikleri açısından en etkili yedi suş taradıklarında tüm uygulamaların *in vitro*'da 24 ve 48 saat sonra larvaların sayısını önemli ölçüde azalttığını ve en yüksek nematod ölüm oranını *Pichia guilliermondii* Moh10, *Pachytrichospora transvaalensis* Y-1240, *Candida albicans* Moh Y-5 ve *Geotichum terrestre* Y 2162'nin sağladığını göstermiştir.

## 2.5. Bitki Savunma Bileşikleri

Stilbenoidlerin birer fitoantisipin olarak nematoda dayanımda rol oynayabilecekleri belirtilmiştir (Wallis, 2020). *In vitro* denemeleri birkaç yaygın flavonoidlerin sınırlı da olsa anti-nematod aktivitesine sahip oldukları gösterilmiştir: kaempferol *R. similis* yumurtalarının çatlamasını engellerken yine kaempferol, kuersetin ve myrisetin bileşiklerinin *M. incognita* larvalarına



karşı uzaklaştırıcı ve bir şekilde nematisit etkili oldukları tespit edilmiştir (Wuyts vd. 2006). Flavonoidlerin nematodlar üzerindeki etkisi karmaşıktır çünkü moleküler yapıları ve konsantrasyona bağlı olarak *M. incognita* juvenillerini çekmekte ya da uzaklaştırmaktadır (Kirwa vd. 2018). Wallis (2022) halka nematodu nedeniyle asma köklerinde stilbenlerin üretiminin artmadığını, dolayısıyla kök stilbenoid bileşiklerinin savunmada görev almadıklarını bildirmiştir.

Sistemik direncin kimyasal aktivatörleri bitki koruma için pratik bir araç sunmaktadır (Kessmann vd. 1994). Bu aktivatörlerden biri BTH olarak bilinen benzo [1,2,3] tiyadiazol-7-karbotiyoik asit S-metil esteridir (Kunz vd. 1997). BTH formülasyonunun 4 haftalık Cabernet Sauvignon asmalarına yapraktan uygulanmasının kök-ur nematodu penetrasyonu, gelişimi ve köklerde yumurta birikimi üzerindeki etkilerini inceleyen Owen vd. (2002) 10 haftalık bitkilerde kök-ur nematodlarının yumurta birikiminde önemli bir azalmaya neden olduğunu, aşılama 3 gün sonra uygulama yapılan asmaların köklerindeki nematod sayısında bir değişiklik gözlenmediğini, ancak 18 gün sonra daha az sayıda ergin nematod görüldüğünü bildirmiştir. Araştırmacılar sonuçların köklerde nematod gelişimine karşı sistemik direncin aktivasyonunu gösterdiği şeklinde yorumlamıştır.

## 2.6. Sıcak Su

Dormant asma çeliklerinin ve köklendirilmiş genç anaç bitkilerinin farklı sıcaklığa sahip su içinde değişen sürelerde tutularak nematodlardan arındırılması etkili bir uygulama olarak görülmektedir. Goussard (1977) yapılan çalışmalarda çeliklerde kök-ur nematodlarının tamamen yok edilmesinin 48 °C'de 30; 49 °C'de 10; 50 °C'de 10; 52 °C'de 5; 53 °C'de 3; 54 °C'de 2 ve 57 °C'de 2 dakika tutulmaları ile mümkün olabildiğini bildirmiştir. Suatmadji (1982) sıcak su ile *M. javanica*'nın kontrol altına alınması amacıyla yaptığı çalışmada suyun sıcaklığının yükseltilmesi ile başarı şansının arttığını ancak toksik sonuçları olabileceğini belirtmiştir. Buna karşılık Loubser ve Hoppner (1986) 50 °C'de 15 dakikalık uygulamanın farklı anaç-çeşit kombinasyonlarında *Pratylenchus* spp.'lerini tamamen ortadan kaldırdığını ancak belli kombinasyonlarda büyümeyi önemli derecede azalttığını bildirmiştir. Barbercheck (1986) asma çeliklerinde *Meloidogyne* spp. üzerinde kesin etkili olmasına rağmen uygulama yapılan omcaların köklerinde canlı ergin, juvenil veya yumurta kalmayacağını garantilemediğini ifade etmiştir.

Knoetze (2020) yapay şekilde *M. javanica* bulaştırdıkları köklü anaçlarda (US8-7, 110R, 1103P, 143B ve Ramsey) 55 °C'de 20 dakika bekletmenin nematod popülasyonlarını önemli ölçüde azalttığını, enfeksiyon seviyesinin düştüğünü ancak büyümenin de büyük oranda azaldığını bildirmiştir.

## 2.7. Örtü Bitkileri, Organik Malçlar ve Nadasa Bırakma

Bağ sıra arasında doğal veya kasıtlı örtü bitkilerinin kullanılması farklı amaçlar doğrultusunda yapılmaktadır. Ancak nematod kontrolü ile ilgili çalışmalar daha kısıtlıdır. Mohsen vd. (2021) sarımsak ile bağ sıra arasının kaplandığı denemesinde *M. incognita*'nın infektif larvalarının azaldığını saptamıştır. Blanco-Pérez vd. (2020) *Bromus catharticus* ekilen, çiçekli örtü bitkileri ile kaplı ve doğal vejetasyon altındaki 110R/Tempranillo bağında doğal entomopatojen nematod (EPN) popülasyonlarının desteklendiğini bildirmiştir.

Aballay vd. (2004) *Brassica rapa*, *B. napus*, *B. juncea*, *Chenopodium ambrosioides* ve *Thymus vulgaris* türlerinin yeşil gübre olarak kullandıkları bağda *B. juncea*'nin *X. index* popülasyonunu %85 azalttığını bildirmiştir. Rahman ve Sommers (2005) *M. javanica*'nın Hint hardalı cv. Nemfix'in toprağa yeşil gübre ve tohum küspesi olarak verildiği durumlarda sıra üzerinde sıra arasına göre daha başarılı olduğunu ve popülasyonda azalmanın 3 yaşlı bağda 13-14 kat, 15 yaşlı bağda ise 4 kat olduğunu bildirmiştir. Rahman vd. (2009) kalıcı ot ile kaplı Avustralya bağlarında BPN'lerin azaldığını, bitkiye parazit olmayan "yararlı" nematodların popülasyonlarında artış olduğunu bildirmiştir.

Baginsky vd. (2013) Şili'de sofralık üzüm bağlarında *Vicia faba*, *B. napus*, *B. rapa*, *B. juncea*, *Hordeum vulgare* ve *Avena sativa* karışımı ile bunlara ilave bitki/keçi gübre karışımını denediklerinde ilk karışımın önemli bir etkisinin olmadığını, ancak ikinci karışımının kimyasal uygulamaya göre *X. index*'i önemli derecede azalttığını belirtmiştir. *Sinapis alba*, *Brassica napus* cv. AV Jade, *Brassica juncea* cv. Caliente 199, *Eruca sativa* cv. Nemat ve *Avena sativa* cv. Pallinup örtü bitkisi olarak kullandıkları çalışmada Kruger vd. (2015) *Criconemoides xenoplax* ve *M. javanica* türlerine karşı biyofümigasyon etkilerini 3 yıl boyunca incelemiştir. Kanola ve Caliente sıra üzerindeki *C. xenoplax* nematodunu 3. yılın sonunda uygulamaların başlamasından 60 gün sonra sürekli şekilde azaltmıştır. O'Farrell vd. (2023) *S. alba*, *Raphanus sativus*, *Capsella bursa-pastoris* ve *Boechera holboelli* türlerinin yeşil gübre

olarak kullanıldığı çalışmalarında *S. alba* ve *C. bursa-pastoris*'in BPN düzeyini düşürdüğünü saptamıştır.

Örtü bitkisi ve/veya organik malç olarak *Brassica* türlerinin kullanılmasındaki neden glukosinolat adı verilen bileşiklerdir. Bu bileşikler izotiyonat olacak şekilde parçalanırlar ve toprak kökenli zararlılara karşı biyoaktif bileşikler haline gelirler (Kruger vd. 2013). Omcaların kök yoğunluğunun sıra üzerinde daha fazla olması nedeni ile Vanstone ve Lantzke (2006) yeşil gübre örtü bitkilerinin biçildikten sonra sıra üzerine yerleştirilmelerini ve üzerlerinin toprakla kapatılmasının gerektiğini belirtmiştir.

Yukarıda belirtilen uygulamaların dışında nadasa bırakmanın etkilerinin özellikle yeni bağ kurulacak alanlarda ve örtü altında bağcılık yapılan yerlerde etkili olacağı bildirilmiştir. Yeni bağ alanında 1 yıllık nadas *M. hapla* popülasyonunu azaltmıştır (Gagnier vd. 2024b). Bağda ve örtü altında Astaraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae ve Boraginaceae türlerinin yetiştirilmesi *X. index*'i bağı boş bırakma uygulamasına göre önemli derecede azaltmıştır (Villate vd. 2012).

## 2.9. Dayanım Mekanizması

Bitkilerde nematoda dayanımın genetiği hakkında yapılan çalışmalar sınırlıdır. Nematoda dayanım nematodun penetrasyonu, gelişimi ve üremesi sırasında ortaya çıkabilir (Anwar ve McKenry, 2000). *Meloidogyne* spp.'lerin penetrasyonu kök ucunun hemen arkasında olur ve sonraki gelişme bitki genotipi tarafından belirlenir (Ferris vd. 1982). Larvalar duyarlı ya da dayanıklı bitkilere yaklaşık eşit (Windham ve Williams, 1994) veya farklı sayıda (Powers vd. 1992) girebilir. Bu aşamadan sonra larvaların durumu kök dayanım faktörleri tarafından belirlenir. Kök-ur nematodlarının girişini kısıtlayan mekanizmalar morfolojik, nematod uzaklaştıran sızıntılar gibi önceden var olan faktörler (Jatala ve Russell, 1972) ve bitki aşırı-duyarlılığı gibi uyarılmış tepkileri (Anwar ve McKenry, 2000) kapsar. Bazı mekanizmalar penetrasyon sonrası gelişmeyi, kök içinde fizyolojik tepkileri etkinleştirerek larva gelişmesini ve üremesini engelleyerek veya geciktirerek etkiler (Creech vd. 1995; Anwar ve McKenry, 2000).

Üretilen larva veya yumurta sayısı ile ur gelişimi ölçülerek belirlenen bitkinin nematod üzerindeki etkisi genel olarak kök-ur nematodlarına dayanımı tanımlamaktadır. Kök-ur nematodunun üremesi potansiyeline dair raporlar

değişkenlik göstermektedir. Powers vd. (1992) dayanıklı bitkilerin üzerinde duyarlılara göre daha fazla yumurta/dişi oranı tespit etmiştir. Hiçbir etki veya daha az yumurta/dişi oranı (Person-Dedryver, 1988) veya üremenin dayanıklı bitkilerde hiç olmaması da (Anwar ve McKenry, 2000) bildirilmiştir. Uurlanmanın olmaması her zaman nematodun üremediği anlamına gelmemektedir çünkü üreme gal olmasa da meydana gelebilmektedir (Cook ve Evans, 1987). Schurig vd. (2021) ur oluşumu ve nematodun üremesi kriterlerini dikkate alarak yaptıkları çalışmada *V. aestivalis* ve *V. labrusca* türlerine ait belli genotiplerin *X. index*'e karşı ümitvar sonuçlar verdiğini rapor etmiştir.

Anwar ve McKenry (2002) *Vitis* anaçları RS-9 ve Teleki 5C üzerine yaptıkları *M. arenaria*'ya karşı dayanım geliştirme mekanizmasını takip etme çalışmalarında dayanıklı anaçlarda beliren hücre nekrozu ve az gelişmiş dev (giant) hücrelerin erginlerin gelişmesini yavaşlattığını ve yumurta üretimini sınırlandırdığını tespit etmiş ve dev hücrelerin yetersiz gelişiminin odunsu bitkilerde uzun dönemli popülasyon azalmasına sebep olabileceğini ifade etmiştir.

Bir diğer mekanizma stilbenoid adı verilen bir grup fenolik bileşiğin üretilmesidir (Dixon, 2001). Asmanın köklerinde bulunan stilbenlerin varlığına yönelik çalışmada (Wei vd. 2016) kendi kökü üzerindeki Cabernet Sauvignon üzerinde yürütülmüş ve resveratrol, piseatannol, piseid,  $\epsilon$ -viniferin ve  $\gamma$ -viniferin isimli 5 stilben bileşiğin yüksek düzeyleri kök dokularında tespit edilmiştir.

Kamalı nematod ve taşıdığı yaprak kıvrıcılık virüsü nedeni ile bağda meydana gelen zarara karşı tek etkili mücadele yolunun bağı birkaç yıl boş bırakmanın olması ekonomik zararı daha da arttırmaktadır (Schurig vd. 2021). Kantitatif karakter lokus temelli virüse dayanımın bulunmaması araştırma çabalarını *Vitis* ve *Muscadinia* türlerinde nematoda dayanımının tanımlanması suretiyle virüs ile mücadeleye yöneltmiştir (Walker ve Jin, 2000). Ancak ümit verici adaylar kötü köklenme yetenekleri veya özel toprak istekleri nedeni ile ticari anaç olarak kullanımlarını sınırlandırmaktadır (Smart vd. 2003; Cousins, 2005). Türler arası melez anaç programları türe özgü dezavantajları en aza indirmeyi ve istenilen özellikleri biraraya getirmeyi amaçlamaktadır (Ollat vd. 2016). Bu tür programlar sonucunda Muscadine genetiğine sahip veya *Vitis arizonica* b42-26'den elde edilen potansiyel *X. index* dayanım lokusu *XiRI* taşıyan çeşitli melezler elde edilmiştir (Xu vd. 2008; Hwang vd. 2010; Nguyen vd. 2020).

Direnç (R), başta *Vitis arizonica* (Van Zyl vd. 2014) olmak üzere çeşitli *Vitis* türlerinin aksesyonlarında keşfedilmiştir, ancak en yüksek R seviyeleri muskadin üzümünde (*Muscadinia rotundifolia*) ortaya çıkmıştır (Esmenjaud ve Bouquet, 2009; Ollat vd. 2016). Özellikle, Fransa’da NC184-4 muskadin kaynağından türetilen bitki materyallerinde direnç çalışılmıştır: Bunlar F1 aksesyonu “VRH8771” (kısaca, 8771) ve BC1 aksesyonu “Nemadex Alain Bouquet” (NAB) (Esmenjaud vd. 2010; Nguyen vd. 2020). Her iki aksesyon da kontrollü koşullar altında nematod sayılarını büyük ölçüde azaltmıştır. *X. index*’e dayanıklı bir anaç olarak tescil edilen NAB çeşidinin bağda GFLV’yi önemli ölçüde geciktirdiği (Ollat vd. 2011; Nguyen, 2018) ve aynı zamanda *X. diversicaudatum*’a da dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Banora vd. 2022). Rubio vd. (2020) VRH8771 (*Muscadinia-Vitis*) ve *V. vinifera* cv. “Cabernet-Sauvignon” melezi popülasyonunda *X. index*’e dayanım genlerinin yerini belirlemek için yürüttüğü araştırmada bağlantı grubu (LG) 9, 10 ve 18 üzerinde bağlantılı markörler tespit etmiştir.

Şu anda kullanımda olan *V. × champinii* ve türevi anaçlar üzerinde üreyebilen kök-ur nematodu popülasyonları ortaya çıkmıştır (Cain vd. 1984). Bu nematod popülasyonları “N virulent” olarak adlandırılmaktadır çünkü ilk olarak Lider (1952) tarafından tanımlanan baskın N aleline dirençleri nedeniyle anaçlar üzerinde üreyebilmektedir; bu anaçlar Freedom, Harmony, Dog Ridge ve 1613C’yi içermektedir. N virulent nematodlar, *M. arenaria* ve *M. incognita* dahil olmak üzere çeşitli türlerden olabilir. Buna karşılık, sıradan *M. incognita* N aleline sahip anaçlar üzerinde üreyemediğinden bu nematodlar “N avirulent” olarak tanımlanmaktadır. Freedom ve Harmony’dan daha üstün dirence sahip geliştirilmiş asma anaçlarının ıslahı için N virulent nematodlara direnç sağlayan alel kaynaklarına ihtiyaç vardır (Cousins ve Lauver, 2023). Barros ve Walker (2002) *M. incognita* I3 ve N virulent kök-ur nematodlarına dayanıklı bir *V. vulpina* aksesyonu tanımlamıştır. Cousins ve Lauver (2023) *Vitis vulpina* DVIT 1280 genotipini asma anacı ıslahında kök-ur nematoduna dayanım kaynağı olarak bildirmiş ancak dormant çeliklerden çoğaltılmasının zorluğu nedeniyle doğrudan bir anaç olarak kullanılmamasını tavsiye etmiştir. Boyden ve Cousins (2003) *V. × slavonii* ve *V. nesbittiana* melezlerinin hem N virulent hem de N avirulent nematodlara karşı dayanım heterozigot dayanım aleline sahip olduğunu ve anaç ıslahında daha geniş nematoda dayanım kaynağı olabileceğini bildirmiştir. Cousins vd. (2003) nematoda dayanım kaynağı olarak *V. mustangensis*’i inceledikleri çalışma sonucunda N virulent

nematodlara karşı dayanımın tek bir dominant alel ile kalıtıldığını ve hem N virulent *Meloidogyne* türlerine hem de N avirulent *M. incognita*'ya karşı dayanım kazandırdığını tespit etmiştir. Araştırmacılar *V. mustangensis* aksesyonlarının Dog Ridge, Freedom ve Harmony anaçlarından çok daha iyi bir kaynak teşkil ettiğini ve gelecekte faydalı bir nematoda dayanım kaynağı olabileceklerini ifade etmiştir.

### 3. SONUÇ

Toprakta yaşayan, çıplak gözle görülmeyen ve mücadelesi oldukça karmaşık olan bitki paraziti nematodların bağlardaki ekonomik zararları oldukça yüksektir. Kök-ur ve kamalı nematod türlerinin omca ve/veya meyve üzerindeki etkisinin görülmesi bu zararlılar ile mücadele zamanının çoktan geçtiği anlamına gelmektedir. Bitkinin kök alanı derinliğinin tamamına nüfuz edebilecek herhangi bir kimyasal, biyolojik veya fiziksel yöntemin olmaması bu zararlıları kontrol etmede çareyi yeniden dikime, daha dayanıklı anaçların seçimine, daha iyi gözlem yapmaya zorlamaktadır.

Yeni dikimlerin arasında birkaç yıl beklenmesi faydalı olsa da kaybedilen ekonomik zararın telafisi de o kadar güçleşmektedir. Dikim materyalinin sağlıklı ve doğru seçilmesi, temizliğinin mutlaka sağlanması ve iç ve dış karantina koşullarının sıkı şekilde takip edilmesi yeni bağ alanının bu zararlılardan korunması için oldukça önemli ve kaçınılmaz bir başlangıç sağlayacaktır. Zararlıların genetiğini değiştirerek bu uygulamaların üstesinden gelme yeteneğine sahip olduğunun keşfedilmesi mücadeleyi daha da zorlaştırmaktadır.

**KAYNAKÇA**

- 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*, 45-52.
- Aballay, E., Prodan, S., Correa, P., & Allende, J. (2020). Assessment of rhizobacterial consortia to manage plant parasitic nematodes of grapevine. *Crop Protection*, 131(1), 105103.
- Aboul-Eid, H. Z., Noweer, E. M. A., & Ashour, N. E. (2014). Impact of the nematode-trapping fungus (*Dactylaria brochopagaas*) a biocontrol agent against *Meloidogyne incognita* infesting Superior) grapevine. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 24, 477.
- Adesemoye, A. O., Obini, M., & Ugoji, E. (2008). Comparison of plant growth-promotion with *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in three vegetables. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39, 423-426.
- Aksoy, H. M., & Mennan, S. (2004). Biological control of *Heterodera cruciferae* (Tylenchida: Heteroderidae) Franklin 1945 with fluorescent *Pseudomonas* spp. *Journal of Phytopathology*, 152(8-9), 514-518.
- Ali, N. I., Siddiqui, I. A., Shaukat, S. S., & Zaki, M. J. (2002). Nematicidal activity of some strains of *Pseudomonas* spp. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(8), 1051-1058.
- Anwar, S. A., & McKenry, M. V. (2000). Penetration, development and reproduction of *Meloidogyne arenaria* on two new resistant *Vitis* spp. *Nematropica*, 30, 9-17.
- Atilano, R. A., Menge, J. A., & Van Gundy, S. D. (1981). Interaction between *Meloidogyne arenaria* and *Glomus fasciculatus* in grape. *Journal of Nematology*, 13(1), 52.
- Baginsky, C., Contreras, A., Covarrubias, J. I., Seguel, O., & Aballay, E. (2013). Control of plant-parasitic nematodes using cover crops in table grape cultivation in Chile. *Ciencia e investigación agraria*, 40(3), 567-577.
- Banora, M. Y., Voisin, R., Portier, U., Bernabo, C., Van Ghelder, C., das Dores Lafargue, M., ... & Esmenjaud, D. (2022). *Xiphinema index*-resistant grapevine materials derived from muscadine are also resistant to a population of *X. diversicaudatum*. *OENO One*, 56(4), 55-63.
- Barbercheck, M. (1986). Control of *Meloidogyne javanica* in dormant grapevine nursery stock. *Phytophylactica*, 18(1), 39-40
- Barbercheck, M. E., & Duncan, L. (2004). Abiotic factors. Pages 309-344 in: Nematode Behaviour. R. Gaugler and A. L. Bilgrami, eds. CAB International, Cambridge, MA.
- Barros, S., & Walker, M. A. (2002). Variation in the resistance of *Vitis champinii* and related species to three strains of root-knot nematode species. Technical

- abstracts, 53<sup>rd</sup> Annual Meeting of the American Society for Enology and Viticulture, June 26-28, 2002, Portland, Oregon.
- Bhat, A. A., Shakeel, A., Waqar, S., Handoo, Z. A., & Khan, A. A. (2023). Microbes vs. nematodes: Insights into biocontrol through antagonistic organisms to control root-knot nematodes. *Plants*, 12(3), 451.
- Bhuiyan, S. A., Garlick, K., Anderson, J. M., Wickramasinghe, P., & Stirling, G. R. (2018). Biological control of root-knot nematode on sugarcane in soil naturally or artificially infested with *Pasteuria penetrans*. *Australasian Plant Pathology*, 47, 45-52.
- Blair, B. L., Stirling, G. R., & Whittle, P. J. L. (1999). Distribution of pest nematodes on sugarcane in south Queensland and relationship to soil texture, cultivar, crop age and region. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39, 43-50.
- Blanco-Pérez, R., Sáenz-Romo, M. G., Vicente-Díez, I., Ibáñez-Pascual, S., Martínez-Villar, E., Marco-Mancebón, V. S., ... & Campos-Herrera, R. (2020). Impact of vineyard ground cover management on the occurrence and activity of entomopathogenic nematodes and associated soil organisms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 301, 107028.
- Boyden, L. E., & Cousins, P. (2003). Evaluation of *Vitis aestivalis* and related taxa as sources of resistance to root-knot nematodes. In XXVI International Horticultural Congress: Plant Genetic Resources, The Fabric of Horticultures Future 623 (pp. 283-290).
- Burns, A. R., Baker, R. J., Kitner, M., Knox, J., Cooke, B., Volpatti, J. R., ... & Roy, P. J. (2023). Selective control of parasitic nematodes using bioactivated nematicides. *Nature*, 618(7963), 102-109.
- Cabrera, J. A., Wang, D., Schneider, S. M., & Hanson, B. D. (2011). Effect of methyl bromide alternatives on plant parasitic nematodes and grape yield under vineyard replant conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62, 42-48.
- Cabrera, J. A., Wang, D., Schneider, S. M., & Hanson, B. D. (2012). Subsurface drip application of alternative fumigants to methyl bromide for controlling nematodes in replanted grapevines. *Pest Management Science*, 68, 773-780.
- Cain, D. W., McKenry, M. V., & Tarailo, R. E. (1984). A new pathotype of root-knot nematode on grape rootstocks. *Journal of Nematology*, 16(2), 207.
- Cofcewicz, E. T., Medeiros, C. A., Carneiro, R. M., & Pierobom, C. R. (2001). Interação dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematóide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 26, 65-70.
- Cook, C.G., & Evans, K. (1987). Resistance and tolerance. in: Brown, R.H.; Kerry, B.R. (Ed.). Principles and practice of nematode control in crops. Orlando: Academic Press p.179-23



- Cousins, P. (2005). Evolution, genetics, and breeding: viticultural applications of the origins of our rootstocks. Pages 1-7 in: 2005 Rootstock Symposium. P. Cousins and R. K. E. Striegler, eds. Mid-America Viticulture and Enology Center, Osage Beach, MO.
- Cousins, P., & Lauver, M. (2003). Segregation of Resistance to Root-Knot Nematodes in a *Vitis vulpina* Hybrid Population. *Acta Horticulturae*, 623, 313-318.
- Cousins, P., Lauver, M., & Boyden, L. (2003). Genetic Analysis of Root-Knot Nematode Resistance Derived from *Vitis mustangensis*. *Acta Horticulturae*, 603, 149-155.
- Creech, R. G., Jenkins, J. N., Tang, B. G., Lawrence, W., & McCarty, J. C. (1995). Cotton resistance to root-knot nematodes: I. Penetration and reproduction. *Crop Science*, 35, 365-36.
- Desaeger, J., Wram, C., & Zasada, I. (2020). New reduced-risk agricultural nematicides-rationale and review. *Journal of Nematology*, 52, e2020-911.
- Dixon, R. A. (2001). Natural products and plant disease resistance. *Nature*, 411, 843-847.
- Dos Santos, P. R., Viana, A. P., Gomes, V. M., Preisigke, S. D. C., Santos, E. A., Cavalcante, N. R., ... & Walker, M. A. (2018). Clonal selection in interspecific *Vitis* spp. hybrids resistant to the root-lesion nematode *Pratylenchus brachyurus* by REML/BLUP. *Fruits*, 73(3), 191-197.
- East, K. E., Zasada, I. A., Tarara, J., & Moyer, M. M. (2021). Field performance of winegrape rootstocks and fumigation during establishment of a Chardonnay vineyard in Washington. *American Journal of Enology and Viticulture*, 72, 113-125.
- Esmenjaud, D., & Bouquet, A. (2009). Selection and application of resistant germplasm for grapevine nematodes management. In: Ciancio, A., Mukerji, K. G. (eds) Integrated management of fruit crops and forest nematodes. Heidelberg: Springer Science. pp. 195-214.
- Esmenjaud, D., Van Ghelder, C., Voisin, R., Bordenave, L., Decroocq, S., Bouquet, A., & Ollat, N. (2010). Host suitability of *Vitis* and *Vitis-Muscadinia* material to the nematode *Xiphinema index* over one to four years. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(1), 96-101.
- Ferris, H., & McKenry, M. V. (1975). Relationship of grapevine yield and growth to nematode densities. *Journal of Nematology*, 7, 295-304.
- Ferris, H., Schneider, S. M., & Stuth, M. C. (1982). Probability of penetration and infection by root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria*, in grape cultivars. *Journal of Nematology*, 33:31-35.

- Hahn, M. H., de Quadros, L. P., Martinha, D. D., Biasi, L. A., & Duarte, H. D. S. S. (2022). Four new grape hybrids resistant to *Meloidogyne javanica*. *Agropecuária Catarinense*, 35(3), 30-32.
- Hashem, M., Omran, Y. A. M. M., & Sallam, N. M. A. (2008). Efficacy of yeasts in the management of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, in Flame Seedless grape vines and the consequent effect on the productivity of the vines. *Biocontrol Science and Technology*, 18(4), 357-375.
- Howland, A. D., Schreiner, R. P., & Zasada, I. A. (2014). Spatial distribution of plant-parasitic nematodes in semi-arid *Vitis vinifera* vineyards in Washington. *Journal of Nematology*, 46, 321-330.
- Howland, A. D., Skinkis, P. A., Wilson, J. H., Riga, E., Pinkerton, J. N., Schreiner, R. P., & Zasada, I. A. (2015). Impact of grapevine (*Vitis vinifera*) varieties on reproduction of the northern root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*). *Journal of Nematology*, 47(2), 141.
- Hwang, C.-F., Xu, K., Hu, R., Zhou, R., Riaz, S., & Walker, M. A. (2010). Cloning and characterization of XiR1, a locus responsible for dagger nematode resistance in grape. *Theoretical and Applied Genetics*, 121, 789-799.
- Gagnier, B. K., Mireles, M. S., Peetz, A. B., Zasada, I. A., & Moyer, M. M. (2024a). Greenhouse Evaluation of Rootstocks Against the Northern Root-Knot Nematode (*Meloidogyne hapla*). *American Journal of Enology and Viticulture*, 75(1).
- Gagnier, B. K., Zasada, I. A., & Moyer, M. M. (2024b). Impact of vineyard fallow practices on reducing *Meloidogyne hapla* population densities. *Plant Health Progress*, PHP-03.
- Gaziea, S. M., Shereen, M. A., Laila, H. F., & Eman, E. H. S. (2020). Efficiency of biological control of root-knot nematodes in infected grapevines seedling by genetic improved bacteria. *Plant Archives* (09725210), 20(2).
- German, E., Mauricio, T., Eduardo, S., & Mario, A. (2019). Chemical control of *Meloidogyne* spp. in grapevines (*Vitis vinifera*). *Journal of Applied Biosciences*, 136, 13896-13908.
- Goussard, P. G. (1977). Effect of hot-water treatments on vine cuttings and one-year old grafts. *Vitis-Journal of Grapevine Research*, 16(4), 272.
- Gutiérrez-Gutiérrez, C., Palomares-Ruis, J. E., Jiménez-Díaz, R. M., & Castillo, P. (2011). Host suitability of *Vitis* rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and the dagger nematode *Xiphinema index*, and plant damage caused by infections. *Plant Pathology*, 60, 575-585.
- Hol, W. G., & Cook, R. (2005). An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. *Basic and Applied Ecology*, 6(6), 489-503.
- Howland, A. D., Skinkis, P. A., Wilson, J. H., Riga, E., Pinkerton, J. N., Schreiner, R. P., & Zasada, I. A. (2015). Impact of grapevine (*Vitis vinifera*) varieties on

- reproduction of the northern root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*). *Journal of Nematology*, 47, 141-147.
- Insunza, V., Alström, S., & Eriksson, K. B. (2002). Root bacteria from nematicidal plants and their biocontrol potential against trichodorid nematodes in potato. *Plant and Soil*, 241, 271-278.
- Jagdale, G. B., Severns, P. M., Brannen, P. M., & Cline, W. O. (2019). Occurrence and distribution of plant-parasitic nematodes on muscadine grapes in Georgia and North Carolina. *Plant Health Progress*, 20(3), 194-199.
- Jagdale, G. B., Breneman, T. B., Severns, P. M., & Shapiro-Ilan, D. (2021). Differences in distribution and community structure of plant-parasitic nematodes in pecan orchards between two ecoregions of Georgia. *Journal of Nematology*, 53, 1-14.
- Jatala, P., & Russell, C. C. (1972). Nature of sweet potato resistance to *Meloidogyne incognita* and the effects of temperature on parasitism. *Journal of Nematology*, 4, 1-7.
- Kessmann, H., Staub, T., Ligon, J. *et al.* (1994). Activation of systemic acquired disease resistance in plants. *European Journal of Plant Pathology*, 100, 359-369.
- Kirwa, H. K., Murungi, L. K., Beck, J. J., & Torto, B. (2018). Elicitation of differential responses in the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* to tomato root exudate cytokinin, flavonoids, and alkaloids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 11291-11300.
- Kluepfel, D. A., McInnis, T. M., & Zehr, E. I. (1993). Involvement of root-colonizing bacteria in peach orchard soils suppressive of the nematode *Criconemella xenoplax*. *Disease Control and Pest Management*, 83(11), 1240-1245.
- Knoetze, R. (2020). The effect of hot water treatment of rooted grapevine nursery stock on the survival of the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* (Nematoda: Heteroderidae). *South African Journal of Enology and Viticulture*, 41(1), 1-5.
- Kruger, D. H. M., Fourie, J. C., & Malan, A. P. (2015). Control potential of Brassicaceae cover crops as green manure and their host status for *Meloidogyne javanica* and *Criconemoides xenoplax*. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36(1), 165-174.
- Kruger, D. H. M., Fourie, J. C., & Malan, A. P. (2013). Cover crops with biofumigation properties for the suppression of plant-parasitic nematodes: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 34(2), 287-295.
- Kunz, W., Schurter, R., Maetzke, T. (1997). The chemistry of benzothiadiazole plant activators. *Pesticide Science* 50, 275-282.
- Lear, B., Goheen, A. C., & Raski, D. J. (1981). Effectiveness of soil fumigation for control of fanleaf-nematode complex in grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 32(3), 208-211.

- Lider, L. A. (1952). Inheritance of resistance to a root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* var. *acrita* Chitwood) in *Vitis* spp. Dissertation, University of California.
- Loubser, J. T., & Hoppner, G. F. J. (1986). Control of lesion nematodes, *Pratylenchus* spp., in grapevine nursery material by immersion in fenamiphos solutions and hot water. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 7(1): 3-5.
- Maia, L. C., Silveira, N. S. S., & Cavalcante, U. M. T. (2006). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens M.K. Rai (Ed.), Handbook of Microbial Biofertilizers, The Haworth Press, New Delhi, pp. 325-351.
- Maliogka, V. I., Martelli, G. P., Fuchs, M., & Katis, N. I. (2015). Control of viruses infecting grapevine. *Advances in Virus Research*, 91, 175-227.
- Marquez, J., Severns, P. M., & Hajihassani, A. (2021). Influence of the environment and vegetable cropping systems on plant-parasitic nematode communities in southern Georgia. *Plant Disease*, 105, 3181-3191.
- Martin, K., Brannen, P. M., Holladay, T., & Severns, P. M. (2022). Nonefficacy of postplant nematicides in *Vitis vinifera* wine grapes in Georgia, USA. *Plant Health Progress*, 23(4), 449-455.
- Mateille, T., Tavoillot, J., Martiny, B., & Fargette, M. (2014). Importance of soil characteristics for plant-parasitic nematode communities in European coastal foredunes. *European Journal of Soil Biology*, 64, 53-60.
- Meredith, C. P., Lider, L. A., Raski, D. J. & Ferrari, N. L. (1982). Inheritance of tolerance to *Xiphinema index* in *Vitis* species. *American Journal of Enology and Viticulture*, 33(3), 154-158.
- Mohsen, F. S., El-Ashry, R. M. A., & Zyada, H. G. (2021). Evaluation the effect of intercropping garlic with grapevines on productivity, phytoremediation, competitive indices and plant parasitic nematode community. *Journal of Plant Production*, 12(4), 405-412.
- Moyer, M. M., Mireles, M. S., Gagnier, B. K., East, K. E., & Zasada, I. A. (2023). Preplant fumigation only temporarily reduces northern root-knot nematode. In Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International meeting of the group of international experts for cooperation on vitivinicultural systems. iVES conference series.
- Nicol, J., Stirling, G. R., Rose, B. J., May, P., & Van Heeswijck, R. (1999). Impact of nematodes on grapevine growth and productivity: Current knowledge and future directions, with special reference to Australian viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 5, 109-127.
- Nguyen, V. C., Tandonnet, J. P., Khallouk, S., Van Ghelder, C., Portier, U., Lafargue, M., Banora, M. Y., Ollat, N., & Esmenjaud, D. (2020). Grapevine resistance to the nematode *Xiphinema index* is durable in muscadine-derived plants obtained from hardwood cuttings but not from *in vitro*. *Phytopathology*, 110, 1565-1571.

- Nguyen, V. C. (2018). Genetic diversity of the grapevine vector nematode *Xiphinema index* and application to optimize the resistance strategy. PhD, Nice (France): Université Côte d'Azur.
- Norton, D. C. (1989). Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities. *Journal of Nematology*, 21, 299-307.
- O'Farrell, C., Forge, T., & Hart, M. M. (2023). Using Brassica Cover Crops as Living Mulch in a Vineyard, Changes over One Growing Season. *International Journal of Plant Biology*, 14(4), 1105-1116.
- Ollat, N., Claverie, M., Esmenjaud, D., Demangeat, G., Jacquet, O., Lemaire, O., & Audeguin, L. (2011). Nematex Alain Bouquet: un nouveau porte-greffe contrôlant la recontamination des vignes par la maladie du court-noué. *Phytoma-La Défense des Végétaux*, 649, 29-33.
- Ollat, N., Peccoux, A., Papura, D., Esmenjaud, D., Marguerit, E., Tandonnet, J. P., Bordenave, L., Cookson, S. J., Barrieu, F., Rossdeutsch, L., Lecourt, J., Lauvergeat, V., Vivin, P., Bert, P. F., & Delrot, S. (2016). Rootstocks as a component of adaptation to environment. In: Geros, H., Chaves, M. M., Gil, H. M., Delrot, S. (eds) *Grapevine in a Changing Environment: A Molecular and Ecophysiological Perspective*. Chichester, UK: Wiley Blackwell. Pp. 68-108.
- Owen, K. J., Green, C. D., & Deverall, B. J. (2002). A benzothiadiazole applied to foliage reduces development and egg deposition by *Meloidogyne* spp. in glasshouse-grown grapevine roots. *Australasian Plant Pathology*, 31, 47-53.
- Person-Dedryver, F. (1988). Changes in host quality for the nematode *Meloidogyne naasi* Franklin during cropping of three ryegrass species. *Agronomie*, 8(1), 89-96
- Pinkerton, J. N., Schreiner, R. P., Ivors, K. L., & Vasconcelos, M. C. (2004). Effects of *Mesocriconema xenoplax* on *Vitis vinifera* and associated mycorrhizal fungi. *Journal of Nematology*, 36, 193-201.
- Powers, L. E., Dunn, R. A., McSoley, R., Baltensperger, D. D. & Wofford, D. S. (1992). Effects of resistance in alyceclover (*Alysicarpus* spp.) on root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) populations. *Tropical Grasslands*, 26, 30-39.
- Rahman, L., & Somers, T. (2005). Suppression of root knot nematode (*Meloidogyne javanica*) after incorporation of Indian mustard cv. Nemfix as green manure and seed meal in vineyards. *Australasian Plant Pathology*, 34, 77-83.
- Rahman, L., Whitelaw-Weckert, M. A., Hutton, R. J., & Orchard, B. (2009). Impact of floor vegetation on the abundance of nematode trophic groups in vineyards. *Applied Soil Ecology*, 42(2), 96-106.
- Raski, D. (1955). Control of nematodes on grapes: Soil fumigation with crop rotation tested as way to protect grape replants against root parasites. *California Agriculture*, 9(1), 9-10.

- Rubio, B., Lalanne-Tisné, G., Voisin, R., Tandonnet, J. P., Portier, U., Van Ghelder, C., ... & Esmenjaud, D. (2020). Characterization of genetic determinants of the resistance to phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*, and the dagger nematode *Xiphinema index* from muscadine background. *BMC Plant Biology*, 20, 1-15.
- Scheck, H., Vasquez, S., Fogle, D., & Gubler, W. D. (1998). Grape growers report losses to black-foot and grapevine decline. *California Agriculture*, 52(4), 19-23.
- Schurig, J., Ipach, U., Helmstätter, B., Kling, L., Hahn, M., Trapp, O., & Winterhagen, P. (2021). Selected genotypes with the genetic background of *Vitis aestivalis* and *Vitis labrusca* are resistant to *Xiphinema index*. *Plant Disease*, 105(12), 4132-4137.
- Senthilkumar, T., & Rajendran, G. (2004). Biocontrol agents for the management of disease complex involving root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* and *Fusarium moniliforme* on grapevine (*Vitis vinifera*). *Indian Journal of Nematology*, 34(1), 49-51.
- Smart, D. R., Kocsis, L., Walker, M. A., & Stockert, C. (2003). Dormant buds and adventitious root formation by *Vitis* and other woody plants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 21, 296-314.
- Smith, H. M., Dunlevy, J. D., Morales, N. B., Smith, A. A., & Clingeffer, P. R. (2020). Developing next-generation grapevine rootstocks with long-term resistance to phylloxera and root knot nematode. Pages 107-110 in: 17<sup>th</sup> Aust. Wine Indus. Tech. Conf., Adelaide, South Australia, 21-24 July 2019.
- Somavilla, L., Gomes, C. B., & Quecini, V. M. (2012). *Meloidogyne incognita* report on 'IAC 766-Campinas' rootstock in the state of Pernambuco and reaction of grape rootstocks and cultivars to *Meloidogyne* spp. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, 750-756.
- Suatmadji, R. W. (1982). Control of root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica*, in rooted stocks of grapevine, *Vitis vinifera*, by immersion in nematicide solutions at different temperatures and in hot water. *Nematologia Mediterranea*, 10, 119-125.
- Téliz, D., Landa, B. B., Rapoport, H. F., Camacho, F. P., Jiménez-Díaz, R. M., & Castillo, P. (2007). Plant-parasitic nematodes infecting grapevine in southern Spain and susceptible reaction to root-knot nematodes of rootstocks reported as moderately resistant. *Plant Disease*, 91, 1147-1154.
- Vanstone, V., & Lantzke, N. C. (2006). Nematodes in Western Australian Vineyards. Department of Agriculture Western Australia, South Perth. Bulletin 4667 ISSN 1448 0352.
- Van Zyl, S., Vivier, M. A., & Walker, M. A. (2012). *Xiphinema index* and its relationship to grapevines: A review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 33, 21-32.

- Van Zyl, S., Vivier, M. A., Riaz, S., & Walker, M. A. (2014). The genetic mapping of *Xiphinema index* resistance derived from *Vitis arizonica*. *Acta Horticulturae*, 1046: 165-168.
- Vega-Callo, R. A., Tamo-Zegarra, J. J., & Belle, C. (2021). Reaction of grapevine rootstocks and cultivars to *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* and *M. hapla*. *AgriScientia*, 38(1): 93-98.
- Villate, L., Morin, E., Demangeat, G., Van Helden, M., & Esmenjaud, D. (2012). Control of *Xiphinema index* populations by fallow plants under greenhouse and field conditions. *Phytopathology*, 102(6), 627-634.
- Walker, M. A., Ferris, H., & Eyre, M. (1994). Resistance in *Vitis* and *Muscadinia* species to *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease*, 78(11), 1055-1058.
- Walker, M. A., & Jin, Y. (2000). Breeding *Vitis rupestris* × *Muscadinia rotundifolia* rootstocks to control *Xiphinema index* and fanleaf degeneration. *Acta Horticulturae*, 528, 517-522.
- Wallis, C. M. (2020). Grapevine (*Vitis* spp.) rootstock stilbenoid associations with host resistance to and induction by root knot nematodes, *Meloidogyne incognita*. *BMC Research Notes*, 13(1), 360.
- Wallis, C. M. (2022). Exploring potential induction of grapevine (*Vitis* spp.) root phenolic compounds by ring nematodes, *Mesocriconema xenoplax*. *BMC Research Notes*, 15, 375.
- Wei, Y. J., Zhao, S. R., Li, J. M., & Xue, B. (2016). Stilbene profiles in different tissues of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon and a comparison of their antioxidant activity. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22, 226-231.
- Wilcox, W. F., Gubler, W. D., & Uyemoto, J. K. (2015). Pages 177-198. Compendium of Grape Diseases, Disorders, and Pests. 2<sup>nd</sup> ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN.
- Windham, G. L., & Williams, W. P. (1994). Penetration and development on roots of resistant and susceptible corn genotypes. *Journal of Nematology*, 26, 80-85.
- Wuyts, N., Swennen, R., & De Waele, D. (2006). Effects of plant phenylpropanoid pathway products and selected terpenoids and alkaloids on the behaviour of the plant-parasitic nematodes *Radopholus similis*, *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne incognita*. *Nematology*, 8, 89-101.
- Wylie, T., Martin, J.C., Dante, M., Mitreva, M.D., Clifton, S.W., Chinwalla, A., Waterston, R.H., Wilson, R.K., & McCarter, J.P. (2004). Nematode.net: A tool for navigating sequences from parasitic and free-living nematodes. *Nucleic Acids Res.*, 1, 32(Database issue):D423-6.
- Xu, K., Riaz, S., Roncoroni, N. C., Jin, Y., Hu, R., Zhou, R., & Walker, M. A. (2008). Genetic and QTL analysis of resistance to *Xiphinema index* in a grapevine cross. *Theoretical and Applied Genetics*, 116, 305-311.

- Yang, Y., Hu, X., Liu, P., Chen, L., Peng, H., Wang, Q., & Zhang, Q. (2021). A new root-knot nematode, *Meloidogyne vitis* sp. nov. (Nematoda: Meloidogynidae), parasitizing grape in Yunnan. *PLoS One* 16, e0245201.
- Zasada, I. A., Riga, E., Pinkerton, J. N., Wilson, J. H., & Schreiner, R. P. (2012). Plant-parasitic nematodes associated with grapevines, *Vitis vinifera*, in Washington and Idaho. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63, 522-528.
- Zasada, I. A., Howland, A. D., Peetz, A. B., East, K., & Moyer, M. (2019). *Vitis* spp. rootstocks are poor hosts for *Meloidogyne hapla*, a nematode commonly found in Washington winegrape vineyards. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70(1), 1-8.
- Zasada, I., & Forge, T. (2022). Ectoparasitic nematodes: emerging challenges to wine grape production in the Pacific Northwest of North America. In *Integrated Nematode Management: State-of-the-art and visions for the future* (pp. 192-198). Wallingford UK: CABI.
- Zhao, L., Chen, L., Gu, P., Zhan, X., Zhang, Y., Hou, C., Wu, Z., Wu, Y. F., & Wang, Q. C. (2019). Exogenous application of Melatonin improves plant resistance to virus infection. *Plant Pathology* 68, 1287-1295.





## BÖLÜM 10

### MİKROBİYAL VE HÜCRESEL TARIMSAL PROTEİN ÜRETİMİ

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI<sup>1\*</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Fırat ALATÜRK<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14276758>

---

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkiler Bölümü, 17100 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1354-1995>

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkiler Bölümü, 17100 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-5855>

\*sorumlu yazar: [rcakmakci@comu.edu.tr](mailto:rcakmakci@comu.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Günümüzde doğal kaynaklar giderek azalmakta; tarımsal ve insan faaliyetleri binlerce türün yok olmasına neden olan küresel doğal yaşam alanlarını yok etmektedir. Gıda ihtiyacını karşılamak için üretim kapasitesinin, verim ve verimliliğin artırılması gayretleri sonucunda üretim belli ölçüde artmış olmakla birlikte; mevcut üretim sistemleri; sera gazı emisyonları, ormansızlaşma, biyolojik fosil yakıtların çıkarılması ve ötrofikasyon nedeniyle ciddi çevre kirliliğine neden olmuş (Willett vd., 2019; Anser vd., 2021); aynı zamanda toprakların kirlenmesi ve bozulması, nitrojen ve fosfor kirliliği, biyolojik çeşitlilik ve küresel habitatın kaybı, habitatın tahrip edilmesi, tarımsal alanların daha az dayanıklı hale getirilmesi, insan sağlığının tehlikeye atılması, çiftlik gelirlerinin azalması ve tarım arazilerinin daralması gibi birçok soruna da yol açmıştır (Çakmakçı vd., 2023a). Üstelik bitki gelişimini teşvik etmek için fazla miktarda azotlu gübre kullanımı (Çakmakçı, 2019; Lim vd., 2021) sonucunda, amonyak emisyonları (Xu vd., 2019), toprak asitleşmesi, azot oksitler, sulardaki nitrat kirliliği ve çevre sorunları artmakta (Çakmakçı, 2016; Ward vd., 2018) ve kullanılan kimyasal pestisitler gıda, yem, su ve toprakta kirlenmeye neden olmaktadır (Sørensen vd., 2021). Ayrıca hayvancılık günümüzde, gıda ve birçok ülke ekonomisinin önemli bir sektörü olmakla birlikte, sürekli artan et ve süt ürünleri talebinin geleneksel yollarla karşılanmasının, artan kaliteli yem ihtiyacı ve yemin proteine dönüşüm etkinliğinin düşük olması nedeniyle sürdürülebilirliği tartışmalıdır (Alberti vd., 2022; Newman vd., 2023; Rasool vd., 2023). Öte yandan tarıma dayalı endüstriler önemli miktarda atık üretmekte, atıklar da ekosistemin sürdürülebilirliğini bozmaktadır. Dolayısıyla hem atık yönetimi için entegre teknolojiler ve hem de yeni protein kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ekilebilir arazi üzerindeki yoğunlaşan baskının tarım arazilerini azaltması nedeniyle, ekilebilir araziye olan ihtiyacı önemli ölçüde azaltabilecek ve aynı zamanda düşük çevresel etkiye sahip yenilikçi protein tedarik zincirleri gerekmektedir. Bu nedenle biyoreaktörlerde hücre kültürleri tarafından gıda veya gıda bileşenlerinin üretilmesine olanak tanıyan alternatif bir biyoteknoloji olarak hücreli tarım ortaya çıkmıştır (Rischer vd., 2020; Woern ve Grossmann, 2023). Özellikle çevresel sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği konusunda artan endişeler; kaynak kullanımını ve sera gazı emisyonlarını azaltan alternatif protein kaynakları konusunda daha fazla araştırma

yapılmasını teşvik etmiştir (Graham ve Ledesma-Amaro, 2023; Sobhi vd., 2023; Wani vd., 2024).

Arazi kısıtlılığı, iklim değişikliği, artan nüfus ve gelişen ekonomiler gıda tedarik zinciri üzerinde baskı oluşturmaktadır. Giderek insan ve hayvanların protein talebi artmakta, yeni ve daha fazla protein kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır. Öte yandan Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) gıda güvencesi üzerine yaptığı çalışmada, 1,3 milyar insanın veya dünya nüfusunun %17,2'sinin rutin olarak besleyici ve yeterli gıdaya erişemediği belirtilmektedir (Dalbanjan vd., 2024). Dolayısıyla artan nüfusun besin maddesi ihtiyaçlarını karşılarken gıda üretiminin çevresel ayak izini en aza indirecek, alternatif protein kaynakları keşfetmeye acilen ihtiyaç duyulmaktadır (Oluwole vd., 2023) Küresel protein talebinin 2050 yılına kadar %70 oranında artacağı tahmin edilmektedir (OECD ve FAO, 2018). Özellikle dünya genelinde protein kıtlığı nedeniyle nispeten ucuz ve güvenli protein kaynakları olarak başta meyve artıkları olmak üzere, gıda ve tarımsal atıklardan elde edilen mikrobiyal proteinlere ilgi giderek artmaktadır. Protein takviyesi olarak kullanılan tek hücre proteinleri (THP), farklı karbon kaynakları üzerinde geliştirilen alg, maya, bakteri, filamentli mantar, tek hücreli alg, siyanobakterilerin saf ve karışık mikrobiyal kültüründen elde edilen ölü, kurutulmuş mikrobiyal hücreleri veya toplam proteini ifade eder (Reihani vd., 2019; Lähteenmäki-Uutela vd., 2021; Thiviya vd., 2022a). Gıda, endüstriyel ve tarımsal atık kullanılarak üretilen THP gelecekte potansiyel bir kaynak olarak (Kumar vd., 2024), tek başına veya bir takviye olarak değerli bir insan gıdası veya hayvan yemi olarak hizmet etme potansiyeline sahip olacaktır (Onyeaka vd., 2022). Çevresel etkileri endişe verici olan hayvansal protein tüketiminin azaltılması için, algler, siyanobakteriler, THP, deniz yosunları, böcekler, yapay et ve sentetik proteinler gibi besinsel ve çevresel performans açısından umut vadeden alternatif ve sürdürülebilir protein kaynaklarının yanı sıra, düşük çevresel etkiye sahip zengin bitki bazlı protein kaynaklarının da dikkate alınması önerilmektedir (Parodi vd., 2018; Banach vd., 2023; Soria-Lopez vd., 2023).

Hatalı tarımsal uygulamalar; iklim değişikliği, arazi bozulması, su kıtlığı ve biyolojik çeşitlilik kayıplarına neden olduğundan, gıda sistemlerinin sürdürülebilirliği, biyoreaktörleri kullanarak kapalı koşullarda hayvan, mikrobiyal veya bitki hücrelerini üretmek için, verimli, geri dönüşüm ve emisyon kontrolünü sağlayan yeni gıda üretim teknolojilerini gerektirmektedir. Hüresel tarım, çeşitli gıda ve bileşenlerinin tarımsal üretimine alternatif

bulmayı amaçlayan, biyoteknolojinin yeni bir alanıdır. Hücresel tarımın önemli bir alanı, yüksek protein içeriğine sahip gıda ve yem olarak mikroorganizma ve mikroalglerin kullanımıyla THP üretimidir (Nyyssölä vd., 2022). Hücresel tarımın bir dalı olarak THP veya mikrobiyal protein (MP) hasadı için mikroorganizmaların kullanımı daha fazla ilgi görmektedir. Gıda amaçlı THP üretimi için mikroorganizma kullanılması; bitki ve hayvan proteinlerine göre hızlı gelişme, daha düşük alana ihtiyaç duyma, daha düşük su gerektirme, üretiminin iklim veya mevsimden bağımsız olma gibi avantajlara sahiptir; ancak sıcaklık, oksijen, ışık ve sürekli karıştırma gibi kontrollü koşullar altında gelişme ortamına ihtiyaç göstermektedir (Sharif vd., 2021; Bertasini vd., 2022; Salazar-López vd., 2023). THP üretimi aslında yeni olmayıp sürekli gelişen ve gelişecek olan ümit vadeden önemli bir alandır.

Gıda atıkları çevresel ve ekonomik sonuçları olan bir sorun olduğu gibi karbonhidrat, lipit, protein, vitamin, mineral ve biyoaktif bileşiklerin de bir kaynağıdır. Substrat dönüşümünde hızlı gelişme oranı nedeniyle yüksek verimlilik özelliğine sahip mikroorganizmalar, gelişme ve biyokütle üretimi için karbon ve enerji kaynağı olarak ucuz ve çok sayıda tarımsal atığı kullanabilmekte; bu da uygunsuz atık yönetiminin neden olduğu çevresel etkiyi azaltmaya yardımcı olabilmektedir (Mensah vd., 2017). THP, ham ve atık materyalin mikroorganizma gelişmesinde kullanılabilmesi, mikroorganizmaların substratı yüksek verimli biyokütleyle verimli bir şekilde dönüştürebilmesi, üretimin mevsim ve iklimsel değişikliklerinden etkilenmemesi, mikrobiyal hücrenin hızlı çoğalması ve genel olarak tüm biyokütlenin yenilebilmesi gibi avantajlara sahiptir (Nyyssölä vd., 2022; Rajput, vd., 2024). Bu nedenle, artan nüfusun beslenme ihtiyacını karşılamak için alternatif, yenilikçi, uygun fiyatlı ve değişik protein kaynakları keşfedilmeli ve geliştirilmelidir. Bu derlemede, protein üreten mikroorganizma uygulamasındaki son gelişmeler, tek hücre proteini üretimi amacıyla atık ve gıda yan ürünlerinin kullanımı, hassas fermantasyon ve sentetik biyoloji konuları ve geleceğe yönelik perspektifler değerlendirilmiştir.

## 2. HÜCRESEL PROTEİNLER

Gelecek vaat eden bir çözüm olarak tanıtılan ve gittikçe yaygınlaşan hücresel tarım, hücre tabanlı teknolojiler kullanılarak özellikle hayvansal ürünlerin endüstriyel olarak üretilmesi esasına dayanmaktadır. Yapay et veya

etin biyofabrikasyonu, sentetik ortam ve çiftlik hayvanlarından hasat edilen kök hücreler kullanılarak insan tüketimi için biyoreaktörler içinde hayvansal doku üretilmesini içermektedir. Alternatif proteinler gelecekteki gıda güvencesi ve sürdürülebilir gıda üretimi açısından önemlidir. Mikrobiyal fermantasyon yoluyla yeni tip gıda ve gıda bileşenleri üretimi mümkün olabilirken, halen çok küçük ölçekte de olsa, sentetik biyoloji teknikleri, kök hücre biyolojisi ve doku mühendisliğindeki gelişmeler sonucunda, kök hücreler kullanılarak biyoreaktörlerde yapay et gibi alternatif proteinler ve hayvansal dokular üretilmektedir (Rubio vd., 2020; Zhang vd., 2020). Tarımsal atıklarla üretilen kuru THP hem insanlar hem de hayvanlar için artan protein taleplerini karşılamak için yeni fırsat olarak değerlendirilmektedir (Kumar vd., 2024). Protein içeriğine ek olarak THP; yağ, karbonhidrat, nükleik asit, yağ asidi, vitamin ve mineral içerir ve lizin, treonin ve metiyonin gibi belirli temel amino asitler açısından da zengindirler.

Hücre sel tarım, farklı ürünlerin üretimi için yeni bir alandır (Reiss vd., 2021). Bitki bazlı et ve laboratuvar da üretilen etler, klasik ete alternatifler olarak öne sürülse de bunların beslenme, ekonomi, sağlık, kaynak ve çevresel etkileri kapsamlı araştırmalar gerektirmektedir (Dolgin, 2020, Rubio vd., 2020). Gerçekten de ileriye dönük yeni bir çözüm olarak tanıtılan hücre sel yetiştiricilik (tarım) teknikleriyle deri, balık, yumurta, süt ve deniz ürünleri proteinleri başarıyla üretilmiş olsa da yapay et üretimi halen başlangıç ve araştırma aşamasındadır (Hassoun vd., 2024). Son yıllarda beslenme, sağlık, güvenlik ve çevre koruma açısından bazı avantajları olduğu düşünülen yapay et ve bitkisel proteinli et üretiminde bir gelişme eğilimi olduğu bildirilmektedir (Wang ve Zhang, 2024). Ayrıca son teknolojik gelişmelerin, çevre, insan sağlığı ve hayvan refahı için birçok farklı etkiyle yapay et araştırmalarını hızlandırdığı bildirilmiştir (Treich, 2021; Nobre, 2022). Yapay et ve bitki bazlı ikamelerin, mevcut haliyle hayvansal et üretimini kirlilik, sera gazı emisyonları, toprak ve su ihtiyaçları gibi dünya üzerine olan yükünün hafifletilmesi ve dünyanın bazı bölgelerinde görülen yüksek et tüketiminin neden olduğu sağlık endişelerinin azaltılması bakımından ilgi gördüğü vurgulanmıştır (Van der Weele vd., 2019; Noguerol vd., 2021). Ancak halen yapay et üretimi laboratuvar düzeyindedir ve hayvansal etin bazı temel unsurlarından yoksundur. Gelecekte, doku mühendisliğinin gıda bilimiyle ve sistem biyolojisinin makine öğrenimiyle entegrasyonunun bu konuda yeni fırsatlar sunabileceği söylenebilir.

Teknik olarak birçok zorlukları olmakla birlikte (Stephens vd., 2018), arazi ve su gereksinimi ve doğal kaynaklara bağımlılığı azaltacak, besin değeri, tat ve aroma açısından gerçek et ve ürünlerine daha yakın, sağlıklı, güvenli ve sürdürülebilir alternatif olan hücresele et üretimini kolaylaştıracak stratejiler geliştirilmektedir (Benny vd., 2022; Wang vd., 2023a). Sentetik kültür ortamında doku ve kök hücre kültürü kullanılarak biyoreaktörlerde hayvansal doku veya yapay et üretimi (Hassoun vd., 2024) ve yapay et üretmek için mikroorganizmaları belli koşullar altında belirli ürünler üretmeye programlayan hassas fermantasyon (Singh vd., 2022) yenilikçi teknolojiler olarak önemli fırsatlar sunma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, et yerine kullanılma konusunda bitki bazlı proteinler hala et ikamesi olarak kullanılmak için en büyük potansiyele sahiptir. Ayrıca, halen başlangıç ve deney aşamasında olan, enerji yoğun ve mevcut koşullarda ekonomik olarak uygulanabilir olmayan, laboratuvarında yetiştirilen etin seri üretimi ve tüketicilerce kabulü konusunda sorunlar nedeniyle, mevcut durumda, pazar potansiyelinin düşük olabileceği bildirilmiştir (Post vd., 2020; De Oliveira Padilha vd., 2022; Parlasca ve Qaim, 2022). Gıda güvenesi ve sağlıklı beslenme taleplerini karşılamak için biyosentez teknolojileri ve mikrobiyal hücre yetiştirilecek endüstriyel ölçekte biyoreaktörlerin kullanımı ve mikroorganizmalar tarafından biriktirilen belirli gıda hammaddelerin önemi artacaktır (Yang vd., 2022a).

### 3. MİKROBİYAL PROTEİNLER

Nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan protein ihtiyacı, üretim ve tüketim hızıyla birlikte artan endüstriyel atık üretimi sorunlarını ele alan THP tekniği popüler hale gelmiştir (Thiviya vd., 2022a). Mikrobiyal proteinler, yaygın olarak THP olarak bilinirler ve genellikle mikroalgler, mantarlar, mayalar veya bakteri türlerinden elde edilirler. Mikrobiyal THP, kullanılan substrat ve mikroorganizmalara bağlı olarak, kuru kütle bazında %30-80 oranında protein içeriğine sahiptir. THP üretimi için kullanılan kaynaklardan en yüksek protein içeriğine %60-70 ile algler, bunu %30-80 ile bakteriler, %30-50 ile mayalar ve %10-20 ile protistalar takip etmektedir (Bertasini vd., 2022). Yüksek oranda proteine sahip mikroorganizmaların hızlı büyüme gücü, biyokütle yetiştiriciliğinde kullanılarak çok miktarda protein üretilmesini sağlayabilir (Bajić vd., 2023). Mikroorganizmaların istenilen hedeflere yönelik tasarımı, dönüşümü ve hatta yeniden sentezi ve canlı sistemlerin tasarımı için disiplinler arası entegrasyona dayanan sentetik biyoloji teknolojisinin (Huang ve Nikel,



2019), yeni türler ve teknolojiler oluşturarak gıda endüstrisinin üretim kapasitesini artıracığı, kirliliği ve enerji tüketimini azaltacağı öngörülmektedir (Shi vd., 2022). Gelecekte gıda endüstrisi, gıda teknolojisi, biyoteknoloji ve bilgi teknolojilerinin entegrasyonu yoluyla gıdanın üretilme biçiminin değiştirileceği ve geleceğin gıdalarının büyük ölçüde endüstriyel atölyelerde verimli, çevre dostu ve sürdürülebilir şekilde üretilbileceği öngörülmektedir (Wang ve Zhang, 2024). Gıda üretim zincirinde; koruma, istenen özelliklerin geliştirilmesi, lezzet oluşumu ve değerli bileşikler üretimi için hücre fabrikalarında mikroorganizmaların kullanımında, kimyasal koruyucuların azaltılması için doğal koruma yöntemleri ve bitki bazlı ham maddeleri fermente etmek için mikrobiyal kombinasyonlarının geliştirilmesi önerilmektedir (Bachmann ve Neves, 2019).

Gelecekte gıda üretimi, hem birden fazla sağlığa yararlı özelliğe sahip yeni mikroorganizmaları keşfedip karakterize ederek yeni gıda formülasyonlarına uyarlar (Albayrak ve Duran, 2022), hem de su ve kaynak kıtlığı, çevresel etki, sıcaklık değişiklikleri, gıda güvenliği, güvenilirliği, kıtlığı ve israfı gibi zorlukları aşmalı ve düşük maliyetle çözmelidir (Çakmakçı ve Çakmakçı, 2023). Özellikle, araştırılmamış ve yeterince incelenmemiş yeni fermente gıdaların probiyotik potansiyelini belirlemek ve yeni süt ya da süt ürünü olmayan probiyotik gıdalar geliştirilmesi için mikrobiyal kaynakların değerlendirilmesi büyük öneme sahiptir. Gelecekte sentetik biyoloji teknolojileriyle protein, lipid ve vitamin gibi gıda bileşenlerinin mikroorganizmalar tarafından çevre dostu yöntemler ile hızlı bir şekilde üretilmesi umut verici bir alternatif olabilir. Ayrıca mikrobiyal biyokütle, sadece protein ve lipitleri değil, aynı zamanda biyotin, folik asit, siyanokobalamin, niyasin, pantotenik asit, piridoksin, askorbik asit, pantotenik asit, riboflavin,  $\alpha$ -tokoferol,  $\beta$ -karoten ve tiamin gibi birçok vitamini sağlayabilmektedir. Beslenme, güvenlik, kalite, kaynak dönüşüm etkinliği ve geliştirilecek ürün değerlendirme ve ürün kalite standartları dikkate alınarak gıdaların biyolojik üretimi, mevcut geleneksel gıda üretim endüstrisine önemli bir katkı sağlayacaktır. THP gıda takviyelerinde ve hayvan yemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde et ikameleri, doku oluşturucu maddeler, lezzet arttırıcılar, aroma maddeleri, vitamin taşıyıcılar, mikro besin taşıyıcılar ve emülgatörler fırınlanmış ürünlerin, çorbaların, hazır yemeklerin ve diğer birçok gıda ürününün besin değerini artırmak için yaygın olarak kullanılırlar (Suman vd., 2015; Thiviya vd., 2022a; Kumar vd., 2024).

Günümüzde mikrobiyal proteinlerin, tam hammadde olarak değil, genellikle tamamlayıcı bileşen olarak kullanıldığı görülmektedir. Ticari bakteri ve mantar üretim sistemlerinin küresel gıda-yem tedarik zincirlerini desteklediği, ön işlem gerektirdiği için gıda atıklarını sınırlı oranda kullandığı, başlangıç aşamasında olduğu ve bazı durumlarda geleneksel protein sistemlerinden daha maliyetli olduğu bildirilmiştir (Sobhi vd., 2023). Birçok önemli gelişmeye rağmen, THP üretim sektörünün nasıl evrileceği belirsizliğini korumaktadır (Bajic vd., 2023). THP halen küçük bir pazar payına rağmen, artan küresel protein talebi ve sürdürülebilir gıda üretimine olan ihtiyacın artması nedeniyle gelecekte önemli bir alternatif olabileceği öngörülmektedir (Jain vd., 2023). Biyoteknoloji ve fermantasyon teknolojisindeki son gelişmeler, mikrobiyal protein sentezinde önemli atılımlara yol açarak verimliliği ve ölçeklenebilirliği artırmıştır (Dalbanjan vd., 2024). THP ticarileşmiş olmakla birlikte, fermantasyon koşullarının optimizasyonu, çeşitli potansiyel substratlar, farklı karbon kaynakları arayışı ve çeşitli mikroorganizmaların incelenmesi konularında araştırmalar devam etmektedir.

Bakterilerden, mayalardan, filamentli mantarlardan veya mikroalglerden elde edilen yenilebilir mikrobiyal biyokütle, mevcut gıda ve yem kaynaklarına umut vadeden bir alternatiftir (Linder, 2019). Mikroorganizmalar ve alglerin sahip olduğu veya ürettiği biyoaktif bileşenler gıdalara işlevsel özellikler kazandırabildiği gibi antimikrobiyal özellikleri ile raf ömrünün uzatılmasına da katkıda bulunabilirler. Örneğin, algler, yüksek miktarda proteine sahip olduğu kadar, temel amino asitler, doymamış yağ asitleri ve vitaminlerce de zengin olup daha sağlıklı gıdalar elde etmek için et ve ürünlerine işlevsel bileşenler olarak ilave edilebilmektedirler (Wang vd., 2023b). Günümüzde mikroalg biyokütlesi, içerdiği biyoaktif bileşenler nedeniyle salata, kek ve peynirli çöreklerde kullanıldığı gibi (Wells vd., 2017), tablet veya toz halinde takviye gıda olarak satılmakta (Lafarga, 2019), ayrıca tahıllar, süt ürünleri, içecekler ve et ürünleriyle birlikte pazarlanmaktadır (Chen vd., 2022). Bunlara ilaveten fotosentezden bağımsız büyük ölçekli karbondioksit fiksasyonu da gıda üretiminde önemli bir teknoloji sıçraması olarak görülmektedir (Linder, 2019).

#### **4. TEK HÜCRE PROTEİNLERİNİ ÜRETEN MİKROORGANİZMALAR**

Tek hücre proteinleri, tek veya karışık mikroorganizma kültüründen elde edilen biyokütle veya protein özütüdür. Protein sentezi ve karbonhidratları

fermente etme kapasiteleri nedeniyle *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*, *Torulasporea delbrueckii* gibi maya türlerinin sürdürülebilir biyokütle üretimi için; *Aphanocapsa*, *Nostoc* ve *Spirulina* sp. gibi siyanobakteriyel türlerin ise biyoremediasyon, atık su arıtımı ve özel uygulamalarda protein sentezi için önemli potansiyel seçenekler olduğu vurgulanmıştır (Dalbanjan vd., 2024). THP üretiminde yaygın olarak kullanılan bakteriler *Cellulomonas*, *Alcaligenes*, *Brevibacterium*, *Lactobacillus* ve *Rhodospseudomonas*; algler *Spirulina* ve *Chlorella*; mantarlar *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Fusarium* ve *Rhizopus*; mayalar ise *Candida*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula* ve *Rhodosporeidium* türleridir (Suman, vd., 2015; Thiviya vd., 2022a; Kumar vd., 2024). Ayrıca, *Spirulina* sp., *Arthrospira platensis* ve *Aphanizomenon flos-aquae* gibi siyanobakteriler; *Chlorella luteoviridis*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella vulgaris*, *Odontella aurita* ve *Tetraselmis chuii* gibi algler; *Saccharomyces cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica* gibi mayalar ve *Clostridium butyricum* gibi bakteriler, Avrupa Birliği Ülkelerinde gıdalarda kullanım için kabul edilen mikroorganizmalardır (Lähteenmäki-Uutela vd., 2021).

THP üreticisi olarak en iyi bilinen mantar türleri *Fusarium venenatum*, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. oryzae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Monascus ruber*, *Penicillium citrinum* ve *Trichoderma viride*'dir (Valentino vd., 2016; Ritala vd., 2017; Ibarruri vd., 2021; Bajić vd., 2023). Ancak *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* ve *Aspergillus* türlerinin zararlı etkilerinin olabileceği ve üretimi sırasında mikotoksin oluşma ihtimalinin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (Perincherry vd., 2019; Kumar vd., 2024). Ökaryotik mantarların heterojen bir grubu olan mayaların biyoteknolojik uygulamaları şu anda *Candida utilis*, *Kluyveromyces marxianus*, *Yarrowia lipolytica* ve *Pichia pastoris* gibi belli sayıda türle sınırlı olup bunlar arasında *Saccharomyces cerevisiae* baskın bir yere sahiptir. Mayalar arasında *Candida*, *Saccharomyces*, *Rhodosporeidium* ve *Rhodotorula* cinslerine ait türlerde kuru kütlede yaklaşık %40–60 protein bulunur (Kumar vd., 2024). Maya ve mantarlar, geleneksel fermantasyonda uzun süreden beri kullanılmaları nedeniyle THP üretimi için en çok kabul gören ve en çok kullanılan mikroorganizmalardır (Riesute vd., 2021).

Bakteriler hızlı gelişme ve karbonhidratlardan hidrokarbonlara ve petrokimyasallara kadar çeşitli ham maddeler üzerinde çoğalma yeteneği nedeniyle mikrobiyal protein üretmeye uygun özelliklere sahiptir. Mikrobiyal protein üreten bakteriler arasında *Brevibacterium*, *Cellulomonas*, *Alcaligenes*,

*Rhodopseudomonas* ve *Lactobacillus* türleri bulunur ve özellikle *Clostridium butyricum* en fazla kabul gören türlerdendir (Kumar vd., 2024). THP için kullanılan diğer bakteriler şunlardır; *Aeromonas hydrophilla*, *Acinetobacter calcaoceticus*, *Alcaligenes eutrophus*, *Methanomonas methanica*, *Methylococcus capsulatus*, *Rhodobacter capsulatus*, *Rhodobacter sphaeroides*, *Rhodocyclus gelatinosus*, *Bacillus* sp., *Cellulomonas* sp., *Methylomonas* sp., *Mycobacterium* sp., *Nocardia* sp., *Pseudomonas* sp., *Rhodopseudomonas* sp., *Brevibacterium* sp., *Methylomonas* sp. ve *Methylophilus* sp. (Bajpai, 2017a; Bratosin vd., 2021; Zhang vd., 2024). Bakteri popülasyonları 2 saat gibi kısa bir sürede iki katına çıkabilmekte ve *Bacillus* sp., *Cellulomonas* sp., *Clostridium* sp., *Sphingobium* sp. ve *Rhodococcus jostii* lignoselülozik biyokütlenin parçalanmasında kullanılabilir (Zhang vd., 2024). Son araştırmalara göre protein oranları yüksek *Bacillus subtilis* (%71), *Rhodopseudomonas palustris* (%72-74) ve *Rhodopseudomonas spalustris* (%74) suşlarının lipitler ve vitaminler yönünden de avantajlı olduğu bildirilmiştir (Bratosin vd., 2021). Ayrıca protein üretimi için gaz fermente eden bakterilerden, gaz halindeki hidrojeni ve metanı oksitleyen bakterilerin, araziye ve organik substratlara ihtiyaç duyulmaksızın kuru madde hücre kütlelerini %70'in üzerinde bir protein verimine çıkarabilecek önemli bir alternatif olabileceği bildirilmiştir (Nyyssölä vd., 2022; Woern ve Grossmann, 2023).

Araştırmalarda, metan oksitleyen *Methylomonas* sp. ve *Methylococcus* sp. bakterilerinin sırasıyla %56 (Zha vd., 2021) ve %70 (Geşicka vd., 2021) kadar THP üretebildiği gösterilmiştir. Zorunlu metanotrofik *Methylococcus capsulatus* türünün azot asimilasyon yeteneği nedeniyle enerji üretimi ve biyokütle oluşumu için kullanılabilir; ancak karbon monoksit veya hidrojenin oksitlenmesi, amonyak, nitrat ve üre metabolize edebilme özellikleriyle *Pseudomonas carboxydohydrogena* türünün etkin kullanımı için daha fazla araştırmaya gerek olduğu vurgulanmıştır (Woern ve Grossmann, 2023). Hidrojen oksitleyici bakterilerden lipit üretici *Rhodococcus opacus* ve klorlu hidrokarbonları parçalama yeteneğine sahip *Xantobacter autotrophicus* türlerinin endüstriyel potansiyelinin yüksek olduğu vurgulanmıştır (Pander vd., 2020). Hidrojenotroflar ve metanotroflar üzerinde yürütülen araştırmalar, bu bakterilerin, tarımsal protein üretiminde önemli ölçüde daha az emisyonla, daha az arazi ve su kullanarak, sürdürülebilir gıda üretimi için muazzam bir potansiyel olduğu sonucuna varmıştır (Järviö vd., 2021; Khoshnevisan vd., 2020, Pander vd., 2020, Sillman vd., 2020). Hidrojen oksitleyici bakterileri

kullanarak protein ve diğer gıda ve yem bileşenleri üretmek, ivme kazanan bir endüstriyel biyoteknoloji biçimidir. Ototrofik hidrojen oksitleyici bakteriler tarafından üretilen mikrobiyal proteinin çevresel etkilerinin değerlendirildiği araştırmalar; mikrobiyal protein üretiminin, bitkisel protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, daha düşük arazi ve su kullanım gereksinimine ve ötrofikasyon potansiyeline ve hayvansal gıda protein kaynaklarına kıyasla %53-100 daha düşük çevresel etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Järviö vd., 2021).

Protein tedarik zincirine gaz fermantasyonunun dahil edilmesi, çeşitli gaz fermente eden bakteri türlerinden optimum büyüme kinetiğine sahip suşların tanımlanmasını gerektirmektedir. Mikrobiyal proteinler umut verici görünmesine rağmen, mikrobiyal protein ürünlerinin sürdürülebilirliğini, kalitesini ve güvenliğini garanti altına almak için koordineli çabalar ve disiplinlerarası yaklaşımlar gerektiği; müşteri kabul edilebilirliği ve endüstriyel ölçeklendirme gibi alanlarda hala aşılması gereken engeller olduğu bildirilmiştir (Dalbanjan vd., 2024). Mikrobiyal protein üretimi belli suş kültürü kullanımı ve hazırlanması, ortam, substrat ve havanın sterilizasyonunu gerektirmektedir. THP üretmek için seçilen suş veya suşların çoğaltılması kolay olmalı ve endüstriyel fermantasyon koşulları altında gelişebilmeli, çevresel değişikliklere direnç gösterebilmeli, fermantasyon sürecinde optimum biyokimyasal ve fizyolojik özellikleri korunmalı ve metabolizması stabil kalmalı, yüksek protein içeriğine sahip olmalı ve kısa sürede fazla miktarda mikrobiyal protein birikimine olanak sağlamalıdır (Zhang vd., 2024). Endüstriyel kullanım için verimli suşların izolasyonu ve karakterizasyonu konusunda araştırmalara gerek olduğu gibi hidrojenotrofik yetiştirme için kültüvasyon engeli, protein kalitesi konusunda beslenme engeli ve gıda otoritesi tarafından yeni bir gıda olarak onaylanma ve tüketiciler tarafından kabul görmesi ve benimsemesini kapsayan sosyoekonomik engellerin aşılması için kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Bakteriler arasında özellikle *Clostridium butyricum* en fazla kabul gören türlerdendir (Kumar vd., 2024). *Cellulomonas* ve *Alcaligenes*, THP kaynağı olarak en sık kullanılan bakteri türleri olup *Methylococcus capsulatus*, fosil bazlı hammadde, doğal gaz ve sentetik azottan THP üretimi için kullanılmaktadır (Bajić vd., 2023). Fotosentetik bakteri *Rhodobacter capsulatus* üzerinde yürütülen araştırmalarda, THP üretiminin karbon kaynağının biyoyararlanımına bağlı olduğu ve optimum karbon kaynağı

düzenlemelerinin üretimi artırdığı ortaya konulmuştur (Zhu vd., 2022). Hidrojen oksitleyen *Ralstonia eutropha* (*Alcaligenes eutrophus*) ve *Seliberia karboksidohydrogena*'nın yüksek protein ve amino asit içeriği ve proteolitik enzimlerin içermesi nedeniyle potansiyel protein kaynağı olduğu kanıtlanmıştır (Volova ve Barashkov, 2010). Substrat, fermantasyon koşulları, bakteri türü ve fermantasyon sonrası işleme, bakteri biyokütlesinin kimyasal bileşimini etkiler (Zhu vd., 2022). Bu nedenle, optimum fermantasyon koşulları, ucuz substratlar ve çeşitli mikroorganizmaların incelenmesi gereklidir. Mikrobiyal biyokütle verimini artırmak ve protein kalitesini iyileştirmek için karışık mikroorganizma kültürleri önerilmiştir (Yadav vd., 2014). Ancak karışık kültürlerde suşlar arasındaki etkileşimlerin dikkate alınması önemlidir. THP üretimi için peyniraltı suyu kullanıldığında *Kluyveromyces marxianus* ile *Candida krusei* (Yadav vd., 2014) ve *Kluyveromyces marxianus* ile *Saccharomyces cerevisiae* (Yadav vd., 2016) kombinasyonlarının uygun olduğu vurgulanmıştır. Yüksek protein içeriği ve hızlı çoğalmaları ve kısa generasyon süresi avantajına rağmen bakterilerin kullanımı, tüketici kabulü, hasat zorluğu ve maya ve küflere kıyasla yüksek nükleik asit nedeniyle sınırlıdır (Bajpai, 2017b).

## 5. ATIK VE GIDA YAN ÜRÜNLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tarım, ormancılık ve gıda endüstrileri her yıl önemli miktarda atık üretir. Bu atıklarından THP üretimi, mükemmel atık yönetimi için umut vadeden yaklaşımlardan biridir. Tarımsal atıklar THP üretimi için bol miktarda bulunan ve ucuz karbon kaynağıdır. Mevcut gıda sistemlerinin su, arazi ve kaynak kullanımını nedeniyle çevresel maliyeti yüksektir ve aşırı gübre ve pestisit kullanımına bağlı kirlilik nedeniyle küresel sera gazı emisyonlarının ve biyolojik çeşitlilik kaybının önemli nedenidir (Çakmakçı, 2019; Crippa vd. 2021). Aynı zamanda üretilen gıdanın üçte birinden fazlası israf edilmektedir (FAO, 2017). Atıkların plansız bir şekilde depolanması ve yakılması çevre üzerine olumsuz etkiye neden olurken, yem olarak kullanımları da düşük sindirilebilirlik nedeniyle sınırlı olduğundan günümüzde kullanılan atık yönetimi stratejileri birçok dezavantaja sahiptir. Dolayısıyla tarımsal endüstriyel atıkların ve yan ürünlerin hammaddeye dönüştürülerek katma değerli ürünler üretilmesi gerekmektedir. Atılan meyve ve sebzeler, kabuklar, saplar ve diğer tarımsal ve gıda artıklarının yönetimi için yeniden kullanma, geri dönüştürme, yeniden tasarlama, yeniden üretme, azaltma ve geri kazanma

ilkeleri uygulamaya çalışmakta (Jimenez-Lopez vd., 2020; Çakmakçı ve Salık, 2021, 2023) ve atıklardan biyoaktif bileşikler üretilmektedir. Bu atıklarda bulunan fenolik maddeler, proteinler, prebiyotikler, mineraller, vitaminler, pigmentler ve diğer fitokimyasallar, gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde kullanılabilir (Fierascu vd., 2019; Coman vd., 2020; Çakmakçı ve Salık, 2021; Salık ve Çakmakçı, 2023).

Özellikle meyvelerin yenmeyen kısımları, mikroorganizmalar tarafından mikrobiyal protein üretmek için bir enerji kaynağı olarak kullanılabilen fermente edilebilir şekerler ve diğer temel besin maddeleri açısından zengindir. Karbonhidratlar en yaygın olarak kullanılan substrattır. THP üretimi için kullanılan tarımsal kökenli substratlar arasında; şeker kamışı bagası, kağıt fabrikası atığı, pirinç kabuğu, buğday samanı, manyok atığı, şeker pancarı posası, Hindistan cevizi atığı, üzüm atığı, portakal kabuğu, mango atığı, peyniraltı suyu, muz, nar, ananas, üzüm, karpuz, papaya vb. meyvelerden açığa çıkan atıklar önemli yer tutmaktadır (Mensah vd., 2017; Spalvins vd., 2018; Thiviya vd., 2022a; Çakmakçı ve Salık, 2023; Kumar vd., 2024). Bunlar arasında özellikle meyve atıkları fermente edilebilir şeker ve diğer temel besinler açısından mikrobiyal proteinlerin üretimi için uygun substratlardır. Çeşitli tarımsal sanayi ve meyve atıklarından THP üreten bazı mikroorganizmalar Tablo 1'de verilmiştir.

Mikrobiyal protein üretimi için atıkların kullanımı, atık geri dönüşümü ve sızıntı yoluyla hidrosfer ve sera gazı emisyonlarının olumsuz çevresel etkilerinden kaçınmak için uygun bir yaklaşımdır (Khan vd., 2022). Düşük biyokütle verimliliği ve ön işlem gerektirmesi optimum alternatif olmasını sınırlandırmakla birlikte, mikroorganizmaların kullanıldığı mikrobiyal protein üretim yöntemlerinin atık arıtma yöntemi olarak kabul edilmesi durumunda ekonomik ve çevresel bakımdan önemli olacağı bildirilmiştir (LaTurner vd., 2020). Ancak saman bazlı biyokütlenin karmaşıklığı nedeniyle, en yüksek protein verimini ve üretkenliğini elde etmek için endüstriyel suşları özelleştirmek ve fermantasyon sürecini optimize etmek gerekmektedir (Zhang vd., 2023). Maliyeti uygun ve etkili endüstriyel suşlar arasındaki uyumluluğun iyileştirilmesi, besleyici ve uygulanabilir protein ikamelerinin üretilmesini sağlayacaktır.

Mikrobiyal protein üretiminde tek suşlu üretim yerine, çevreye özgü, biyolojik olarak parçalama, biyolojik kompostlama, biyolojik yıkama ve protein sentezi potansiyeline sahip yararlı bakteriler ve diğer

mikroorganizmaların bir bütünü olarak “yerli mikroflora” veya “yerli mikroorganizma konsorsiyumu” önerilmiş ve özellikle balık yemi üretiminde başarılı sonuçlar alındığı bildirilmiştir (Sobhi vd., 2023). Çevreye özgü bir grup yararlı mikroorganizma anlamına gelen yerli mikroorganizmalar koleksiyonu; esas olarak bakterileri içermekle birlikte mayalar, mantarlar, protozoalar, nematodlar ve diğerlerini de içerir. İlâveten yerli mikrofloranın doğal çiftliklerde kullanıldığı ve toprak yapısı ve bitki sağlığında iyileşmeler sağladığı bilinmektedir.

Katı hal fermantasyonu ve mikroorganizmaların düşük su içeriğine sahip substratlarda geliştirilmesi sayesinde tarımsal atıklardan düşük maliyet ve çevresel etki ile biyoaktif bileşikler, enzimler ve biyoyakıt gibi katma değerli ürünler üretilmektedir (Leite vd., 2021; Chilakamarry vd., 2022; Hassoun vd., 2024). Mikoproteinler, tarımsal endüstriyel atıkların besin değerini ve biyolojik aktivitesini artırmak için bir strateji olabilir (Stoffel vd., 2019). Bitki bazlı gıdalar alternatif proteinlerin en büyük kısmını oluşturur. Ancak gelecekte bitkisel yağ üretiminin yan ürünleri başta olmak üzere, tarımsal endüstrilerin yan ürünleri işlenerek, gıda sistemlerinin karlılığını artırmak için, protein kaynağı olarak kullanılabilmesi gibi hayvan, bitki ve mikrobiyal kaynaklar kullanılarak üretilen alternatif hücresel tarım proteinleri de önemli hale gelecektir (Liu vd., 2023).



**Tablo 1:** Farklı mikroorganizmalar tarafından mikrobiyal protein üretimi için kullanılan farklı tarımsal gıda atıkları ve yan ürünler

Hüresel protein üreten mikroorganizmalar	Tarımsal gıda atıkları	Kaynaklar
<b>1. Funguslar</b>		
<i>Aspergillus niger</i>	Portakal, ananas, karpuz, muz ve salatalık atıkları	Oshoma vd., 2018
	Muz kabuğu	Kamal vd., 2019
<i>Aspergillus (A. niger, A. flavus, A. ochraceus), Fusarium (F. semitectum, Fusarium sp. 1,2), Monascus ruber, Penicillium citrinum ve Cladosporium sp.</i>	Pirinç kepeği	Valentino vd., 2016
<i>Aspergillus oryzae</i>	Üzüm posası	Chowdhary vd., 2021
<i>Aspergillus oryzae, Trichoderma koningii</i>	Portakal atığı	Zhou vd., 2019
<i>Trichoderma reesei</i>	Pirinç samanı posası	Novita vd., 2019
<i>Geotrichum candidum ve Candida utilis</i>	Şarap tortusu ve pirinç ıslatma atığı	Zhu vd., 2020
<i>Neurospora intermedia</i>	Atık ekmek	Gmoser vd., 2019
<i>Neurospora intermedia, Aspergillus oryzae</i>	Ekmek artıkları	Kawa-Rygielska vd., 2022
<i>Agaricus blazei, Auricularia fuscusuccinea ve Pleurotus albidus</i>	Bira atığı tahıl ve üzüm posası	Stoffel vd., 2019
<i>Aureobasidium pullulans</i>	Badem kabukları atıkları	Najari vd., 2022
<i>Rhizopus oryzae</i>	Meyve ve sebze atıkları	Ibarruri vd., 2021
<i>Rhizopus oryzae</i>	Balık işleme yan atıkları	Sar vd., 2020
<i>Rhizopus oligosporus</i>	Buğday kepeği	Yunus vd., 2015
<i>Trichoderma reesei</i>	Pirinç samanı posası	Zaki ve Said, 2018
<b>2. Mayalar</b>		
<i>Candida utilis</i>	Patates atık suyu ve gliserol	Kurcz vd., 2018
	Pirinç parlatma artığı	Rajoka vd., 2006
	Mango atıkları	Somda vd., 2018
	Elma posası	Sharif vd., 2021
	Portakal kabuğu	Carranza-Méndez vd., 2022
<i>C. utilis, Geotrichum candidum, Candida tropicalis</i>	Patates nişastası işleme atık suyu	Tian vd., 2023
<i>Candida intermedia</i>	Ön işlem görmüş mısır koçanı	Wu vd., 2018
<i>Candida lipolytica</i>	Zeytin meyvesi atıkları	Rages vd., 2021
<i>Candida tropicalis</i>	Şeker kamışı bagası hemiselülozik hidrolizatı	Magalhães vd., 2018
<i>Candida sorboxylosa</i>	Kahve atıksuyu	Pillaca-Pullo vd., 2023
<i>Cyberlindnera spp.</i>	Muz kabuğu hidrolizatı	Jiru ve Melku, 2018
<i>Geotrichum candidum</i>	Portakal kabuğu	Sakile vd., 2023
<i>Yarrowia lipolytica</i>	Biyoyakıt atıkları	Jach vd., 2020
<i>Galactomyces candidum</i>	Biyogaz çamuru	Zhou vd., 2022
<i>Candida tropicalis</i>	Portakal atığı	Zhou vd., 2019
<i>Candida tropicalis, Candida krusei ve S. cerevisiae</i>	Domates, biber, patlıcan ve salatalık atıkları	Shahzad vd., 2024

**Tablo 1 (devam)**

<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Balık, ananas, muz, elma ve turuncgöl kabukları	Tropea vd., 2022
	Meyve ve sebze atıkları (muz, narenciye ve patates kabuğu, havuç posası)	Khan vd., 2022
	Şekerleme atıksuyu	Bertasini vd., 2022
	Havuç posası	Razzaq vd., 2022
	Hurma atığı	Putra vd., 2020
	Karpuz, ananas kabukları	Abarshi vd., 2017
	Guava kabuğu ve kaju bağısı	Muniz vd., 2020
	Ananas atığı	Mujdalipah ve Putri, 2019; Nuralmasari ve Maharani, 2020; Umesh vd., 2019
<i>Yarrowia lipolytica</i>	Anaerobik sindirim reaktörü beslenmesi gıda atığı	Yang vd., 2022b
<i>Trichosporon cutaneum</i> , <i>Pichia stipitis</i> , <i>Candida guilliermondii</i> , <i>C. tropicalis</i> ve <i>S. cerevisiae</i>	Şeker pancarı posası	Patelski vd., 2015
<i>Kluyveromyces marxianus</i> ve <i>Candida krusei</i>	Peyniraltı suyu	Yadav vd., 2014
<i>Candida utilis</i>	Buğday kepeği	Yunus vd., 2015
<b>3. Bakteriler</b>		
<i>Rhodobacter capsulatus</i>	Karbonhidratca zengin gıda atıkları	Zhu vd., 2022
<i>Bacillus licheniformis</i>	Patates nişastası işleme atığı	Liu vd., 2014
<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Koç boynuzu hidrolizatı	Kurbanoglu vd., 2002
<i>Bacillus subtilis</i>	Soya fasulyesi kabuğu	Wongputtisint vd., 2014
<i>Streptomyces tuisus</i>	Kağıt hamuru ve kağıt fabrika atığı	Khumchai vd., 2022
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>A. niger</i>	Palmiye çekirdeği keki	Kohsar vd., 2021
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Borassus fabellifer</i>	Karpuz atığı	Thiviya vd., 2022b
<i>Rhodococcus opacus</i>	Portakal ve limon posası, mısır	Mahan vd., 2018
<i>Rhodopseudomonas faecalis</i>	Şeker endüstrisi atık suyu	Saejung ve Salasook, 2020
<i>Lactococcus</i> sp., <i>Lactobacillus</i> sp., <i>Saccharomyces</i> sp.	Peyniraltı suyu	Matassa vd., 2022
<i>Lactobacillus</i>	Ananas, nar, elma ve armut atığı karışımı	Patel vd., 2019
<i>Lactobacillus</i> sp.	Portakal, soğan ve bezelye kabukları	Kaur ve Chavan, 2022
<i>Methylophilus methylotrophus</i>	Şeker kamışı melası	Chee vd., 2019
<i>Methylomonas</i> ve <i>Methylophilus</i>	Kanalizasyon çamuru ve atık suyu	Zha vd., 2021
<i>Methylocapsa acidiphila</i>	Metan	Xu vd., 2020
<i>Methylococcus capsulatus</i>	Metan	Rasouli vd., 2018
Methanotrophic ve Hydrogenotrophic	Hayvansal atık ve gübresi	Kerckhof vd., 2021; Verbeek vd., 2021

## 6. HASSAS FERMANTASYON

Fermantasyon günümüzde endüstrinin farklı seviyelerinde bütün mikrobiyal prosedürleri içerecek ve belirli suşlar ve kültürler kullanılarak homojen ve istenilen ürünler üretilecek şekilde genişletilmiştir (Dank vd., 2021; Reboleira vd., 2021; Teng vd., 2021). Geleneksel fermantasyon yöntemiyle, mikroorganizmalar tarafından anaerobik şartlarda, lezzet, besin maddesi profilleri ve dokusal değişiklikler gibi gıda özellikleri değişmektedir. Ayrıca biyokütle fermantasyonu ile mikroorganizmaların hızlı çoğalması ve yüksek protein içeriğinden yararlanarak fazla miktarda yenilebilir protein biyokütlesi üretimi, hassas fermantasyon ile de mikroorganizmaların belirli moleküller ve proteinler üretmek için hücre fabrikaları olarak kullanılması esastır (Singh vd., 2022). Son zamanlarda hassas fermantasyon, hücrelerin metabolik yollarını veya bu süreçlerde yer alan genleri değiştirerek optimize edilmiş hücre fabrikalarında hücrelerden hedef bileşiklerin sentezlenmesine dayanan yaklaşımlar olarak kullanılmaktadır (Teng vd., 2021). Hassas fermantasyon, kontrollü koşullar altında büyük miktarlarda çoğaltılabilen mikroorganizmaların kullanımını içermektedir.

Yapay zekâ, biyoenformatik ve biyolojik gelişmeler sonucunda hassas fermantasyonun gelişmesi, belli gıda bileşenlerinin büyük miktarda üretimine imkan sağlamıştır (Singh vd., 2022). Fermantasyon sürecinin iyileştirilmesi ve enzimatik hidroliz gibi diğer biyoteknolojik gelişmelerin uygulanması; gıda atıklarından ve yan ürünlerden katma değerli bileşiklerin geri kazanılmasına yönelik sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesine neden olmuştur. Günümüzün en temel konularından biri, fermantasyonun gıda atıklarını işlemek ve değerli bileşikleri geri kazanmak için nasıl uygulanacağı üzerinedir (Marti-Quijal vd., 2020). Araştırma sonuçları çok çeşitli gıda işleme atıklarından ve yan ürünlerinden, yeni teknolojiler kullanılarak birçok biyoaktif bileşiğin geri kazanılabileceğini göstermiştir (Ozogul vd., 2021; Socas-Rodríguez vd., 2021). Alternatif protein üretim endüstrisinde; fermantasyon teknolojileri özellikle, mikroorganizmalar kullanılarak ürün geliştirme için fazla miktarlarda protein ve diğer önemli bileşenlerin elde edilmesine yönelmiştir (Ong vd., 2020).

Fermantasyon farklı şekillerde kullanılabilmeyle birlikte gelecek için en önemli işlevinin, mikroorganizma, alg veya mantar türleri aracılığıyla yararlı bileşenleri üretme olduğu açıktır. Fermantasyon endüstrisi geliştikçe, fermantasyonun lezzet iyileştirmekten üretim sonrası beslenme ve raf ömrünü uzatmaya kadar güvenli bileşenler üretim sürecinde kritik rol oynayacağı

vurgulanmıştır (Singh vd., 2022). Araştırmalarda aljinatın mikrobiyal üretimi için *Pseudomonas aeruginosa* (Valentine vd., 2020), kitosan üretmek için *Rhizopus oryzae* (Yang vd., 2017) kullanılmıştır. Kısa zincirli yağ asitleri, bütanol ve etanol üretebilen *Clostridium* suşlarının kullanıldığı mikrobiyal fermantasyonla endüstriyel atıkların değerlendirilmesinin, karbon ayak izini azaltarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunduğu vurgulanmıştır (Luo vd., 2018). Batılı ülkelerde kullanımı sınırlı olan ancak, Asya ve Afrika'da soya ve keçi boynuzu fermantasyonunda gıda bileşeni olarak kullanımı yaygın olan *Bacillus* suşlarının, gıda fermantasyonunda kullanımı, başlangıç kültürlerinin geliştirilmesi ve fermantasyon süreçlerinin optimizasyonu için araştırmalara gerek olduğu vurgulanmıştır (Bachmann ve Neves, 2019). Ayrıca reaktör performansını iyileştirmek için mikrobiyal popülasyon yapısı ve işlevinde iyileştirmeler hala gereklidir.

## 7. SENTETİK BİYOLOJİ

Sentetik biyolojideki gelişmelerle birlikte mikroorganizmalar tarafından çevre dostu hızlı gıda üretimi, umut verici bir alternatif olarak ileri sürülmektedir (Shi vd., 2022). Sentetik biyoloji, sağlıklı ve özel tasarlanmış protein, lipit ve vitamin gibi gıda bileşenlerinin üretiminde kullanılabilen canlı mikroorganizma mühendisliği olarak ortaya çıkmıştır. Zengin bitki bazlı protein kaynaklarına ilaveten (Lonnie vd., 2018), mikrobiyal proteinler veya THP olarak tanımlanan alg, mantar, bakteri veya fotovoltaiik destekli mikrobiyal biyokütleden üretilen gıdaların, gıda yeterliliğine katkı sağlayabilecek önemli bir yaklaşım olduğu bildirilmiştir (Leger vd., 2021; Walker ve van Loon, 2023). Bazı protein ve değerli fonksiyonel gıda bileşenlerinin üretiminde mikroorganizmalardan yararlanılabildiği gibi, kazein benzeri proteinlerin üretiminde de mikrobiyal fermantasyon kullanılabilir (Takefuji, 2021). Gelecekte, yenilikçi teknolojiler, sürdürülebilir tarım ve beslenme değişiklikleri ile birlikte karbonhidrat, protein ve yağ üretmek için mantar, bakteri, maya ve mikroalglerin kullanımı yaygınlaşacaktır (Landesz, 2023). Gelişen teknolojiler ve gıda mimarisi yaklaşımıyla, farklı kaynaklardan, hayvansal gıdalar gibi görünen, hissedilen ve vitamin ve minerallerce zenginleştirilmiş, lezzetli, yararlı, sağlıklı ve sürdürülebilir yeni nesil gıdalar üretilmektedir. Ancak ister doğal ister sentetik olarak üretilmiş olsun, işlevsel ve güçlendirilmiş gıdalar beslenme ve

sağlık açısından faydalı bileşenler ve besin maddeleri içermeli ve ürünün duyuşal özellikleri korunmalıdır (Çakmakçı vd., 2023b).

Mikroorganizmaların endüstriyel ölçekte çoğaltılması daha az kaynak kullanmakta ve birçok çevresel sorunu ortadan kaldırmaktadır. Örneğin mikrobiyal olarak protein üretimi normal soya fasulyesi proteini üretimiyle karşılaştırıldığında; 140 kat daha az su tüketmekte ve ekilebilir arazi gerektirmemektedir (Shi vd., 2019). Mikrobiyal protein yüksek verimliliğe sahip olup iklim koşullarına bağılı olmadan, doğal kaynakları fazla tüketmeden biyoreaktörlerde toplu ve sürekli proseslerle üretilebilmektedir (Sobhi vd., 2023). Mikrobiyal protein fotosentez sürecine bağılı olan mikroalgler ve siyanobakteriler gibi fotoototrofik mikroorganizmalar tarafından üretilebildiğı gibi (Smetana vd., 2017), enerji elde etmek ve karbon kaynağı olarak CO<sub>2</sub> kullanmak için inorganik bileşenleri oksitleyebilen kemoototrofik mikroorganizmalar tarafından da üretilebilir (Mishra vd., 2020). Ancak ototrofik yetiştirme sistemleri sınırlı çoğalma gösterirken, enerji ve karbon elde etmek için organik maddeyi asimile etme konusunda yüksek yeteneğe sahip bakteriler, mantarlar, mayalar ve hatta belirli koşullar altında bazı mikroalg türleri gibi heterotrofik mikroorganizmalar mikrobiyal proteinlerin en yaygın ticari üreticileridir (Sobhi vd., 2019, 2023). Gıda atığından mikrobiyal protein üretimi için organik karbon kaynağı olarak kullanımı üzerine yapılan araştırmalarda patates nişastası işleme atığının *Bacillus licheniformis* (Liu vd., 2014), peynir altı suyunun *Kluyveromyces lactis* ve *Rhodotorula graminis* (Myint vd., 2020), zeytin atığı hidrolizatının *Candida lipolytica* (Rages vd., 2021), muz, narenciye, patates kabuğı ve havuç posasının *Saccharomyces cerevisiae* (Khan vd., 2022), buğday samanı hidrolizatının *Candida utilis* (Voutilainen vd., 2022) ve portakal kabuğunun da *Candida utilis* (Carranza-Méndez vd., 2022) suşları tarafından kullanıldığı rapor edilmiştir.

Mikroorganizmalar; mono ve disakkaritler açısından zengin olan pekmez, süt ürünleri ve meyve işleme atıklarını yüksek ürün verimleri ve hafif ön işleme metabolize edebilmektedir. Ancak, nişasta açısından zengin substratları kullanmak için öncelikle monosakkaritlere hidrolize edilmeleri gerekir; bu da genel maliyeti artırabilir. Tek hücre mikrobiyal protein üretiminde, protein açısından zengin kaynaklar kullanılması durumunda, proteolitik mikrobiyal enzimler gereklidir (Spalvins vd., 2018). Özellikle sentetik biyolojide, yeni araçların ortaya çıkması, sürdürülebilir yeni gıda kaynaklarının ve mikroorganizmaların biyokütlelerinden gıda üretmek için

hücre fabrikalarının kullanımını cazip hale getirmektedir. Ancak halen çözülmesi gereken teknik, ekonomik ve toplumsal sınırlamaların olduğu da bir gerçektir (Graham ve Ledesma-Amaro, 2023). Mikrobiyal biyokütle, yetersiz olsa da, ticari hayvan yemi (Tyagi vd., 2016; Ritala vd., 2017) ve insan tüketimi (Matassa vd., 2016; Fraser vd., 2018) için protein pazarında mevcuttur. Gelecekteki gıda yeterliliğini ve güvenliğini güçlendirebilecek güvenilir alternatif çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapay et, süt ve yumurta benzeri ürünler geleceğin gıdaları olarak gelişirken (Sim vd., 2021), protein, fermantasyon, enzim, hücre ve genetik mühendisliği ve moleküler gıda gibi üretim teknolojileri önemli itici güçler haline gelmektedir (Hassoun vd., 2022). Gıda alanındaki sentetik biyoloji araştırmaları geç başlamış olsa da (da Fonseca-Pereir vd., 2022); sentetik biyoloji teknolojisi, gıda bileşenlerinin hedeflenen, verimli ve doğru üretimini sağlamak, yenilenebilir ham maddeleri gıda bileşenlerine, fonksiyonel gıda katkı maddelerine ve besin maddelerine dönüştürmek için mikrobiyal gıda genomlarını ve gıda bileşeni sentez yollarını tasarlamak için kullanılabilir (Wang ve Zhang, 2024). Gıda bileşenleri üretimine yönelik geliştirilen enzimatik hidroliz ve hassas fermantasyon teknolojileri; yan ürünlerin değerlendirilmesi ile birçok değerli, biyoaktif ve fonksiyonel bileşenin geri kazanılmasına olanak sağlayabildiği gibi, sürdürülebilir bir gıda üretimine, yeni biyoaktif bileşiklerin ve yeni fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine de yardımcı olabilir. Nitekim, sentetik biyoloji ve fermantasyon teknolojilerindeki gelişmelerin, proteinlerin fabrikasyon şeklinde üretilmesini sağlayabildiği vurgulanmaktadır (Asseng vd., 2021; Tubb ve Seba, 2021). Bitkilerin, mantarların ve bakterilerin yetenekleri ve karşılıklı olarak faydalı etkileşimleri, gelecekteki gıda üretimi ve işlenmesi için kritik öneme sahiptir.

## 8. SONUÇ

Gelecekte gıda endüstrisi; biyoloji ve gıda teknolojisinin gelişmesiyle daha zengin biyolojik kaynaklara doğru genişleyecektir. Yapay zeka, sentetik biyoloji, fabrikasyon halinde mikrobiyal faaliyetlerle tek hücre üretimi, hücre katkısı ve besin maddesi üretimi ve diğer yeni teknolojilere dayalı geleneksel ve modern gıdaların geliştirilmesi mümkün olacak ve sayısız üretim yöntemlerini ve yaşam tarzlarını yansıtacaktır. Mikrobiyal proteinin, diğer protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, protein birimi başına önemli ölçüde daha düşük çevresel etkilere sahip olduğu görülmektedir. Ekosistem

kaynaklarının uygun yönetimi ve mikroorganizmalar ve bitkiler arasındaki olumlu karşılıklı ilişkiler ve bunların kullanımının daha iyi anlaşılması, gıdanın geleceği bakımından önemlidir.

Yakın gelecekte yeni, sürdürülebilir ve uygun gıda üretim teknolojilerinin geliştirilmesi için karşılaşılabilecek en önemli zorluklar iklim değişikliği, nüfus artışı ve kaynak tükenmesidir. Mevcut ve gelecekteki zorluklar gıda ürünlerindeki mikroorganizma ve toksinleri, gıda alerjenleri, güvenlik ve kalite arasındaki ortak optimizasyon, belli yaş, özellik ve yaşam tarzlarına göre geliştirilmiş gıda bulunabilirliği, alternatif protein kaynakları, daha az su ve enerji tüketen süreçler, çevresel, sosyal ve ekonomik kaygılar ve küresel ısınma sayılabilir. Mikrobiyal protein kaynaklarının keşfi ve geliştirilmesi, gıda güvencesi, kaynakların korunması, çevresel sürdürülebilirlik ve toplum sağlığı konusunda artan endişeler nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Hücresel tarım teknikleri kullanılarak; tarımsal endüstri atıklarının geri dönüşümüyle daha ucuz ve çevre dostu kaliteli alternatif protein kaynakları geliştirilerek, sürdürülebilir ve dayanıklı gıda sistemlerinin geliştirilmesi teşvik edilebilir. Gelecekteki gıdaların daha güvenli, besleyici, lezzetli ve sürdürülebilir olması bakımından, bitki bazlı gıda, gıda katkı maddesi üretimi, ikame ve tek hücre proteinleri, sentetik biyoloji, hassas fermantasyon ve gıda teknolojisindeki yenilikler geniş çapta ilgi görecektir.

Modern bilimin ve teknolojik yeniliklerin gıda talep ve arzını dönüştüreceği kesindir. Ancak uygulamaya geçmeden önce farklı bilim disiplinleri arasında işbirliği yapılması ve yeni ürün tasarımı ve geliştirilmesinde yeni teknolojilerin risklerinin değerlendirilip azaltılması zorunludur. Gelecek için tüm ham maddelerin, yan ürünlerin ve yan akımların sürdürülebilir kullanımı, daha fazla yeni ürün ve gıda kaynağının araştırılıp geliştirilmesi, sentetik biyoloji ve mikroorganizma kaynaklarının mümkün olduğunca kullanımı ve gıda israfını azaltabilecek ve gıdaları koruyabilecek stratejiler geliştirilmesi gıda güvenliği ve insan sağlığı için elzemdir.

## KAYNAKÇA

- Abarshi, M.M., Mada, S.B., Amin, M.I., Salihu, A., Garba, A., & Mohammad, H.A. (2017). Effect of nutrient supplementation on single cell protein production from watermelon and pineapple peels. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 25, 130–136.
- Albayrak, Ç.B., & Duran, M. (2022). Worldwide research tendencies on probiotics in food science: 1993 to 2021. *British Food Journal*, 124, 679-700.
- Alberti, M.A., Blanco, I., Vox, G., Scarascia-Mugnozza, G., Schettini, E., & Pimentel da Silva, L. (2022). The challenge of urban food production and sustainable water use: Current situation and future perspectives of the urban agriculture in Brazil and Italy. *Sustainable Cities and Society*, 83, 103961.
- Anser, M.K., Khan, M.A., Nassani, A.A., Aldakhil, A.M., Voo, X.H., & Zaman, K. (2021). Relationship of environment with technological innovation, carbon pricing, renewable energy, and global food production. *Economics of Innovation and New Technology* 31(5), 1-37.
- Asseng, S., Palm, C.A., Anderson, J.L., Fresco, L., Sanchez, P.A., Asche, F., ... & Garrett, K.A. (2021). Implications of new technologies for future food supply systems. *Journal of Agricultural Science*, 159, 315–319.
- Bachmann, H., & Neves, A.R. (2019). Editorial overview: Microbial solutions in food biotechnology: fermentation, cell factories and beneficial microbes. *Current Opinion in Biotechnology*, 56, 6-8.
- Bajić, B., Vučurović, D., Vasić, Đ., Jevtić-Mučibabić, R., & Dodić, S. (2023). Biotechnological production of sustainable microbial proteins from agro-industrial residues and by-products. *Foods*, 12, 107.
- Bajpai, P. (2017 a). Nutritional Benefits of Single-Cell Proteins In: Sharma, S.K. (Ed.) Springer Briefs in Molecular Science. Springer: Singapore, pp. 59-63.
- Bajpai, P. (2017b). Single Cell Protein Production from Lignocellulosic Biomass. In: Sharma, S.K. (Ed.) Springer Briefs in Molecular Science. Springer: Singapore. pp. 41-54.
- Banach, J.L., van der Berg, J. P., Kleter, G., van Bokhorst-van de Veen, H., Bastiaan-Net, S., Pouvreau, L., & van Asselt, E.D. (2023). Alternative proteins for meat and dairy replacers: Food safety and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 11063-11080.
- Benny, A., Pandi, K., & Upadhyay, R. (2022). Techniques, challenges and future prospects for cell-based meat. *Food Science and Biotechnology*, 31, 1225-1242.
- Bertasini D., Binati R.L., Bolzonella D., & Battista F. (2022). Single Cell Proteins production from food processing effluents and digestate. *Chemosphere*, 296, 134076.



- Bratosin, B.C., Darjan, S., & Vodnar, D.C. (2021). Single cell protein: a potential substitute in human and animal nutrition. *Sustainability*, 13(16), 9284
- Çakmakçı, R. (2016). Screening of multi-trait rhizobacteria for improving the growth, enzyme activities, and nutrient uptake of tea (*Camellia sinensis*). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47 (13-14), 1680-1690.
- Çakmakçı, R. (2019). A review of biological fertilizers current use, new approaches, and future perspectives. *International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology (IJISSET)*, 5 (7), 83-92.
- Çakmakçı, S., & Salık, M.A. (2021). Functional properties and usage potential of olive (*Olea europaea* L.) and walnut (*Juglans regia* L.) leaves. 3. International Baku Scientific Researches Conference, 15 Ekim 2021. Baku, Azerbaijan.
- Çakmakçı, S., & Çakmakçı, R. (2023). Quality and nutritional parameters of food in agri-food production systems. *Foods*, 12, 351.
- Çakmakçı, S., & Salık, M.A. (2023). Portakal (*Citrus sinensis*) ve limon (*Citrus limonum*) kabuklarının biyoaktif özellikleri ve süt ürünlerinin geliştirilmesinde kullanım potansiyeli. S. 534-541. 2<sup>nd</sup> International Traditional Food and Sustainable Nutrition Symposium. 5-6 Ekim 2023 Mersin, Türkiye.
- Çakmakçı, R., Salık, M.A., & Çakmakçı, S. (2023a). Assessment and principles of environmentally sustainable food and agriculture systems. *Agriculture*, 13, 1073.
- Çakmakçı, S., Gülçin, İ., Gündoğdu, E., Öztekin, H.E., & Taslimi, P. (2023b). The comparison with commercial antioxidants, effects on colour, and sensory properties of green tea powder in butter. *Antioxidants*, 12, 1522.
- Carranza-Méndez, R.C., Chávez-González, M.L., Sepúlveda-Torre, L., Aguilar, C.N., Govea-Salas, M., & Ramos-González, R. (2022). Production of single cell protein from orange peel residues by *Candida utilis*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 40, 102298.
- Chee, J.Y., Lakshmanan, M., Jeepery, I.F., Hairudin, N.H.M., & Sudesh, K. (2019). The potential application of cupriavidus necator as polyhydroxyalkanoates producer and single cell protein: A review on scientific, cultural and religious perspectives. *Applied Food Biotechnology*, 6, 19–34.
- Chen, C., Tang, T., Shi, Q., Zhou, Z., & Fan, J. (2022). The potential and challenge of microalgae as promising future food sources. *Trends in Food Science & Technology*, 126, 99–112.
- Chilakamarry, C.R., Sakinah, A.M.M., Zularisam, A.W., Sirohi, R., Khilji, I.A., Ahmad, N., & Pandey, A. (2022). Advances in solid-state fermentation for bioconversion of agricultural wastes to value-added products: Opportunities and challenges. *Bioresource Technology*, 343, 126065.

- Chowdhary, P., Gupta, A., Gnansounou, E., Pandey, A., & Chaturvedi, P. (2021). Current trends and possibilities for exploitation of Grape pomace as a potential source for value addition. *Environmental Pollution*, 278, 116796.
- Coman, V., Teleky, B.E., Mitrea, L., Martău, G.A., Szabo, K., Călinoiu, L.F., & Vodnar, D.C. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in Food and Nutrition Research*, 91, 157-225.
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F.N., & Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food* 2 (3), 198–209.
- da Fonseca-Pereira, P., Siqueira, J.A., Monteiro-Batista, R.C., Vaz, M.G.M.V., Nunes-Nesi, A., & Araújo, W.L. (2022). Using synthetic biology to improve photosynthesis for sustainable food production. *Journal of Biotechnology*, 359, 1–14.
- Dalbanjan, N.P., Eelager, M.P., & Narasagoudr, S.S. (2024). Microbial protein sources: a comprehensive review on the potential usage of fungi and *Cyanobacteria* in sustainable food systems. *Food and Humanity*, 3, 100366.
- Dank, A., van Mastriht, O., Yang, Z., Dinesh, V.M., Lillevang, S.K., Weij, C., & Smid, E.J. (2021). The cross-over fermentation concept and its application in a novel food product: The dairy miso case study. *LWT*, 142, 111041–9.
- De Oliveira Padilha, L.G., Malek, L., & Umberger, W.J. (2022). Consumers' attitudes towards lab-grown meat, conventionally raised meat and plant-based protein alternatives. *Food Quality and Preference*, 99,104573.
- Dolgin, E. (2020). Cell-based meat with a side of science. *Nature*, 588, S64–67.
- FAO (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges; FAO: Rome, Italy.
- Fierascu, R.C., Fierascu, I., Avramescu, S.M., & Sieniawska, E. (2019). Recovery of natural antioxidants from agro-industrial side streams through advanced extraction techniques. *Molecules*, 24 (23), 4212.
- Fraser, R.Z., Shitut, M., Agrawal, P., Mendes, O., & Klapholz, S. (2018). Safety evaluation of soy leghemoglobin protein preparation derived from *Pichia pastoris*, intended for use as a flavor catalyst in plant-based meat. *International Journal of Toxicology*, 37, 241–262.
- Gęścicka, A., Oleskiewicz-Popiel, P., & Łęzyk, M. (2021). Recent trends in methane to bioproduct conversion by methanotrophs. *Biotechnology Advances*, 53, 107861.
- Gmoser, R., Sintca, C., Taherzadeh, M.J., & Lennartsson, P.R. (2019). Combining submerged and solid state fermentation to convert waste bread into protein and pigment using the edible filamentous fungus *N. intermedia*. *Waste management*, 97, 63–70.
- Graham, A.E., & Ledesma-Amaro, R. (2023). The microbial food revolution. *Nature Communications*, 14 (1), 2231.

- Hassoun, A., Bekhit, A.E-D.A., Jambrak, A.R., Regenstein, J.M., Chemat, F., Morton, J.D., .... & Ueland, Ø. (2024). The fourth industrial revolution in the food industry—part II: Emerging food trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64, 407-437,
- Hassoun, A., Prieto, M.A., Carpena, M., Bouzembrak, Y., Marvin, H.J.P., Pallarés, N., ... & Bono, G. (2022). Exploring the role of green and Industry 4.0 technologies in achieving sustainable development goals in food sectors. *Food Research International*, 162,112068
- Huang, W.E., & Nikel, P.I. (2019). The synthetic microbiology caucus: From abstract ideas to turning microbes into cellular machines and back. *Microbial Biotechnology*, 12(1), 5–7.
- Ibarruri, J., Cebrián, M., & Hernández, I. (2021). Valorisation of fruit and vegetable discards by fungal submerged and solid-state fermentation for alternative feed ingredients production. *Journal of Environmental Management*, 281, 111901.
- Jach, M.E., Baj, T., Juda, M., Wider, R., Mickowska, B., & Malm, A. (2020). Statistical evaluation of growth parameters in biofuel waste as a culture medium for improved production of single cell protein and amino acids by *Yarrowia lipolytica*. *AMB Express* 10(1), 35.
- Jain, S., Heffernan, J., Joshi, J., Watts, T., Marcellin, E., & Greening, C. (2023). Microbial conversion of waste gases into single-cell protein. *Microbiology Australia*, 44(1), 27–30.
- Järviö, N., Maljanen, N.-L., Kobayashi, Y., Rynänen, T., & Tuomisto, H.L. (2021). An attributional life cycle assessment of microbial protein production: A case study on using hydrogen-oxidizing bacteria. *Science of the Total Environment*, 776, 145764.
- Jimenez-Lopez, C., Fraga-Corral, M., Carpena, M., García-Oliveira, P., Echave, J., Pereira, A.G., ... & Simal-Gandara, J. (2020). Agriculture waste valorisation as a source of antioxidant phenolic compounds within a circular and sustainable bioeconomy. *Food & Function* 11 (6), 4853–77.
- Jiru, T.M., & Melku, B. (2018). Single cell protein production from torula yeast (*Cyberlindnera* sp.) using banana peel hydrolysate. *Journal of Advances in Microbiology*, 13, 1–7.
- Kamal, M., Ali, M., Shishir, M.R.I., Saifullah, M., Haque, M., & Mondal, S.C. (2019). Optimization of process parameters for improved production of biomass protein from *Aspergillus niger* using banana peel as a substrate. *Food Science and Biotechnology*, 28, 1693–1702.
- Kaur, N., & Chavan, A. (2022). Production of single-cell protein from fruit and vegetable waste using an isolated strain of *Lactobacillus* sp. *Industrial Biotechnology*, 18(5), 304-313.

- Kawa-Rygielska, J., Pietrzak, W., & Lennartsson, P.R. (2022). High-efficiency conversion of bread residues to ethanol and edible biomass using filamentous fungi at high solids loading: A biorefinery approach. *Applied Sciences*, *12*, 6405.
- Kerckhof, F.-M., Sakarika, M., Van Giel, M., Muys, M., Vermeir, P., De Vrieze, J., ... & Boon, N. (2021). From biogas and hydrogen to microbial protein through cocultivation of methane and hydrogen oxidizing bacteria. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *9*, 733753.
- Khan, M.K.I., Asif, M., Razaq, Z.U., Nazir, A., & Maan, A.E. (2022). Sustainable food industrial waste management through single cell protein production and characterization of protein enriched bread. *Food Bioscience*, *46*, 101406.
- Khoshnevisan, B., Dodds, M., Tsapekos, P., Torresi, E., Smets, B.F., Angelidaki, I., ...& Valverde-Pérez, B. (2020). Coupling electrochemical ammonia extraction and cultivation of methane oxidizing bacteria for production of microbial protein. *Journal of Environmental Management*, *265*, 110560.
- Khumchai, J., Wongchai, A., On-uma, R., Sabour, A., Alshiekheid, M., Narayanan, M., ... & Chi, N.T.L. (2022). A viable bioremediation strategy for treating paper and pulp industry effluents and assessing the prospect of resulted bacterial biomass as single cell protein (SCP) using indigenous bacterial species. *Chemosphere*, *304*, 135246.
- Kohsar, J.B., Rezaii, F., Mahmoudnia, N., & Ghanbari, F. (2021) The effect of fermentation by *Bacillus subtilis* and *Aspergillus niger* on the nutritional value of date palm kernels. *Journal of Livestock Science & Technologies*, *9*, 41–50.
- Kumar, R., Raj, T., Naess, G., Sorensen, M., & Dhawan, V. (2024). Opportunities and challenges in single-cell protein production using lignocellulosic material. *Biofuels Bioproducts & Biorefining-BioFPR*, *18*, 310-321.
- Kurbanoglu, E.B., & Algur, O.F. (2002). Single-cell protein production from ram horn hydrolysate by bacteria. *Bioresource Technology*, *85*, 125–129.
- Kurcz, A., Błażej, S., Kot, A.M., Bzducha-Wróbel, A., & Kieliszek M. (2018). Application of industrial wastes for the production of microbial single-cell protein by fodder yeast *Candida utilis*. *Waste Biomass Valorization* *9*(1), 57–64.
- Lafarga, T. (2019). Effect of microalgal biomass incorporation into foods: nutritional and sensorial attributes of the end products. *Algal Research*, *41*, 101566.
- Lähteenmäki-Uutela, A., Rahikainen, M., Lonkila, A., & Yang, B. (2021). Alternative proteins and EU food law. *Food Control*, *130*, 108336.
- Landesz, T. (2023). Future of Food. In Future Intelligence. In: Landes, T., Varghese, S., Sargsyan, K. (Eds) Future of Business and Finance. Springer, Cham. Switzerland, pp.133-145.
- LaTurner, Z.W., Bennett, G.N., San, K., & Stadler, L.B. (2020). Single cell protein production from food waste using purple non-sulfur bacteria shows

- economically viable protein products have higher environmental impacts. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123114.
- Leger, D., Matassa, S., Noor, E., Shepon, A., Milo, R., & Bar-Even, A. (2021). Photovoltaic-driven microbial protein production can use land and sunlight more efficiently than conventional crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, e2015025.
- Leite, P., Sousa, D., Fernandes, H., Ferreira, M., Costa, A.R., Filipe, D., ... & Salgado, J.M. (2021). Recent advances in production of lignocellulolytic enzymes by solid-state fermentation of agro-industrial wastes. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 27, 100407.
- Lim, J., Fernández, C.A., Lee, S.W., & Hatzell, M.C. (2021). Ammonia and nitric acid demands for fertilizer use in 2050. *ACS Energy Letters*, 6 (10), 3676-3685.
- Linder, T. (2019). Making the case for edible microorganisms as an integral part of a more sustainable and resilient food production system. *Food Security*, 11(2), 265-278.
- Liu, B., Li, Y., Song, J., Zhang, L., Dong, J., & Yang, Q. (2014). Production of single-cell protein with two-step fermentation for treatment of potato starch processing waste. *Cellulose*, 21, 3637-3645.
- Liu, F., Li, M., Wang, Q., Yan, J., Han, S., Ma, C., Ma, P., Liu, X., & McClements, D.J. (2023). Future foods: Alternative proteins, food architecture, sustainable packaging, and precision nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 6423-6444.
- Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B.M., Green, M.A., Watson, A.W., ... & Johnstone, A.M. (2018). Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. *Nutrients*, 10(3), 360.
- Luo, H., Yang, R., Zhao, Y., Wang, Z., Liu, Z., Huang, M., & Zeng, Q. (2018). Recent advances and strategies in process and strain engineering for the production of butyric acid by microbial fermentation. *Bioresource Technology*, 253, 343-354.
- Magalhães, C.E.B., Souza-Neto, M.S., Astolfi-Filho, S., & Matos, I.T.S.R. (2018). *Candida tropicalis* able to produce yeast single cell protein using sugarcane bagasse hemicellulosic hydrolysate as carbon source. *Biotechnology Research and Innovation*, 2, 19-21.
- Mahan, K.M., Le, R.K., Wells, T., Anderson, S., Yuan, J.S., Stoklosa, R.J., ... & Ragauskas, A.R. (2018). Production of single cell protein from agro-waste using *Rhodococcus opacus*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 45(9), 795- 801.

- Marti-Quijal, F.J., Remize, F., Meca, G., Ferrer, E., Ruiz, M.J., & Barba F.J. (2020). Fermentation in fish and by-products processing: An overview of current research and future prospects. *Current Opinion in Food Science* 31, 9–16.
- Matassa, S., Boon, N., Pikaar, I., & Verstraete, W. (2016) Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint. *Microbial Biotechnology*, 9, 568–575.
- Matassa, S., Pelagalli, V., Papirio, S., Zamalloa, C., Verstraete, W., Esposito, G., & Pirozzi, F. (2022). Direct nitrogen stripping and upcycling from anaerobic digestate during conversion of cheese whey into single cell protein. *Bioresource Technology*, 358,127308.
- Mensah, J.K.M., & Twumasi, P. (2017). Use of pineapple waste for single cell protein (SCP) production and the effect of substrate concentration on the yield. *Journal of Food Process Engineering*, 40, e12478.
- Mishra, A., Ntihuga, J.N., Molitor, B., & Angenent, L.T. (2020). Power-to-protein: Carbon fixation with renewable electric power to feed the world. *Joule*, 4,1142–1152.
- Mujdalipah, S & Putri, M.L. (2019). Utilization of pineapple peel and rice washing water to produce single cell proteins using *Saccharomyces cerevisiae*. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Bogor, Indonesia, 9–10 October 2019; 472, p. 012029.
- Muniz, C.E.S., Santiago, Â.M., Gusmão, T.A.S., Oliveira, H.M.L., de Sousa Conrado, L., & de Gusmão, R.P. (2020). Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 25, 101576.
- Myint, K.T., Otsuka, M., Okubo, A., Mitsuhashi, R., Oguro, A., Maeda, H., ... & Nakajima-Kambe, T. (2020). Isolation and identification of flower yeasts for the development of mixed culture to produce single-cell protein from waste milk. *Bioresource Technology Reports*, 10,100401.
- Najari, Z., Khodaiyan, F., Yarmand, M.S., & Hosseini, S. S. (2022). Almond hulls waste valorization towards sustainable agricultural development: Production of pectin, phenolics, pullulan, and single cell protein. *Waste Management*, 141, 208–219.
- Newman, L., Fraser, E., Newell, R., Bowness, E., Newman, K., & Glaros, A. (2023). Cellular agriculture and the sustainable development goals. In: Lopez-Correa, C., Suarez-Gonzalez, A. (Eds.) Genomics and the global bioeconomy (3-23). Academic Press, Cambridge, Massachusetts.
- Nobre, F.S. (2022). Cultured meat and the sustainable development goals. *Trends in Food Science & Technology*, 124,140–53.
- Noguerol, A. T., Pagán, M.J., García-Segovia, P., & Varela, P. (2021). Green or clean? Perception of clean label plant-based products by omnivorous, vegan, vegetarian

- and flexitarian consumers. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 149:110652.
- Novita, E., Zaki, M., & Said, S.D. (2019). Solid state fermentation of rice straw pulp with a local *Trichoderma reesei* for single cell protein production: Effects of temperature, initial medium pH and fermentation time. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536(1), 012032.
- Nurmalasari, A., & Maharani, S. (2020). Addition of carbon sources to pineapple waste media in the production of single cell protein biomass *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya* 2(2), 70–76.
- Nyyssölä, A., Suhonen, A., Ritala, A., & Oksman-Caldentey, K.-M. (2022). The role of single cell protein in cellular agriculture. *Current Opinion in Biotechnology*, 75, 102686.
- OECD, FAO (2018). OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Oluwole, O., Ibadapo, O., Arowosola, T., Raji, F., Zandonadi, R.P., Alasqah, I., ... & Raposo, A. (2023). Sustainable transformation agenda for enhanced global food and nutrition security: A narrative review. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1226538.
- Ong, S., Choudhury, D., & Naing, M.W. (2020). Cell-based meat: Current ambiguities with nomenclature. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 223–231.
- Onyeaka, H., Anumudu, C. K., Okpe, C., Okafor, A., Ihenetu, F., Miri, T., ... & Anyogu, A. (2022). Single cell protein for foods and feeds: A review of trends. *The Open Microbiology Journal*, 16(1), e187428582206160.
- Oshoma, C.E., & Eguakun-Owie, S.O. (2018). Conversion of food waste to single cell protein using *Aspergillus niger*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22, 350–355.
- Ozogul, F., Cagalj, M., Šimat, V., Ozogul, Y., Tkaczewska, J., Hassoun, A., ... & Phadke, G.G. (2021). Recent developments in valorisation of bioactive ingredients in discard/seafood processing by-products. *Trends in Food Science & Technology* 116, 559–582.
- Pander, B., Mortimer, Z., Woods, C., McGregor, C., Dempster, A., Thomas, L., ... & Krabben, P. (2020). Hydrogen oxidising bacteria for production of single-cell protein and other food and feed ingredients. *Engineering Biology*, 4 (2), 21-24.
- Parlasca, M.C. & Qaim, M. (2022). Meat consumption and sustainability. *Annual Review of Resource Economics*, 14, 17-41.
- Parodi, A., Leip, A., De Boer, I.J.M., Slegers, P.M., Ziegler, F., Temme, E.H.M., ... & Van Zanten H.H.E (2018). The potential of future foods for sustainable and healthy diets. *Nature Sustainability*, 1(12), 782–789.

- Patel, N., Patel, A., Patel, H., Patel, M., & Patel, U. (2019). Production of single cell protein from mix fruits waste using *Lactobacillus*. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 9, 164–168.
- Patelski, P., Berłowska, J., Dziugan, P., Pielech-Przybylska, K., Balcerek, M., Dziekonska, U., & Kalinowska, H. (2015). Utilisation of sugar beet bagasse for the biosynthesis of yeast SCP. *Journal of Food Engineering*, 167, 32–37.
- Perincherry, L., Lalak-Kańczugowska, J., & Stepień, Ł. (2019). Fusarium-produced mycotoxins in plant-pathogen interactions. *Toxins*, 11, 664.
- Pillaca-Pullo, O.S., Lopes, A.M., & Estela-Escalante, W.D. (2023). Reusing wastewater from *Coffea arabica* processing to produce single-cell protein using *Candida sorboxylosa*: Optimizing of culture conditions. *Biotechnology Progress*, 40, e3393.
- Post, M.J., Levenberg, S., Kaplan, D.L., Genovese, N., Fu, J., Bryant, C.J., ... & Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nature Food*, 1, 403–415.
- Putra, M.D., Abasaheed, A.E., & Al-Zahrani, S.M. (2020). Prospective production of fructose and single cell protein from date palm waste. *Electronic Journal of Biotechnology*, 48, 46–52.
- Rages, A.A., Haider, M.M., & Aydin, M. (2021). Alkaline hydrolysis of olive fruits wastes for the production of single cell protein by *Candida lipolytica*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 33, 101999.
- Rajput, S.D., Pandey, N., & Sahu, K. (2024). A comprehensive report on valorization of waste to single cell protein: Strategies, challenges, and future prospects. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 26378–26414.
- Rasool, K., Hussain, S., Shahzad, A., Miran, W., Mahmoud, K.A., Ali, N., & Almomani, F. (2023). Comprehensive insights into sustainable conversion of agricultural and food waste into microbial protein for animal feed production. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 22, 527–562.
- Rasouli, Z., Valverde-Pérez, B., D'Este, M., De Francisci, D., & Angelidaki, I. (2018). Nutrient recovery from industrial wastewater as single cell protein by a co-culture of green microalgae and methanotrophs. *Biochemical Engineering Journal*, 134, 129–135.
- Razzaq, Z.U., Maan, A.A., Nazir, A., Hafeez, M.A., & Khan, M.K.I. (2022). Characterizing the single cell protein enriched noodles for nutritional and organoleptic attributes. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16, 1725–1732.
- Reboleira, J., Silva, S., Chatzifragkou, A., Niranjana, K., & Lemos, M.F.L. (2021). Seaweed fermentation within the fields of food and natural products. *Trends in Food Science & Technology* 116, 1056–73.



- Reihani, S.F.S., & Khosravi-Darani, K. (2019). Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review. *Electronic Journal of Biotechnology*, 37, 34–40.
- Reiss, J., Robertson, S., & Suzuki, M. (2021). Cell sources for cultivated meat: applications and considerations throughout the production workflow. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 7513.
- Riesute, R., Salomskiene, J., Moreno, D.S., & Gustiene, S. (2021). Effect of yeasts on food quality and safety and possibilities of their inhibition. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 1-10.
- Rischer, H., Szilvay, G.R., & Oksman-Caldentey, K.-M. (2020). Cellular agriculture-industrial biotechnology for food and materials. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, 128-134.
- Ritala, A., Häkkinen, S.T., Toivari, M., & Wiebe, M.G. (2017). Single cell protein—state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001–2016. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2009.
- Rubio, N.R., Xiang, N., & Kaplan, D.L. (2020). Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nature Communications*, 11, 6276.
- Saejung, C., & Salasook, P. (2020). Recycling of sugar industry wastewater for single-cell protein production with supplemental carotenoids. *Environmental Technology*, 41, 59–70.
- Sakile, H., Satish, M.H.S., Kandapal, C., Sanasam, P., & Bajaj, I. (2023). Citrus peel: An essential source of bioactive compounds and nutraceutical constituents. *The Pharma Innovation Journal*, 12(6), 1-16.
- Salazar-López, N.J., Barco-Mendoza, G.A., Zuñiga-Martínez, B.S., Domínguez-Avila, J.A., Robles-Sánchez, R.M., Ochoa, M.A.V., & González-Aguilar, G.A. (2023). Single-cell protein production as a strategy to reincorporate food waste and agro by-products back into the processing chain. *Bioengineering*, 9, 623.
- Salık, M.A., & Çakmakçı, S. (2023). Ceviz (*Juglans regia* L.) yaprağı ve yeşil kabuğu: Fonksiyonel özellikleri, sağlığa yararları ve gıdalarda kullanım potansiyeli. *Akademik Gıda*, 21 (1), 90-100.
- Sar, T., Ferreira, J.A., & Taherzadeh, M.J. (2020). Bioprocessing strategies to increase the protein fraction of *Rhizopus oryzae* biomass using fish industry sidestreams. *Waste Management*, 113, 261–269.
- Shahzad, H.M.A., Asim, Z., Mahmoud, K.A., Abdelhadi, O.M.A., Almomani, F., & Rasool, K. (2024). Optimizing cultural conditions and pretreatment for high-value single-cell protein from vegetable waste. *Process Safety and Environmental Protection*, 189, 685-692.

- Sharif, M., Zafar, M.H., Aqib, A.I., Saeed, M., Farag, M.R., & Alagawany, M. (2021). Single cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition. *Aquaculture*, 531, 735885.
- Shi, S., Wang, Z., Shen, L., & Xiao, H. (2022). Synthetic biology: A new frontier in food production. *Trends Biotechnology*, 40(7), 781–803.
- Sillman, J., Uusitalo, V., Ruuskanen, V., Ojala, L., Kahiluoto, H., Soukka, R., & Ahola, J. (2020). A life cycle environmental sustainability analysis of microbial protein production via power-to-food approaches. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25 (11), 2190-2203.
- Sim, S.Y.J., Srv, A., Chiang, J.H., & Henry, C.J. (2021). Plant proteins for future foods: A roadmap. *Foods*, 10(8), 1967.
- Singh, S., Yap W.S., Ge X.Y., Min V.L.X., & Choudhury, D. (2022). Cultured meat production fuelled by fermentation. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 48–58.
- Smetana, S., Sandmann, M., Rohn, S., Pleissner, D., & Heinz, V. (2017). Autotrophic and heterotrophic microalgae and *Cyanobacteria* cultivation for food and feed: Life cycle assessment. *Bioresource Technology*, 245, 162-170.
- Sobhi, M., Guo, J., Cui, X., Sun, H., Li, B., Aboagye, D., Shah, G.M., & Dong, R. (2019). A promising strategy for nutrient recovery using heterotrophic indigenous microflora from liquid biogas digestate. *Science of the Total Environment*, 690, 492-501
- Sobhi, M., Zakaria, E., Zhu, F., Liu, W., Aboagye, D., Hu, X., Cui, Y., & Huo, S. (2023). Advanced microbial protein technologies are promising for supporting global food-feed supply chains with positive environmental impacts. *Science of The Total Environment*, 894,165044.
- Socas-Rodríguez, B., Álvarez-Rivera, G., Valdés, A., Ibáñez, E., & Cifuentes, A. (2021). Food by-products and food wastes: Are they safe enough for their valorization? *Trends in Food Science & Technology*, 114,133–47.
- Somda, M.K., Nikiema, M., Keita, I., Mogmenga, I., Kouhounde, S.H.S., Dabire, Y., ... & Traore, A.S. (2018). Production of single cell protein (SCP) and essentials amino acids from *Candida utilis* FMJ12 by solid state fermentation using mango waste supplemented with nitrogen sources. *African Journal of Biotechnology*, 17, 716–723.
- Sørensen, M.T., Poulsen, H.D., Katholm, C.L., & Højberg, O. (2021). Review: feed residues of glyphosate-potential consequences for livestock health and productivity. *Animal*, 15, 100026.
- Soria-Lopez, A., Garcia-Perez, P., Carpena, M., Garcia-Oliveira, P., Otero, P., Fraga-Corral, M., ... & Simal-Gandara, J. (2023). Challenges for future food systems: From the Green Revolution to food supply chains with a special focus on sustainability. *Food Frontiers*, 4, 9–20.

- Spalvins, K., Zihare, L., & Blumberga, D. (2018). Single cell protein production from waste biomass: Comparison of various industrial by-products. *Energy Procedia*, 147, 409–418.
- Stephens, N., Di Silvio, L., Dunsford, I., Ellis, M., Glencross, A., & Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 155–166.
- Stoffel, F., Santana, W.O., Gregolon, J.G.N., Kist, T.B.L., Fontana, R.C., & Camassola, M. (2019). Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 58, 102227.
- Suman, G., Nupur, M., Anuradha, S., & Pradeep, B. (2015). Single cell protein production: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4, 251–262.
- Takefuji, Y. (2021). Sustainable protein alternatives. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 429–431.
- Teng, T.S., Chin, Y.L., Chai, K.F., & Chen, W.N. (2021). Fermentation for future food systems. *EMBO Reports*, 22 (5), e52680.
- Thiviya, P., Gamage, A., Kapilan, R., Merah, O., & Madhujith, T. (2022a). Single cell protein production using different fruit waste: A review. *Separation*, 9 (7), 178.
- Thiviya, P., Gamage, A., Kapilan, R., Merah, O., & Madhujith, T. (2022b). Production of single-cell protein from fruit peel wastes using palmyrah toddy yeast. *Fermentation*, 8, 355.
- Tian, Y., Li, J., Meng, J., & Li, J. (2023). High-yield production of single-cell protein from starch processing wastewater using co-cultivation of yeasts. *Bioresource Technology*, 370, 128527.
- Treich, N. (2021). Cultured meat: Promises and challenges. *Environmental & Resource Economics*, 79 (1), 33–61.
- Tropea, A., Ferracane, A., Albergamo, A., Potorti A.G., Lo Turco, V., & Di Bella, G. (2022). Single cell protein production through multi food-waste substrate fermentation. *Fermentation*, 8, 91.
- Tubb, C., & Seba, T. (2021). Rethinking food and agriculture 2020–2030. The second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial Biotechnology*, 17, 57–72.
- Tyagi, A., Kumar, A., Aparna, S.V., Mallappa, R.H., Grover, S., & Batish, V.K. (2016). Synthetic biology: Applications in the food sector. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56, 1777–1789.

- Umesh, M., Thazeem, B., & Preethi, K. (2019). Valorization of pineapple peels through single cell protein production using *Saccharomyces cerevisiae* NCDC 364. *Applied Food Biotechnology*, 6, 255–263.
- Valentine, M.E., Kirby, B.D., Withers, T. R., Johnson, S.L., Long, T.E., Hao, Y., ... & Yu, H.D. (2020). Generation of a highly attenuated strain of *Pseudomonas aeruginosa* for commercial production of alginate. *Microbial biotechnology*, 13(1), 162–175.
- Valentino, M.J.G., Ganado, L.S., & Undan, J.R. (2016). Single cell protein potential of endophytic fungi associated with bamboo using rice bran as substrate. *Advances in Applied Science Research*, 7(3), 68-72.
- Van der Weele, C., Feindt, P., Jan van der Goot, A., van Mierlo, B., & van Boekel, M. (2019). Meat alternatives: An integrative comparison. *Trends in Food Science & Technology* 88, 505–12.
- Verbeeck, K., De Vrieze, J., Pikaar, I., Verstraete, W., & Rabaey, K. (2021). Assessing the potential for up-cycling recovered resources from anaerobic digestion through microbial protein production. *Microbial Biotechnology*, 14, 897–910.
- Volova, T.G., & Barashkov, V.A. (2010). Characteristics of proteins synthesized by hydrogen-oxidizing microorganisms. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 46, 574–579.
- Voutilainen, E., Pihlajaniemi, V., & Parviainen, T. (2021). Economic comparison of food protein production with single-cell organisms from lignocellulose side-streams. *Bioresource Technology Reports*, 14, 100683.
- Walker, D.W., & van Loon, A.F. (2023). Droughts are coming on faster. *Science*, 380(6641), 130–132.
- Wang, J., & Zhang, X. (2024). The potential of future foods for a sustainable future. *eFood*, 5(1), e133.
- Wang, Y., Zou, L., Liu, W., & Chen, X. (2023 a). An overview of recent progress in engineering three-dimensional scaffolds for cultured meat production. *Foods*, 12, 2614.
- Wang, M., Zhou, j., Tavares, j., Pinto, C.A., Saraiva, J. A., Prieto, M. A... & Barba, F.J. (2023 b). Applications of algae to obtain healthier meat products: A critical review on nutrients, acceptability and quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 8357-8374.
- Wani, N.R., Rather, R.A., Farooq, A., Padder, S.A., Baba, T.R., Sharma, S., ... & Ara, S. (2024). New insights in food security and environmental sustainability through waste food management. *Environmental Science and Pollution Research*, 31 (12), 17835-17857.
- Ward, M.H., Jones, R.R., Brender, J.D., De Kok, T.M., Weyer, P.J., Nolan, B.T., ...& Van Breda, S.G. (2018). Drinking water nitrate and human health: An updated

- review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1557.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., ... & Brawley, S.H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29, 949–982.
- Woern, C., & Grossmann, L. (2023). Microbial gas fermentation technology for sustainable food protein production. *Biotechnology Advances*, 69, 108240.
- Wongputtisin, P., Khanongnuch, C., Kongbuntad, W., Niamsup, P., Lumyong, S., & Sarkar, P.K. (2014). Use of *Bacillus subtilis* isolates from Tuanao towards nutritional improvement of soya bean hull for monogastric feed application. *Letters in Applied Microbiology*, 59, 328–333.
- Wu, J., Hu, J., Zhao, S., He, M., Hu, G., Ge, X., & Peng, N. (2018). Single-cell protein and xylitol production by a novel yeast strain *Candida intermedia* FL023 from lignocellulosic hydrolysates and xylose. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 185(1), 163–178.
- Xu, M., Zhou, H., Yang, X., Angelidaki, I., & Zhang, Y. (2020). Sulfide restrains the growth of *Methylocapsa acidiphila* converting renewable biogas to single cell protein. *Water Research*, 184, 116138.
- Xu, R., Tian, H., Pan, S., Prior, S.A., Feng, Y., Batchelor, W.D., Chen, J., & Yang, J. (2019). Global ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer applications in agricultural systems: Empirical and process-based estimates and uncertainty. *Global Change Biology*, 25 (1), 314–326.
- Yadav, J.S.S., Bezawada, J., Ajila, C.M., Yan, S., Tyagi, R.D., & Surampalli, R.Y. (2014). Mixed culture of *Kluyveromyces marxianus* and *Candida krusei* for single-cell protein production and organic load removal from whey. *Bioresource Technology*, 164, 119–127.
- Yadav, J.S.S., Yan, S., Ajila, C.M., Bezawada, J., Tyagi, R.D., & Surampalli, R.Y. (2016). Food-grade single-cell protein production, characterization and ultrafiltration recovery of residual fermented whey proteins from whey. *Food and Bioproducts Processing*, 99, 156–165.
- Yang, L., Li, X., Lai, C., Fan, Y., Ouyang, J., & Yong, Q. (2017). Fungal chitosan production using xylose rich of corn stover prehydrolysate by *Rhizopus oryzae*. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(6), 1160–1166.
- Yang, Z., Leero, D. D., Yin, C., Yang, L., Zhu, L., Zhu, Z., & Jiang, L. (2022a). *Clostridium* as microbial cell factory to enable the sustainable utilization of three generations of feedstocks. *Bioresource Technology*, 361, 127656.
- Yang, R., Chen, Z., Hu, P., Zhang, S., Luo, G. (2022b). Two-stage fermentation enhanced single-cell protein production by *Yarrowia lipolytica* from food waste. *Bioresource Technology*, 361, 127677.

- Yunus, F., Nadeem, M., & Rashid, F. (2015). Single-cell protein production through microbial conversion of lignocellulosic residue (wheat bran) for animal feed. *Journal of the Institute of Brewing*, 121, 553–557.
- Zaki, M., & Said, S.D. (2018). *Trichoderma reesei* single cell protein production from rice straw pulp in solid state fermentation. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 345(1), 12043.
- Zha, X., Tsapekos, P., Zhu, X., Khoshnevisan, B., Lu, X., & Angelidaki, I. (2021). Bioconversion of wastewater to single cell protein by methanotrophic bacteria. *Bioresource Technology*, 320, 124351.
- Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., & Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 443–450.
- Zhang, Z., Chen, X., & Gao, L. (2024). New strategy for the biosynthesis of alternative feed protein: Single-cell protein production from straw-based biomass. *GCB Bioenergy*, 16, e13120.
- Zhou, P., Zhang, L., Ding, H., Gao, X., Chen, Y., & Li, D. (2022). Optimization of culture conditions of screened *Galactomyces candidum* for the production of single cell protein from biogas slurry. *Electronic Journal of Biotechnology*, 55, 47–54.
- Zhou, Y., Chen, Y., Guo, J., Shen, Y., Yan, P., & Yang, J. (2019). Recycling of orange waste for single cell protein production and the synergistic and antagonistic effects on production quality. *Journal of Cleaner Production*, 213, 384–392.
- Zhu, W., He, Q., Gao, H., Nitayavardhana, S., Khanal, S.K., & Xie, L. (2020). Bioconversion of yellow wine wastes into microbial protein via mixed yeast-fungus cultures. *Bioresource Technology*, 299, 122565.
- Zhu, Z., Wu, Y., Hu, W., Zheng, X., & Chen, Y. (2022). Valorization of food waste fermentation liquid into single cell protein by photosynthetic bacteria via stimulating carbon metabolic pathway and environmental behaviour. *Bioresource Technology*, 361, 127704.



## BÖLÜM 11

### GELECEĞE YÖNELİK GIDA ÜRETİM STRATEJİLERİ VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI<sup>1\*</sup>

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14277436>

---

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum-Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0334-5621>

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkiler Bölümü, 17100 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1354-1995>

\*sorumlu yazar: [cakmakci@atauni.edu.tr](mailto:cakmakci@atauni.edu.tr)





## 1. GİRİŞ

Antik çağlardan beri ihtiyacı olan gıdaları üretmenin, dönüştürmenin, saklamanın ve tüketmenin yollarını geliştiren insan; gıda güvenliği, sağlık ve çevre sorunlarının çözümünde bilimin ve gelişen teknolojilerin daha da önemli olacağı bir dönemle karşı karşıyadır. Zaman içerisinde bilim, teknoloji, sosyal, ekonomik, politik ve demografik alanlarda meydana gelen değişimlere uygun, uyarlanabilir, esnek ve dönüştürücü projelerle birlikte mevcut olanın ötesine geçerek yeniliğe, değer üretmeye ve gıdayı tasarımıyla etkilemeye yönelmiş/yönelmektedir. İklim değişikliğine uyum ve etkilerinin hafifletilmesi, küresel nüfus artışı, kirlilik, atık ve biyolojik çeşitlilik kaybının azaltılması ve artan nüfusun güvenli gıdalarla beslenmesi tarımsal gıda endüstrisinin ve gıda tedarik zincirinin karşılaştığı önemli zorluklardır.

Küresel nüfus artışıyla birlikte özellikle gıda ve suya yönelik acil talep artmaktadır (Xiong vd., 2023; Nobanee ve Shanti, 2024). Dünyanın geleneksel biyolojik kaynakları tükenirken bir yandan da sağlıklı ve sürdürülebilir gıda kaynaklarına ihtiyaç artmaktadır. Artan dünya nüfusunu sınırlı kaynaklarla beslemek tarım-gıda sektörü için giderek daha büyük bir küresel sorun haline gelmekte ve gıda seçimleri de insan sağlığını ve çevreyi etkileyecek şekilde değişmektedir. Gıda sistemleri iklim ve arazi kullanımındaki değişikliğin, tatlı su kaynaklarının tükenmesinin ve aşırı nitrojen ve fosfor girdisi nedeniyle su ve kara ekosistemlerinin kirlenmesinin önemli bir nedenidir (Springmann vd., 2018; Landes, 2023). Hızlı kentsel genişleme ve endüstriyel gelişmeler kaynak kıtlığına neden olmaktadır. İklim krizinin yanı sıra tüketim ve üretim sistemlerinin doğal kaynaklara yaptığı baskı gıda sistemlerini tehlikeye atmaktadır (FAO, 2017). Aşırı iklim olaylarının artması teknolojik ilerlemenin verim üzerindeki olumlu etkisini yavaşlatmakta hatta olumsuz etkilemektedir (Lesk vd., 2021; Zhao vd., 2022). Üretimdeki artış nedeniyle, gıda güvenliği son yıllarda belli oranda iyileşme gösterse de KOViD-19 salgını ve deprem gibi felaketler sırasında ve sonrasında daha fazla karmaşıklıkla nedeniyle önemi fark edilmeye başlayan gıdaya erişim ve güvenlik, birçok ülke ve bölgenin karşı karşıya olduğu ciddi bir sorundur (Xie vd., 2021; Çakmakçı vd., 2023a). Nitekim, 2020 yılında dünya çapında 811 milyondan fazla insan iklimle ilgili şoklar, gelir eşitsizliği, arazi mülkiyetindeki değişiklikler ve ekonomik krizler nedeniyle yetersiz beslenmeyle karşı karşıya kalmıştır (FAO ve WHO, 2021). İnsanların sağlıklı ve mutlu beslenme arayışıyla birlikte, nüfus artışı, değişen demografi, iklim değişikliği, doğal kaynakların tükenmesi, adaletsiz gıda

dağılımı, diyetlerin kalitesi ve yeterliliğinde azalma, gıda israfı, ekonomik ve ekolojik bozulma, su kıtlığı, arazi bozulması, doğal afetlere karşı savunmasızlık, güvensizlik, çevre ve halk sağlığı ve kaynak kısıtlılığı gelecekte sürdürülebilir ve sağlıklı gıda tedariki açısından büyük zorluklar oluşturmaktadır. Olumsuz çevresel etkileri ve gıda güvenliğine yönelik tehditlere karşı direnç noksanlığı (Horton, 2023), iklim değişikliğine (Zurek vd., 2022) ve su güvenliğine (Rockström vd., 2023) olumsuz etkileri dolayısıyla mevcut gıda üretim sistemlerinin amaca tam uygun olmadığı görülmektedir. Son yıllarda ortaya çıkan bazı durumlarda görüldüğü üzere, gelişmiş teknolojiler ve denetim sistemleri dahi gıda kalitesi ve güvenliğini garanti edememektedir.

Doğal kaynakların kirlendiği, yanlış yönetildiği ve ciddi şekilde tükendiği günümüz dünyasında, ekosistemleri ve doğal kaynakları korurken, artan nüfusu besleyecek sürdürülebilir bir gıda sistemi geliştirmek zorlu bir görev haline gelmiştir. Herkes için yeterli, çevresel açıdan sürdürülebilir, besleyici, güvenli ve erişilebilir gıdanın sağlanması sürdürülebilir hedeflerin başında gelmektedir. Geleceğin gıdaları ve trendleri, insanın hayatta kalmasının garantisini olarak daha sağlıklı, güvenli, besleyici ve daha lezzetli gıda üretimiyle birlikte küresel gıda arzı, gıda güvenliği, beslenme ve sağlık sorunlarını çözmeyi amaçlamaktadır (Liu vd., 2022; Wang ve Zhang, 2024). Ancak mevcut uzun tedarik zincirine dayalı gıda sistemi; küresel nüfusu besleyemediği, olumsuz ekolojik, çevresel, lojistik ve beslenme baskıları oluşturduğundan dolayı yeni ve verimli sürdürülebilir gıda sistemlerine ve gıda kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır (Soria-Lopez vd., 2023). Tarım sistemlerinin gıda ve beslenme, iklim, çevre ve geçim güvenliğine ilişkin küresel hedeflerle uyumlu olmadığı (DeClerck vd., 2023), hatta nedeni olduğu çevresel bozulmanın kurbanı olabileceği ve beslenme ve gıda güvenliğini sağlayamamanın yanı sıra iklim değişikliği, çeşitlilik ve sağlık hedeflerini karşılamak için büyük bir dönüşüme ihtiyaç duyulduğu kabul edilmektedir (Rockström vd., 2020; DeClerck vd., 2023). Gelecekte, gıda sistemlerinin daha az kaynak kullanarak gıda üretimini artırmak ve gıda israfını azaltmak için büyük değişikliklere ihtiyacı olacağı açıktır.

Gıda güvenliği ve sürdürülebilir gıda üretimiyle birlikte, nanopartiküller, nanoemülsiyonlar, mikroorganizmalar, fonksiyonel malzemeler, değiştirilmiş biyopolimerler ve genler gıda bilimi alanında giderek daha önemli konular haline gelmektedir (Gupta vd., 2023). Gıda endüstrisinde, yeni gıdaların ve yeni

gıda endüstrilerinin ortaya çıkışı ve gelişimi, alternatif protein kaynakları, fonksiyonel gıdaların evrimi ve kullanımının artması, nanoteknolojinin kullanımı artan trendler olarak gözden geçirilmiştir.

Bu derlemenin temel amacı, gıda sistemlerindeki farklı eğilim ve bakış açılarını inceleyerek, etkili, sürdürülebilir küresel gıda sistemlerine yönelik stratejilerin geliştirilmesi, faydaları, sınırlamaları ve sistemlerin gelecekteki zorluklarına ilişkin görüşler belirtmek ve gıda güvenliği yönetimini de kapsayan gelecekte yapılacak araştırmalar ve gıda trendleri için öneriler sunmaktır. Bu bölümde, geleceğin gıdaları ve protein kaynakları konusunda, güvenlik, koruma, beslenme, duyuşsal, refah, çevresel zorlukların üstesinden gelme fırsatlarıyla birlikte, yeni yaklaşımlar, yenilikçi yorumlar, gelecekteki olasılıklar ve teknolojiler tartışılmaktadır.

## 2. GIDA KALİTESİ, GÜVENLİĞİ VE YETERLİLİĞİ

Gıda güvenliği yönetimi çevre, gıda, ekonomi ve tarım bilimini kapsayan çok yönlü bir kavramdır (Shen vd., 2021). Gıda güvenliği beslenme ihtiyaçlarını karşılamak ve sağlıklı bir yaşam sürdürmek için yeterli, güvenli, kültürel olarak kabul edilebilir, besin değeri açısından yeterli, sağlıklı ve besleyici gıdanın bulunabilirliğini ve erişilebilirliğini kapsar (Qasrawi vd., 2023; Oyelami vd., 2023). Sağlıklı bir yaşam için yeterli, güvenli, besleyici gıdanın tüm bireylerin ihtiyaç ve tercihlerini karşılayacak şekilde fiziksel ve ekonomik olarak erişilebilir olması gerekir. Gıda güvenliği stratejileri gıdanın sadece miktarına değil, vitaminler, mineraller ve proteinler gibi gıda bileşenleri ile duyuşsal, tekstürel ve fonksiyonel özelliklerden oluşan gıda kalitesine de odaklanmaktadır (Çakmakçı ve Çakmakçı, 2023). Başlangıçta gıdanın bütünlüğünü, stabilitesini ve güvenliğini garanti altına alma zorluklarıyla başlayan gıda teknolojisi, zamanla lezzeti artırılmış gıda ürünlerinin geliştirilmesi daha sonra sağlık ve refaha odaklanmıştır (Silva vd., 2018; Augusto, 2020). En az bozulma ve en az maliyetle güvenli, stabil ve besleyici ürünler elde edilse de görünüş, tat, koku, lezzet ve doku gibi duyuşsal özellikler de dikkate alınmalıdır.

Gıdanın temel amacı beslenme olmasına rağmen insanlar gıda seçimlerini sadece lezzet ve besin değerlerine, gıdaların sunumuna göre değil, aynı zamanda kültürel, dini, tarihi, ekonomik veya sosyal statüye ve çevresel faktörlere göre de yapmaktadırlar. Gıda arzının yanı sıra, gıda güvenliği, aynı zamanda bölgesel erişilebilirlik, gıda tedariki, kullanımı, satın alma gücü, gıda

kalitesi, siyasi ve sosyo-ekonomik istikrarla da ilgilidir (Xie vd., 2021). Gıda güvenliği insanların üretken bir yaşam için yeterli gıdaya erişiminin sağlanmasıyla birlikte, taze, özgün, kullanışlı ve lezzetli ürünlere yönelik gelişen taleplerini kapsamaktadır (Gupta vd., 2023).

Gıda güvenliğinin sağlanmasına yönelik özel tavsiyeler arasında agroekoloji, sürdürülebilirlik ve ekosistemlerin dayanıklılığının artırılmasının yanı sıra toprak sağlığının korunması ve üreticilerin ekonomik risklere karşı hassasiyetinin azaltılması (Çakmakçı vd., 2023a); gıda sistemlerinin dönüştürülmesi (Horton, 2023); küçük ölçekli çiftçilerin modern tarıma organik olarak entegre olmalarının desteklenmesi ve teşvik edilmesi (Heitala vd., 2021); değiştirilmesi ve bitkisel kaynaklı gıda tüketiminin teşvik edilmesi (Parodi vd., 2018), diyetlerin bileşiminin optimize edilmesi, gıda israfının azaltılması ve tahıl tüketiminde bileşimin ayarlanması (Wang, 2019; Liu vd., 2020) yer almaktadır. Gıda kalitesi ve güvenliğinin sağlanmasında yeni tekniklerin, kaynakların ve materyallerin önemi de giderek artmaktadır (Gupta vd., 2023).

Gıda üretim süreçlerinin başlangıcından itibaren çözülmesi gereken ilk zorluk güvenlik olup, halen mevcuttur ve yeni ürün ve teknolojiler geliştirildikçe geleceğin en önemli zorluklarından biri olarak güncelliğini koruyacaktır. Mevcut üretim sistemleri bölgesel dengenin ve ekosistem sağlığının korunmasından ödün vermeden, sağlıklı beslenme sorununu çözmede başarısız olmakta, çevresel zararlar ve sosyal adaletsizlikler oluşturmaktadır (Zimmerer vd., 2021; Çakmakçı vd., 2023 a). Güvenlikten sonraki zorluk, güvenli ürünlerin mikrobiyolojik, kimyasal, fiziksel ve biyokimyasal stabilitenin garanti edilerek korunmasıdır (Augusto, 2020). Üretim ve gelir eşitsizliği gıdaya erişim sorunlarını artırmaktadır. Gelir ve fiyatlardaki değişiklikler beslenme dengesini olumsuz yönde etkilemekte ve beslenme giderek daha dengesizleşmektedir (Santeramo vd., 2018). Kaynak kıtlığı ve iklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki olumsuz etkileri bilinmesine rağmen gıda yeterliliği ön plana çıkarken gıda güvenliği ve beslenme kalitesinin geleceği düşünülmemektedir (Mylona vd., 2018). Verimi artırma baskısı yoğun üretim sistemlerini teşvik etmiş, gıda sektörü daha büyük organizasyonlara yoğunlaşmış, yüksek verimli tür ve çeşitler, biyolojik çeşitlilik kaybı ve çevresel etkilere neden olmuş, erişilebilir kaliteli gübre ve diğer kaynaklar azalmaya başlamıştır. Her şeye rağmen, sistemlerin dayanıklılığı, gıda güvenliği ve beslenme için ön koşul olan sürdürülebilir gıda

güvenliği, nihai hedef olmaya devam etmekte ve bu çoklu hedeflere ulaşmak için akıllı seçimler ve stratejiler gerekmektedir. Gıda talebinin çevresel etkilerini en aza indirerek ve sosyal fırsatları en üst düzeye çıkararak sürdürülebilir bir şekilde ele alınması gerekmekte ancak bunun her zaman mümkün olabileceğini söylemek zor görünmektedir.

### **3. İNSAN BESLENMESİNDE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAKLARI**

#### **3.1. Bitki Bazlı Proteinlere Yönelik Trendler**

Et, süt ve ürünleri insan beslenmesinde önemli protein kaynakları olmasına rağmen, mevcut pazar gelişmeleri ve sürdürülebilirlik açısından hayvansal proteinlerin tahıllar, yalancı tahıllar, yağlı tohumlar, bezelye, fasulye, baklagiller, çimen, yeşil yapraklar, tohumlar, kuruyemişler, patates, mantar, algler gibi bitki bazlı proteinlerle kısmen değiştirilmesi gerektiğini göstermektedir (Lonnie vd., 2018; Aschemann-Witzel vd., 2021; Banach vd., 2023). Kirlilik, sera gazı emisyonları ve et üretiminden kaynaklanan çevresel sorunlar hayvansal gıdaların tüketimini azaltırken (Kotabagılı vd., 2023), KOVİD-19 salgınının insan beslenmesinin, özellikle bitki bazlı diyetlere dönüştürülmesine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir (Williams vd., 2023). Bitki bazlı proteinlerin geçmişi daha uzun, üretim maliyetleri daha düşük, erişimleri daha kolay ve çevresel olarak daha sürdürülebilir özellikleri vardır (Sim vd., 2021). Sınırlı doğal kaynaklar içerisinde bitki bazlı gıdalar ve proteinler büyüyen bir trenddir (Aschemann-Witzel vd., 2021). Sera gazı emisyonlarını ve su ayak izlerini azaltmak ve sürdürülebilir bir yaşam tarzını teşvik etmek için ağırlıklı olarak bitki bazlı bir beslenme modeli olan Akdeniz diyeti önerilmektedir (Dernini vd., 2017).

Hayvansal proteinler bitki bazlı proteinlere kıyasla daha iyi sindirilebilirliğe ve biyoyararlılığa sahip olmakla birlikte (Galanakis, 2021), genel olarak alternatif protein kaynaklarının hayvansal proteinlerden daha sürdürülebilir olduğu varsayılmaktadır (Munialo vd., 2022). Nüfus ve gelir artıca e te olan talep artmaktadır (Palmieri vd., 2023). Et gibi hayvansal kaynaklı gıdalar besin maddeleri açısından en zengin gıdalar arasında olmasına rağmen (Pethick vd., 2023), sürdürülebilir kalkınma hedefleri ve tüketicilerin sağlık ve çevre konularında daha fazla bilinçlenmesiyle birlikte, gelecekte vegan gıdalar ve bitki bazlı diyetlere olan talep ve tüketimin artacağı öngörülmektedir (Kotabagılı vd., 2023). Hayvansal ürünlerin küresel üretimi

ve tüketimi çevre, arazi, enerji ve kaynak kullanımını bakımından sorun olmayı sürdürüyor olsa da gelirlerin artması ve gıda fiyatlarının düşmesi hayvansal bazlı diyetleri artırmakta ve gelecekte de artırmaya devam edeceği kabul edilmektedir (Lehikoinen ve Salonen, 2019). Ancak insan sağlığı, çevre ve doğal kaynaklar açısından, daha az hayvansal gıdaya ve daha az işlenmiş tam tahıllar, baklagiller, sebzeler, kuruyemişler ve meyveler gibi bitki bazlı gıdalara doğru ilerleyen bir gıda sistemi sürdürülebilir ve faydalıdır (Hassoun vd., 2022a; Henn vd., 2022; Trasca vd., 2024). Gıda sistemlerinde sağlık ve çevresel kaygılar nedeniyle hayvansal protein ikamelerine ve bitki bazlı beslenme rejimlerine doğru tüketici eğilimlerine rağmen (Bryant vd., 2019; Fehér vd., 2020; Raptou vd., 2024), et açısından zengin batı kültüründe kökleşmiş durumda olan hayvansal ürünlerin tüketimini azaltma eğilimi nispeten zor görülmektedir (Cheah vd., 2020).

Bitki bazlı diyetlerin benimsenmesinin artması; beslenmeye bağlı sağlık sorunlarının yanı sıra tarım ve gıdaya bağlı sera gazı emisyonlarını, çevresel etkiyi ve tarım arazisi, su ve gübre talebini de önemli ölçüde azaltacağı tahmin edilmektedir (Alcorta vd., 2021; Sun vd., 2022; Springmann vd., 2023; Bunge vd., 2024). Gıda ikameleri için baklagillere ilaveten, buğday ve yulaf gibi tahıllar ve şeker pancarının yeşil yaprakları gibi kaynaklar uygundur. Aslında buğday ve soya birlikte et ikamesinde kullanılabilirken, yulaf ise tedarik, besin içeriği, tat ve renk gibi olumlu özellikleri ile yoğurt, krema ve tatlılar gibi diğer süt ikamelerinde alternatif olarak kullanılabilir (Cardello vd., 2022; Banach vd., 2023). Bezelye ve nohut gibi diğer protein kaynaklarına yönelim olsa da soya, bitki bazlı proteinlerin birincil kaynağı olup et ve süt ürünlerine önemli bir alternatiftir (Sim vd., 2021; Chandran vd., 2023; Banach vd., 2023). Baklagil proteinlerinin çevresel açıdan hayvansal proteinlere sürdürülebilir bir alternatif olduğu bildirilmiştir (Liu vd., 2023).

Soya, bezelye, nohut, bakla, barbunya ve yeşil fasulye gibi baklagil proteinleri; buğday, mısır, pirinç, sorgum ve yulaf gibi tahıl proteinleri ve yer fıstığı, keten tohumu, susam ve ayçiçeği gibi yağlı tohum proteinleri protein takviyesi olarak kullanılmaktadır (Sá vd., 2020; Chandran vd., 2023). Börülce, şeker pancarı ve yonca gibi birçok bitkinin yaprakları bitki bazlı protein kaynakları olarak kullanılabilir (Banach vd., 2023). Çevresel etkileri endişe verici olan hayvansal protein tüketimini azaltmak için, siyanobakteri, tek hücre proteinleri, deniz yosunları, algler, mantarlar ve mikoprotein, böcekler, denizanası, yapay et ve sentetik proteinler gibi umut vadeden besinsel ve

çevresel performansa sahip alternatif ve sürdürülebilir protein kaynakları ile düşük çevresel etkiye sahip zengin bitki bazlı protein kaynaklarının dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Parodi vd., 2018; Aschemann-Witzel vd., 2021; Banach vd., 2023; Soria-Lopez vd., 2023).

Gelecekte; ara sıra kullanılan ve halen kullanılmayan binlerce bitki türü gıda olarak kullanılabilmesi gibi (Khoury vd., 2019); toprak, su ve gübreye ihtiyaç duymadan gıda kaynağı olabilen keşfedilmiş ve keşfedilmemiş denizanası, deniz yosunu ve suda yaşayan hayvan türleri de gelecek için potansiyel gıda kaynaklarıdır (Bernhardt ve O'Connor 2021; Choudhary vd., 2021; Duarte vd., 2022; Ranasinghe vd., 2022). Kahverengi, kırmızı ve yeşil algler ve deniz biyolojik kaynakları, küresel gıda güvenliğine katkıda bulunan önemli kaynaklar olup yüksek protein, vitamin, mineral ve biyoaktif bileşik içerikleri ve sürdürülebilirlikleri nedeniyle gıda, yem, ilaç ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılmaktadır (Choudhary vd., 2021; Duarte vd., 2022).

Bitki bazlı gıdalar, alternatif proteinlerin en büyük bölümünü oluşturur. Gelecekte; hem kolza tohumu ve ayçiçeği tohumu küspesi gibi tarımsal endüstrilerin yan ürünleri işlenebilir ve gıda sistemlerinin karlılığını artırmak için protein kaynağı olarak kullanılacak hem de hayvansal, bitkisel ve mikrobiyal kaynaklar kullanılarak üretilecek alternatif hücresel proteinler önemli hale gelecektir (Liu vd., 2023). Yer fıstığı, badem, soya ve Hindistan cevizi içeren, görünüşte süte benzese de gerçek süt ürünü olmayan, bitkisel süt veya bitki bazlı süt adı verilen doğal bir emülsiyon olan alternatiflere ultrason uygulanması, fiziksel stabilite, fermentasyon ve süt kadar mikroorganizma çoğalmasına elverişli olması gibi avantajlar sağlamıştır (Sarangapany vd., 2022). Ortaya çıkan gıda trendlerinin hayvansal kaynaklı ürünlerin yerine geçecek sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğu (Hassoun vd., 2022b), ancak bitki bazlı alternatif gıdaların sağlık, çevre ve beslenme kalitesi üzerindeki etkisinin daha fazla araştırılması ve değerlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Alae-Carew vd., 2022).



### 3.2. Hücresel Tarım Proteinleri

Alternatif proteinler gelecekte gıda güvencesi ve sürdürülebilir gıda üretimi açısından önemlidir. Fermantasyon yoluyla yeni tip gıda ve gıda bileşenleri üretimi mümkün olabilirken, halen çok küçük ölçekte de olsa, sentetik biyoloji teknikleri, kök hücre biyolojisi ve doku mühendisliğindeki gelişmeler sonucunda, kök hücreler kullanılarak biyoreaktörlerde kültür eti gibi alternatif proteinlerin biyoteknolojik üretimi mümkün olabilmektedir (Rubio vd., 2020; Zhang vd., 2020). Hücresel tarım, farklı ürünlerin üretimi için yeni ortaya çıkan bir alandır ve doku mühendisliği teknikleri gelecek için umut vericidir (Reiss vd., 2021). Bitki bazlı et ve laboratuvarında geliştirilen etler klasik ete alternatifler olarak öne sürülse de bunların beslenme, ekonomi, sağlık, kaynak ve çevresel etkileri kapsamlı araştırma gerektirmektedir (Dolgin, 2020, Rubio vd., 2020). Gerçekten de ileriye dönük yeni bir çözüm olarak tanıtılan hücresel yetiştiricilik (tarım) teknikleriyle deri, balık, yumurta, süt ve deniz ürünleri proteinleri başarıyla üretilmiş olsa da kültür eti üretimi halen başlangıç ve araştırma aşamasında olup (Hassoun vd., 2024) son yıllarda üstte belirtilen avantajları olan yapay et, bitkisel proteinli et ve hücre kültürlü et üretiminde bir gelişme eğilimi olduğu bildirilmektedir (Wang ve Zhang, 2024).

Teknik olarak birçok zorlukları olmakla birlikte (Stephens vd., 2018), arazi ve su ihtiyacı ve doğal kaynaklara bağımlılığı azaltacak, besin değeri, tat ve aroma açısından gerçek et ürünlerine daha benzer sağlıklı, güvenli ve sürdürülebilir alternatif olan hücre kültürlü et üretimini kolaylaştıran stratejiler de geliştirilmektedir (Benny vd., 2022; Wang vd., 2023a). Sentetik kültür ortamında doku ve kök hücre kültürü kullanılarak biyoreaktörlerde hayvansal dokusu veya kültürlenmiş et üretimi (Hassoun vd., 2024) ve kültürlenmiş et üretmek için mikroorganizmaları belli koşullar altında belirli ürünler üretmeye programlayan hassas fermantasyon (Singh vd., 2022) yenilikçi teknolojiler olarak önemli fırsatlar sunma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, et yerine kullanılma konusunda bitki bazlı proteinler hala et ikamesi olarak en büyük potansiyele sahiptir; ilaveten halen emekleme ve deney aşamasında olan, enerji yoğun ve mevcut koşullarda ekonomik olarak uygulanabilir olmayan, laboratuvarında yetiştirilen etin seri üretimi ve tüketicilerce kabulü konusundaki sorunlar nedeniyle pazar potansiyelinin düşük olabileceği bildirilmiştir (Post vd., 2020; De Oliveira Padilha vd., 2022; Parlasca ve Qaim, 2022).

### 3.3. Mikroalgler, Yenilebilir Böcekler ve Denizanası

Gelecekte artan protein talebini yalnızca et ve süt ürünleriyle karşılamak arazi ve emisyonlar açısından sürdürülebilir olmadığından, bitki bazlı gıdalar ve proteinler, algler, kültürlü veya in vitro et ve yenilebilir böcekler alternatif protein kaynakları olarak dikkat çekmektedir. Gıda teknolojisi ve gıda yetiştirme sistemlerinin imkân sağladığı kapalı çevre koşullarında üretim, birçok alternatif ve riski azaltılmış gıdanın kontrollü ortamlarda büyük ölçekte üretilebileceğini göstermektedir (Tzachor vd., 2021).

**Algler:** Proteinler, mineraller, vitaminler, antioksidanlar, bitkisel besin elementleri ve yağ asitleri açısından zengin olan alglerin fonksiyonel faydaları nedeniyle kullanımı giderek artmaktadır (Wells vd., 2017; Caporgno ve Mathys, 2018). Nitekim, yüksek miktarda protein içeren ve aynı zamanda temel amino asitler, doymamış yağ asitleri ve vitaminler açısından zengin olan algler, sağlıklı gıda üretimi için et ve et bazlı ürünlere fonksiyonel bir bileşen olarak eklenebilmektedir (Wang vd., 2023b). Sürdürülebilir ve protein açısından zengin gıdaların önemli bir kaynağı olan mikroalglerin üretiminin, gıda güvenliğini iyileştirme ve kaynak kullanımı ve çevre sorunlarını azaltma ve çözüm potansiyeli nedeniyle gelecekte büyük ölçekli üretiminin optimizasyonunun uygun olacağı önerilmiştir (Kusmayadi vd., 2021). Gıdalara alg eklenmesi daha sağlıklı gıdalar elde edilmesiyle birlikte, gıdaların raf ömürlerini de uzatmaktadır (Hassoun vd., 2024). Mikro alglerin foto-sentetik verimliliği, kapalı fotobiyoreaktörlerde optimize edilmiş dalga boylarında artırılabilmiştir (Nwoba vd., 2019). Mikroalg üretiminin hayvansal üretime kıyasla, önemli ölçüde daha az kaynak gerektirdiği ve hayvansal üretimden daha sürdürülebilir olduğu vurgulanmıştır (Liu vd., 2023).

**Yenilebilir böcekler:** Böceklerin gıda olarak tüketilmesi konusunda bazı olumsuz duygular olmasına rağmen, bunların çoğunun insan beslenmesi için uygun olduğu ve böcek üretimi için arazi, su, yem, sera gazı emisyonları ve enerji kullanımının genellikle diğer hayvansal ve bitkisel protein kaynaklarına göre daha düşük olduğu belirtilmektedir (Guiné vd., 2021; Ordoñez-Araque vd., 2022; Fuso vd., 2024). Daha az yenilenemeyen kaynak kullanmaları (Ordoñez-Araque vd., 2022; Fuso vd., 2024); proteinler, amino asitler, yağlar, mineraller, vitaminler ve diğer besin maddeleri açısından zengin olmaları (Vinci vd., 2022; Lu vd., 2024) ve sürdürülebilir ve güvenli olmaları (Liu vd., 2023) nedeniyle yenilebilir böceklerin kullanımının yaygınlaşacağı

öngörülmektedir. Böcek hücre kültürünün kullanımı, yenilikçi gıda üretimi için önemli bir potansiyele sahiptir (Rubio vd., 2019). Kısa yaşam döngüleri, yüksek bolluk ve düşük besinsel özellikleriyle dünyanın en büyük biyolojik grubu olan ve çeşitli biyoaktif bileşikler açısından zengin olan böcekler, gelecekte gıda krizlerinin çözümünde ve beslenme ihtiyaçlarının karşılanmasında yeni bir potansiyel kaynak olarak değerlendirilmektedir (Bernardo ve Conte-Junior, 2024; Zhang vd., 2024).

Beslenme açısından böcekler, deniz yosunu ve denizanasının iyi alternatif protein kaynakları oldukları, ancak tüketim, işlevsellik ve sürdürülebilirliğin teşviki açısından böcek proteinleri için optimum işleme teknolojileri ve özel stratejilere ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Karaca vd., 2023; Palmieri vd., 2023). Araştırmalar domuz eti üretimine kıyasla, böcek proteini üretiminin ekosistem, arazi kullanımı, iklim değişikliği, sera gazı emisyonları ve fosil kaynaklar üzerinde olan etkisinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Vinci vd., 2022). Özellikle böcek proteini üretiminin düşük çevresel etkisi ve yüksek besin değeri, yenilebilir böcekleri geleceğin potansiyel gıdası ve gıda talebine sürdürülebilir bir çözüm haline getirmekte, ancak yanlış tanımlama ve taklit riskine karşı özgünlüğü, izlenebilirliği ve güvenliği sağlamak için sağlam ve yüksek verimli analitik yöntemlerin geliştirilmesi zorunlu görülmektedir (Vinci vd., 2022; Fuso vd., 2024). Gelecekte, gıda güvenliği ve güvenilirliği açısından yenilikçi böcek bazlı ürünlere ve böcek endüstrisinden tam olarak yararlanmak için yeni düzenlemelere ihtiyaç duyulacaktır.

**Denizanası:** Asya hariç, Dünyanın diğer bölgelerinde yeterince kullanılmadığı gibi potansiyel rolü hakkında çok az bilgi bulunmakla birlikte, yenilebilir denizanasının çevresel sürdürülebilir alternatif bir protein kaynağı olduğu kadar, lipit, karbonhidrat, vitaminler, mineraller ve kolajen içerdiği ve kullanımının güvenli olduğu belirtilmektedir (Raposo vd., 2018; Palmieri vd., 2023). Gıda güvenliği açısından mevzuatlara uygunluk endişesi olmakla birlikte, düşük enerji, yüksek miktarda protein ve çok düşük kolesterol içeriğinden dolayı, iyi bir güvenlik sağlanması durumunda, insan tüketimi için alternatif gıda kaynağı olabileceği öne sürülmektedir (Ranasinghe vd., 2022; Torri vd., 2024).

### 3.4. Sentetik Biyoloji ve Mikrobiyal Proteinler

Zengin bitki bazlı protein kaynaklarına ilaveten (Lonnie vd., 2018), mikrobiyal proteinler veya tek hücre proteinleri olarak tanımlanan alg, mantar, bakterilerden üretilen gıdaların, gıda güvenliğine katkı sağlayabilecek umut verici bir yaklaşım olduğu bildirilmiştir (Leger vd., 2021; Walker ve van Loon, 2023). Bazı protein ve yüksek değerli fonksiyonel gıda bileşenlerinin üretiminde mikroorganizmalardan yararlanılabildiği gibi, kazein gibi süt proteinlerinin üretiminde mikrobiyal fermantasyon kullanılabilir (Takefuji, 2021). Gelecekte, yenilikçi teknolojiler, sürdürülebilir tarım ve beslenme değişiklikleri ile birlikte karbonhidrat, protein ve yağ üretmek için mantar, bakteri, maya ve mikroalg gibi mikroorganizmaların kullanımı yaygınlaşacaktır (Landesz, 2023). Günümüzde gelişen teknolojiler ve gıda mimarisi yaklaşımıyla, farklı kaynaklardan, hayvansal gıdalar gibi görünen, hissedilen ve tadı olan ve vitamin ve minerallerle zenginleştirilmiş lezzetli, yararlı, sağlıklı ve sürdürülebilir yeni nesil gıdalar üretilebilmektedir. İster doğal ister endüstriyel olarak üretilmiş olsun, işlevsel ve güçlendirilmiş gıdalar beslenme ve sağlık açısından faydalı bileşenler ve besin maddeleri içermeli, bileşiklerin işlevselliği ve ürünün duyu özellikleri korunmalıdır (Çakmakçı vd., 2023b).

Gıda alanındaki araştırmalar geç başlamış olsa da (da Fonseca-Pereira vd., 2022), sentetik biyoloji teknolojisi, gıda bileşenlerinin hedeflenen, verimli ve doğru üretimini sağlamak, yenilenebilir ham maddeleri gıda bileşenlerine, fonksiyonel gıda katkı maddelerine ve besin kimyasallarına dönüştürmek için mikrobiyal gıda genomlarını ve gıda bileşeni sentez yollarını tasarlamak için kullanılabilir (Wang ve Zhang, 2024). Gıda bileşenleri üretimine yönelik geliştirilen enzimatik hidroliz ve hassas fermantasyon teknolojileri, yan ürünlerin değerlendirilmesi ile birçok değerli, biyoaktif ve fonksiyonel bileşenin geri kazanılmasına olanak sağlayabildiği gibi, sürdürülebilir bir gıda üretimine de yardımcı olabilir. Nitekim, sentetik biyoloji ve fermantasyon teknolojilerindeki gelişmelerin, proteinlerin fabrikasyon şeklinde üretilmesini ve gıda ve yem için et hücrelerinin üretilmesini sağlayabildiği vurgulanmıştır (Asseng vd., 2021; Tubb ve Seba, 2021). Bitkilerin, mantarların ve bakterilerin yetenekleri ve karşılıklı olarak faydalı etkileşimleri, gelecekteki gıda üretimi ve işlenmesi için kritik öneme sahiptir.

Organizmaların istenilen hedeflere yönelik tasarımı, dönüşümü ve hatta yeniden sentezi ve canlı sistemlerin tasarımı için disiplinler arası entegrasyona

dayanan sentetik biyoloji teknolojisinin (Huang ve Nikel, 2019), yeni türler ve teknolojiler oluşturarak gıda endüstrisinin üretim kapasitesini artıracak ve kirliliği ve enerji tüketimini azaltacak öngörülmektedir (Shi vd., 2022). Gelecekteki gıda endüstrisi, gıda teknolojisi, biyoteknoloji ve bilgi teknolojisinin yüksek entegrasyonu yoluyla gıdanın üretilme biçiminin değiştirileceği ve gelecekteki gıdaların büyük ölçüde endüstriyel atölyelerde verimli, çevre dostu ve sürdürülebilir şekilde üretilbileceği açıktır (Wang ve Zhang, 2024). Geleceğin gıda üretimi, bir yandan sağlığı geliştirici özelliğe sahip yeni mikroorganizmaları keşfedip karakterize ederek yeni gıda formülasyonlarına uyarlanmalı (Albayrak ve Duran, 2022), diğer yandan su ve kaynak kıtlığı, çevresel etki, sıcaklık değişiklikleri, gıda güvenliği, güvenilirliği, kıtlığı ve israfı gibi zorlukları maliyet etkin bir şekilde çözmeli ve aşmalıdır (Çakmakçı ve Çakmakçı, 2023). Gelecek için, sentetik biyoloji teknolojileriyle, proteinler, lipitler ve vitaminler gibi gıda bileşenlerinin mikroorganizmalar tarafından çevre dostu yöntemler kullanılarak hızlı bir şekilde üretilmesi umut verici bir alternatif olabilir. Beslenme, güvenlik, kalite, kaynak dönüşüm etkinliği ve geliştirilecek ürün değerlendirme ve ürün kalite standartları dikkate alınarak gıdaların biyolojik olarak üretimi, mevcut geleneksel gıda üretim endüstrisine önemli bir katkı sağlayacaktır.

#### 4. SONUÇ

Gelecekte, gıda sektörünün, daha az arazi, su, enerji, kaynak ve çevresel etkiye sahip sürdürülebilir gıda, yem, lif ve yakıt üretimine, çevre ve doğal kaynakların korunmasına yönelerek gıda israfını azaltabilecek stratejiler geliştirmesi gerekmektedir. Geleceğin gıdalarının beslenme, sağlık, güvenlik, çevre koruma ve maliyet açısından geleneksel gıda endüstri ürünlerine kıyasla avantajlı olabilmesi yenilikçi yaklaşım, teknoloji ve ürün değerlendirme ve kalite standartlarının geliştirilmesine bağlı olacaktır. Gelecekte alternatif protein kaynaklarına yönelik eğilimlerin ve işlemenin etkilerinin araştırılması kritik önem taşımaktadır. Tüm ham maddelerin ve yan ürünlerin sürdürülebilir kullanımı, daha fazla yeni ürün ve protein kaynaklarının geliştirilmesi, gıda güvenliği ve insan sağlığı için zorunludur. Besinsel ve fonksiyonel özellikler, farklı proteinlerin harmanlanması, zenginleştirme tekniklerinin geliştirilmesi ve işleme koşullarının optimize edilerek protein kalitesinin, sindirilebilirliğinin ve biyoyararlanımının iyileştirilmesiyle geliştirilebilir.

Bilim ve teknolojiadaki ilerlemeler ve gelecekteki teknolojik devrim, besleyici ve çevre dostu gıdaların üretilmesini sağlayabilir, üretim sistemlerini artırabilir, çeşitlendirebilir ve kaynak kullanım verimliliği ve karlılığında iyileştirmelerle çevresel bozulmayı azaltabilir. Dijital ve teknolojik yeniliklerin uygulamaları sınırlı olmakla birlikte, yeşil teknolojiler gıda sistemlerinin dönüşümü için yenilikçi çözümler sağlamakta, ancak, yeni teknolojilerin sunduğu fırsatlar sürdürülebilirlik ve gıda güvenliği ve güvenilirliği dikkate alınarak geliştirilmezse olumsuz sonuçlara yol açabilir hatta yeni gıda güvenliği riskleri de ortaya çıkarabilir.

Mevcut ve gelecekteki nüfusun beslenmesi, sürdürülebilir bir tarım-gıda sistemine dönüşüm, gıda üretim sisteminin dayandığı kaynak tabanını korumak, yakın ve uzak geleceğe ilişkin öneriler oluşturmak ve zamanın akışını yakalamak ve yönlendirmek için uygun çıkış yolu ve tasarım gerektirmektedir. Artan dünya nüfusunu beslemek; bitkisel kaynaklı gıda tüketiminin artırılması, gıda koruma teknolojilerinin geliştirilmesi, yeni protein kaynaklarının keşfi ve geliştirilmesi ve beslenme rejimlerinin değiştirilmesi ile mümkündür. Yenilenebilir enerjiyle üretilen ve toprak tasarrufu sağlayan biyoyararlılığı, sindirilebilirliği ve tüketici kabulü yüksek gıda güvenliği için sürdürülebilir geleceğin gıdaları ve protein kaynakları giderek daha fazla kabul görecektir.

Gelecekte, sürdürülebilir gıda üretimi, gıda güvenliği, iklime dayanıklı ve dijitalleştirilmiş gıda tedarik zinciri, alternatif protein kaynakları, sürdürülebilir gıda işleme ve koruma teknolojileri, sentetik biyoloji, hücre biyolojisi ve biyoteknoloji yeni ürünlerin geliştirilmesi, kültürel çeşitlilik, mutfak trendleri, tüketici sağlığı ve kişiselleştirilmiş beslenme konularında kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır. İnsanın sürdürülebilir, besleyici ve çevre dostu gıda üretimine ulaşma hedefi; yenilikçi tarım uygulamaları, yenilikçilik, uyarlanabilirlik, gelişen gıda üretim, işleme ve koruma teknolojileri yanı sıra gıdayı nasıl tükettiğimizi yeniden tanımlayan yaklaşımlar dahil olmak üzere gıda tedarik zincirinin çeşitli yönlerinde kapsamlı değişiklikleri içermelidir.

## KAYNAKÇA

- Alae-Carew, C., Green, R., Stewart, S., Cook, B., Dangour, A.D., Scheelbeek, P.F.D. (2022). The role of plant-based alternative foods in sustainable and healthy food systems: Consumption trends in the UK. *Science of the Total Environment*, 807, 151041.
- Albayrak, Ç.B., Duran, M. (2022). Worldwide research tendencies on probiotics in food science: 1993 to 2021. *British Food Journal*, 124, 679-700.
- Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M.D., Vaquero, M.P. (2021). Foods for plant-based diets: Challenges and innovations. *Foods*, 10, 293.
- Aschemann-Witzel, J., Gantriis, R.F., Fraga, P., Perez-Cuetto, F.J.A. (2021). Plant-based food and protein trend from a business perspective: markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61, 3119–3128.
- Asseng, S., Palm, C.A., Anderson, J.L., Fresco, L., Sanchez, P.A., Asche, F., Garlock, T.M., Fanzo, J., Smith, M.D., Knapp, G., et al. (2021). Implications of new technologies for future food supply systems. *Journal of Agricultural Science*, 159, 315–319.
- Augusto, P.E.D. (2020). Challenges, trends and opportunities in food processing. *Current Opinion in Food Science*, 35, 72–78.
- Banach, J.L., van der Berg, J. P., Kleter, G., van Bokhorst-van de Veen, H., Bastiaan-Net, S., Pouvreau, L., van Asselt, E.D. (2023). Alternative proteins for meat and dairy replacers: Food safety and future trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 11063-11080.
- Benny, A., Pandi, K., Upadhyay, R. (2022). Techniques, challenges and future prospects for cell-based meat. *Food Science and Biotechnology*, 31, 1225-1242.
- Bernardo, Y.A.A., Conte-Junior, C.A. (2024). Oxidative stability in edible insects: Where is the knowledge frontier?. *Trends in Food Science & Technology*, 148, 104518.
- Bernhardt, J.R., O'Connor, M.I. (2021). Aquatic biodiversity enhances multiple nutritional benefits to humans. *Proceedings of the National Academy of Science*, 118, e1917487118.
- Bryant, C., Szejda, K., Parekh, N., Deshpande, V., Tse, B. (2019). A survey of consumer perceptions of plant-based and clean meat in the USA, India, and China. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 432863.
- Bunge, A.C., Mazac, R., Clark, M., Wood, A., Gordon, L. (2024). Sustainability benefits of transitioning from current diets to plant-based alternatives or whole-food diets in Sweden. *Nature Communications*, 15, 951.
- Çakmakçı, S., Çakmakçı, R. (2023). Quality and nutritional parameters of food in agri-food production systems. *Foods*, 12, 351.

- Çakmakçı, R., Salık, M.A., Çakmakçı, S. (2023 a). Assessment and principles of environmentally sustainable food and agriculture systems. *Agriculture*, 2023, 13, 1073.
- Çakmakçı, S., Gülçin, İ., Gündoğdu, E., Ertem Öztekin, H., Taslimi, P. (2023 b). The comparison with commercial antioxidants, effects on colour, and sensory properties of green tea powder in butter. *Antioxidants*, 12, 1522.
- Caporgno, M.P., Mathys, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5, 58.
- Cardello, A.V., Llobell, F., Giacalone, D., Roigard, C.M., Jaeger, S.R. (2022). Plant-based alternatives vs dairy milk: Consumer segments and their sensory, emotional, cognitive and situational use responses to tasted products. *Food Quality and Preference*, 100, 104599.
- Chandran, A.S., Suri, S., Choudhary, P. (2023). Sustainable plant protein: an up-to-date overview of sources, extraction techniques and utilization. *Sustainable Food Technology*, 4, 466-483.
- Cheah, I., Shimul, A.S., Liang, J., Phau, I. (2020). Drivers and barriers toward reducing meat consumption. *Appetite*, 149, 104636.
- Choudhary, B., Chauhan, O.P., Mishra, A. (2021). Edible seaweeds: A potential novel source of bioactive metabolites and nutraceuticals with human health benefits. *Frontiers in Marine Science*, 8, 740054.
- da Fonseca-Pereira, P., Siqueira, J.A., Monteiro-Batista, R.C., Vaz, M.G.M.V., Nunes-Nesi, A., Araújo, W.L. (2022). Using synthetic biology to improve photosynthesis for sustainable food production. *Journal of Biotechnology*, 359, 1–14.
- De Oliveira Padilha, L.G., Malek, L., Umberger, W.J. (2022). Consumers' attitudes towards lab-grown meat, conventionally raised meat and plant-based protein alternatives. *Food Quality and Preference*, 99, 104573.
- DeClerck, F.A.J., Koziell, I., Benton, T., Garibaldi, L.A., Kremen, C., Maron, M., Del Rio, C.R., Sidhu, A., Wirths, J., Clark, M., et al. (2023). A whole earth approach to nature positive food: biodiversity and agriculture. In *Science and Innovations for Food Systems Transformation*; von Braun J., Afsana, K., Fresco, L.O., Hassan M.H.A. (Eds.); Springer: Cham, Switzerland, 2023; pp. 469-496.
- Dernini, S., Berry, E.M., Serra-Majem, L., La Vecchia, C., Capone, R., Medina, F.X., Aranceta-Bartrina, J., Belahsen, R., Burlingame, B., Calabrese, G., et al. (2017). Med Diet 4.0: the Mediterranean diet with four sustainable benefits. *Public Health Nutrition*, 20 (7), 1322–1330.
- Dolgin, E. (2020). Cell-based meat with a side of science. *Nature*, 588, S64–67.
- Duarte, I.M., Marques, S.C., Leandro, S.M., Calado, R. (2022). An overview of jellyfish aquaculture: for food, feed, pharma and fun. *Reviews in Aquaculture*, 14, 265–87.



- FAO (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*; FAO: Rome, Italy.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. (2021). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. FAO: Rome, Italy.
- Fehér, A., Gazdecki, M., Véha, M., Szakály, M., Szakály, Z. (2020). A Comprehensive review of the benefits of and the barriers to the switch to a plant-based diet. *Sustainability*, 12, 413.
- Fuso, A., Leni, G., Prandi, P., Lolli, V., Caligiani, A. (2024). Novel foods/feeds and novel frauds: The case of edible insects. *Trends in Food Science & Technology*, 147, 104457.
- Galanakis, C.M. (2021). Functionality of Food Components and Emerging Technologies. *Foods*, 10, 128.
- Guiné, R.P.F., Correia, P., Coelho, C., Costa, C.A. (2021). The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. *De Gruyter*, 6, 24–36.
- Gupta, A.K., Pratiksha, Das, T., Kumar, H., Rastogi, S., Espinosa, E., Rincón, E., Morcillo-Martín, R., Rather, M.A., Kumar, V., et al. (2023). Novel food materials: Fundamentals and applications in sustainable food systems for food processing and safety. *Food Bioscience*, 55, 103013.
- Hassoun, A., Bekhit, A.E-D.A., Jambrak, A.R., Regenstein, J.M., Chemat, F., Morton, J.D., Guđjónsdóttir, M., Carpena, M., Prieto, M.A., Varela, P., et al. (2024). The fourth industrial revolution in the food industry-part II: Emerging food trends. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64, 407-437.
- Hassoun, A., Cropotova, J., Trif, M., Rusu, A.V., Bobiş, O., Nayik, G.A., Jagdale, Y.D., Saeed, F., Afzaal, M., Mostashari, P., et al. (2022 a). Consumer acceptance of new food trends resulting from the fourth industrial revolution technologies: A narrative review of literature and future perspectives. *Frontiers in Nutrition*, 9, 972154.
- Hassoun, A., Prieto, M.A., Carpena, M., Bouzembrak, Y., Marvin, H.J.P., Pallarés, N., Barba, F.J., Bangar, S.P, Chaudhary, V., Ibrahim, S., Bono, G. (2022b). Exploring the role of green and Industry 4.0 technologies in achieving sustainable development goals in food sectors. *Food Research International*, 162, 112068.
- Heitala, R., Liu, P., Qi, S. (2021). Does small-scale organic farming contribute to the local environment-a case study in suburban Shanghai, China. *Agronomy*, 11(8), 1601.
- Henn, K., Olsen, S.B., Goddyn, H., Bredie, W.L.P. (2022). Willingness to replace animal-based products with pulses among consumers in different European countries. *Food Research International*, 157, 111403.

- Horton, P. (2023). A sustainable food future. *Royal Society Open Science*, 10, 230702.
- Huang, W.E., Nikel, P.I. (2019). The synthetic microbiology caucus: From abstract ideas to turning microbes into cellular machines and back. *Microbial Biotechnology*, 12(1), 5–7.
- Karaca, A.C., Nickerson, M., Caggia, C., Randazzo, C.L., Balange, A.K., Carrillo, C., Gallego, M., Sharifi-Rad, J., Kamiloglu, S., Capanoglu, E. (2023). Nutritional and functional properties of novel protein sources. *Food Reviews International*, 39, 6045–6077.
- Khoury, C.K., Amarileza, D., Sotoa, J.S., Diaza, M.V., Sotelo, S., Sosaa, C.C., Ramírez-Villegasa, J., Achicanoya, H.A., Velásquez-Tibatáe, J., Guarinog, L., et al. (2019). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, 98, 420–429.
- Kotabagilu, N.P., Bhatia, S., Piramanayagam, S. (2023). A qualitative investigation on Indian vegan food service providers' perspective of trends, challenges and the future of vegan consumption. *The International Journal of Gastronomy and Food Science*, 34, 100824.
- Kusmayadi, A., Leong, Y. K., Yen, H.-W., Huang, C.-Y., Chang, J.-S. (2021). Microalgae as sustainable food and feed sources for animals and humans-biotechnological and environmental aspects. *Chemosphere*, 271, 129800.
- Landesz, T. (2023). Future of Food. In *Future Intelligence. Future of Business and Finance*, Landes, T., Varghese, S., Sargsyan, K. (Eds.); Springer, Cham. Switzerland, 2023, pp.133-145.
- Leger, D., Matassa, S., Noor, E., Shepon, A., Milo, R., Bar-Even, A. (2021). Photovoltaic-driven microbial protein production can use land and sunlight more efficiently than conventional crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118, e2015025.
- Lehikoinen, E., Salonen, A.O. (2019). Food Preferences in Finland: Sustainable Diets and their Differences between Groups. *Sustainability*, 11(5), 1259.
- Lesk, C., Coffel, E., Winter, J., Ray, D., Zscheischler, J., Seneviratne, S.I., Horton, R. (2021). Stronger temperature–moisture couplings exacerbate the impact of climate warming on global crop yields. *Nature Food*, 2, 683–691.
- Liu, F., Li, M., Wang, Q., Yan, J., Han, S., Ma, C., Ma, P., Liu, X., McClements, D.J. (2023). Future foods: Alternative proteins, food architecture, sustainable packaging, and precision nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 6423-6444.
- Liu, J., Oita, A., Hayashi, K., Matsubae, K. (2022). Sustainability of vertical farming in comparison with conventional farming: A case study in Miyagi Prefecture, Japan, on nitrogen and phosphorus footprint. *Sustainability*, 14, 1042.

- Liu, X., Shi, L.J., Bernie, A.E., Sun, S.K., Zhao, X.N., Wu, P.T., Wang, Y.B. (2020). New challenges of food security in Northwest China: Water footprint and virtual water perspective. *The Journal of Cleaner Production*, 2020, 245.
- Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B.M., Green, M.A., Watson, A.W., Williams, E.A., Stevenson, E.J., Penson, S., Johnstone, A.M. (2018). Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. *Nutrients*, 10(3), 360.
- Lu, M., Zhu, C., Smetana, S., Zhao, M., Zhang, H., Zhang, F., Du, Y. (2024). Minerals in edible insects: A review of content and potential for sustainable sourcing. *Food Science and Human Wellness*, 13, 65-74.
- Munialo, C.D., Stewart, D., Campbell, L., Euston, S.R. (2022). Extraction, characterisation and functional applications of sustainable alternative protein sources for future foods: A review. *Future Foods*, 6,100152.
- Mylona, K., Maragkoudakis, P., Miko, L., Bock, A.-K., Wollgast, J., Caldeira, S., Ulbertha, F. (2018). Viewpoint: Future of food safety and nutrition - Seeking win-wins, coping with trade-offs. *Food Policy*, 74, 143–146.
- Nobanee, H., Shanti, H.Z. (2024). Assessing risk management trends in food security research. *Environment, Development and Sustainability*, 2024, 1-22.
- Nwoba, E.G., Parlevliet, D.A., Laird, D.W., Alameh, K., Moheimani, N.R. (2019). Light management technologies for increasing algal photobioreactor efficiency. *Algal Research*, 39, 101433.
- Ordoñez-Araque, R., Quishpillo-Miranda, N., Ramos-Guerrero, L. (2022). Edible insects for humans and animals: nutritional composition and an option for mitigating environmental damage. *Insects*, 13, 944.
- Oyelami, L.O., Edewor, S.E., Folorunso, J.O., Abasilim, U.D. (2023). Climate change, institutional quality and food security: Sub-Saharan African experiences. *Scientific African*, 20, e01727.
- Palmieri, N., Nervo, C., Torri, L. (2023). Consumers' attitudes towards sustainable alternative protein sources: Comparing seaweed, insects and jellyfish in Italy. *Food Quality and Preference*, 104, 104735.
- Parlasca, M.C., Qaim, M. (2022). Meat consumption and sustainability. *Annual Review of Resource Economics*, 14, 17-41.
- Parodi, A., Leip, A., De Boer, I.J.M., Slegers, P.M., Ziegler, F., Temme, E.H.M., Herrero, M., Tuomisto, H., Valin, H., van Middelaar, C.E., et al. (2018). The potential of future foods for sustainable and healthy diets. *Nature Sustainability*, 1(12), 782–789.
- Pethick, D.W., Bryden, W.L., Mann, N.J., Masters, D.G., Lean, I.J. (2023). The societal role of meat: the Dublin Declaration with an Australian perspective. *Animal Production Science*, 63, 1805–1826.

- Post, M.J., Levenberg, S., Kaplan, D.L., Genovese, N., Fu, J., Bryant, C.J., Negowetti, N., Verzijden, K., Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nature Food*, 1, 403–415.
- Qasrawi, R., Hoteit, M., Tayyem, R., Bookari, K., Al Sabbah, H., Kamel, I., Al-Halawa, D. A. (2023). Machine learning techniques for the identification of risk factors associated with food insecurity among adults in Arab countries during the COVID-19 pandemic. *BMC Public Health*, 23, 1805.
- Ranasinghe, R.A.S.N., Wijesekara, W.L.I., Perera, P.R.D., Senanayake, S.A., Pathmalal, M.M., Marapana, R.A.U.J. (2022). Nutritional value and potential applications of jellyfish. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31, 445-482.
- Raposo, A., Coimbra, A., Amaral, L., Gonçalves, A., Morais, Z. (2018). Eating jellyfish: safety, chemical and sensory properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 3973–3981.
- Raptou, E., Tsiami, A., Negro, G., Ghuriani, V., Baweja, P., Smaoui, S., Varzakas, T. (2024). Gen Z's willingness to adopt plant-based diets: Empirical evidence from Greece, India, and the UK. *Foods*, 13, 2076.
- Reiss, J., Robertson, S., Suzuki, M. (2021). Cell sources for cultivated meat: applications and considerations throughout the production workflow. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 7513.
- Rockström, J., Edenhofer, O., Gaertner, J., DeClerck, F. (2020). Planet-proofing the global food system. *Nature Food*, 1, 3–5.
- Rockström, J., Mazzucato, M., Andersen, L.S., Fahrländer, S.F., Gerten, D. (2023). Why we need a new economics of water as a common good. *Nature*, 615, 794–797.
- Rubio, N.R., Fish, K.D., Trimmer, B.A., Kaplan, D.L. (2019). Possibilities for engineered insect tissue as a food source. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 24.
- Rubio, N.R., Xiang, N., Kaplan, D.L. (2020). Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nature Communications*, 11, 6276.
- Sá, A.G.A., Moreno, Y.M.F., Carciofi, B.A.M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 170-180.
- Santeramo, F.G., Carlucci, D., De Devitiis, B., Seccia, A., Stasi A., Viscecchia, R., Nardone, G. (2018). Emerging trends in European food, diets and food industry. *Food Research International*, 104, 39–47.
- Sarangapany, A.K., Murugesan, A., Annamalai, A.S., Balasubramanian, A., Shanmugam, A. (2022). An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties – A review. *Applied Food Research*, 2, 100130.

- Shen, C., Wei, M., Sheng, Y. (2021). A bibliometric analysis of food safety governance research from 1999 to 2019. *Food Science & Nutrition*, 9, 2316–2334.
- Shi, S., Wang, Z., Shen, L., Xiao, H. (2022). Synthetic biology: A new frontier in food production. *Trends Biotechnology*, 40(7), 781–803.
- Silva, V.L., Sereno, A.M., Sobral, P.J.A. (2018). Food industry and processing technology: on time to harmonize technology and social drivers. *Food Engineering Reviews*, 10, 1–13.
- Sim, S.Y.J., Sriv, A., Chiang, J.H., Henry, C.J. (2021). Plant proteins for future foods: A roadmap. *Foods*, 10(8), 1967.
- Singh, S., Yap W.S., Ge X.Y., Min V.L.X., Choudhury, D. (2022). Cultured meat production fuelled by fermentation. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 48–58.
- Soria-Lopez, A., Garcia-Perez, P., Carpena, M., Garcia-Oliveira, P., Otero, P., Fraga-Corral, M., Cao, H., Prieto, M.A., Simal-Gandara, J. (2023). Challenges for future food systems: From the Green Revolution to food supply chains with a special focus on sustainability. *Food Frontiers*, 4, 9–20.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S. J., Herrero, M., Carlson, K.M., et al. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562, 519–525.
- Springmann, M., Van Dingenen, R., Vandyck, T., Latka, C., Witzke, P., Leip, A. (2023). The global and regional air quality impacts of dietary change. *Nature Communications*, 14, 6227.
- Stephens, N., Di Silvio, L., Dunsford, I., Ellis, M., Glencross, A., Sexton, A. (2018). Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Science & Technology*. 2018, 78, 155–166.
- Sun, Z., Scherer, L., Zhang, Q., Behrens, R. (2022). Adoption of plant-based diets across Europe can improve food resilience against the Russia-Ukraine conflict. *Nature Food*, 3, 905–910.
- Takefuji, Y. Sustainable protein alternatives. *Trends in Food Science & Technology*, 107, 429–431.
- Torri, L., Tuccillo, F., Puente-Tapia, F.A., Morandini, A.C., Segovia, J., Nevarez-López, C.A., Leoni, V., Failla-Siquier, G., Canepa-Oneto, A., Quiñones, J., Cristina Cedeño-Posso, C., et al. (2024). Jellyfish as sustainable food source: A cross-cultural study among Latin American countries. *Food Quality and Preference*, 117, 105166.

- Trasca, T.I., Ocnean, M., Gherman, R., Lile, R.A., Balan, I.M., Brad, I., Tulcan, C., Firu Negoescu, G.A. (2024). Synergy between the waste of natural resources and food waste related to meat consumption in Romania. *Agriculture*, 14, 644.
- Tubb, C., Seba, T. (2021). Rethinking food and agriculture 2020–2030. The second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial biotechnology*, 17, 57–72.
- Tzachor, A., Richards, C.E., Holt, L. (2021). Future foods for risk-resilient diets. *Nature Food*, 326, 326-329.
- Vinci, G., Prencipe, S.A., Masiello, L., Zaki, M.G. (2022). The application of life cycle assessment to evaluate the environmental impacts of edible insects as a protein source. *Earth (Switzerland)*, 3(3), 925–938.
- Walker, D.W., van Loon, A.F. (2023). Droughts are coming on faster. *Science*, 380 (6641), 130–132.
- Wang, J., Zhang, X. (2024). The potential of future foods for a sustainable future. *eFood*, 5, e133.
- Wang, Y., Zou, L., Liu, W., Chen, X. (2023 a). An overview of recent progress in engineering three-dimensional scaffolds for cultured meat production. *Foods*, 12, 2614.
- Wang, M., Zhou, J., Tavares, J., Pinto, C.A., Saraiva, J.A., Prieto, M.A., Cao, H., Xiao, J., Simal-Gandara, J., Barba, F.J. (2023 b). Applications of algae to obtain healthier meat products: A critical review on nutrients, acceptability and quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63, 8357-8374.
- Wang, Y.S. (2019). The challenges and strategies of food security under rapid urbanization in China. *Sustainability*, 11, 542.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., Brawley, S.H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29, 949–982.
- Williams, E., Vardavoulia, A., Lally, P., Gardner, B. (2023). Experiences of initiating and maintaining a vegan diet among young adults: a qualitative study. *Appetite*, 180, 106357.
- Xie, H., Wen, Y., Choi, Y., Zhang, X. (2021). Global trends on food security research: A bibliometric analysis. *Land*, 10, 119.
- Xiong, Y., Guo, H., Nor, D.D.M.M., Song, A., Dai, L. (2023). Mineral resources depletion, environmental degradation, and exploitation of natural resources: COVID-19 aftereffects. *Resources Policy*, 85, 103907.
- Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 443–450.

- Zhang, Z.-Q., Chen, S.-C., Xiao, J.-H., Huang, D.-W. (2024). State-of-the-art review of edible insect: from bioactives, pretreatment to enrichment. *Food Bioscience*, 59, 103879.
- Zhao, W., Chou, J., Li, J., Xu, Y., Li, Y., Hao, Y. (2022). Impacts of extreme climate events on future rice yields in global major rice-producing regions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 4437.
- Zimmerer, K.S., Bell, M.G., Chirisa, I., Duvall, C.S., Egerer, M., Hung, P.Y., Lerner, A.M., Shackleton, C., Ward, J.D., Yacamán Ochoa, C. (2021). Grand challenges in urban agriculture: Ecological and social approaches to transformative sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 668561.
- Zurek, M., Hebinck, A., Selomane, O. (2022). Climate change and the urgency to transform food systems. *Science*, 376, 1416–1421.

## BÖLÜM 12

### AĞRI İLİ PATNOS İLÇESİNDE ÇİFTÇİLERİN TARIMSAL DESTEKLERDEN FAYDALANMA DURUMLARININ ANALİZİ

Doç. Dr. Mustafa TERİN<sup>1\*</sup>  
Zir. Müh. Mehmet NAMAZ<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14277760>

---

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Van- Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6550-335X>

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Van- Türkiye

\* Sorumlu yazar: [mustafaterin@yyu.edu.tr](mailto:mustafaterin@yyu.edu.tr)





## 1. GİRİŞ

İnsan yaşamının devamı için gerekli gıda ürünlerini üreten ve doğal kaynaklar ve çevre ile çok yakın temas halinde olan tarım sektörü, diğer sektörlere göre risk oranı yüksek ve yatırım cazibesi düşük bir faaliyet alanıdır. Ayrıca sektörünün yapısal özelliklerinden dolayı, tarımsal gelirin diğer sektörlere göre düşük fakat tarımsal ürünlerin stratejik bir öneme sahip olması, sektörün destekleme politikaları ile desteklenmesini gerekli kılmaktadır.

Tarımsal destekleme politikaları ile üretimi yönlendirme ve üretimde devamlılığı ve kalitede iyileştirme sağlama, üretimde verimliliği artırma ve alternatif üretim yöntemleriyle yeni ürün çeşitliliğini özendirme amaçlanmaktadır (Yavuz ve Dilek, 2019). Tarım sektörünün sürekli, istikrarlı ve yeterli seviyede desteklenmesi ile çiftçilerin yaşam ve iş şartlarının iyileştirilmesi, gıda arz güvenliğinin sağlanması, tarımsal ihracatın artırılması ve böylece ülkenin ekonomik gelişimine katkı sağlamak hedeflenmektedir.

Ülkemizde tarımsal üretimin geliştirilmesi ve verimliliğin artırılması için Cumhuriyetin kuruluşunda günümüze kadar dönemler itibariyle farklı tarımsal destek araçlarından yararlanılmıştır. 2000'li yıllara kadar, yapısal önlemler dışında ürün fiyat destekleri ile girdi ve kredi sübvansiyonları ağırlıklı olarak kullanılan destekleme araçları olmuşlardır. Ancak söz konusu desteklerin tarım sektörünü hedeflenen şekilde yönlendirememesi, transfer etkinliğinin sağlanamaması ve bütçeye ağır yükler getirmesi gibi içsel sebeplerin yanı sıra dünyadaki destekleme araçlarındaki değişime paralel olarak 2000 yılı sonrasında girdi ve ürünlere yönelik destekleme araçları aşamalı olarak kaldırılmış ve bu desteklerin yerini, alan bazlı Doğrudan Gelir Desteği (DGD) almıştır. 2005 yılından itibaren, tarımsal destekleme bütçesi içinde Doğrudan Gelir Desteğinin ağırlığı azalmıştır. 2006 Tarım Kanunu ile fark ödeme destekleri ana politika aracı olarak kabul edilmiştir. Telafi edici ödemeler, süt primi, suni tohumlama ve veteriner destekleri başta olmak üzere hayvancılık destekleri, tarım sigortası ödemeleri, kırsal kalkınma destekleri, çevre amaçlı tarım arazilerini koruma programı destekleri, araştırma geliştirme ve tarımsal yayım desteği, pazarlama teşvikleri, özel depolama yardımı, kalite desteği, organik üretim desteği, gerektiğinde bazı girdi destekleri gibi destekleme araçları hedeflenen amaçlara göre çeşitlendirilmiştir. 2009 yılında, DGD ödemeleri hükümet tarafından tamamen kaldırılmıştır (Abay vd., 2017; Yavuz, 2023).

12. Kalkınma Planında (2024-2028) Tarım ve Gıda politikalarının stratejik hedefleri “*Üretimin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını bütüncül olarak ele alan, teknoloji kullanım düzeyi ve verimliliği yüksek, örgütlü, rekabetçi, arz-talep dengesi çerçevesinde planlı üretim yapılan, doğal kaynakları etkin ve sürdürülebilir kullanan, toplumun yeterli ve dengeli beslenmesini sağlayan*” bir tarım sektörünün geliştirilmesi olarak belirlenmiştir (TCSBB, 2024). Belirlenen bu stratejik hedeflere ulaşmak için günümüzde tarımsal destekler; alan bazlı destekler, telefı edici ödemeler, fark ödemesi, hayvancılık destekleri, kırsal kalkınma destekleri, tarım sigortası desteği ve diğer tarımsal amaçlı destekler olarak uygulanmaktadır. Tarımsal destek bütçesi 2022 yılında 39.6 milyar TL iken, 2024 yılında 91.6 milyar TL’ye yükselmiştir. Tarımsal destek ödemelerinin 2024 yılı itibariyle %27.2’sinin fark ödemesi, %25.9’unun alan bazlı destek, %21.6’sının hayvancılık, %13.9’unun tarım sigortası, %8.6’sının kırsala kalkınma ve %2.2’sinin telafi edici ödemelere yapılacak öngörülmektedir (TCSBB, 2024).

Ülkelerin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak tarıma verilen destek miktarları değişmektedir. Örneğin Avrupa Birliği her yıl yaklaşık 58 milyar € civarında tarıma destek vermektedir (EU, 2024). Genel olarak gelişmiş ülkelerin tarım sektörüne daha fazla destek sağladıkları söylenebilir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde bütçe kısıtları nedeniyle tarıma verilen destekler gelişmiş ülkelerin gerisinde kalmaktadır. Bu nedenle gelişmekte olan ülkeler için bütçe kısıtları nedeniyle tarıma verilen desteklemelerin miktarı kadar, bu desteklemelerden çiftçilerin ne ölçüde yararlandığının incelenmesi verilen desteklerin etkinliği açısından önemlidir.

Literatürde çiftçilerin tarımsal desteklerden faydalanma durumları, tarımsal desteklere bakış açıları ve tarımsal desteklerden faydalanmalarına etki eden faktörlerin belirlenmesi üzerine araştırmalar yapılmış olup, bazıları burada verilmiştir. Erdal vd. (2013) tarafından Kahramanmaraş’ta yapılan çalışmada, çiftçilerin %73.4’ünün tarımsal desteklerden faydalandığı ve çiftçilerin genel olarak nakit destekleme ödemeleri yerine girdi fiyatlarında (mazot, gübre vb.) indirim istedikleri ifade edilmiştir. Abay vd.(2017) tarafından yapılan çalışmada buğday, pamuk, ayçiçeği ve mısır üreticilerinin tarımsal desteklerden faydalanma durumları analiz edilmiş ve çiftçilerin mazot, gübre ve fark ödeme destekleri dışındaki desteklerden çok düşük oranlarda yararlandıkları tespit edilmiştir. Ağır ve Akbay (2018) tarafından Adana ilinde

yapılan çalışmada, eğitim durumu, hayvancılık deneyimi ve işletmede kayıt tutma değişkenlerinin çiftçilerin besilik erkek sığır desteğinden faydalanmalarını etkilediğini belirlemiştir. Aydın vd. (2019) tarafından Edirne’de yapılan çalışmada çiftçilerin damla sulama desteklerinden faydalanma durumları analiz edilmiş ve damla sulama desteklerinden daha çok gelir seviyesi yüksek ve bilinçli çiftçilerin yararlandığı ifade edilmiştir. Büyükcan ve Tan (2020) tarafından Çanakkale’nin Biga ilçesinde yapılan çalışmada, çiftçilerin %99.4’ünün buzağı, %90.4’ünün yem bitkileri ve %100’ünün süt primi desteğinden faydalandıkları ve çiftçilerin tarımsal destekleri orta düzeyde yeterli buldukları belirtilmiştir. Wang vd (2021) tarafından Bhutan’da yapılan çalışmada üreticilerin %90.0’nından fazlasının en az bir tarımsal destekten faydalandıklarını, büyük işletmelerin küçük işletmelere göre, daha fazla oranda tarımsal destekten faydalandıklarını tespit etmişlerdir. Akdoğan ve Akbay (2022) tarafından İzmir’de yapılan çalışmada, çiftçilerin %94.1’inin tarımsal desteklerden yararlandığı, %56.8’inin destekleri yetersiz bulunduğu, %26.5’inin yem ve mazot desteklerinin artırılması gerektiğini vurgulamışlardır. Terin vd. (2022) tarafından Van ilinde yapılan çalışmada süt sığırcılığı işletmelerinin tarımsal desteklerden faydalanma durumlarına, DSYB üye olma, arazi varlığı, traktöre sahip olma, yem bitkileri üretimi ve suni tohumlama değişkenlerinin olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir.

Araştırma Ağrı İli Patnos İlçesinde yapılmıştır. Patnos ilçesi, 552 bin 464 dekar ekilebilir tarım alanı, 30 bin 57 adet büyükbaş ve 232 bin 828 adet küçükbaş hayvan varlığı ile Ağrı ili içerisinde tarımsal üretimin en yoğun olarak yapıldığı ilçedir (Anonim, 2023). Ağrı ilinde daha önce konu ile ilgili bir araştırma yapılmamış olması, araştırmanın yapılmasında önemli bir motivasyon kaynağı oluşturmuştur. Araştırmanın amacı, Ağrı ili Patnos ilçesinde çiftçilerin tarımsal desteklerden faydalanma durumlarını ve tarımsal desteklerle ilgili düşüncelerini ortaya koymaktır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın ana materyalini, Ağrı ili Patnos ilçesinde tarımsal üretimde bulunan 67 adet çiftçiden toplanan anket verileri oluşturmaktadır. Örnek hacminin belirlenmesinde oransal örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Newbold, 1995; Miran, 2002). Örnek hacminin hesaplanmasında %90 güven aralığı ve

%10 hata payı dikkate alınmıştır (Eşitlik 1). Anketler 2023 yılı Nisan ve Mayıs aylarında gerçekleştirilmiştir.

$$n = \frac{N * p * (1 - p)}{(N - 1) * \sigma_{p_x}^2 + p * (1 - p)} \quad (1)$$

$$n = \frac{3867 * 0.5 * 0.5}{3866 * 0.06079^2 + 0.5 * 0.5} \cong 67$$

Araştırmada, işletmeler tarımsal desteklerden faydalanma durumlarına göre gruplandırılmıştır. İşletmeler arasında belirlenen değişkenler arasında fark olup olmadığı normal dağılım gösteren veriler için t testi ile normal dağılım göstermeyen veriler için Mann-Whitney U testi ile test edilmiştir. Çiftçilerin tarımsal desteklerden faydalanma durumları ile belirlenen sosyo demografik ve işletmecilik özellikleri arasında ilişki olup olmadığı khi kare bağımsızlık testi ile analiz edilmiştir. Yanı sıra araştırmada, çiftçilerin hangi tarımsal desteklerden faydalandıkları ve tarımsal desteklerle ilgili görüşleri, işletme büyüklüğüne göre gruplandırılarak frekans dağılımı şeklinde verilmiştir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmada çiftçilerin %73.1'inin tarımsal desteklerden faydalandığı, %26.9'unun ise faydalanmadığı belirlenmiştir. Benzer çalışmalarda çiftçilerin tarımsal desteklerden faydalanma oranı Kahramanmaraş'ta %73.4 (Erdal vd., 2013), Tekirdağ'da % 100.0 (Daldal, 2016), Tokat'ta %90 (Yüzbaşıoğlu ve Kızılaslan, 2020), Balıkesir'de %85.5 (Özdemir vd., 2022) ve İzmir'de %94.1 (Akdoğan ve Akbay, 2022) olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre araştırma bölgesindeki çiftçilerin tarımsal desteklerden faydalanma oranları daha düşüktür.

Araştırmada ortalama çiftçi yaşı 46.15 yıl olup, bu sonuç tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerde 46.80 yıl ve tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerde ise 44.39 yıl olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Yaş ortalamaları arasındaki fark istatistiki olarak anlamı değildir. Ağır ve Akbay (2018) tarafından Adana'da yapılan çalışmada tarımsal desteklerden faydalanan ve faydalanmayan çiftçilerin ortalama yaşı sırasıyla 44.89 yıl ve 46.47 yıl, Abay vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada tarımsal desteklerden faydalanan ve faydalanmayan çiftçilerin ortalama yaşı sırasıyla 48 yıl ve 49 yıl olarak tespit edilmiştir. Her iki çalışmada da yaş ortalamaları arasındaki fark

istatistiki olarak anlamlı değildir. Araştırmadan elde edilen sonuçların literatürle uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırmada desteklerden faydalanan çiftçilerin ortalama eğitim süresi 7.08 yıl, desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ise 7.66 yıl olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Desteklerden faydalanan ve faydalanmayan çiftçilerin ortalama eğitim sürelerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu söylenebilir. Abay vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada tarımsal desteklerden faydalanan ve faydalanmayan çiftçilerin ortalama eğitim süreleri sırasıyla 7 yıl ve 6 yıl olarak tespit edilmiştir. Aydın vd. (2019) tarafından Edirne’de yapılan çalışmada desteklerden faydalanan çiftçilerin ortalama eğitim süresi 8.98 yıl, destek alamayan çiftçilerin 9.32 yıl olarak tespit edilmiştir. Her iki çalışmada da ortalama eğitim süreleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı değildir. Ancak, Açar ve Akbay (2018) tarafından yapılan çalışmada, çiftçilerin ortalama eğitim süreleri arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur.

Araştırmada tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin ortalama deneyim süresi 21.73 yıl iken, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ortalama deneyim süresi 18.44 yıldır (Tablo 1). Bu sonuçlara göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin daha deneyimli oldukları söylenebilir. Ancak ortalama deneyim süreleri arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı değildir. Semerci ve Çelik (2017) tarafından Hatay’da, Açar ve Akbay (2018) tarafından Adana’da ve Aydın vd. (2019) tarafından Edirne’de yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Araştırmada tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin ortalama hane halkı birey sayısı 7.41 iken, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ortalama hane halkı birey sayısı 5.83’tür (Tablo 1). Bu sonuçlara göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin hane halkı büyüklüğünün daha fazla olduğu söylenebilir. Ortalama hane halkı birey sayısı arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.10$ ). Sonuç beklentilerle uyumludur. Candemir vd. (2021) tarafından Kahramanmaraş’ta yapılan çalışmada desteklerden faydalanan çiftçilerin ortalama hane halkı büyüklüğü 4.82 kişi, desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ortalama hane halkı büyüklüğü 3.44 kişi olarak tespit edilmiş ve ortalamalar arasındaki farkın %1 düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin ortalama işledikleri arazi büyüklüğü 258.29 dekar iken, tarımsal desteklerden

faidalanmayan çiftçilerin ortalama işledikleri arazi büyüklüğü 147.67 dekadır. Bu sonuçlara göre tarımsal desteklerden faidalanan çiftçilerin işledikleri ortalama arazi büyüklüğünün tarımsal desteklerden faidalanmayan çiftçilere göre daha fazla olduğu söylenebilir. Ortalama işlenen arazi büyüklüğü arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü arazi varlığı fazla olan çiftçilerin tarımsal desteklerden daha fazla faidalanması beklenen bir sonuçtur. Topçu (2008) tarafından Erzurum’da, Abay vd. (2017) tarafından Türkiye genelinde ve Candemir vd. (2021) tarafından Kahramanmaraş’ta yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur.

**Tablo 1:** İşletmelere ait tanımlayıcı istatistikler

Demografik Yapı	Tarımsal Desteklerden Faydalanma Durumu		N	Ortalama	St. Sapma	P değeri
	Evet	Hayır				
Yaş	Evet	Hayır	49	46.80	11.7	0.478
			18	44.39	13.6	
Eğitim (Yıl)	Evet	Hayır	49	7.08	3.2	0.502
			18	7.66	2.9	
Deneyim (Yıl)	Evet	Hayır	49	21.73	14.8	0.414
			18	18.44	13.6	
Hanedeki birey sayısı	Evet	Hayır	49	7.41	3.4	0.069*
			18	5.83	1.9	
İşlenen arazi (da)	Evet	Hayır	49	258.29	458.3	0.040**
			18	147.67	146.2	

Mann-Whitney U testine göre ortalamalar arasında fark \* %10, \*\* %5 düzeyinde anlamlıdır

Araştırmada çiftçilerin tarımsal desteklerden faidalanma durumları ile belirlenen sosyo demografik ve işletmecilik yapıları arasında ilişki olup olmadığı khi kare bağımsızlık testi ile analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Araştırmada çiftçilerin sosyal güvenceye sahip olması ile tarımsal desteklerden faidalanması arasındaki ilişki %5, çiftçilerin tarımsal örgütlere üye olması ile tarımsal desteklerden faidalanması arasında %1 düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre sosyal güvenceye ve tarımsal örgütlere üye olan çiftçilerin daha fazla oranda tarımsal desteklerden faidalandıkları söylenebilir. Terin vd. (2022) tarafından yapılan

çalışmada da Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine üye olan çiftçilerin tarımsal desteklerden daha fazla faydalandıkları belirtilmiştir.

Tarımsal üretimde traktörler, modern tarım uygulamalarının en temel bileşenlerinden biri olup, tarım arazilerinin işlenmesi, ürünlerin ekilmesi ve hasat edilmesi gibi birçok süreçte büyük kolaylıklar sağlar (Anonim, 2024). Araştırmada, tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin %83.7'si, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ise %16.7'si traktöre sahiptir. Tarımsal desteklerden faydalanma durumu ile traktöre sahip olma durumu arasında istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $P<0.01$ ). Bu sonuca göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin, traktöre sahip olma oranı daha fazladır. Bu sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü traktöre sahip işletmeler daha fazla araziye ve hayvan varlığına sahip işletmelerdir. Bu nedenle tarımsal desteklerden faydalanma durumları daha fazladır. Terin vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada da traktöre sahip işletmelerin daha fazla sayıda tarımsal desteklerden faydalandıkları belirlenmiştir.

Kredi kullanımı, işletmelere sermaye katkısı sağlayarak ihtiyaç duyulan tarımsal girdi ve hizmetlere erişimi kolaylaştırır (Feder vd., 1985; Pattanatyak vd., 2003). Araştırmada, tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin %40.8'i, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ise %5.6'sı' tarımsal kredi kullanmıştır. Tarımsal desteklerden faydalanma durumu ile tarımsal kredi kullanma durumu arasında istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $P<0.01$ ). Bu sonuca göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin, tarımsal kredi kullanma oranı daha fazladır.

Çiftçilerin önemli bir kısmı işletmelerinde kayıt tutmamaktadır. Ancak işletmede düzenli kayıt tutmak, işletmelerin doğru bir şekilde planlanması ve doğru kararların alınmasına katkı sağlar. Ayrıca işletmelerde kayıt tutmak, işletmelerde verimliliği ve karlılığı artıran önemli bir unsurdur. Araştırmada tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin %40.8'i, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ise %16.7'si kayıt tutmaktadır. Çiftçilerin tarımsal desteklerden faydalanma durumu ile işletmede kayıt tutma arasında istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $P<0.10$ ). Bu sonuca göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin işletmelerinde kayıt tutma oranı daha fazladır. Ağır ve Akbay (2018) tarafında yapılan çalışmada da tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin işletmelerinde daha fazla oranda kayıt tuttukları tespit edilmiştir.



Tarımsal üretim birçok risk ve belirsizlikle karşı karşıyadır. Bu nedenle işletmelerin tarım sigortası yaptırmaları, var olan riskleri yönetmede en etkin yöntemlerden biridir. Araştırmada tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin %28.6'sı, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin %0.0'ı (hiçbiri) tarım sigortası yaptırmaktadır. Tarımsal desteklerden faydalanma ile tarım sigortası yaptırma arasında %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu sonuca göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin tarım sigortası yaptırma oranları daha fazladır. Aydın vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada da tarımsal desteklerden faydalanma ile tarım sigortası yaptırma arasında pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Tarımsal üretimde sertifikalı tohum kullanımı üretimde verimliliği, zararlı ve hastalıklarla mücadelede maliyetleri düşürdüğü için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından kullanımı desteklenen ve yaygınlaştırılmaya çalışılan bir uygulamadır. Araştırmada tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin %38.8'i, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ise %16.7'si sertifikalı tohum kullanmaktadır. Tarımsal desteklerden faydalanma ile sertifikalı tohum kullanma arasında %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $P<0.10$ ). Bu sonuca göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin sertifikalı tohum kullanma oranları daha fazladır.

Tarımsal üretimde yeterli düzeyde mekanizasyona sahip olmak, zaman ve işgücü kullanımında işletmelere önemli katkılar sağlamaktadır. Araştırmada tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin %44.9'u, tarımsal desteklerden faydalanmayan çiftçilerin ise %11.1'i yeterli düzeyde mekanizasyona sahip olduklarını ifade etmişlerdir. Tarımsal desteklerden faydalanma ile yeterli mekanizasyona sahip olma arasında %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu sonuca göre tarımsal desteklerden faydalanan çiftçilerin yeterli düzeyde mekanizasyona sahip olma oranları daha fazladır.

**Tablo 2:** İşletmelerin seçilmiş bazı özellikleri ile tarımsal desteklerden faydalanma durumları arasındaki ilişki

Değişken adı	Tarımsal Desteklerden Faydalanma Durumu				X <sup>2</sup> değeri	P değeri
	Evet		Hayır			
	N	%	N	%		
<b>İşletmeci yaşı</b>						
21-40 yaş	12	24.5	5	27.8	0.959	0.619
41-60 yaş	30	61.2	12	66.7		
61 yaş ve üzeri	7	14.3	1	5.7		
<b>Sosyal Güvence</b>						
Evet	28	57.1	4	22.2	6.434	0.011**
Hayır	21	42.9	14	77.8		
<b>Tarımsal örgütlere üyelik</b>						
Üye	47	95.9	10	85.1	16.890	0.000***
Üye Değil	2	4.1	8	14.9		
<b>Tarımsal üretim ile ilgili kursa katılma</b>						
Evet	7	14.3	1	5.6	0.954	0.329
Hayır	42	85.7	17	94.4		
<b>Traktöre sahip olma</b>						
Evet	41	83.7	3	16.7	26.218	0.000***
Hayır	8	16.3	15	83.3		
<b>Kredi kullanma</b>						
Evet	20	40.8	1	5.6	7.606	0.006***
Hayır	29	59.2	17	94.4		
<b>İşletmede kayıt tutma</b>						
Evet	20	40.8	3	16.7	3.406	0.065*
Hayır	29	59.2	15	83.3		
<b>Tarım sigortası yaptırma</b>						
Evet	14	28.6	0	0.0	6.501	0.011**
Hayır	35	71.4	18	100.0		
<b>Suni tohumlama yaptırma</b>						
Evet	3	6.1	0	0.00	1.090	0.296
Hayır	46	93.9	18	100.0		
<b>Sertifikalı tohum kullanma</b>						
Evet	19	38.8	3	16.7	2.918	0.088*
Hayır	30	61.2	15	83.3		
<b>Yeterli mekanizasyona sahip olma</b>						
Evet	22	44.9	2	11.1	6.537	0.011**
Hayır	27	55.1	16	88.9		

\*:0.10, \*\*: 0.05, \*\*\*: 0,01 düzeyinde anlamlıdır

Araştırmada çiftçilerin faydalandıkları tarımsal destekler ile işletme büyüklükleri arasında ilişki olup olmadığı khi kare bağımsızlık testi ile analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Çiftçilerin en yüksek oranda

faýdalandıkları tarımsal destek türü %71.4 ile mazot desteğidir. İşletme büyüklüklerine göre bu oran 1-100 da araziye sahip işletmelerde %83.3, 101-200 da araziye sahip işletmelerde %25.0 ve 201 da ve üzeri araziye sahip işletmelerde %74.4'tür. İşletme büyüklüğü ile mazot desteğinden faydalanma durumu arasındaki ilişki %10 düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Araştırmada çiftçilerin %36.7'sinin buzağı desteğinden faydalandığı belirlenmiş olup işletme büyüklüklerine göre bu oran 1-100 araziye sahip işletmelerde %66.7, 101-200 da araziye sahip işletmelerde %50.0 ve 201 da ve üzeri araziye sahip işletmelerde %30.8 olarak belirlenmiştir. İşletmelerin sahip olduğu arazi büyüklüğü arttıkça buzağı desteğinden faydalanma oranı azalmaktadır. Arazi büyüklüğü arttıkça işletmelerin bitkisel üretimde uzmanlaştığı düşünüldüğünde elde edilen sonucun beklentilerle uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırmada çiftçilerin %59.2'sinin yem bitkileri desteğinden faydalandıkları tespit edilmiştir. İşletme büyüklüklerine göre bu oran 1-100 da araziye sahip işletmelerde %33.3, 101-200 da araziye sahip işletmelerde %25.0 ve 201 da ve üzeri araziye sahip işletmelerde %66.7'dir. İşletme büyüklüğü ile yem bitkileri desteğinden faydalanma durumu arasındaki ilişki %10 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Yapılan benzer çalışmalarda işletmelerin yem bitkileri desteğinden faydalanma oranı Kuzeydoğu Anadolu Bölgesinde %50.8 (Demir ve Yavuz, 2010), Çanakkale'de %90.4 (Büyükcan ve Tan, 2020), Tokat'ta %26.0 (Yüzbaşıoğlu ve Kızılaslan, 2020) ve Balıkesir'de %82.3 (Özdemir vd., 2022) olarak tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonucun bazı bölgelere göre düşük olduğu söylenebilir.

Araştırmada çiftçilerin %67.3'ünün gübre desteğinden faydalandıkları tespit edilmiştir. İşletme büyüklüklerine göre bu oran 1-100 da araziye sahip işletmelerde %50.0, 101-200 da araziye sahip işletmelerde %25.0 ve 201 da ve üzeri araziye sahip işletmelerde %74.4'tür. İşletme büyüklüğü ile gübre desteğinden faydalanma durumu arasındaki ilişki %10 düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Araştırmada çiftçilerin %6.1'inin toprak analizi desteğinden faydalandıkları tespit edilmiştir. İşletme büyüklüklerine göre bu oran 1-100 da araziye sahip işletmelerde %33.3, 101-200 da araziye sahip işletmelerde %0.0 ve 201 da ve üzeri araziye sahip işletmelerde %2.6'dır. İşletme büyüklüğü ile toprak analizi desteğinden faydalanma durumu arasındaki ilişki %5 düzeyinde

anlamli bulunmuştur. Abay vd (2017) tarafından yapılan çalışmada çiftçilerin %32.5'inin ve Yüzbaşıoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada çiftçilerin %23.82'sinin toprak analizi desteğinden faydalandıkları tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonucun diğer çalışma sonuçlarına göre oldukça düşük olduğu söylenebilir.

Araştırmada çiftçilerin %14.3'ünü tarım sigortası desteğinden faydalandıkları tespit edilmiştir. İşletme büyüklüklerine göre bu oran 1-100 da araziye sahip işletmelerde %50.0, 101-200 da araziye sahip işletmelerde %0.0 ve 201 da ve üzeri araziye sahip işletmelerde %10.3'tür. İşletme büyüklüğü ile tarım sigortası desteğinden faydalanma durumu arasındaki ilişki %5 düzeyinde anlamli bulunmuştur. Tekirdağ'da yapılan çalışmada çiftçilerin %57.5'inin tarım sigortası desteğinden faydalandığı tespit edilmiştir (Daldal, 2016).

Araştırmada çiftçilerin %8.2'sinin fark ödemesi desteğinden faydalandıkları tespit edilmiştir. İşletme büyüklüklerine göre bu oran 1-100 da araziye sahip işletmelerde %33.3, 101-200 da araziye sahip işletmelerde %0.0 ve 201 da ve üzeri araziye sahip işletmelerde %5.1'dir. İşletme büyüklüğü ile fark ödemesi desteğinden faydalanma durumu arasındaki ilişki %5 düzeyinde anlamli bulunmuştur. Abay vd (2017) tarafından yapılan çalışmada çiftçilerin %88.7'sinin fark ödemesi desteğinden faydalandıkları tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonucun diğer çalışma sonuçlarına göre oldukça düşük olduğu söylenebilir.

**Tablo 3:** Faydalanılan tarımsal desteklerin işletme büyüklüğüne göre dağılımı

Destek adı	Arazi varlığına göre işletme grupları								X <sup>2</sup> değeri	P değeri
	1-100 da		101-200 da		201 da ve üzeri		Toplam			
	N	%	N	%	N	%	N	%		
<b>Buzağı desteği</b>										
Evet	4	66.7	2	50.0	12	30.8	18	36.7	3.213	0.201
Hayır	2	33.3	2	50.0	27	69.2	31	63.3		
<b>Yem bitkileri desteği</b>										
Evet	2	33.3	1	25.0	26	66.7	29	59.2	4.805	0.090*
Hayır	4	66.7	3	75.0	13	33.3	20	40.8		
<b>Koyun-keçi desteği</b>										
Evet	2	33.3	2	50.0	18	46.2	22	44.9	0.391	0.822
Hayır	4	66.7	2	50.0	21	53.8	27	55.1		
<b>Mazot desteği</b>										
Evet	5	83.3	1	25.0	29	74.4	35	71.4	4.806	0.090*
Hayır	1	16.7	3	75.0	10	25.6	14	28.6		
<b>Gübre desteği</b>										
Evet	3	50.0	1	25.0	29	74.4	33	67.3	4.955	0.084*
Hayır	3	50.0	3	75.0	10	25.6	16	32.7		
<b>Toprak analizi desteği</b>										
Evet	2	33.3	0	0.00	1	2.6	3	6.1	8.849	0.012**
Hayır	4	66.7	4	100.0	38	97.4	46	93.9		
<b>Tarım sigortası desteği</b>										
Evet	3	50.0	0	0.00	4	10.3	7	14.3	7.434	0.024**
Hayır	3	50.0	4	100.0	35	89.7	42	85.7		
<b>Fark ödemesi desteği</b>										
Evet	2	33.3	0	0.0	2	5.1	4	8.2	5.905	0.052*
Hayır	4	66.7	4	100.0	37	94.9	45	91.8		
<b>Sertifikalı tohum desteği</b>										
Evet	2	33.3	0	0.00	3	7.7	5	10.2	4.226	0.121
Hayır	4	66.7	4	100.0	36	92.3	44	89.8		

\*:0.10, \*\*: 0.05 düzeyinde anlamlıdır

Araştırmada çiftçilerin tarımsal desteklerle ilgili görüş ve düşünceleri Tablo 4'te verilmiştir. Araştırmada çiftçilerin %77.6'sı tarımsal desteklerin teşvik edici olmadığını belirtmiştir. 1-100 da araziye sahip işletmelerin tamamı, 101-200 da araziye sahip işletmelerin %75.0'i ve 201 da ve üzeri araziye sahip

işletmelerin %74.4 tarımsal destekleri teşvik edici bulmamaktadır. İşletme büyüklüğü arttıkça tarımsal desteklerin teşvik edici olmadığını düşünen çiftçilerin oranı azalmaktadır. Elde edilen sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü işletme büyüklüğü arttıkça daha fazla sayıda destekten faydalanabilmektedir. Sivas'ta yapılan çalışmada DSYB'ne üye çiftçilerin %92.0'si hayvancılık desteklerinin üretimi teşvik etmediğini (Baş Hozman, 2014), Tekirdağ'da yapılan çalışmada çiftçilerin %93.8'i tarımsal desteklerin yeterli olmadığını (Daldal, 2016) ve Balıkesir'de yapılan çalışmada çiftçilerin %55.6'sının tarımsal destek miktarlarını az bulduğunu (Özdemir ve ak., 2022) belirlenmiştir.

Araştırmada çiftçilerin %89.8'i tarımsal destekler olmasa da üretime devam edeceklerini, %81.6'sı tarımsal desteklerin amacına ulaşmadığını düşünmektedir. Çiftçilerin %75.5'inin tarımsal destek ödemelerini tarımsal girdi alımında, %14.3'ünün ev ihtiyaçlarının alımında ve %10.2'sinin borçlarını ödemede kullandığını belirlenmiştir. İzmir'de yapılan çalışmada çiftçilerin %43.30'unun tarımsal destekleri girdi alımında ve %8.95'inin borç ödemede (Torgut vd., 2019), Tekirdağ'da yapılan çalışmada çiftçilerin %70.0'inin tarımsal destekleri borçlarını ödeme ve %24.2'sinin tarımsal girdi alımında (Daldal, 2016) kullandığı tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları ve literatür sonuçları dikkate alındığında çiftçilerin genel olarak tarımsal destekleri tarımsal girdi alımı ve borç ödemede kullandıkları söylenebilir.

Araştırmada çiftçilerin %8.2'si tarımsal desteklerin gelirlerine katkı sağladığını %34.7'si kısmen katkı sağladığını ve %57.1'i katkı sağlamadığını belirtmiştir. Bu sonuçlara göre çiftçilerin yarıdan fazlası tarımsal desteklerin gelirlerine katkı sağlamadığı düşüncesindedir. Tekirdağ'da yapılan çalışmada da çiftçilerin %97.9'u tarımsal desteklemelerin gelir artışı sağlamadığını belirtmiştir (Daldal, 2016).

**Tablo 4:** Çiftçilerin tarımsal desteklerle ilgili görüşleri

Değişkenler	Arazi varlığına göre işletme grupları							
	1-100 da		101-200 da		201 da ve üzeri		Toplam	
	N	%	N	%	N	%	N	%
<b>Desteklerin üretimi teşvik etme durumu</b>								
Evet	0	0.0	1	25.0	10	25.6	11	22.4
Hayır	6	100.0	3	75.0	29	74.4	38	77.6
<b>Tarımsal destekler olmasa da üretime devam etme durumu</b>								
Evet	6	100.0	4	100.0	34	87.2	44	89.8
Hayır	0	0.0	0	0.0	5	12.8	5	10.2
<b>Tarımsal destek ödemelerinin harcandığı alanlar</b>								
Tarımsal girdi alımı	4	66.7	3	75.0	30	76.9	37	75.5
Borçların ödenmesi	0	0.0	1	25.0	4	10.3	5	10.2
Ev ihtiyaçları	2	33.3	0	0.0	5	12.8	7	14.3
<b>Tarımsal desteklerin amacına ulaşma durumu</b>								
Evet	3	50.0	1	25.0	5	12.8	9	18.4
Hayır	3	50.0	3	75.0	34	87.2	40	81.6
<b>Desteklerin işletme gelirine katkı sağlama durumu</b>								
Evet	0	0.0	0	0.0	4	10.3	4	8.2
Hayır	3	50.0	3	75.0	22	56.4	28	57.1
Kısmen	3	50.0	1	25.0	13	33.3	17	34.7

Araştırmada tarımsal desteklerle ilgili belirlenen bazı yargılar çiftçilere sorulmuş ve görüşleri alınmıştır. Bu yargılar tarımsal desteklemelerle ilgili önerileri içerdiği gibi, hali hazırda uygulanan tarım politikalarına ilişkin görüşleri de kapsamaktadır. Çiftçilerin yargılara verdiği cevaplar 5’li likert ölçeği ile (1: Hiç katılmıyorum, 5: Tamamen katılıyorum) değerlendirilmiştir. Çiftçiler tarımsal desteklerin zamanında ödenmediğine büyük ölçüde, nakit destek yerine girdi fiyatları düşürülmeli yargısına, tamamen katıldıklarını belirtmiştir. Daldal (2016) tarafından Tekirdağ’da yapılan çalışmada da çiftçilerin en yüksek düzeyde katıldıkları yargı “*nakit destek yerine girdi fiyatları düşürülmeli (4.9)*” yargısıdır.

Çiftçiler, “tarımsal desteklemeler tarım sektörünün öncelikli problemlerinin çözümüne katkı sağlamaktadır, tarımsal destekler uygulanan politikaların etkinliğini artırmaktadır, tarımsal destek kalemleri yeterlidir, tarımsal destekler çiftçileri memnun etmektedir ve tarımsal destek miktarları

yeterlidir” yargılarına en düşük düzey olan hiç katılmıyorum (1) olarak değerlendirmiştir. Daldal (2016) tarafından Tekirdağ’da yapılan çalışmada da çiftçilerin en düşük düzeyde katıldıkları yargı “tarımsal desteklerin miktar olarak yeterli olduğunu düşünüyorum (1.1)” yargısıdır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre çiftçilerin uygulanan tarımsal desteklere yönelik olarak düşünce ve görüşlerinin olumlu olmadığı ve uygulanan desteklerin çiftçilerin beklentilerini karşılamadığı söylenebilir.

**Tablo 5:** Tarımsal desteklerle ilgili Likert ölçekli sorunların analizi

Değişkenler	Arazi varlığına göre işletme grupları			Toplam
	1-100 da	101-200 da	201 da ve üzeri	
	Medyan	Medyan	Medyan	
Tarımsal destekler zamanında ödenmiyor	4	5	4	4
Destek başvuruları çok zaman alıyor	4	5	3	3
Borçlarımdan dolayı desteklerimi alamıyorum	3	2	3	3
Tarımsal desteklemeler, tarım sektörünün öncelikli problemlerinin çözümüne katkı sağlamaktadır	1	1	1	1
Tarımsal destekler, uygulanan politikaların etkinliğini artırmaktadır	1	1	1	1
Tarımsal destek kalemleri yeterlidir	1	1	1	1
Nakit destek yerine girdi fiyatları düşürülmelidir	5	5	5	5
Tarımsal destekler çiftçileri memnun etmektedir	1	1	1	1
Tarımsal destek miktarları yeterlidir	1	1	1	1

1. Hiç katılmıyorum 2. Büyük ölçüde katılmıyorum 3. Kararsızım 4. Büyük ölçüde katılıyorum 5. Tamamen katılıyorum



#### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada, Ağrı İli, Patnos İlçesi'ndeki çiftçilerin tarımsal desteklerden faydalanma durumu ve tarımsal desteklerle ilgili görüşleri işletme büyüklüğü dikkate alınarak incelenmiştir. Araştırmada çiftçilerin önemli bir çoğunluğunun (%73.1) tarımsal desteklerden faydalandığı, en yüksek oranda faydalanılan desteğin mazot desteği ve sırasıyla gübre ve yem bitkileri desteği olduğu tespit edilmiştir. Tarımsal desteklerden faydalanan işletmeler ile faydalanamayan işletmeler arasında hanedeki birey sayısı ve işlenen arazi büyüklüğü arasında anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Tarımsal desteklerden faydalanan üreticilerin tarımsal örgütlere üye olma, sosyal güvenceye sahip olma, traktöre sahip olma, kredi kullanma, işletmede kayıt tutma, tarım sigortası yaptırma, sertifikalı tohum kullanma ve yeterli mekanizasyona sahip olma konularında daha bilinçli ve farkındalığa sahip oldukları söylenebilir.

Araştırmada, çiftçilerin önemli bir kısmı (%77) tarımsal desteklerin üretimi teşvik etmediğini, destek miktarlarının yeterli olmadığını ve tarımsal destekler olmasa da üretime devam edecekleri belirlenmiştir. Çiftçilerin önemli bir kısmının tarımsal destek ödemelerini tarımsal girdi alımında harcadığı ve tarımsal desteklerin zamanında ödenmemesinin en önemli sorun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çiftçilerin tamamı tarımsal desteklerin nakit ödenmesi yerine girdi fiyatlarının düşürülmesi görüşüne tamamen katılmıştır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, tarımsal destek miktarlarının ürün fiyatları ve maliyetleri dikkate alınarak çiftçileri memnun edecek seviyede belirlenmesi, bölgesel farklılıkları dikkate alan destek araçlarının belirlenmesi, tarımsal desteklerin tarımsal üretim dışında harcanmasını engellemek için aynı destek uygulamalarının genişletilmesi ve üreticilerin tarımsal örgütler, tarım il ve ilçe müdürlükleri ile iletişimlerinin artırılarak tarımsal desteklerden haberdar olmaları sağlanarak daha fazla sayıda çiftçinin tarımsal desteklerden faydalanması sağlanmalıdır. Ağrı ili ve Patnos ilçesi için oldukça önemli olan tarımsal üretim faaliyetlerinin devamı, sürdürülebilmesi ve geliştirilmesi için tarımsal destek miktarlarının ve faydalanan çiftçi sayısının artırılması oldukça önemlidir.

## KAYNAKÇA

- Abay, C., Türkekul, B., Ören, M.N., Gürer, B., & Özalp, B. (2017). Türkiye’de Üreticilerin Tarımsal Desteklerden Faydalanma Durumu Üzerine İnceleme. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1):130-136.
- Ağır, H.B., & Abay, C. (2018). Üreticilerin Besi Sığırcılığı Desteklerinden Yararlanması Üzerine Etkili Faktörler. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 21(5):738-744.
- Akdoğan, F., & Akbay, C. (2022). İzmir İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Desteklemelerden Yararlanma Düzeyleri, Sorunları ve Beklentileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 9(4): 907–915.
- Anonim, (2023). Ağrı İli Patnos İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü Kayıtları.
- Anonim, (2024). Traktörün Gücü ve Tarımda Önemi. <https://traktormekanigi.com.tr/traktorun-gucu-ve-tarimda-onemi/>
- Aydın, B., Öztürk, O., Çebi, Ü., Özkan, E., & Özer, S. (2019). Edirne İlinde Üreticilerin Damla Sulama Desteklemelerinden Faydalanma Durumlarını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 8 (2): 87-95.
- Büyükcın, B., & Tan, S. (2020). Çanakkale İli Biga İlçesinde Süt Üreticilerinin Hayvancılık Politikalarına Bakış Açılarının İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (3): 258-266.
- Candemir, S., Aydın, B., Uysal, O., & Aytıp, Y. (2021). Dane Mısır Üretimi Yapan İşletmelerin Damla Sulama Desteklemelerinden Faydalanma Durumunu Etkileyen Faktörler. *ADÜ Ziraat Derg.*, 18(2):165-170.
- Daldal, N. (2016). Tarımsal Desteklemelere Üreticilerin Yaklaşımı: Tekirdağ İli Örneği. (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Demir, N., & Yavuz, F. (2010). Hayvancılık Destekleme Politikalarına Çiftçilerin Yaklaşımlarının Bölgelerarası Karşılaştırmalı Analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41 (2), 113-121.
- Erdal, G., Erdal, H., & Gürkan, M. (2013). Türkiye’de Uygulanan Tarımsal Desteklerin Üretici Açısından Değerlendirilmesi (Kahramanmaraş İli Örneği). *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*, 3(2):92-98.
- EU, (2024). [https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/financing-cap/cap-funds\\_en](https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/financing-cap/cap-funds_en)
- Feder, G., Just, R.E., Zilberman, D. 1985. Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries. A Survey. *Econ. Dev. Cult. Change* 33 (2), 255-298.
- Özdemir, Y., Kınıklı, F., & Engindeniz, S. (2022). Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Hayvancılık Desteklerinden Yararlanma ve Memnuniyet Düzeyinin

- Saptanması: Balıkesir İli Gönen İlçesi Örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 1-10.
- Pattanayak, S.K., Mercer, D.E., Sills, E., & Jui-Chen, Y. (2003). Taking stock of agroforestry adoption studies. *Agroforestry Syst.* 57 (3),173-186.
- Semerci, A., & Çelik, A.D. (2017). Reflections of Animal Husbandry Subsidies on Dairy Cattle Enterprises: A Case Study of Hatay Province-Turkey. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 92-100.
- TCSBB, (2024). Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı “12. Kalkınma Planı 2024-2028”. [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani\\_2024-2028\\_11122023.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf)
- Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K., & Yıldırım, İ. (2022). Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine Üye Olan ve Olmayan Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Hayvancılık Desteklerinden Faydalanma Durumlarının Analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 42-50.
- Topçu, Y. (2008). Çiftçilerin Tarımsal Destekleme Politikalarından Faydalanma İstekliliğinde Etkili Faktörlerin Analizi: Erzurum İli Örneği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 205-212.
- Torgut, E., Annayev, S., Türkeul, B., & Örmeci Kart, M. Ç. (2019). Türkiye’de Uygulanmakta Olan Hayvancılık Desteklemelerinin Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelere Etkisi: İzmir İli Örneği. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 29-45.
- Wang, S.W., Manjur, B., Kim, J.G., & Lee, W.K. (2022). Assessing Socio-Economic Impacts of Agricultural Subsidies: A Case Study from Bhutan. *Sustainability*, 11:3266, <https://doi.org/10.3390/su11123266>
- Yavuz, F. (2023). Tarım Politikası Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:252, Erzurum.
- Yavuz, F., & Dilek, Ş. (2019). Türkiye Tarımına Yeniden Bakış. Seta Yayınları No:137, İstanbul.
- Yüzbaşıoğlu, R. (2019). Tokat İli Merkez İlçe Kırsalında Üreticilerin Toprak Analizi Yaptırma Eğilimleri. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8 (1): 163-169.
- Yüzbaşıoğlu, R., & Kızılaslan, H. (2019). Tokat İli Turhal İlçesinde Hayvansal Destekleme Kullanan Üretici Memnuniyetini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9(1): 1-12.

## BÖLÜM 13

### ALTERNATİF ŞEKER BİTKİLERİ

Zir. Yük. Müh. Yudum BURCU<sup>1</sup>,  
Prof. Dr. Rüveyde TUNÇTÜRK<sup>2\*</sup>,  
Prof. Dr. Murat TUNÇTÜRK<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14277767>

---

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Van, Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1399-6153>

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Van, Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3759-8232>

<sup>3</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Van, Türkiye.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7995-0599>

\*sorumlu yazar: [ruveydetunckturk@yyu.edu.tr](mailto:ruveydetunckturk@yyu.edu.tr)



## 1.GİRİŞ

Şeker, insanların temel besin maddelerinden biri olup, yüksek kalorili yapısıyla vücut fonksiyonlarının yerine getirilmesinde önemli bir rol oynar. Beslenme açısından hayati öneme sahip olan şeker, aynı zamanda üretim, ticaret, hayvancılık ve diğer ekonomik faaliyetlere katkısıyla stratejik bir sektör olarak öne çıkar. Şeker, genellikle gıdalardan saf olarak elde edilen, yapısında glikoz ve fruktoz gibi bileşenler bulunan tanecikli veya şurup formunda maddeler olarak tanımlanabilir.

Doğal şeker kaynakları arasında şeker pancarı, şeker kamışı ve nişasta bazlı şekerler (NBŞ) yer alır. NBŞ, mısır, buğday, tapyoka ve patates gibi nişasta içeriği yüksek bitkilerden elde edilir. Yapay tatlandırıcılar (örneğin aspartam, sakkarin, asesülfam-K) ise bu sınıflandırmanın dışında kalır. Bu maddeler karbonhidrat içermemekle birlikte düşük veya sıfır enerji değeriyle dikkat çeker ve tatlılık seviyeleri oldukça yüksektir.

Ülkemizde şeker üretimi ağırlıklı olarak şeker pancarı ve mısır kaynaklıdır. Şeker pancarından elde edilen şekerler, genellikle çay şekeri, sukroz veya sakaroz olarak adlandırılırken, mısırdan elde edilen şekerler NBŞ adı altında farklı türlere ayrılır. Bu türler arasında glukoz şurubu, glukoz-fruktoz şurubu, fruktoz-glukoz şurubu, izoglukoz ve yüksek fruktozlu mısır şurubu (HFCS) bulunur. NBŞ türleri, içerdikleri fruktoz oranına göre sınıflandırılır: Yüzde 42 fruktoz ve yüzde 53 glukoz içeren HFCS-42 ve yüzde 55 fruktoz ile yüzde 41 glukoz içeren HFCS-55. Özellikle HFCS-55, pancar şekerinin (sakarozun) tatlılık seviyesi açısından bire bir ikamesi olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2024a). Tablo 1’ de şeker elde edilen gıdaların kimyasal bileşimleri verilmiştir.

**Tablo1:** Şeker Elde Edilen Gıdaların Kimyasal Bileşimi

	Pancar Şekeri	Saf Bal	Nişasta Bazlı Şeker		Sakarın
			HFCS 55	HFCS 42	
<b>Doğal Yapıda</b>	Evet	Evet	Evet		Hayır
	%50	%52	%55	%42	%100
<b>İçeriği</b>	Glikoz	Glikoz	Glikoz	Glikoz	Sakkarin
	%50	%48	%45	%58	
	Fruktoz	Fruktoz	Fruktoz	Fruktoz	
<b>Kilokalori/Gram</b>	4	4	4		0
<b>Tatlılık</b>	%100	%100	%100	%92	%300-500

**Kaynak:** Anonim, 2024a

18. yüzyılın ortalarına kadar insanların şeker ihtiyacı bal ve şeker kamışından karşılanıyordu. Şeker kamışından şeker elde edilmesi ise ilk kez Hindistan'da öğrenilmiş ve bu nedenle Avrupalılar şekerle "Hint Tuzu" adını vermiştir. Avrupa'nın şekerle tanışması, Büyük İskender'in Hindistan seferiyle başlamıştır. Şeker kamışı ticareti özellikle Fransa, Almanya ve İngiltere arasında büyük bir rekabet konusu olurken, Avrupa'nın coğrafi koşulları nedeniyle şeker kamışı yetiştirilememesi alternatif kaynak arayışlarını hızlandırmıştır.

Bu süreçte bilim insanı Oliver de Serres, şeker pancarından elde edilen usareye ısı uygulandığında tatlı bir şerbet oluştuğunu fark etmiş ancak bu olguyu açıklayamamıştır. Daha sonra Andreas Sigismund Marggraf, yaptığı araştırmalarla şeker kamışındaki sakkaroz ile şeker pancarındaki sakkarozun aynı madde olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, seleksiyon yöntemi kullanarak şeker pancarının daha yüksek şeker içeriğine sahip formlarını geliştirmiş ve pancardaki şeker oranını %3'ten %7'ye yükseltmeyi başarmıştır.

Marggraf'ın öğrencisi Franz Karl Achard ise bu çalışmaları daha da ileri götürmüş ve 1787 yılında kendi imalathanesinde şeker üretimine başlamıştır. Achard, Silezya/Cunern'de ilk şeker pancarı fabrikasını kurarak endüstriyel şeker üretiminin temellerini atmıştır. 1840'lı yıllardan itibaren şeker fabrikaları Fransa ve Almanya'da yaygınlaşmış, daha sonra Belçika, Hollanda, Rusya, Avusturya ve Macaristan gibi ülkelerde kurulmuştur. İtalya ve ABD'de şeker fabrikalarının kuruluşu 1891 yılında gerçekleşirken, Türkiye'de ise bu süreç 1926 yılında başlamış ve şeker tarımı hızla gelişmiştir (Er vd., 2018). Tablo 2'de Pancar şekeri ve NBSŞ kota dağılımı, Tablo 3 ve 4'te kotaya dahil olmayan NBSŞ üretimi yapan şirketler (ihraç) ve Tablo 4'te NBSŞ üreten şirketlere yer verilmiştir.

**Tablo 2:** Pancar Şekeri ve NBS Kota Dağılımı (Bin Ton)

Yıllar	Şeker Pancarı Kotası (A)	NBS Kotası(A)	NBS Kota Artışı (%)	Toplam Kota (A)
2009/2010	2.438	271	50	2.845
2010/2011	2.200	244	50	2.566
2011/2012	2.200	244	35	2.529
2012/2013	2.200	244	38	2.537
2013/2014	2.200	244	25	2.505
2014/2015	2.250	250	30	2.575
2015/2016	2.250	250	25	2.563
2016/2017	2.385	265	0	2.650
2017/2018	2.537	267	-50	2.670
2018/2019	2.565	135		2.700
2019/2020	2.633	67.5		2.700
2020/2021	2.633	67.5		2.700
2021/2022	2.633	67.5		2.700
2022/2023	2.681	68.75		2.750

**Kaynak:** Türkşeker, 2022 (7103 No.lu Kanun)

4634 sayılı Şeker Kanunu ile ülkemizde, şeker tüketimini karşılayacak düzeyde üretim planlaması yapılması öngörülmüş olup, iç pazarda satışı sunulacak şeker miktarı Cumhurbaşkanı tarafından belirlenen kotalar doğrultusunda düzenlenmektedir. Türkiye'de yıllık şeker ihtiyacı, %95 pancar şekeri ve %5 nişasta bazlı şekerden oluşacak şekilde planlanmaktadır.

27 Mart 2018 tarihli ve 30373 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 7103 sayılı Vergi Kanunları ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun çerçevesinde, 2019/2020'den 2022/2023 pazarlama dönemlerine kadar Cumhurbaşkanı kararıyla nişasta bazlı şeker kotası, ülke toplam A kotasının %2,5'i olarak belirlenmiştir (Türkşeker, 2022).

Kotalar arasında A kotası, pazarlama dönemi boyunca iç piyasadaki talebi karşılamak amacıyla üretilen şekeri ifade ederken, A kotasının belirli bir yüzdesi güvenlik payı olarak ayrılarak B kotası şekeri oluşturur. C kotası şeker ise yurt içinde pazarlanamayan, A ve B kotalarının dışında üretilip ihraç edilen ham ve beyaz şekeri kapsamaktadır (Anonim, 2023b).



**Tablo 3:** Kotaya Dahil Olmayan Nişasta Bazlı Şeker Üreten Şirketler (İhraç)

İsim	Şehir
Ak Nişasta	Kırklareli
GSF Gıda Üretim San. Tic.	Sakarya
Ay Nişasta	Mardin
Beşan Nişasta	Gaziantep
Omnia Nişasta San. Tic. A.Ş.	Adana

**Kaynak:**Türkşeker, 2022

**Tablo 4:** NBS Üreten Şirketler

Şirket ismi
Cargill Tarım ve Gıda Sanayii ve Ticaret A.Ş.
Amylum Nişasta Sanayi ve Ticaret A.Ş.
PNS Pendik Nişasta Sanayii A.Ş.
Tat Nişasta İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Sunar Mısır Ent.Tes.

**Kaynak:** Türkşeker, 2022

Türkiye’de tüketime yönelik şeker ihtiyacı, pancardan üretilen kristal şeker ile nişastadan üretilen glukoz ve izoglukoz aracılığıyla karşılanmaktadır. Ülkemizde şeker sektörü, 1925 yılından itibaren özel kanunlarla düzenlenmiştir. İlk kapsamlı düzenleme, 22 Haziran 1956 tarihinde yürürlüğe giren 6747 sayılı Şeker Kanunu ile gerçekleştirilmiştir. Ancak, zamanla bu kanunun birçok maddesi geçerliliğini yitirmiş ve şeker sektörüne yönelik yeni bir hukuki altyapı oluşturma ihtiyacı doğmuştur. Bu doğrultuda, 1996 yılında şeker rejiminin yeniden yapılandırılmasına yönelik çalışmalar başlatılmış ve 19 Nisan 2001 tarihinde 4634 sayılı Şeker Kanunu yürürlüğe girmiştir.

4634 sayılı Şeker Kanunu ile 6747 sayılı Kanun yürürlükten kaldırılmış ve sektördeki tüm iş ve işlemler, bu yeni düzenleme ile ilgili mevzuat çerçevesinde sürdürülmeye başlanmıştır. Türkiye’de şeker üretimi, pancardan elde edilen kristal şeker ve nişasta bazlı şeker olmak üzere iki ana türde gerçekleştirilmektedir. Nişasta bazlı şeker, izoglukoz ve glukoz şurupları şeklinde piyasaya sunulmakta olup, bu üretimlerin her ikisi de ülkemizde yapılmaktadır (Anonim, 2023a).

## 2. ŞEKER ÇEŞİTLERİ

**Beyaz Şeker:** Saflaştırılmış kristal formda sakkaroz içerir.

**Yarı Beyaz Şeker:** Polarizasyon düzeyi %99.50 ve üzerinde olan saflaştırılmış sakkarozdur.

**Arpa Şekeri:** Şeker içermeyen Amerikan şekerlemesi türüdür.

**Pudra Şekeri:** Beyaz şekerin ince toz haline getirilmesiyle elde edilen bir şekerdir.

**Karamel:** Isıya maruz kaldığında kahverengiden siyah renge kadar dönüşen, aromalı bir tatlandırıcıdır.

**Kaya Şekeri:** Kristalleşmiş şeker çözeltisinin kahverengi renge sahip formudur.

**Tel Şeker:** Uzun süre kaynatılarak sertleşen ve ip şeklini alan şekerdir.

**Kamış Şekeri:** Şeker kamışından elde edilen beyaz renkli bir şekerdir.

**Hurma Şekeri:** Hurma meyvesinden üretilen doğal bir şeker türüdür.

**Kristal Şeker:** Şeker pancarı veya şeker kamışından elde edilen, kristal yapılı şekerdir.

**Şeker Pekmezi:** Esmer şeker üretiminde kullanılan, mineral madde ve karamel içeren bir tatlandırıcıdır.

**Vanilya Şekeri:** Vanilya ve kristal şekerin karışımıyla elde edilen hoş kokulu bir şekerdir.

**Kum Şeker:** Gri renkli, iri taneli bir şeker olup, özellikle pastacılıkta kullanılır.

**Reçel Şekeri:** Pektin ve kristal şekerin karıştırılmasıyla oluşur ve tatlı yapımında kullanılır.

**Mısır Şekeri:** Mısır bitkisinden elde edilen glikoz içerikli bir şekerdir.

**Pancar Şekeri:** Şeker pancarından üretilen beyaz kristal şekerdir.

**İnvert Şeker:** Sakkarozun glikoz ve fruktoza dönüştürülmesiyle elde edilen, şerbet ve şekerleme üretiminde kullanılan bir tatlandırıcıdır.

**Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubu (HFCS):** Nişastanın enzimlerle glikoz ve fruktoza dönüştürülmesi sonucu oluşan sıvı tatlandırıcıdır.

**Esmer Şeker:** Beyaz kristal şeker melas eklenerek elde edilen koyu renkli bir şekerdir (MEB, 2011).

### 3. EKONOMİK DEĞERİ OLAN ŞEKERE ALTERNATİF BİTKİLER

#### 3.1. Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.)

Besin değeri açısından oldukça zengin olan keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.), ekonomik anlamda da önemli bir yere sahiptir. Keçiboynuzu meyvesi, Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Fas, Portekiz, Yunanistan gibi kıyı bölgelerde yetişmektedir. Bu bitkiden pekmez, un, diyet lifi ve biyoaktif bir bileşen olan D-pinitol gibi değerli ürünler elde edilmektedir. Keçiboynuzu meyvesi ve pekmezi, içerdiği yaklaşık %62 şeker oranıyla yüksek enerji içeriğine sahip bir gıdadır. Bunun yanı sıra potasyum (843-1215 mg/kg), kalsiyum (251-361 mg/kg), fosfor (85-681 mg/kg) ve magnezyum (63-326 mg/kg) gibi mineraller açısından oldukça zengindir. Keçiboynuzu ayrıca 3944.7 mg/kg toplam fenolik madde içeriği ve 258.3 g/kg lif oranıyla dikkat çekmektedir. Kardiyovasküler ve sindirim sistemi hastalıklarına olumlu etkileri olduğu bilinen keçiboynuzu, diyabet ve diğer kronik rahatsızlıklara karşı etkili bir doğal hammadde olarak değerlendirilmektedir (Pazır ve Alper, 2016).

Keçiboynuzu, Leguminosae (Fabaceae-Baklagiller) familyasının Caesalpinaceae alt familyasına ait bir bitkidir. Çevresel ve ekonomik katkıları nedeniyle eski çağlardan günümüze kadar önemini korumuştur. Güçlü kök yapısı sayesinde toprak taşınımını önlemede etkili olup, Akdeniz ikliminin görüldüğü İspanya, İtalya, Fas, Portekiz, Yunanistan, Kıbrıs ve Türkiye gibi bölgelerde yetiştirilmektedir. Hem yabani hem de aşılı tipleri bulunan bu bitkinin meyvesi, ağırlığının %90'ını meyve eti, %10'unu ise çekirdek oluşturur. Keçiboynuzunun kimyasal bileşimi, yetiştiği bölge, tür ve hasat dönemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Battle ve Tous, 1997).

Keçiboynuzu, mineral zenginliği ve içerdiği 24 çeşit fenolik bileşen ile de dikkat çeker. Fenolik maddeler arasında mirisetin ramnosit (%9.8), kuersetin ramnosit (%10.23), metil gallat (%1.03), sinamik asit (%1.5), mirisetin glikozit (%1.58) ve gallik asit (%41.7) bulunmaktadır. Toplam fenolik madde miktarının büyük bir kısmını gallik asit oluşturmaktadır (Owen vd., 2003).

Türkiye'de keçiboynuzu genellikle meyve olarak tüketilmekte, aynı zamanda pekmez ve un olarak da kullanılmaktadır. Yüksek enerji değeri ve besleyici özellikleriyle keçiboynuzu pekmezi sıklıkla tercih edilmektedir. Çekirdeklerinden ayrılan keçiboynuzu, öğütülerek keçiboynuzu unu haline getirilir. Bu un, teobromin ve kafein içermemesi, ayrıca yüksek şeker oranı

nedeniyle gıda sanayisinde kakao ikamesi olarak kullanılmaktadır (Yousif ve Alghzawi, 2000). Çekirdeklerinden elde edilen gam, çeşitli sanayi alanlarında değerlendirilirken, keçiboynuzundan ayrıca renksiz şeker şurubu ve biyoaktif bir bileşen olan D-pinitol elde edilmektedir. Keçiboynuzu, içerdiği yüksek şeker oranına rağmen, suda çözünmeyen diyet lifi sayesinde düşük glisemik indeksli gıdalar arasında yer almaktadır. Bu özelliğiyle sağlıklı bir doğal tatlandırıcı olarak dikkat çeker (Santos vd., 2015). Tablo 5’ te keçiboynuzunun besin içerikleri verilmiştir.

**Tablo 5:** Keçiboynuzu Bitkisinin Besin İçeriği

Bileşen Adı	Miktarı (%)
<b>Sakaroz</b>	34-35
<b>Glikoz</b>	7.8-9.6
<b>Fruktoz</b>	10.1-12.2

**Kaynak:** Pazır ve Alper, 2016

Keçiboynuzu (Şekil 1), kuru madde bazında %52-62 oranında toplam şeker içermekte olup, bu şekerin bileşimi şu şekilde belirlenmiştir: %34-35 sakaroz, %7.8-9.6 glikoz ve %10.1-12.2 fruktoz. Ayrıca, 100 gram keçiboynuzunda 25.83 gram diyet lifi, 4.18 gram protein ve 0.69 gram yağ bulunmaktadır. Bu besin değerleri, keçiboynuzunu hem enerji kaynağı hem de sağlıklı bir gıda bileşeni olarak ön plana çıkarmaktadır.



**Şekil 1.** Keçiboynuzu Meyvesi (Anonim, 2024d)

Dünya keçiboynuzu üretiminde 2023 FAO verilerine göre toplam üretim 183.915 ton olarak kaydedilmiştir. Üretimde ilk sırayı 44.114 ton ile İspanya

alırken, İspanya dünya üretiminin %23.98'ini tek başına karşılamaktadır. İspanya'yı İtalya, Fas ve 20.633 ton üretimle Türkiye takip etmektedir. Türkiye, dünya keçiyoynuzu üretiminde %8.41'lik payı ile beşinci sırada yer almaktadır. Tablo 6 ve 7' de keçiyoynuzunun dünya ve Türkiye üretimleri verilmiştir.

**Tablo 6:** Dünyada Keçiyoynuzu Üretimi

Ülkeler	Üretim Miktarı (ton)	Pay (%)
<b>İspanya</b>	44.114	23.98
<b>Portekiz</b>	42.367	23.03
<b>İtalya</b>	31.297	17.01
<b>Fas</b>	21.977	11.97
<b>Türkiye</b>	20.633	8.41
<b>Yunanistan</b>	12.753	6.93
<b>Kıbrıs</b>	7.932	4.31
<b>Lübnan</b>	4.351	1.97
<b>Cezayir</b>	3.467	1.88
<b>Tunus</b>	841	0.45

**Kaynak:** FAO, 2023

**Tablo 7:** Türkiye'de Keçiyoynuzu Üretimi

Yıllar	Üretim (ton)
2013	14.261
2014	13.985
2015	12.851
2016	13.405
2017	15.016
2018	15.506
2019	16.256
2020	18.806
2021	20.633
2022	25.106
2023	24.561

**Kaynak:** TÜİK, 2024

### 3.2. Şeker Otu (*Stevia rebaudiana* Bertoni)

Anavatanı Güney Amerika olan *Stevia rebaudiana* Bertoni, ülkemizde "şeker otu" olarak adlandırılmaktadır. Çok yıllık, çalı formunda ve otsu yapıda olan bu bitki, kısa gün bitkisi olarak sınıflandırılır. Yoğun bir kök sistemine sahip olmakla birlikte, gövdesi kırılğan bir yapı gösterir. Oval ve dişli kenarlara sahip olan yaprakları alternat dizilişlidir ve her boğumdan bir yaprak çıkışı gözlemlenir. Kültürü yapılan şeker otu, genellikle 1 metre yüksekliğe kadar büyüyebilir ve yukarı doğru sarmal bir form oluşturur (Turgut, 2023).



Şekil 2: Stevia Bitkisi Kök ve Yaprak Görünümü (Kaynak: Turgut, 2023)

*Stevia rebaudiana* Bertoni, Plantae alemi, Magnoliophyta bölümü, Magnoliopsida sınıfı, Asterales takımı ve Asteraceae familyasına ait bir bitkidir. Anavatanı, Güney Amerika'nın kuzey bölgeleri, özellikle Amambay ve Highlands arasında, Monday Nehri civarındadır (Sivaram ve Mukundam, 2003). Stevia (Şekil 2,3) cinsinin yaklaşık 230 türü bulunmakla birlikte, steviol glikozitleri yalnızca *S. rebaudiana* ve *S. phlebophylla* türlerinde üretilmektedir (Brandle ve Telmer, 2007). *Stevia rebaudiana* doğada kendiliğinden yetişebilen ve bu özelliğiyle dikkat çeken bir bitkidir. Şeker otu tatlandırıcılarının en belirgin özellikleri arasında, sakkaroza göre 300 kat daha tatlı olmaları, yüksek ısı ve pH stabilitesine sahip olmaları, pişirme ve fırınlama süreçlerinde de stabil kalabilmeleri yer alır. Ayrıca, alkolde çözünmesi, ağızda metalimsi tat bırakmaması gibi avantajlar da sunmaktadır (Soliman, 1997). Tablo 8' de şeker otunun (*stevia*) besin içerikleri verilmiştir.



Şekil 3: Stevia Bitkisi Yaprak Görünümü (Kaynak: Turgut, 2023)

Tablo 8: Stevia Bitkisinin Besin İçeriği

Bileşen Adı	Miktarı (100 'g)
Nem (g)	7
Enerji (kcal)	270
Protein (g)	9.8
Yağ (g)	2.5
Karbonhidrat (g)	52
Kül (g)	10.5
Ham lif	18.5
<b>Mineraller</b>	
Kalsiyum (mg)	464.4
Fosfor (mg)	11.4
Demir (mg)	55.3
Sodyum (mg)	190
Potasyum (mg)	1800
Okzalik asit	2295
Taninler	0.01

Kaynak: Karagöz ve Demirdöven, 2017

Şeker otu, sütlü tatlılar, kahvaltılık ürünler gibi kaynatılarak pişirilen yiyeceklerde, içeceklerde, yüksek sıcaklıkta pişirilen unlu mamullerde, şeker sanayisinde ve deniz ürünlerinde şeker yerine kullanılmaktadır. Ayrıca, dondurma, yoğurt, suşi ve soya sosu gibi birçok gıda ürününde de tercih edilmektedir (Cortes vd., 2007). Şeker otunun kurutulmuş yaprakları, 20-30 kat, sıvı ekstresi ise 250-300 kat daha tatlıdır ve kalorisi sıfırdır. Tatlandırıcı

özelliği, steviol glikozitlerden (SG) kaynaklanmaktadır. Şeker otu yapraklarında bulunan steviol glikozitler arasında steviosit, rebaudiosit A, B, C, D, E ve dulcosit A yer alır. Bitkinin asıl tatlandırıcı özelliği steviosit ve rebaudiosit A'dan (Reb A) gelmektedir. Yapraklardaki toplam steviol glikozit oranı %8-15 arasında değişmektedir (Turgut, 2023).

*Stevia rebaudiana* Bertoni'nin şeker tadı, ilk olarak İsviçreli botanikçi Moises Santiago Bertoni tarafından keşfedilmiştir (Bertoni, 1899). Bu tat, bitkinin sekonder metabolizma ürünlerinden olan diterpenoit glikozidlerinden kaynaklanmaktadır (Kinghorn ve Soejarto, 1987). Yaprakları ekonomik değere sahip olan Stevia, özellikle ilaç ve gıda sanayisinde tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Dünya genelinde Stevia üretiminin %80'inden fazlası Çin'de yapılmaktadır. Japonya, yılda 3.000 ton Stevia tüketmesine karşın, bunun sadece üçte birini kendisi üretebilmektedir. Stevia üretiminde ön sıralarda yer alan ülkeler arasında Çin, Brezilya, Paraguay, Hindistan ve Mısır bulunurken, en fazla tüketen ülkeler ise ABD, Japonya, Çin ve Fransa'dır. Ülkemizde, Antalya ilinde şeker otu bitkisinin tarımı için yapılan adaptasyon çalışmaları başarılı olmuş ve bitkinin bu bölgede üretilebileceği gösterilmiştir. Şeker otu üretimi özellikle Antalya, Aydın, Muğla, Balıkesir, Adana, Hatay ve İzmir illerinde devam etmektedir. Türkiye genelinde toplamda 2.000-3.000 dekar arasında üretimi yapılan şeker otu, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın pozitif bitkiler listesinde yer almaktadır (Turgut, 2023).

### 3.3. Mısır (*Zea mays* L.)

Mısır, insan beslenmesinin yanı sıra hayvan yemi olarak da kullanılan, nişasta ve şeker sanayiinde, pastacılık ürünleri, un, irmik, ekmek ve yağ üretiminde de önemli bir hammadde olarak yer almaktadır. Nüfus artışıyla birlikte, mısırın ülkemizde ve dünyada önemi giderek artmaktadır. Tarımsal üretimin yanı sıra, mısır; yem, nişasta, Nişasta Bazlı Şekerler (NBS) üretimi ve bunun gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca, işlenmiş mısır ürünleri temizlik malzemeleri, ilaç, tekstil ürünleri, etanol üretimi ve kozmetik sanayisinde de yer bulmaktadır. Bugün, mısır üzerinde yapılan yoğun ıslah çalışmaları, bu bitkiyi öne çıkaran faktörler arasındadır. Mısır, genetik açıdan uygunluk taşıyan kalıtsal özellikler, düşük kromozom sayısı ve hızlı gelişim gösterme gibi avantajlarıyla geniş bir üretim alanına sahiptir. Resesif özelliklerin rahatça belirginleşmesi, çok sayıda ıslah çalışmasının mısır



üzerinde yoğunlaşmasını sağlamaktadır (Gökçora, 1973). C-4 bitkisi olan mısır, ışığı verimli bir şekilde kullanır ve kısa sürede büyük miktarda kuru madde üretme kapasitesine sahiptir. Bu özellik, mısırın sıcak iklim koşullarında ve sulu tarım sistemlerinde hem ana ürün hem de ikinci ürün olarak yetiştirilmesini mümkün kılmaktadır (Uslu, 1999).

Dünyada ve ülkemizde geniş alanlarda yetiştirilen mısır, yedi ana çeşitte incelenmektedir: sert mısır (*Zea mays indurata* Sturt.), at dişi mısır (*Zea mays indentata* Sturt.), kavuzlu mısır (*Zea mays tunicata* Sturt.), cin mısır (*Zea mays evarta* Sturt.), mumlu mısır (*Zea mays ceratinakule* sch), unlu mısır (*Zea mays amylaceae* Sturt.) ve tatlı mısır (*Zea mays saccharata* Sturt.) (Kün, 1985). Nişasta bazlı tatlandırıcılar, mısırdan elde edilen hammaddeyle üretilir ancak doğrudan tüketilmezler; daha çok şekerli ürünlerin üretiminde hammadde olarak kullanılırlar. Bu tatlandırıcılar şekerlemeler, şekerli ve unlu mamuller, geleneksel tatlılar, dondurma, helva, reçel, marmelat ve alkollü ile alkolsüz içeceklerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Mısır, çimlenmeye 11°C'de başlar ve toprak sıcaklığı 15°C'ye ulaştığında çimlenme hızlanır. Çimlenme sürecinde, kök ve sap uzaması ile sıcaklık arasındaki ilişki doğrusal olup, sıcaklık 10°C ile 30°C arasında arttıkça çimlenme hızı yükselir. Ancak sıcaklık 40°C'ye yükseldiğinde, çimlenme durur. Döllenme sonrası süreç, verimi etkileyen diğer faktörlerle birlikte ışıklandırma açısından da kritik bir dönemdir (Kırtok, 1998). Tablo 9' da mısır bitkisinin besin içerikleri verilmiştir.

**Tablo 9:** Mısır Bitkisinin Besin İçeriği

Besin maddeleri	Danedeki miktar (%)
Nişasta	70
Protein	10
Yağ	5
Şeker	2
Kül	2

**Kaynak:** Hallauer, 2021

2023/24 üretim döneminde küresel mısır üretimi 1.23 milyar tondur. Ekim alanında Çin, üretimde ise ABD ilk sırada yer almaktadır. Tablo 10 ve 11' de Dünya mısır denge tablosu ve Türkiye mısır ekim ve üretim verilerine yer verilmiştir.

**Tablo 10:** Dünya Mısır Denge Tablosu (1.000 Ton)

	2019/20	2020/21	2021/22	2022/23	2023/24
<b>Alan (bin ha)</b>	194.097	199.621	206.832	200.868	203.245
<b>Verim (bin ha)</b>	5.8	5.67	5.89	5.76	6.04
<b>Üretim</b>	1.125.638	1.131.863	1.218.777	1.157.880	1.228.091

**Kaynak:** Anonim, 2024b

**Tablo 11:** Türkiye’de Mısır Ekimi ve Üretimi

Yıllar	Ekilen Alan (da)	Üretim (ton)
<b>2012</b>	6 226 094	4 600 000
<b>2013</b>	6 599 980	5 900 000
<b>2014</b>	6 586 450	5 950 000
<b>2015</b>	6 881 699	6 400 000
<b>2016</b>	6 800 192	6 400 000
<b>2017</b>	6 390 844	5 900 000
<b>2018</b>	5 919 003	5 700 000
<b>2019</b>	6 388 287	6 000 000
<b>2020</b>	6 916 324	6 500 000
<b>2021</b>	7 582 370	6 750 000
<b>2022</b>	9 118 849	8 500 000
<b>2023</b>	9 580 171	9 000 000

**Kaynak:** TÜİK,2024

### 3.4. Şeker Pancarı (*Beta vulgaris saccharifera* L.)

Şeker pancarı tarımı, Avrupa ülkelerinde yoğun olarak yapılmakta olup, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada gibi bölgelerde de geniş alanlara yayılmıştır. Bu bitki, 30 derece güney enlemi ile 60 derece kuzey enlemleri arasında yetişebilmektedir. Türkiye, 36 ile 42 derece enlemleri arasında yer aldığından, şeker pancarı tarımı için uygun bir iklim ve toprak yapısına sahiptir. Yüksek rakımlı alanlar hariç, ülkemizde şeker pancarının yetiştirilmesi başarılı bir şekilde yapılmaktadır. Şeker pancarının tarımını sınırlayan en önemli faktörler ise yağış azlığı ve yüksek sıcaklıklardır. Şeker pancarı, Beta cinsi içinde yer alan ve 13-17 arasında türü bulunan bir bitkidir. Beta cinsi, merkezi çiçekliler takımına ve ıspanakgiller familyasına aittir (Er vd., 2018).

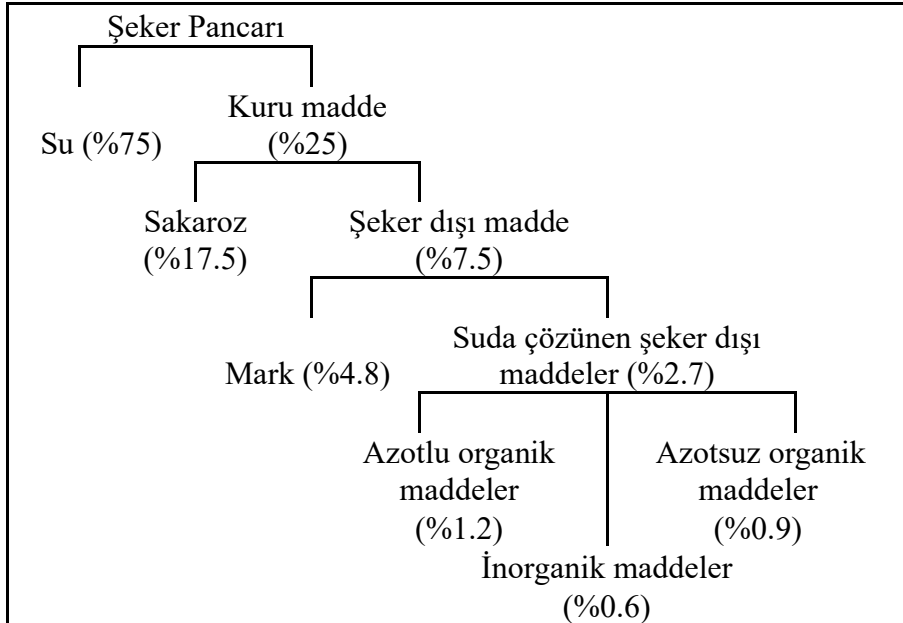
Şeker pancarı, uzun gün bitkisi olup, yüksek ışık ve sıcaklık ihtiyacı duyar. Fotosentez süreci, şeker oluşumunu doğrudan etkileyen faktörlerdendir. Şeker pancarı tohumunun toprağa ekilmesinden hasat edilmesine kadar olan süreçte, bitki 2400-2800°C arasında bir sıcaklık aralığına ihtiyaç duyar. Yaz

aylarının Haziran ve Temmuz döneminde, sıcaklık ve ışık ihtiyacı en üst düzeye çıkar. Ülkemizde, bölgelere göre değişmekle birlikte, şeker pancarının vejetasyon süresi 140 ile 200 gün arasında değişmekte olup, ortalama 170 gün olarak tespit edilmiştir. Tohumlarının çimlenmesi için minimum sıcaklık 5°C, maksimum sıcaklık 28-30°C, optimum sıcaklık ise 25°C olarak belirlenmiştir (Şekil 4) (Abacı ve İnan, 2017). Tablo 12’ de şeker pancarının kimyasal bileşimine yer verilmiştir.



**Şekil 4:** Çimlenmesini Tamamlamış Şeker Pancarı (Foto: Yudum Burcu, 2023)

**Tablo 12:** Şeker Pancarının Kimyasal Bileşimi



**Kaynak:** Erdem, 2017

Türkiye, pancardan şeker üreten ülkeler arasında önemli bir konumda yer almaktadır. Dünyada beşinci, Avrupa kıtasında ise dördüncü sırada bulunuyor. Bu, ülkemizin şeker pancarı üretimi ve şeker sanayisindeki önemli rolünü göstermektedir. Tablo 13 ve 14’ te şeker pancarından şeker üreten ülkeler ve ülkemizde şeker pancarı üretim ve verim durumlarına yer verilmiştir.

**Tablo 13:** 2023/24 Üretim Döneminde Şeker Pancarından Şeker Üreten Ülkeler

Ülkeler	Bin Ton
Rusya	6.930
ABD	4.292
Almanya	4.075
Fransa	3.853
Türkiye	3.330
Mısır	2.700
Polonya	2.461

Kaynak: Türkşeker, 2024

**Tablo 14:** Türkiye’de Şeker Pancarı Üretimi ve Verimi

Yıllar	Ekilen Alan (da)	Üretim (ton)	Verim(kg/da)
2012	2.806.945	14.919.940	5.315
2013	2.913.282	16.488.590	5.660
2014	2.887.851	16.743.045	5.798
2015	2.744.873	16.022.783	5.837
2016	3.224.477	19.592.731	6.076
2017	3.392.742	21.149.020	6.234
2018	2.921.044	17.436.100	5.969
2019	3.137.891	18.054.320	5.754
2020	3.381.078	23.025.738	6.810
2021	3.054.051	17.767.085	5.818
2022	2.975.096	19.253.962	6.472
2023	3.555.946	23.500.000	6.609

Kaynak: TÜİK, 2024

### 3.5. Şeker Kamışı (*Saccharum officinarum* L.)

Şeker kamışı, dünyanın önemli şeker hammaddelerinden birisidir ve tropikal ile subtropikal iklimlerde yetişir. Şeker pancarı ise daha çok ılıman iklim kuşağında yetişen bir bitkidir. Kimyasal olarak, şeker kamışı, bal şekeri

ve pancar şekeri hepsi sakkarozdan oluşur. İlk olarak insanlar, şeker kaynağı olarak balı kullanmışlardır. Bal şekeri de sakkaroz olup, hayvansal kökenli bir ürünken, kamış ve pancar şekerleri bitkisel kökenlidir.

Şeker kamışının saplarında şeker oluşur ve fabrikasyonunun basitliği, şeker kamışının önemini artırmıştır. Kamış ekiliş alanları, pancar ekim alanlarına kıyasla daha az olsa da, verim ve elde edilen şeker miktarı dört kat daha fazla olabilmektedir. Şeker kamışından elde edilen şekerli suyu çıkarıldıktan sonra kalan malzeme "bagas" olarak adlandırılır ve yakacak olarak kullanılır. Ayrıca, şeker pancarında olduğu gibi, şeker kamışının yan ürünü olan melas da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kamışın sapları hasat edildikten sonra kalan yaprakları hayvan yemi olarak veya örtü malzemesi olarak değerlendirilir.

Şeker kamışı ile ilgili ilk bilgiler, M.Ö. 1400-1000 yıllarına ait Hint yazılarında yer almaktadır. Anavatani Doğu Hindistan ve Yeni Gine Adaları olan şeker kamışı, Orta Çağ'a kadar şeker elde edilmesinde kullanılmamış, daha çok bal yerine kullanılmıştır. Şeker kamışı (Şekil 5), Gramineae (süsenler) familyasına aittir ve 32 derece güney ile 40 derece kuzey enlemleri arasında yetişebilir. Şeker kamışının kültür çeşitleri, özellikle *S. officinarum* L. türünden elde edilmiştir. Tablo 15' te şeker kamışının sistematığına ve Tablo 16' da şeker kamışının kimyasal bileşimine yer verilmiştir.

**Tablo 15:** Şeker Kamışının Sistematığı

<b>Takım</b>	<i>Glumiflorales</i>
<b>Familya</b>	<i>Gramineae</i>
<b>Cins</b>	<i>Saccharum</i>
<b>Tür</b>	<i>Saccharum officinarum</i> L. (Kültür formu n=40, 63) <i>Saccharum barberi</i> (Yabani tür) <i>Saccharum sinense</i> (Yabani tür) <i>Saccharum robustum</i> (Yabani tür)

**Kaynak:** Er vd., 2018



Şekil 5. Şeker Kamışı Bitkisinin Genel Görünümü

Şeker kamışı, çok yıllık bir bitki olup, tropikal bölgelerde yıl boyunca yetişirken, subtropik bölgelerde ise yaz mevsimi boyunca yetiştirilir. Morfolojik açıdan mısır bitkisine benzer. Şeker kamışı, güneş enerjisinin yaklaşık %2'sini biyokütleyle dönüştürme yeteneğine sahiptir. Genellikle tohumla değil, budama yoluyla çoğaltılır. Budama işlemi sırasında her parça en az bir tomurcuk içermelidir ve bu parçalar elle ekilip dikilmelidir. Bir kez dikildikten sonra, şeker kamışı birkaç kez hasat edilebilir; her hasattan sonra yeni saplar meydana gelir. İlk dikimden sonraki dönemde yapılan hasatta hektar başına 9-10 ton ürün alınırken, yeni sürgünlerden yapılan hasattan 4-6 ton/da ürün elde edilebilir. ABD'nin Hawaii ve Louisiana gibi eyaletlerinde ise 20 ton/da'ya kadar ürün alınabildiği belirtilmektedir (İşler, 2013).

Tablo 16: Şeker Kamışının Kimyasal Bileşimi (%)

	Sap	Kök	Tohum	Yaprak
<b>Su</b>	75.0	68.8	11.0	74.4
<b>Kül</b>	0.6	1.9	5.2	2.2
<b>Yağ</b>	0.4	0.5	2.0	0.7
<b>N Bileşikler</b>	0.6	1.6	8.5	1.7
<b>Selüloz</b>	4.9	9.6	25.5	9.2
<b>Pentozonlar</b>	3.0	7.0	26.3	5.5
<b>Lignin</b>	2.1	4.3	21.5	4.1
<b>Şeker</b>	13.4	6.3	-	2.2

Kaynak: İşler, 2013

Ülkemizde şeker kamışı, özellikle Düzce ilinde pekmez üretimi amacıyla yetiştirilmektedir. Tablo 17’ de, Türkiye’de şeker kamışı ekimi, üretimi ve verimine ait veriler yer almıştır.

Bu amaçla yetiştirilen kamışlar, Ekim ayında hasat olgunluğuna ulaşır. Kamıştan elde edilen özsudun yaklaşık 100 kg'lık bir miktar ile 15 ila 18 kg arasında şeker kamışı pekmezi üretilmektedir (Anonim, 2024c).

**Tablo 17:** Türkiye’de Şeker Kamışı Ekimi, Üretimi ve Verimi

Yıllar	Ekilen Alan (da)	Üretim (ton)	Verim(kg/da)
2014	32	160	5 000
2015	32	160	5 000
2016	32	160	5 000
2017	32	160	5 000
2018	33	167	5 061
2019	41	206	5 024
2020	47	230	4 894
2021	51	247	4 843
2022	47	237	5 043
2023	4	15	3 750

**Kaynak:** TÜİK, 2024a

### 3.6. Şeker Darı (*Sorghum bicolor ssp. saccharatum*)

Darı (*Sorghum*) cinsinin bir alt türü olan tatlı darı (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*), sapsarındaki yüksek şeker oranı nedeniyle tatlı darı olarak adlandırılmaktadır. Şeker darı, geniş bir kullanım alanına sahip olup, gıda, enerji ve yem olarak kullanılmaktadır. Şeker kaynağı olmasının yanı sıra, bu bitkiden biyoetanol üretimi yapılabilir ve yan ürünü olan posa, biyokütle olarak değerlendirilebilir. Tablo 18’ de etanol elde edilen bitkilerin verimine yer verilmiştir. Şeker darı, Gramineae familyasına ait bir C4 fotosentezine sahip, yıllık bir enerji bitkisidir. Orijini Kuzey ve Doğu Afrika'dır. Yüksek büyüme hızına ve etkili bir kök sistemine sahip olması sayesinde kuraklığa karşı dayanıklıdır. Hem enerji bitkisi olarak hem de şeker kaynağı olarak önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, insan beslenmesinde ve hayvan yeminde kullanılabilir bir bitkidir (Köppen vd, 2009).

Şeker darı, dünyada, özellikle diğer şeker kaynaklarının üretiminin zor veya imkânsız olduğu bölgelerde önem kazanmıştır. Rio ve Roma şeker darıları

geliştirilip tescil edilmiş ve öz suyundan kristalize şeker üretimi mümkün olmuştur. Ancak zamanla dünya şeker fiyatlarının düşmesiyle bu bitkiden şeker üretimi ekonomik olarak kârsız hale gelmiştir (Schaffert, 1992). Buna karşın, yakıt olarak kullanılmak üzere etanol üretimi yapılabilen şeker darının ticari olarak üretimi, yeniden gündeme gelmiştir (Schaffert ve Gourley, 1982).

**Tablo 18:** Etanol Elde Edilen Bitkilerin Verimi

Bitki türleri	Verim (t/ha)	Şeker /Nişasta	Şeker /Nişasta	Etanol Verimi (L/ha)
Mısır ( <i>Zea mays</i> L.)	6.9	65.0	4.49	2.874
Şeker kamışı ( <i>Saccharum officinarum</i> L.)	80.0	10.0	8.00	5.400
Şeker darı ( <i>Sorghum bicolor</i> var. <i>saccharata</i> )	90.0	10.0	9.00	5.400
Şeker pancarı ( <i>Beta vulgaris</i> var. <i>altissima</i> L.)	57.4	16.0	9.18	5.600

**Kaynak:** Emeklier, 2014

Şeker darı, beş metreye kadar boylanabilen bir hububat bitkisidir. Bitkinin yapısı, gövde, boğum ve boğum aralarından oluşur. Sap uzunluğu, çeşitlerin olgunlaşma süresine göre değişiklik gösterse de ana sap, %5-13 oranında şeker içerebilir. Şeker darı, uzun gelişim süresine sahip bölgelerde iki kez hasat edilebilir. Yapraklar alındıktan sonra kalan sapın ağırlığı, genellikle toprak yüzeyinin üzerindeki toplam ağırlığının %60-80'i kadar olur. Bu miktar, çeşitlere, kültürel uygulamalara ve özellikle bitkinin yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Sapta bulunan öz suyun briksi (suda eriyebilir toplam kuru madde miktarı), çeşide, iklime ve hasat zamanına göre değişkenlik gösterir.

Yapraklar paralel damarlara sahip olup, yaprak kını, yaprak ayası ve yakacıktan oluşur. Yaprak ayası yüzeyi pürüzsüzdür ve balmumu tozu ile kaplanmıştır. Çiçekler karışık salkım topluluğu şeklindedir. Şeker darının tohumları, meyve kabuğu, tohum kabuğu, endosperm ve embriyo kısımlarından oluşan karyopsis yapısına sahiptir. Tohum kabuğu ve meyve kabuğu farklı renklerde olup, tohumlar kavuzla kaplıdır. Tohum kabuğu tanen içerir. Tohumun 1000 tane ağırlığı, çeşide bağlı olarak 16-28 gram arasında değişebilir (Guiying vd., 2003). Tablo 19' da, şeker darı tohumunun besin değerine yer verilmiştir.



**Tablo 19:** Şeker Darı Tohumunun Besin Değeri (100 gr)

Besin maddeleri	g	Besin Maddeleri	mg
<b>Su</b>	12.0	<b>Kalsiyum</b>	22.0
<b>Protein</b>	10.0	<b>Fosfor</b>	242.0
<b>Yağ</b>	3.7	<b>Demir</b>	3.8
<b>Karbonhidrat</b>	72.7	<b>Sodyum</b>	8.0
<b>Lif</b>	2.2	<b>Potasyum</b>	44.0
<b>Kül</b>	1.5		

**Kaynak:** Adıyaman vd., 2014

2023 yılı itibarıyla Türkiye'de tatlı darı ekim alanı yaklaşık 37 bin dekar, üretimi ise yaklaşık 159 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Tatlı darı yetiştiriciliği özellikle Çanakkale, Aydın, Bursa, Antalya, Adana ve Balıkesir illerinde yapılmaktadır (TÜİK, 2024 b).

## 9. SONUÇ

Tarihin her döneminde insanlar şeker ihtiyaçlarını doğada bulunan meyveler ve bal gibi doğal kaynaklarla karşılamışlardır. Şekerin günlük beslenmedeki önemi büyüktür, ancak ne zaman kullanılmaya başlandığına dair kesin bir tarih bulunmamaktadır. Şekerin elde edildiği başlıca iki bitki türü şeker pancarı ve şeker kamışıdır. Şeker pancarı kullanılmadan önce, şeker ihtiyacı çoğunlukla şeker kamışından karşılanıyordu. Alman kimyager Andreas Margraf, pancardan şeker elde edilebileceğini keşfederek bu alanda önemli çalışmalar yapmıştır. Margraf'ın bu çalışmasını, öğrencisi Fransız Karl Achard pratiğe dökerek pancardan şeker üretiminin yolunu açmıştır. Böylece dünya, şekerini iki ana kaynaktan elde etmeye başlamıştır. Şeker pancarından şeker üretimi, şeker kamışına göre daha pahalı ve zahmetli olsada, şeker pancarı zamanla şeker kamışına karşı üstünlük kurarak günümüze kadar varlığını sürdürmüştür. Şeker ve şeker sanayi, tarih boyunca olduğu gibi günümüzde de ekonomik ve stratejik bir öneme sahiptir.

Bugün şeker pancarı ve şeker kamışı arasındaki rekabet azalmış olsa da her iki ürün de dünya ekonomisinde önemli bir yer tutmaya devam etmektedir. Şeker yerine kullanılacak alternatif tatlandırıcılar arasında bal, stevia, siyah melas, Hindistan cevizi şurubu, meyve püreleri ve akçaağaç şurubu öne çıkmaktadır. Stevia, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin yanı sıra

sakkarozdan 250-300 kat daha tatlı olması ve yüksek ısı stabilitesine sahip olması nedeniyle, pişirilerek tüketilen gıdalarda ve şekerleme ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Stevia kullanımı, ilave sakkaroz eklenmeden yapılan gıda üretiminde sağlıklı ve dengeli beslenmeye katkı sağlayabilir. Keçiboynuzu ise diyet lifi bakımından zengin olup, obezite ve mide hastalıkları gibi sağlık sorunları için uygun bir alternatif şeker kaynağıdır.

Türkiye, coğrafi konumu itibarıyla enerji kaynağı olarak birçok bitkinin yetişmesine olanak tanır. Ülkemizde yetiştirilmeyen ancak ekolojik koşullara uyum sağlayabileceği düşünülen alternatif enerji bitkilerinin üretim planlarına dahil edilmesi gerekmektedir. Şeker darı, temel olarak bir şeker bitkisi olup, geniş bir kullanım alanına sahiptir; gıda, yem, enerji ve biyoyakıt gibi birçok alanda kullanılabilir. Sapındaki yüksek şeker oranı sayesinde biyoetanol üretimi yapılabilir, ayrıca özsuyu alındıktan sonra kalan posa biyokütle olarak değerlendirilir. Şeker darısının biyoetanol üretimi için ülkemiz tarımına kazandırılması, bu bitkinin bilinen avantajları göz önüne alındığında oldukça faydalı olacaktır.

## KAYNAKÇA

- Abacı, Y., & İnan, H. (2017). Şeker Pancarı Yetiştirilmesi. *Tarım Gündem Dergisi* Özel Sayısı, s:30-31.
- Adıyaman C., Erbil, E., & Taş, T. (2014). Bir enerji bitkisi: tatlı sorgum. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Nisan 2014, s: 203-208. Samsun, Türkiye
- Anonim (2023a). Türkiye Şeker Sektörüne İlişkin Sorular, <https://www.tarimorman.gov.tr/SDB/> (Erişim tarihi: 01.10.2023)
- Anonim (2023b). Şeker Tanımları, <https://www.tarimorman.gov.tr/SDB/Menu/91/Şeker-Tanımlar> (Erişim tarihi: 28.09.2023)
- Anonim (2024a). Nişasta Bazlı Şekerler, <https://sunaryatirim.com.tr/nisasta-bazli-sekerler/> (Erişim tarihi:20.09.2024)
- Anonim (2024b). Tarım Ürünleri Piyasaları, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge> (Erişim Tarihi: 15.10.2024)
- Anonim (2024c). Düzce Şeker Kamışı Pekmezi, [https://duzce.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Cograf%C4%B0saret/Duzce\\_Seker\\_Kamisi\\_Pekmezi.pdf](https://duzce.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Cograf%C4%B0saret/Duzce_Seker_Kamisi_Pekmezi.pdf) (Erişim tarihi:19.09.2024)
- Anonim (2024 d). <https://www.google.com/search?>
- Battle, T., & Tous, J., (1997). Carob Tree (*Ceratonia siliqua* L.): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 17, *International Plant Genetic Resources Institute, Via Delle Sette Chiese* 142, 00145 Rome, Italy, p:91.
- Bertoni, M.S. (1899). Revista de Agronomia de 11. *l'Assomption*, 1: 35.
- Brandle, J., & Telmer, P. (2007). Steviol glycoside biosynthesis. *Phytochemistry*, 68, p:1855-1863.
- Cortes, R., Hernandez-Ceruelos, A. , Torres-Valencia, J. M. , Gonzalez-Avila, M. , Arriaga-Alba, M., & Mmadrigal-Bujaidar, E. (2007). Antimutagenicity of *Stevia pilosa* and *Stevia eupatoria* evaluated with the ames test. *Toxicology in Vitro*, 21(4): 691-697.
- Emeklier, H.Y. (2014). İç Anadolu Bölgesi'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve enerji bitkileri tarımı. Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı, 28-29 Nisan 2014, s:101-108.
- Er, C., Urannbey, S., & Başalma, D. (2018). Şeker Bitkileri. *Nişasta ve Şeker Bitkileri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Erdem, F. (2017). Şeker Pancarı Fabrikasyonu. *Tarım Gündem Dergisi*, Özel Sayısı, s:112-126.

- FAO (2023). Food and Agriculture Organization, <https://www.fao.org/statistics/en/>  
Erişim Tarihi: 05.10.2024.
- Gökçora, H. (1973). *Tarla Bitkileri Islahı ve Tohumluk*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayını, s:529, Ankara.
- Guiying, L., Weibin, G., Hicks, A., & Chapman, K. R. (2003). A training manual for sweet sorghum. Development of sweet sorghum for grain, sugar, feed, fiber, and value-added by-products, in the arid, saline- alkaline regions of China. *FAO - TCP/CPR/0066*.
- Hallauer, A. R. (2018). Specialty Corns. In *Corn: Chemistry and Technology*, 3rd Edition. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00010-3>.
- Helm, J. (1957). Versuch Einer Morphologtsh-Systematischen Gliederung der Art *Beta vulgaris* L. *Züchter*, Bd., 27, H. 5, 203-223.
- İşler, N. (2013). Şeker Kamışı. *PPT Ders Notu*. M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Hatay.
- Kırtok, Y. (1998). *Mısır Üretimi ve Kullanımı*. Kocaoğluk Basım ve Yayınevi, s:445, İstanbul.
- Kinghorn, A.D., & Soejarto, D.D. (1987). Current Status of Stevioside as a Sweetening Agent for Human Use. In : Wanger, H. Hikino, and Farnsworth, N. R. (Eds). *Economic and Medical Plant Research*, Academic Press, London.
- Koppen, S., Reinhardt, G., & Gärtner, S. (2009). Assessment of energy and greenhouse gas inventories of sweet sorghum for first and second generation bioethanol. *Environment and Natural Resources Management Series*, 30, FAO, Rome.
- Kün, E. (1985). *Sıcak İklim Tahılları*. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, s:317, Ankara.
- Martin J, Leonard W., & Stamp D. (1976). *Principles of Field Crop Production*, Collier McMillan Publishers: p:383-404.
- MEB (2011). Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı- *Şeker ve Şekerli Ürünler*, (Erişim tarihi: 01.10.2023)
- Owen, R.W., Haubner, R., Hull, W.E., Erben, G., Spiegelhalder, & B., Bartsch, H. (2003). Isolation and elucidation of the major individual polyphenols in carob fiber. *Food and Chemical Toxicology* 41: 1727-1738.
- Pazır, F., & Alper, Y. (2016). Keçiboynuzu Meyvesi (*Ceratonia siliqua* L.) ve Sağlık. *Akademik Gıda* (Derleme Makale), s:302-306.
- Santos, L.M., Tulio, T.L., Campos, F.L., Dorneles, R.M., & Krüger, C.C.H. (2015). Glycemic response to carob (*Ceratonia siliqua* L.) in healthy subjects and with the in vitro hydrolysis index. *Nutr. Host.* 31(1): 482-487.
- Schaffert, R. E., & Gourley, L.M. (1982). Sorghum as energy source. Sorghum in the Eighties: Proceedings of the International Symposium on Sorghum. 2-7 Nov. p.81, ICRISAT Center, India.

- Schaffert, R. E. (1992). Sweet sorghum substrate for industrial alcohol. Utilization of Sorghum and Millets. p.131-137, *ICRISAT*.
- Sivaram, L., & Mukundam, U. (2003). In vitro culture studies on Stevia rebaudiana Bertoni. *In vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 39, p:520-523.
- Soliman, M. (1997). Stevia plant, natural concentrated sweeteners. Egyptian society of sugar technologists, 28th Annual Conference, December 2-4, p:997.
- Tranzschel, V.A. (1927). The Species of the Genus Beta. *Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding*, 17, 24-203.
- Turgut, K. (2023). Şeker Otu Yetiştiriciliği. Ders Notları, s:1-53.
- TÜİK (2024a). Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik Veri Portalı <https://data.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 18.09.2023).
- TÜİK (2024b). Türkiye İstatistik Kurumu, İstatistik Veri Portalı <https://biruni.tuik.gov.tr/> (Erişim tarihi: 18.09.2024).
- Türkşeker, (2022a). Sektör Raporu. <https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar>. Ankara. (Erişim tarihi: 15.12.2023)
- Türkşeker (2023a). Türkşeker-Kurumsal-Hakkımızda, <https://www.turkseker.gov.tr/> (Erişim tarihi: 28.09.2023)
- Türkşeker, (2024). Şeker Bülteni, <https://heyzine.com/flip-book/4dbe2df282.html#page/1> (Erişim tarihi:10.05.2024)
- Uslu, Ö. S. (1999). Kahramanmaraş Koşullarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Farklı Azot Dozlarının Büyüme ve Fizyolojik Özelliklere Etkisi. Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s, Kahramanmaraş.
- Yousif, A., K., & Alghzawi, H., M. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry* 69: 283-287.

## BÖLÜM 14

### KULLANILMIŞ SULARIN, SULAMADA YENİDEN KULLANIMIYLA SAĞLANAN SU VE GÜBRE TASARRUFU

Doç. Dr. İsmail TAŞ<sup>1\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14277855>

---

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü,  
17020 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0872-2529>

\*sorumlu yazar: [tas\\_ismail@yahoo.com](mailto:tas_ismail@yahoo.com)



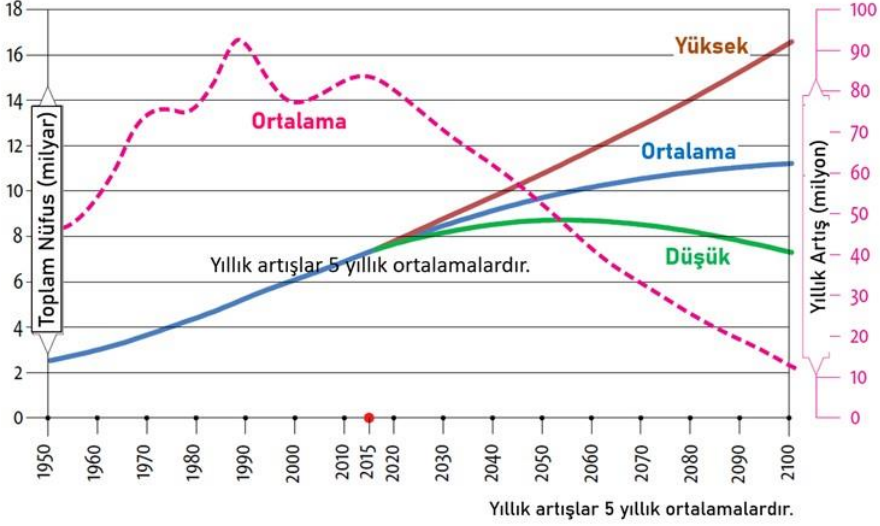
## 1. GİRİŞ

Yaşam kaynağımız su ile ilgili olarak birbiri ile çok zıt olanları dahil çok sayıda farklı senaryo bulunmaktadır. Bu senaryolardan bir tanesi, son yıllarda çok sık dillendirilmekte olup ve dikkat çekmesi açısından da son derece çarpıcıdır. Bu senaryoya göre, çıkması muhtemel dünya savaşının ana nedeninin su kaynakları nedeniyle olacağı yönündedir. Geçmişten günümüze kadar yaşanan olaylar dikkatlice incelenir ve analiz edilirse, benzer durum çağlar boyunca çok kez tekrarlandığı görülebilir. Su kaynaklarının giderek miktar açısından yetersiz kalması ve kalite açısından bozulması, söz konusu savaş senaryolarının tahminlenen zamanlardan daha önce meydana gelmesine sebep olabileceği söylenebilir. Anılan senaryoların engellenmesi/geciktirilmesi ancak su kaynaklarının verimli kullanılmasının yanında alternatif su kaynağının (özellikle de sulama suyu kaynağı) oluşturulmasına bağlıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, birim hacimdeki sudan en fazla yararın sağlanabilmesi ve tekrar kullanımı konularına odaklanmıştır. Yetersiz ve düşük kalitedeki sulama sularının uygunsuz şekilde üretimde kullanıldığı koşullarda, üretim hem nicelik hem de nitelik açısından bozulabilmektedir. Artan dünya nüfusu ve ihtiyaçları dikkate alındığında birim sudan yararlanma oranının artırılmasının yanında birim alandan elde edilen verim ve kalite değerlerinin de artırılması gerekmektedir (Taş, 2020).

FAO, gıda ve tarım ürünlerine olan talepteki değişimlerin ana etkenlerinden biri olarak nüfus dinamiklerini, yani bölgesel eğilimler, yaş gruplarının kırsal ve şehirlere göre dağılımı dikkate almaktadır. Küresel nüfus artış oranları son elli yılda azalma göstermiştir. 1960'ların sonlarında yıllık %2 ile zirveye ulaşan nüfus artış oranı, 2015'te %1.2'ye gerilemiş durumdadır. Nüfus artışı hızı azalmış olsa da, yıllık mutlak artışlar son zamanlara kadar artmaya devam etmiş ve şu anda yıllık artış yaklaşık 80 milyon kişi civarındadır. Birleşmiş Milletler Nüfus Bölümü, nüfus artışını düşük, orta ve yüksek hız senaryolarına göre hesaplamıştır. BM'nin nüfus artış hızlarını dikkate alarak yapmış olduğu 2100 yılına kadarki nüfus projeksiyonlarına göre (Şekil 1) dünya nüfusu en düşük artış hızında yaklaşık en az 8 milyar, orta seviye artış hızında yaklaşık 12 milyar ve en yüksek artış hızında ise yaklaşık 16 milyarın üzerinde olabileceği öngörülmektedir. Hangi senaryo dikkate alınıralsa alınsın günümüzde kullanılan su miktarında daha fazla miktarda suyun kullanılacağı, diğer bir ifadeyle kirletileceği söylenebilir. Yani giderek artan



insan sayısı ve ihtiyaçları, çok daha fazla suyun kirlenmesine neden olurken artan bir su kirliliğinin oluşacağını bu günden söylemek kahinlik olmaz. Kullanım sonucu kirlenmiş suların mutlaka değerlendirilmesi/bertaraf edilmesi gelecekteki sürdürülebilir yaşam için hayati önem arz ettiği unutulmamalıdır.



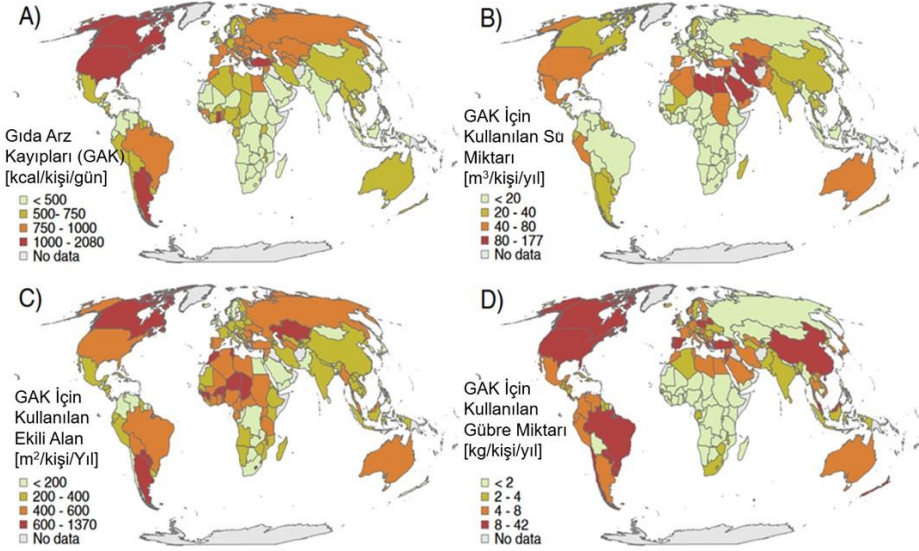
Şekil 1: Dünya nüfusundaki değişim (FAO, 2017)

İnsanlık, doğal kaynakları kullanım bakımından son asra kadar tarihin hiçbir döneminde bu kadar yoğun ve tahrip edici şekilde talepkâr olmamıştır. The World Counts'ın hesaplamalarına göre, küresel olarak yılda iki milyar ton evsel atık (yaklaşık saniyede 60 ton) ve 50 milyon ton e-atık (saniyede yaklaşık 1000 adet dizüstü bilgisayarın çöpe atıldığı anlamına geliyor) üretilmektedir. Bu durum inanılmaz derecede israfı ortaya koymakta ve aynı zamanda muazzam miktarda değer kaybını da temsil etmektedir. Global E-atık Monitörü'nün 2019 yılı rakamlarıyla hazırladığı rapora göre, demir, altın ve bakır gibi yüksek değerli bu atıkların değerlendirilmesiyle yılda 57 milyar \$ kadar geri dönüşüm yani diğer bir ifadeyle tekrar işlenerek yeniden kullanılabilir olduğu ifade edilmektedir.

Dünyadaki kullanım sonucu atık olarak nitelendirilen her şey (şu an için tam olarak değerlendirilemese de) gerçekte bir hammadedir. Ancak insanoğlu 19. yüzyıldan itibaren birçok doğal kaynaktan yararlanırken tüketme/yok etme derecesinde kullanmaya başlamıştır. Bu durumun en büyük katkısı israf

kaynaklıdır. Örneğin; Kummu vd., (2012) yaptıkları çalışmada, gıda üretim süreçlerindeki kayıpları Şekil 2’deki gibi özetlemişlerdir. Şekilden de görüldüğü gibi Gıda Arz Kayıpları (GAK) günlük kişi başına Türkiye başta olmak üzere ABD, Arjantin ve Gana’da 1000-2080 Kcal/kişi’lik enerji kayıpları meydana gelmektedir. Türkiye’de GAK’a bağlı olarak kaybedilen (israf edilen) su miktarı 80-177 m<sup>3</sup>/yıl /kişi; 400-600 m<sup>2</sup>/kişi/yıl ve GAK için üretimde kullanılan ve buna bağlı olarak israf edilen gübre miktarı ise 8-42 kg/kişi/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu kayıpların yanında bir de kirlenmiş sularla kaybedilen besin maddeleri dikkate alındığında, küresel ölçekte gübre israfının toplam gübre üretiminin neredeyse ¼ oranına ulaştığı söylenebilir.

Günümüzdeki yaygın ekonomik sistem doğrusal (lineer) ekonomik sistemdir. Son birkaç on yıllık dönemde dünyada sıklıkla döngüsel ekonomik sistemden söz edilmektedir. Doğrusal ekonomik sistem geleneksel olarak “al-yap-at” planını takip eder. Bu, hammaddelerin toplandığı, daha sonra nihayetinde atık olup elden çıkarılana kadar kullanılarak ürünlere dönüştürüldüğü anlamına gelir. Bu ekonomik sistemde amaç, mümkün olduğu kadar çok ürün üretip satma hedeflidir. Döngüsel ekonomi ise azalt, tekrar kullan ve geri dönüştür ilkeleri tarafından yönetilen ve atıkların azaltılması, hammadde kaynak tüketiminin azaltılması gibi çok çeşitli eylemler içermektedir. Bu sistemde kaynak kullanımı en aza indirilir. Ürünlerin ve parçaların yeniden kullanımı maksimize edilerek (yeniden kullanılır), hammaddelerin yeniden kullanımına (geri dönüştürülür) odaklanılır (Anonim, 2024a).



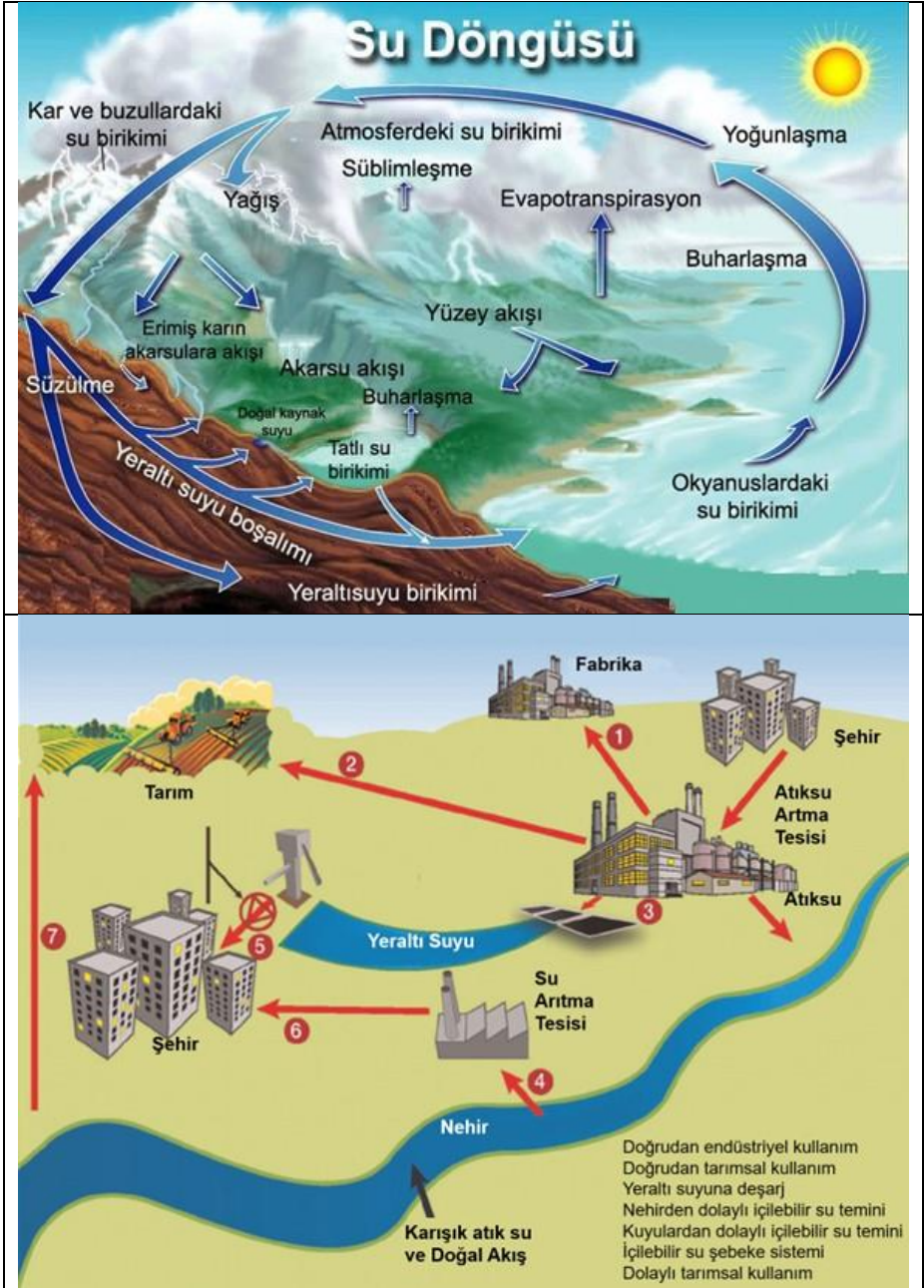
**Şekil 2:** Ülkelerin Gıda Arz Kayıpları (GAK) için 2005-2007 yılları boyunca ortalamalardan hesaplanan su, ekili alan ve gübre kayıpları. A: gıda arzı kayıpları ve atık; B: GAK için kullanılan su miktarı; C: GAK için kullanılan kişi başına ekili alan; ve D: GAK için kullanılan gübre miktarı [Toplam N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O'nun toplamı] (Kummu vd., 2012).

Döngüsel ekonomi modelinde yaşamın temel kaynağı olan suyun kullanımını sıfır emisyon olacak şekilde hedeflidir. Yeniden kullanım ekonomisini anlamak sürdürülebilir su yönetimi açısından çok önemlidir. Yeniden kullanımda mutlaka kapsamlı bir ekonomik fayda-masraf analizinin yanında, kullanım durumunda ve olmaması koşulunda soyo-ekonomik perspektifle birlikte sürdürülebilir üretim ekonomisi açısından da değerlendirmeler yapılır. Kullanılmış suların yeniden kullanılmasında, çok sayıda fayda bulunmaktadır. Özellikle ekonomik açıdan bakıldığında genel olarak i) su temini ve atıksu arıtımı maliyetinden tasarruf, ii) geri kazanılmış suyun satışından elde edilen gelir ve iii) tarım ve endüstride tekrar kullanımdan kaynaklı üretkenlik artışı gibi üç ana başlık altında kabaca sınıflandırılabilir. Ancak bu kullanımın sağlanması için i) ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin karşılanması, ii) halk ve çevre sağlığı endişelerinin giderilmesi, iii) yeniden kullanımın teşvik edilmesi ve özendirilmesindeki güçlükler gibi sosyo-ekonomik zorlukların da üstesinden gelinmesi gerekmektedir. Öte yandan

sürdürülebilir bir su yönetimi açısından kirlenmiş suların yeniden kullanımının yaygın olarak benimsenerek uzun vadeli uygulanabilirlik için yeniden kullanımın küresel ölçekte ekonomik modellere entegrasyonu sağlanmalı ve maliyet etkin arıtma ve yeniden kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi için AR-GE faaliyetlerinin önceliklendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kirlenmiş suların yeniden kullanımında; ekonomik değerlendirme araçları ve yaklaşımlarının belirlenmesi, yaşam döngüsü maliyetlerinin hesaplanması ve bu maliyetlerin analiz edilerek uzun vadeli faydaların saptanması, piyasa değerlendirme yöntemleri kullanılarak yeniden kullanımın ekonomik avantajları niceliksel olarak ortaya konulması ve karar alma süreçlerine entegre edilerek sürdürülebilir kullanım ve üretimin sağlanması konularında da gerekli analiz ve değerlendirmelerin yapılarak kullanım ekonomisinin detaylı şekilde incelenmesi ve de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Doğal su döngüsü ile birlikte yeniden kullanım döngüsü Şekil 3'de gösterilmiştir. Doğal döngü buharlaşma-yoğunlaşma temelli iken yeniden kullanım arıtma temeli olarak gerçekleşmektedir. Atık su arıtım süreçlerini ve teknolojilerini anlamak, etkili yeniden kullanımın olmazsa olmazdır. Kullanılmış suyun doğrudan ve dolaylı olarak yeniden kullanımını kategorize etmek ve sınıflandırmak çok değerli bilgiler ve özel içgörüler sağlamaktadır. Fayda/Masraf analizi yaparak ekonomik açıdan uygunluğunun sağlanması, yeniden kullanım projelerinin uygulanabilirliğini değerlendirmede hayati öneme sahiptir. Fiyatlandırma mekanizmaları ve ekonomik teşvikler, bu suların yeniden kullanım girişimlerini teşvik etme ve sürdürmede hayati bir role sahiptir (Mishra vd., 2023).

Kullanım sonucu kirlenmiş sular söz konusu olduğunda genel olarak insanların bakış açısı son derece olumsuz olabilmektedir. Ancak su kaynaklarının çok yetersiz olduğu bölgelerde bu görüş tam tersi bir duruma da dönüşebilmektedir. Unutulmamalıdır ki atık su olarak nitelendirilen su, kullanılmış su olup herkesin her gün bir şekilde kirlettiği su ya da diğer bir ifadeyle ürettiği sudur. Üretim hacmine yani kirlenilen miktar açısından bakıldığında çok miktarda üretiliyor olmasına rağmen çoğunlukla görmezden gelinen bir su kaynağıdır. Bu durum dikkate alındığında insanlığın büyük bölümünün hata ve yanlışlığı içerisinde bulunduğu söylenebilir.



Şekil 3: Su ve yeniden kullanım döngüsü (Norton ve Lane, 2012)

Bazen kötü kokulu ve tehlikeli maddeler de içerebilen bu kirlenmiş sular, hatalı yönetim ve stratejilerden kaynaklı olarak çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi olumsuz etkilere de neden olabilmektedir. Kullanım sonucunda kirlenmiş

bu sular, yüksek kullanım potansiyelli yenilenebilir bir su kaynağı olarak değerlendirilmeli ve yönetilmelidir. Diğer bir ifadeyle artık bu suları, çok değerli su kaynaklarından biri olarak kabul ederek kullanmanın zamanı çoktan gelmiş ve bazı bölgelerde geç bile kalındığı söylenebilir. Başta enerji, bitki besin maddeleri ve diğer materyalleri içeren bu kaynak, büyük çoğunluğu su kıtlığından kaynaklanan; gıda güvenliği, ekosistem bozulmaları, kötüleşen çevre ve toplumsal krizlere yönelik sürdürülebilir çözümler sağlanması noktasında önemli bir çözüm aracı olarak ortaya çıkmaktadır. Birleşmiş Milletler 2023 yılı rakamlarına göre üretilen evsel ve endüstriyel atık suyun tahminen yalnızca %11'i yeniden kullanılmaktadır. Yani üretilen kullanım sonucu kirlenmiş suların yaklaşık %90'ı atık olarak değerlendirilmektedir. Bu şekildeki bir değerlendirme, her açıdan son derece hatalı bir bakış açısı olup mutlaka değiştirilmesi gerekmektedir.

Doğal arıtma stratejileri genellikle geleneksel işlemlere kıyasla daha az enerji (doğal arıtma sistemlerinde kişi başına yıllık eşdeğer 0-1 kWh iken geleneksel sistemlerde en az 2-3 kWh kişi<sup>-1</sup> yıl'dır) gereksinimi varken (Masotti ve Verlicchi, 2005), alan miktarı dikkate alındığında 0.001-0.002 m<sup>2</sup> kişi<sup>-1</sup>'ye kıyasla çok daha büyük yüzey alanlarına yani 1-4 m<sup>2</sup> kişi<sup>-1</sup>'ye kadar yükselir. Bu nedenle yatırım maliyetlerini tahmin ederken arazi ediniminin de hesaba katılması gerekir. Genel olarak bakıldığında, bir yeniden kullanım projesinin fizibilitesinin değerlendirilmesi iç maliyetlere, yani ilk yatırım, işletme ve bakıma odaklanmalıdır (Nurizzo vd., 2001; Fine vd., 2006; Mujeriego vd., 2008). Ancak iç faydalara ek olarak çevresel ve sosyal etki nadiren dikkate alınmaktadır (Hernandez vd., 2006; Segui vd., 2009). Bununla birlikte, iyileştirilmiş çevre kalitesi ve alıcı su kütlesine azaltılmış atık deşarjı (akış hızı ve besin kütlesi yüklemeleri açısından), bu tür projelerin ekonomik analizine dahil edilmesi gereken önemli hususlardır. Dahası, rekreasyonel arazi kullanımının iyileştirilmesi ve turizm teşviği gibi unsurlar, doğal arıtma sistemlerinin seçim (karar) aşamasında dikkate alınması gereken diğer sosyal faydalardır. Çünkü bu alanlar halka açılabilir ve rekreasyonel alanlar ve/veya doğa rezerv alanlar olarak değerlendirilebilir (Verlicchi vd, 2012).

Ekosistemdeki mevcut su, gıda ve enerji gereksinimi ve güvenliği göz önüne alındığında, bir damla suyun dahi israf edilmemesi gerektiği görülecektir. Atık suyun yeniden kullanımı için BM rakamlarına göre öngörülen kullanım potansiyeli yıllık yaklaşık 320 milyar m<sup>3</sup> olup, mevcut

küresel tuzdan arındırma kapasitesinin 10 katından fazladır. Atık suyun içerisinde çözünmüş olan değerli ürünler, güvenli bir şekilde geri alınması mümkün olup, bunun içinde iyi bir toplama ve arıtma süreçlerine gereksinim bulunmaktadır. Ancak atık su kaynaklarının geri kazanımı ve yeniden kullanımıyla ilgili olarak çevresel ve sağlık risklerine ilişkin olumsuz kamuoyu algıları ve endişeleri, dünya ölçeği dikkate alındığında henüz giderilememiştir. Mevcut atık su algısını atık sorunu olmaktan çıkararak gelişen kullanışlı bir kaynağa dönüştürme zorunluluğu her geçen gün artmaktadır. Suyun toplanma, arıtılma ve değerlendirilme şeklini değiştirmek için kapsayıcı ve eşitlikçi politikalara ve aynı zamanda somut eylemlere ihtiyaç vardır. Ayrıca dünyanın birçok yerinde atık suyun hiç arıtılmadığı gerçeği de dikkate alınmalıdır: BM'ye göre dünyadaki atık suyun %80'i arıtılmadan doğaya geri dönmektedir. Hatta Avrupa'da bile atık suyun ilkel yöntemlerle arıtıldığı bölgelerin bulunduğu farklı raporlarda ifade edilmektedir. Atık suyun verimli bir şekilde işlenmesi küresel kalkınmada önemli bir sorun olarak varlığını hali hazırda sürdürmektedir. Kentleşme ve nüfus artışı nedeniyle küresel ölçekte giderek artan sayıda insan akan suya ve sanitasyona erişebilmede problem yaşamaktadır. Artan atık su miktarı ile birlikte diğer kirleticiler (mikroplastikler, endokrin bozucular gibi) katkısıyla çevresel zararın daha da artacağı söylenebilir (Vahala, 2019).

Hali hazırda dünyanın büyük bölümünde özellikle kurak yarı kurak bölgelerde sıklıkla su kıtlığı problemi yaşanmaktadır. Ayrıca, artan nüfus ve sanayinin temiz su kaynaklarına olan talebi de artmaktadır. Suyun kıtlığı konusunda var olan problem, yakın gelecekte daha da büyüyecektir. Artan talebin karşılanabilmesi ancak sektörel bazda en fazla su kullanan sektör olan tarım sektörünün kullandığı temiz su miktarının azaltılmasıyla mümkün görünmektedir. Tarımsal üretimin ihtiyacı olan sulama suyunda yapılacak bir kısıntı, hem verim de hem de kalite de düşüşe neden olabilir. Bu durumda, var olan gıda açığı, daha da artacaktır. Mevcut bilgiler dikkate alındığında, açlığın azaltılması, ancak tarımsal üretimde verim ve kalitenin artırılmasıyla çözüme kavuşturulabilir. Tarımsal üretimde, verim ve kalite artışının yanında ürün çeşitliliğinin de geliştirilmesinde en önemli girdi sulama suyudur. Tüm üretim faaliyetlerinden çıkan atık sular kirlilik derecelerine göre bir takım arıtma işlemlerinden sonra tarımsal üretimde kullanılması daha öncede dile getirildiği gibi mümkündür. Dünyanın hemen hemen her yerinde kirlenmiş sular, sulama

suyu olarak kullanılmaktadır ve gelecekte de daha çok kullanılmak zorundadır. Scott vd., (2004) bildirdiğine göre, 2000’li yılların başına kadar, dünyada 50 ülkede yaklaşık 20 milyon ha’dan fazla alanda ham ya da kısmen arıtılmış sular sulamada kullanılmıştır.

Atık su, çoğu gelişmekte olan ülkede tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sular bitkisel üretim için ek su kaynağı sağlar ve ayrıca bitkiler için besin kaynağı açısından zengindir. Atık su, ayrıca yüzey suyundan daha güvenilirdir ve arıtma tesislerinden ve toplum kaynaklarından gelen sürekli atık su temini, çiftçilerin yıl boyunca birden fazla bitki yetiştirmesine olanak sağlayarak üretimi, verimi ve kaliteyi artırır. Yeniden kullanım su kıtlığını azaltmada ve bitkisel üretimde verimliliğin korunmasında kritik bir role sahiptir. Bitkilerin büyük bölümü atık suyun sulamada kullanıldığı durumda daha yüksek verim sağlamaktadır. Ayrıca, kimyasal gübre ihtiyacını da azaltarak çiftçilerin net gelirinde de artışlara sağlayabilmektedir. Kullanım sonucu kirlenen suların nehirlere deşarj nedeniyle bazı çiftçiler pasif olarak bu suları yeniden kullanmaları ciddi bir endişe kaynağıdır. Ancak birçoğu önerilen miktarda veya aşırı miktarlarda kimyasal gübre uygulamaya devam etmektedir ve bu da Bangladeş'te (Mojid vd., 2010) ve Pakistan'da (Ensink vd., 2004) aşırı gübrelemeye neden olmaktadır. Bu durum insan ve çevre sağlığı açısından büyük sonuçlar doğurmaktadır. Besin içeriği hakkında resmi ve gayri resmi kanallar aracılığıyla bilgi sağlanması, optimum gübre gereksinimlerini belirlemek için önemli bir zorluk olmaya devam etmektedir (Hanjra vd., 2012).

Suyu kullandıkça fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri kaçınılmaz olarak değişmektedir. Faaliyetler sonucunda oluşan bu değişim kirlilik olarak nitelendirilmekte ve bu suya “atık su” adı verilmektedir. Atık suyun bir kısmı su döngüsüne yeniden girmeden önce temizlenir, ancak bu her zaman geçerli olmayıp, tahmini kirlenilen suların %48’i arıtılmadan çevreye geri salınmaktadır (Jones vd., 2021). Suyla ilgili insan hakları ve küresel politika hedefleri gerçekleştirilecekse, su kullanımı ve atık su konusundaki davranış ve tutumlarımızda köklü ve sistemli değişikliklere ihtiyaç vardır. Temiz suya olan talebin sürekli arttığı ve sınırlı su kaynaklarının aşırı kullanım, kirlilik ve iklim değişikliği nedeniyle giderek daha fazla baskı altında kaldığı bir dünyada, iyileştirilmiş atık su yönetiminden kaynaklanan fırsatların göz ardı edilmesi gerekmektedir (UNEP, 2017). Suyun kullanıldıktan sonra suyun toplanması, rıtılması, yan ürünlerin geri kazanılması, kullanılması ve temiz suyun çevreye



geri verilmesi veya yeniden kullanılması bir zorunluluktur. Yeniden kullanımı bunların bertaraf edilmesinin çevre, sağlık ve iklim üzerindeki etkilerini azaltmada önemli bir çözüm sunmaktadır. Atık su, hidrolojik döngü içerisinde yenilenebilir bir kaynaktır. Ancak uzaklaştırılması veya nötralize edilmesi gereken zararlı kirletici maddeler içerebilir. Uygun şekilde yönetilirse atık su, içme suyu, sanayi, tarım, su ürünleri yetiştiriciliğinde, gübre için besin geri kazanımı ve yeşil enerji üretimi dahil olmak üzere birçok amaç için değerli bir kaynak olabilir (UNEP, 2023).

Kullanılmış sular, değerli bir kaynaktır. Ancak uygun bir çerçeve politikası geliştirilmeden, bu kaynağın güvenli ve verimli yönetimi sağlanamaz. Atık suyun kullanıldığı sulamalarda ana hedefler, tarıma güvenilir bir su kaynağının sağlanmasının yanında toprağa değerli bitki besin maddeleri ve organik maddeleri de eklemek olarak söylenebilir (Liu vd. 2005; Horswell vd. 2003). Dikkatli planlama ve yönetimle, atık suyun sulamada kullanımı sonucunda olumlu sonuçlar elde edilebilir (WHO, 2006). Birleşmiş Milletler tarafından 2023 yılında yayımlanan “Atıksu - Sorunu Çözümüne Dönüştürmek” başlıklı raporunda atık suyun, neredeyse havacılık endüstrisi kadar gezegende ısınma emisyonuna neden olan, giderek büyüyen bir sağlık ve çevre tehdidi olduğu ifade edilmektedir. Ancak doğru politikalarla atık su, yarım milyar insana alternatif enerji sağlayan, mevcut küresel tuzdan arındırma kapasitesinin sağladığı suyun 10 katından fazlasını sunan ve küresel gübre kullanımının %10'undan fazlasını karşılayabilen çok değerli bir kaynak olduğu da söylenebilir (UNEP, 2023). Sürdürülebilir tarımsal üretim ancak, uygun su ve toprak koruma uygulamaları ile sağlanabilir. Ayrıca, tarımsal üretimde atık suların kullanılması özellikle suyun kıt olduğu bölgelerde ve dönemlerde, su kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve korunması açısından kritik öneme sahiptir. Ancak, atık sulardaki bitki besin maddeleri, ağır metaller, iz elementler, mikroplastikler ve endokrin bozucular gibi kirleticiler bitki ve topraklar için önemli kirleticilerdir. Özellikle ağır metaller ve iz elementler, çevre ve bitki sağlığı için, mikroplastikler ve endokrin bozucular ise insan ve hayvan sağlığı açısından önemli tehditler olup mutlaka dikkat edilmesi gereken parametrelerdir.

Atık sudan elde edilen kaynakların yeniden kullanımının uluslararası politika gündemine taşınması iklim, doğa ve kirlilikten oluşan üçlü gezegen kriziyle mücadelede kritik öneme sahiptir. Bu nedenle kullanılmış suların, bir

kaynak olarak görülmesi ve yeniden kullanım durumundaki potansiyel faydaları konusunda farkındalığın artırılmasını ve bilincin oluşturulması gerekmektedir. Singapur'un NEWater programı atık suyun yeniden kullanımının ekonomik faydalarını ve sürdürülebilirliğini sergilemektedir. Kaliforniya'nın Orange County Su Bölgesi dolaylı içme suyu yeniden kullanımını başarıyla uygulamaktadır. Namibya'nın Windhoek Goreangab Geri Kazanım Tesisi, su kıtlığı çeken bir bölgedeki ekonomik zorlukların üstesinden gelmede önemli bir araç olarak işlev görmektedir (Anonim, 2024c). Atık suların yeniden kullanım konusunun göz ardı edilmesi, Birleşmiş Milletlerin “Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini (SDG'ler)” büyük oranda kısıtlamaktadır. Çünkü suyun ve atık sudaki diğer kaynakların yeniden kullanımı, alternatif su ve değerli besin elementi kaynakları sağlama potansiyeli ile gıda ve su güvenliği konusunda önemli bir çözüm aracıdır. Ayrıca, sürdürülebilir su yönetiminin ayrılmaz bir parçası olarak atık su kaynaklarının geri kazanımı ve güvenli yeniden kullanımı, bir dizi sürdürülebilir kalkınma sorununu ele almanın tutarlı ve etkili yollarından birisidir. Atık suyun ortak geleceğimizi güvence altına almadaki bu merkezi rolü, BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin 6.3 numaralı hedefinde kabul edilmiş olup, artırılmamış atık su oranının azaltılması ve geri dönüşümün ve güvenli yeniden kullanımın artırılması da dahil olmak üzere su kalitesinin iyileştirilme çağrısı yapılmaktadır. Suyla ilgili insan haklarının ve küresel siyasi hedeflerin gerçekleştirilmesi, atık suyun bir kaynak olarak görülmesine yönelik köklü ve sistemli değişiklikler gerektirmektedir.

Kullanılmış suların yeniden kullanımı ekonomik faydaları 8 alt başlıkta özetlenebilir. Bunlar;

- i) *Su Kaynaklarının Korunması ve Sürdürülebilir Kullanımı*: Atık suların tarımsal sulamada yeniden kullanımı, tatlı su kaynaklarının korunmasına önemli katkıda bulunur. Bu uygulama, özellikle su kıtlığı yaşanan bölgelerde, mevcut su kaynaklarının üzerindeki baskıyı azaltır (Jaramillo ve Restrepo, 2017). Küresel ölçekte, atık suların yaklaşık %11'i (yaklaşık 35.9 km<sup>3</sup>/yıl) yeniden kullanılmaktadır, bunun büyük bir kısmı tarımsal sulamada değerlendirilmektedir (AQUASTAT, 2021). İsrail'de yapılan bir çalışma, atık suyun yeniden kullanımının ülkenin su bütçesine yıllık 400 milyon metreküp katkı sağladığını göstermiştir (Haruvy, 1997). Kaliforniya'da, arıtılmış atık suyun %48'i tarımsal sulamada

kullanılmakta ve bu oran yıllık yaklaşık 930 milyon m<sup>3</sup> suya karşılık gelmektedir (California Water Boards, 2021).

ii) *Besin Maddelerinin Geri Kazanımı ve Gübre Tasarrufu*: Arıtılmış atık sular, bitki büyümesi için gerekli olan azot, fosfor ve potasyum gibi önemli besin maddelerini içerir. Bu besin maddelerinin tarımsal arazilere geri kazandırılması, sentetik gübre kullanımını azaltabilir ve toprak verimliliğini artırabilir (Lahlou vd., 2021). Atık su ile sulanan tarım arazilerinde gübre kullanımı %50'ye kadar azaltılabilir (Garcia ve Pargament, 2015). Meksika'da yapılan bir araştırma, atık su kullanılan tarım arazilerinde azot gübresinden yıllık 335 \$/ha, fosfor gübresinden ise 118 \$/ha tasarruf sağlandığını ortaya koymuştur (Jiménez, 2005). İspanya'nın Valencia bölgesinde, atık su kullanımı ile yıllık hektar başına 170 kg azot ve 50 kg fosfor geri kazanılmaktadır (Melgarejo ve López-Ortiz, 2016). Fas'ın Tiznit bölgesinde tarımsal sulama yeniden kullanım ile ürün verimini artırmış ve ayrıca suni gübre kullanımını azaltarak dolayısıyla maliyeti azaltarak çiftçi gelirini artırmıştır (Malki vd., 2017). İsrail'de yeniden kullanım 3.3 milyar \$'lık katkı sağlamaktadır (Reznik vd., 2017). Çiftçiler, bitkilere sağlanan makro ve mikro besin maddeleri sayesinde gübrelemeden büyük tasarruf sağlanmaktadır. Balkhair vd., (2013) göre, arıtılmış suların yeniden kullanımıyla, yonca üretiminde ihtiyaç duyulan gübrede %94 ve buğdayda ise %45'i oranın da tasarruf sağlanabilmektedir. Vergine vd. (2017), arıtılmış atık su kullanılarak domates yetiştiriciliğinde yaklaşık 280 € ha<sup>-1</sup> tasarruf sağlandığını rapor etmektedir. Çiftçiler, gübre maliyetindeki azalmanın yanında artan verim ve kalite sayesinde daha fazla gelir elde edebilmektedirler.

iii) *Tarımsal Verimlilik ve Ürün Çeşitliliğinde Artış*: Atık suların içerdiği besin maddeleri ve sürekli su temini, tarımsal verimliliği artırabilir ve ürün çeşitliliğini genişletebilir. İtalya'nın Puglia bölgesinde yapılan bir araştırma, atık su kullanılan tarım arazilerinde verim artışının %20-30 arasında olduğunu ortaya koymuştur (Arena vd., 2020b). Hindistan'da yapılan bir çalışma, atık su ile sulanan pirinç tarlalarında verimin %64'e kadar arttığını göstermiştir (Kaur vd., 2012). Ürdün'de atık su kullanımı, zeytin ağaçlarının verimini %40 artırmış ve meyve kalitesini iyileştirmiştir (Al-Nakshabandi vd., 1997).

- iv) *İklim Değişikliğine Karşı Dayanıklılık*: Atık suların yeniden kullanımı, tarımsal sistemlerin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırır. Özellikle kuraklık dönemlerinde güvenilir bir su kaynağı sağlayarak, iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerini azaltabilir (Ofori vd., 2021). Avustralya'da yapılan bir çalışma, atık su kullanımının kuraklık dönemlerinde tarımsal üretimi %20-30 oranında artırdığını göstermiştir (Stevens vd., 2008). İsrail'de atık su yeniden kullanımı, ülkenin toplam su tüketiminin %25'ini karşılayarak, iklim değişikliğinin etkilerine karşı önemli bir tampon oluşturmaktadır (Inbar, 2007).
- v) *Çevresel Faydalar ve Ekosistemlerin Korunması*: Atık suların kontrollü bir şekilde tarımsal amaçlarla kullanılması, bu suların doğal su kaynaklarına ve ekosistemlere zarar verecek şekilde deşarj edilmesini önler. Bu uygulama, su kirliliğini azaltır ve sucul ekosistemlerin korunmasına katkıda bulunur (Zeng vd., 2017). Çin'de yapılan bir çalışma, atık su arıtma ve yeniden kullanım sistemlerinin, konvansiyonel sistemlere kıyasla %50 daha az sera gazı emisyonuna neden olduğunu göstermiştir (Zeng vd., 2017). Mısır'da Nil Deltası'nda atık suların yeniden kullanımı, deniz suyu girişimini önleyerek kıyı ekosistemlerini korumaktadır ve yıllık 2.8 milyar m<sup>3</sup> temiz su tasarrufu sağlamaktadır (FAO, 2010).
- vi) *Ekonomik Faydalar ve Maliyet Tasarrufu*: Atık suların tarımsal sulamada kullanımı, çiftçiler için önemli ekonomik faydalar sağlar. Su maliyetlerinin düşmesi, gübre kullanımının azalması ve verim artışı, tarımsal işletmelerin karlılığını artırır. Fransa'da yapılan bir çalışma, atık su kullanımının tarımsal işletmelerde %30'a varan maliyet tasarrufu sağladığını göstermiştir (Declercq vd., 2020). İspanya'da atık su kullanımı, çiftçilere hektar başına yıllık 600-700 € tasarruf sağlamaktadır (Molinos-Senante vd., 2011a). Tunus'ta yapılan bir araştırma, atık su kullanımının tarımsal geliri %68 artırdığını ortaya koymuştur (Rejeb vd., 2009).
- vii) *Toprak Kalitesinin İyileştirilmesi*: Arıtılmış atık sular, organik madde içeriği sayesinde toprak yapısını iyileştirebilir ve toprak erozyonunu azaltabilir. Bu, özellikle kurak bölgelerde toprak verimliliğinin artırılması ve sürdürülmesi açısından önemlidir (Jaramillo ve Restrepo,

2017). Meksika'da yapılan uzun süreli bir çalışma, atık su ile sulanan topraklarda organik madde içeriğinin %25-40 arttığını göstermiştir (Siebe ve Cifuentes, 1995). İsrail'de atık su kullanımı, toprakların su tutma kapasitesini %15-20 artırmıştır (Fine vd., 2006).

viii) *Su Güvenliğinin Artırılması*: Atık suların yeniden kullanımı, tarımsal üretim için güvenilir ve sürdürülebilir bir su kaynağı sağlar. Bu, özellikle su kıtlığı yaşanan bölgelerde, tarımsal faaliyetlerin sürekliliğini garanti altına alır ve gıda güvenliğine katkıda bulunur (Haruvy, 1998). Küresel olarak, atık suların yeniden kullanımı potansiyel olarak  $380 \text{ km}^3 \text{ yıl}^{-1}$  ek su kaynağı sağlayabilir, bu miktar dünya çapında sulanan alanların %15'ini karşılayabilir (Qadir vd., 2020). Singapur, "NEWater" projesi ile arıtılmış atık suyu yeniden kullanarak su ihtiyacının %40'ını karşılamaktadır ve bu oranı 2060 yılına kadar %55'e çıkarmayı hedeflemektedir (PUB, 2021).

Atık suların tarımsal sulamada yeniden kullanımı, su kaynaklarının korunması, tarımsal verimlilik artışı, ekonomik faydalar ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu uygulamanın yaygınlaştırılması, sürdürülebilir tarım pratiklerinin geliştirilmesine ve gıda güvenliğinin sağlanmasına önemli katkılar sağlayabilir. Ancak, potansiyel sağlık ve çevresel riskleri minimize etmek için uygun arıtma ve yönetim stratejilerinin uygulanması kritik öneme sahiptir. Çok sayıda kaynağında belirttiği üzere kullanılmış suların yeniden kullanımı artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Artan susuzluk krizinin yanında kullanım sonucu kirlenmiş suların bertaraf edilmesi için de en iyi çözüm yeniden kullanımdır. Yapılan bu çalışmada, kullanım sonucu kirlenmiş suların, yeniden kullanımı kapsamında en iyi alternatiflerden birisi olan bitkisel üretimde sulama suyu ve gübre ihtiyacının karşılanmasında yararlanılması durumunda sağlayacağı katkılar üzerinde durulmuştur.

## **2. YENİDEN KULLANIMIN SU VE GÜBRE KAYNAĞI AÇISINDAN EKONOMİK ETKİLERİ**

### **2.1. Su Kaynağı Açısından**

Suyun yeniden kullanımının karşılaştığı engellerin büyük bölümü, döngüsel ekonomi perspektifiyle ele alındığı koşullarda kamu algısı, fiyatlandırma ve kullanım düzenlemesi gibi zorlukların tamamı büyük oranda

kendiliğinden çözülecektir. Ayrıca, geri dönüştürülme aşamasında, kullanıma göre kirletici seviyelerinin düzenlenmesi ve izlenmesi konusunda da dikkatli olunması gerekmektedir. Dünya çapındaki mevcut yeniden kullanım şemaları ve düzenlemelerinin incelenmesi, fayda ve risklerin vaka bazında değerlendirilmesi gerekmektedir. Geri dönüşüm ve yeniden kullanım, döngüsel ekonomi yaklaşımının merkezinde yer almakta olup atık suyun iyi yönetim sonucunda, su tedarikini iyileştirilmesinde alternatif bir strateji sağlayacağı düşünülmektedir. Suyun yeniden kullanımı için gerekli su kalitesi standartlarını sağlanması, gerekli güvenliğin oluşturulması ve güvenilir bir şekilde kullanım sisteminin sağlanmasının yanında uygun düzenleyici yaptırımların da oluşturulması gerekmektedir (Voulvoulis, 2018).

Sulamanın en önemli doğrudan katkılarından biri, ürün veriminde sağladığı önemli artıştır. Sulanan ürünler, yağışa dayalı tarıma kıyasla verimlilik açısından daha tutarlı ve yüksek performans göstermektedir. Sulamayla bitkisel üretimdeki verim atışı miktarı konusunda farklı kaynaklarda (Powell vd., 1985; Bhattarai vd., 2002) farklı oranlar verilse de 2-8 kat arası bir artış meydana getirebilir (iklim, bölge, arazi yapısı ve bitki çeşidi gibi etkenlere bağlı olarak bu değişkenlik gösterir). Siebert ve Döll (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, sulamanın küresel ürün verimini ürün türüne ve bölgeye bağlı olarak ortalama %100-400 oranında artırdığı rapor edilmektedir. Ayrıca, üreticilerin yerel iklimlerinde doğal olarak yetiştiremedikleri ürünleri de üretebilmeleri nedeniyle daha geniş bir ürün yelpazesinin oluşmasına da katkı sağlanabilmektedir. Gelir artışı dikkate alınırsa durum çok daha farklılık gösterebilmektedir. İklimin uygun olduğu bölgelerde sulamanın üretime girmesiyle (örneğin Erzurum'daki bir araziden elde edilen gelir ile Antalya'daki bir araziden elde edilen gelir arasında yıldan yıla farklılık gösterse de) yüzlerce kat gelir artışı oluşabilir. Burada etkili olan faktörler iklim ve sulamadır. Biyo-çeşitlilikte ki artış sadece gıda güvenliğini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda üreticilerin ekonomilerini de iyileştirir (Playán ve Mateos, 2006). Öte yandan sulamayla büyüme mevsimi uzatılabilir, hatta iklimin uygun olduğu bazı bölgelerde yıl boyu üretim gerçekleştirilebilir. Böylelikle de, gıda arz ve fiyatlarında istikrar sağlanabilmektedir (Rosegrant vd., 2009). Sulama ile ürünlerin verim artışı ve üretici gelir artışının yanı sıra bölgenin sosyo-ekonomik gelişmişliğine de katkı sağlanmaktadır. Bitkisel

üretimde kullanılabilir su kaynaklarından bir tanesi de uygun kalitedeki kullanılmış sulardır.

Bitkisel üretimde sulamanın yapılması ile özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümeye büyük oranda katkılar sağlanmaktadır. Hussain ve Hanjra (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, Asya'daki sulama projelerinin ürün verimliliğinde %1'lik bir artışın, yoksullukta %0.5 oranında azalmaya katkı sağladığını ifade etmektedirler. Ayrıca gıda güvenliği dikkate alındığında FAO'nun (2020) bildirdiğine göre, küresel ölçekte toplam tarım alanlarının %20'si sulanabilirken bunun toplam gıda üretimindeki payı %40'dır. Öte yandan son yılların popüler başlığı olan iklim krizine ve stresine karşı da sulamaya dayalı üretimin yapılması ve artırılması, iklim kaynaklı olumsuz etkilerini azaltılmasına veya engellenmesine çok sayıda katkı sağlayabilmektedir.

Sulamanın yapıldığı bölgelerde elde edilen gelir yağışa dayalı koşullarda elde edilen gelirden yüksektir. Gebregziabher vd., (2009)'nin Etiyopya'da yaptıkları çalışmada hane halkı gelirinin %37 oranında artış sağlandığı ifade edilmektedir. Dolayısıyla sulamayla sağlanan gelir artışı Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'ya da (GSYH) önemli katkılar sağlamaktadır. Türkiye'de tarım sektörünün GSYH'ladaki payı dünya ortalaması seviyesinde olup yaklaşık %4 civarındadır. Dünya Bankası (2004) verilerine göre, sulama altyapısına yatırılan her 1 milyon dolara karşılık yaklaşık 500 kişiye iş yaratıldığı rapor edilmektedir.

Atık suyun yeniden kullanımının ekonomik faydalarını ve uygulanabilirliğini anlamak önemlidir. Atık suyun yeniden kullanımı sulama projelerinin teknik ve ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirirken, Verlicchi vd., (2012) ve Giannoccaro vd., (2019) tarafından yapılan araştırma yararlı içgörüler sunabilmektedir. Ayrıntılı çalışma için saha deneyimi ve konsolide edilmiş araçlara gereksinim bulunmaktadır (Mishra vd., 2023). Bitkisel üretimde su stresini önlemek için sürekli bir su temini gereklidir. Yeniden kullanım ile küresel yıllık temiz su çekimlerinin %1.5-6.6 oranında tasarruf edilebilir (Qadir vd., 2007). İtalya'da (Po Vadisi), bitkilerin sıklıkla yaşanan kuraklık nedeniyle veriminde azalmalar ve buna bağlı olarak da %20-30 oranında gelir kaybı meydana geldiği rapor edilmektedir. Bu sorun, atık suyu akılcıca kullanarak ve uygun normlara uyarak kolayca çözülebilir. Atık suyun yeniden kullanımı, çiftçilerin sulama için sürekli bir kaynağa sahip olmalarına

yardımcı olur, aynı zamanda mevsimden bağımsız olarak uygun besin maddeleri ve mahsul verimi sağlamaya yardımcı olur. Sonuç olarak küçük çiftçiler için faydalar artabilir (Verlicchi vd., 2012).

Kullanılmış suların denizlere deşarjı nedeniyle, biyolojik oksijen talebinin belirli bir eşiği aşması ile GSYİH üçte bir oranında azalmaktadır. Örneğin, Karayipler’de kara tabanlı kirlilik nedeniyle yılda yaklaşık 70-175 milyon \$ kayıp oluşmaktadır (Diez vd., 2019). Küresel olarak, okyanus atık su kirliliğinin yalnızca insanlar üzerindeki doğrudan etkileri yıllık ekonomik kayıplarda yaklaşık 16.4 milyar \$ civarında olduğu hesaplanmıştır (Shuval, 2003). Dünya Bankası, ülkelerin su kalitesini iyileştirmek, su arıtma altyapısını güncellemek, su kalitesini doğru bir şekilde izlemek, kalite standartlarını güncellemek ve yürürlüğe koymak için hemen harekete geçilmesini önermektedir (Diez vd., 2019).

İtalya’nın güneyindeki Puglia’da, suyun yeniden kullanımı konusundan yapılan çalışmada, tüm senaryolara, projenin ekonomik ve sürdürülebilir olarak kabul edilmesi için, çevresel faydalarının da hesaplamalara dahil edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu faydaların başında deniz suyu kirliliğini önemli ölçüde azalması ve kıyı şeridinin temizlik ve estetik açısından çok daha iyi konumda olması nedeniyle dolaylı olarak bölge ekonomisine (turizm, balıkçılık gibi) önemli oranda katkı sağlanacağı dikkate alınmalıdır (Arena vd., 2020a).

Sulamanın net faydalarının karşılaştırılmasına dayanan ve İsrail’de yapılan bir çalışmada, uygun arıtma ve sulama-gübreleme yöntemleriyle olası çevresel hasar izlemek koşuluyla sulamada yeniden kullanım önerilmektedir. Eğer arıtılmış su, nehre taşınarak bertarafına edilmesi yerine sulamada kullanılması durumunda iki farklı bölge için 9 ve 24 \$ sent  $m^{-3}$  tasarruf sağlanırken çevrenin korunmasına da önemli katkılar yapılmaktadır. Bu nedenle kullanılmış suları sulamada kullanan çiftçilere bu katkılarından dolayı ayrıca bir mali destek sağlanmalıdır (Haruvy, 1994; Haruvy, 1998).

Garcia ve Pargament (2015) İsrail’de yatıkları çalışmada, suyun yeniden kullanımını tarımsal, kentsel (peyzaj-rekreasyon) ve çevresel faydalar açısından değerlendirmiştir. İsrail’de Mekorot şirketi (tarımsal suyun %60’dan fazlasını sağlayan şirkettir) tarafından tarımsal sulama için verilen arıtılmış suyun fiyatı 0.24-0.31 \$  $m^{-3}$  aralığındadır (Kislev, 2011). İsrail koşullarında deniz suyundan su üretim maliyetleri yaklaşık 0.99-1.26 \$  $m^{-3}$  arasında değişmektedir (Garcia ve Pargament, 2015). Tarımsal sulama için üçüncül



kalite atık suların yerine ikincil kalite atık suların kullanılması durumunda gübrelemede  $0.05 \$ m^{-3}$  tasarruf sağlanabilmektedir (Haruvy, 1998). Ancak, İsrail'deki alternatif atık su arıtma standartlarının maliyet-fayda analizinde, hem aşırı nitrojen hem de fosfor seviyelerinin mahsul büyümesine zarar verebileceği ve bu nedenle atık suların kalitesine ilişkin standartlara ulaşmanın yaklaşık ek maliyeti 2010 yılı fiyatlarıyla  $0.01 \$ m^{-3}$ 'dür (Lavee, 2011). Sağlanacak bu standart sayesinde (yeni elde edilen su kalitesi) üretimdeki bitki deseni sınırlamasını da ortadan kaldırmaktadır. Kısıtlamasız sulama için uyarlanmış üçüncül atık suyun kullanıldığı şartlarda gelirdeki ek artışını  $0.07 \$ m^{-3}$ 'dür (Haruvy, 1998). Tel Aviv'de bulunana Yarqon Park'a giriş ücreti  $4.78-18.22 \$$  kişi<sup>-1</sup> olup 2003 yılı rakamlarına göre 3.7 milyon ziyaretçiden toplam yaklaşık  $0.7-2.7$  milyon  $\$$  arasında gelir elde edilmiştir (Fleischer ve Tsur, 2003). Çevre ve ekoloji açısından yapılan değerlendirme de de N kirliliği için tahmini fayda  $0.011-0.068 \$ m^{-3}$  ve P kirliliği için  $0.011-0.068 \$ m^{-3}$  arasında değiştiği hesaplanmıştır (Hernández-Sancho vd., 2010).

İspanya-Madrid-Canal de Isabel II bölgesinde suyun yeniden kullanımı konusunda bilinçli karar alma ve kullanım potansiyelini belirleme konusunda yapılan çalışmada, kullanılmış suların yeniden kullanımının zorunlu olduğu ve tarımsal su kullanım verimliliğinin 1 Euro  $m^{-3}$ 'ün altında iken endüstri ve hizmet sektörlerinde bu değerler yüksek olduğu ve bu nedenle de tarım için sürdürülebilir bir su kaynağına ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Finansal kısıtlılıklar, geri kazanılmış suyun tekrar tüm sektörlerde kullanılmasında en büyük engeli oluştururken, ancak kamu müdahalesi ile çözülebilecek sorun olan toplumsal kabulde, diğer önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Finansal kriterler önceliklendirilir ve diğer kriterler dikkate alınmaz ise toplam 200 milyon Euro'luk çevresel zarar hesaplanırken, tüm ekonomik göstergeler dikkate alınır buna göre hesaplama yapılırsa 740 milyon Euro'luk fayda sağlanabilir. Yeniden kullanım, toplum için avantajlı bir alternatif haline gelecek ve dolayısıyla kamu yatırımlarının ne kadar yerinde yapıldığını da ortaya koyacaktır (del Villar ve García-López, 2023).

Manisha vd., (2023) Hindista-Karnataka eyaletinin Kolar bölgesi için yapılan bir çalışmada, yeniden kullanım sayesinde yeraltı suyu seviyesi ve kalitesinde önemli iyileşmeler saptanmıştır. Ayrıca, sulanan ve sulanmayan bölgeler arasında ekim-dikim alanları, mevsimsel bitki desenleri, verimlerde ve gelirdede büyük farklılıkların olduğu rapor edilmektedir. Yeniden kullanım

birlikte çiftçilerin daha çok sulamaya dayalı ve geliri yüksek ürünlere yöneldiği belirlenmiştir. Yeniden kullanımla birlikte, hayvancılık, süt üretimi ve balık üretimi artarken aynı zamanda arazi fiyatlarında da ortalama %118'lik bir artış meydana gelmiştir. Çiftçilerin çiçek ve sebze üretimi yaptığı bölgelerde hane net gelirinde, %150-202 oranında artışlar sağlanmıştır. Ayrıca, yeniden kullanım projesi sayesinde bölgede ekonomik, çevresel, sosyal ve kültürel faydaların yanı sıra, su sektöründe döngüsel ekonomiye geçişe büyük katkılar da sağladığı da belirlenmiştir. Çalışma sonunda, yeraltı su seviyesinin korunması ve yükseltilmesi için yeniden kullanımın teşvik edilmesi ve bunun bir politikaya dönüştürülmesinin zorunluluğu vurgulanarak, tarımsal ekonomi sistemine ve gıda güvenliğine de önemli katkıların sağlandığı ifade edilmektedir.

Omole vd., (2019) Nijerya-Ogun eyaletindeki Covenant Üniversitesinin atık sularının yeniden kullanımı için yapılan bir maliyet analiz çalışmasında, ilk yatırım giderlerinin geri alınabileceği ve ayrıca yeniden kullanım için oluşturulacak planlama ile büyük karlılık sağlanabileceği rapor edilmektedir. Kapsamlı bir atık su arıtma yöntemi olan yapay sulak alanların kullanılmasıyla, üniversitenin enerji giderlerinin de önemli oranda azalacağı belirlenmiştir. Ayrıca, sürdürülebilir yeraltı suyu çekilmesi, arazi çöktüşlerinin önlenmesi ve kurumsal sosyal sorumluluk gibi önemli çevresel ve sosyal faydaların da sağlanacağı ifade edilmektedir.

Reznik vd., (2017) İsrail'deki yeniden kullanımın uzun dönemli etkilerini inceledikleri çalışmada, (1) simüle edilen 30 yıllık süre boyunca tarımsal sulamada yeniden kullanım sayesinde deniz ve acı sudan yapılan arıtmada önemli miktarda azalma oluşmuş ve 3.3 milyar \$'lık tasarruf sağlanmıştır; (2) uzun vadede toprak ve yeraltı suyuna yapılacak zarar önlenirken tarımsal üretimde kullanımdan dolayı arıtma maliyetleri düşürülmüş ve 2.7 milyar \$'lık tasarruf sağlanmış ve (3) tarımsal sulama için ihtiyaç duyulan suyun deniz ve acı sudan arıtma yoluyla elde edilme maliyetinin yüksek olması nedeniyle mevcut koşullarda fizibil olmadığı ancak yeniden kullanım sayesinde sürdürülebilir tarımsal üretimin sağlandığı da rapor edilmektedir.

İspanya'daki Segura Nehri Havzası'nda yapılan bir çalışmada, geri kazanılmış atık suyun sulama için kullanılmasının önemli piyasa dışı çevresel faydalar sağlandığı belirlenmiş olup bu değer 0.31 € m<sup>-3</sup>'e kadar yükseldiği

rapor edilmektedir. Bu nedenle, geri kazanılmış atık suyun tarımda kullanılmasının piyasa dışı faydalarının, 0.16-0.26 € m<sup>-3</sup>'lük ortalama arıtma maliyetlerini karşıladığı ve kullanımın iyi bir uygulama seçeneği olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, tercih heterojenliği analizinde, geri kazanılmış atık suyun tarımda kullanılmasının, su sanitasyonu için mevcut ödemelerinin farkında olmaları durumunda insanlar için daha kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir. Bu piyasa dışı faydaların su politikası seçeneklerinin genel değerlendirmesine dahil edilmesi, daha iyi bilgilendirilmiş ve daha verimli su yönetimi kararlarına neden olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, atık su arıtma tesisleri, arıtımda kullandıkları enerji tüketimi azalacağı için bu durumdan finansal olarak fayda sağlayacağı da gözden kaçırılmamalıdır. (Alcon vd., 2010)

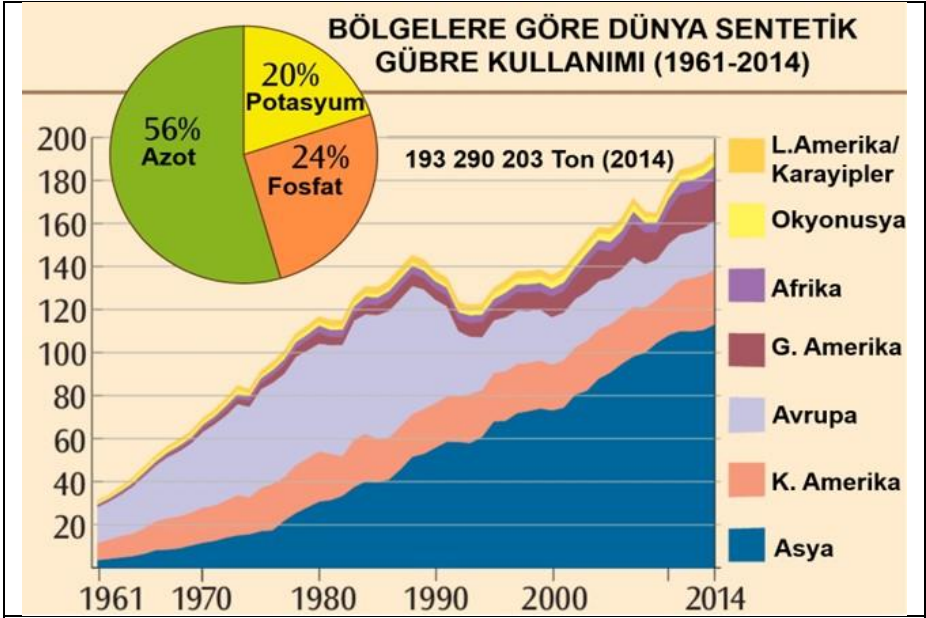
İtalya'da, Ferrara arıtma tesisinde yıllık pompalama maliyetleri önemli ölçüde azaltılmıştır. Atık su yeniden kullanım projeleri için yapılan ekonomik analizde, atıksu taşınmasındaki 3 km'lik mesafe yıllık pompalama maliyetinide 200 bin € düşüş sağlamıştır (Verlicchi vd, 2012). Benzer şekilde İtalya Puglia için yapılan bir çalışmada, yılda yaklaşık 97 milyon m<sup>3</sup> arıtılmış atık suyun sulama için kullanılabilceği rapor edilmektedir (Giannoccaro vd., 2019). Çok sayıda faydası olmasına rağmen, atık suyun yeniden kullanımına dayalı sulama yönteminin benimsenmesi, başlangıçta hem çiftçiler hem de atık su arıtma tesisi işletmecileri için bazı ekstra maliyetler doğurur. Başlangıçta, yeniden kullanım gereksinimlerini karşılamak için atık suyun taşınması, depolanması ve uygulanmasına yatırım yapılmasını gerektirmektedir. Bu yatırımların yapılmaması durumunda, çiftçiler ve arıtma tesisleri için uygun mali desteğin sağlanmasını gerektirmektedir.

## 2.2. Gübre Kaynağı Açısından

Yaşamın ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması için, sürdürülebilir ve aynı zamanda miktar ve kalite açısından artırılabilir bir besin üretiminin sağlanması ile mümkündür. Yaşamı devamlılığının sağlanması besin zincirindeki her bir organizmanın diğer canlılara problem oluşturmadan görevini yerine getirmesi ve enerji dönüşüm sistemi içerisinde görevlerini eksiksiz yapmasıyla mümkün olabilir. İnsan özelinde durumu değerlendirecek olursak, gerekli olan besin ihtiyacının karşılanmasında bitkisel ve hayvansal üretimin verim ve kalite açısından artırılması, artan nüfusun gereksinimlerinin

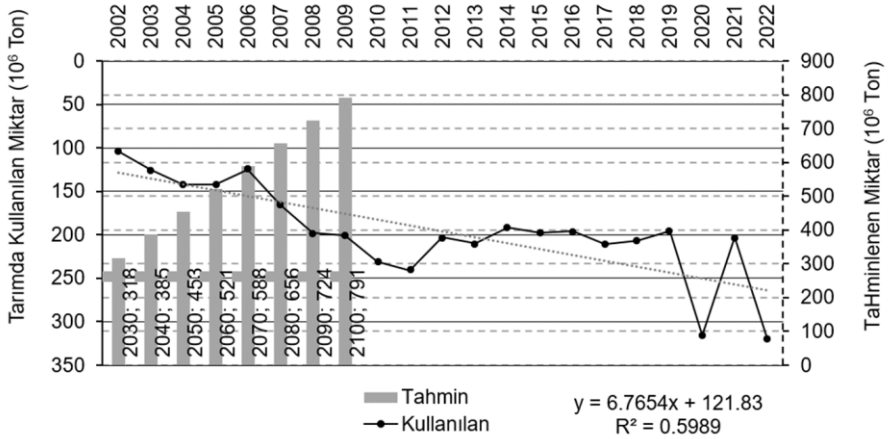
karşılanması için şarttır. Bitkisel üretimde verim ve kalitenin artırılması, ancak ihtiyaç duydukları besin elementlerinin sağlanması ile yani gübreleme ile mümkündür. Suni gübre kullanımı 1960'lı yıllardan bu yana küresel ölçekte dalgalı bir seyir izlese de sürekli artış göstermiştir (Şekil 4a ve b). Anonim (2024b)'e göre 2014 verileri ile küresel ölçekte toplam 193 290 203 Ton suni gübre kullanılmıştır. FAO'nun 2002-2022 arası tarımsal gübre kullanım verileri dikkate alınarak yapılan projeksiyonda (Şekil 4b), tarımsal üretimde kullanılan toplam gübre kullanımının 2050 yılında 453 milyon tonu ve 2100 yılında ise 791 milyon tonu aşması beklenmektedir. En fazla kullanım Asya kıtasındadır. Nüfusun kıtalara göre dağılımı dikkate alındığında insanoğlunun yaklaşık %60'ının Asya kıtasında olduğu (Tablo 1) görülmektedir. Doğal olarak en fazla evsel su kirliliğinin olduğu bölgede Asya kıtası olarak öne çıkmaktadır.

Yeniden kullanım, su kalitesini iyileştirmeye, temiz su kaynaklarına olan talebi azaltmaya, daha fazla kez kullanmaya ve kirlenmiş suların doğal bir şekilde arıtılmasına odaklanır (Brauman vd., 2007). Bu nedenle, dolaylı atık su yeniden kullanımının faydaları iki yönlüdür, su tedarik kaynaklarının bulunabilirliğini ve güvenilirliğini artırmak ve de ekolojik koşulları ve dolayısıyla ekosistem hizmetlerini iyileştirmektir. Öte yandan, bu yapılandırmada geri kazanılan atık suların gübreleme özelliklerin de kayıplar oluşmaktadır. Çünkü su kütlesinin ekolojik restorasyonuna izin vermek için çıkışta besinler ciddi şekilde azaltılmak zorundadır. Atık sularda bulunan besinler (özellikle azot ve fosfor), hayvan gübresi veya pahalı ve aynı zamanda katkılı kimyasal gübrelerle oranla daha yararlı ve güvenilebilir bir kaynak olarak kent çevresindeki tarım alanları için uygun su ve besin (gübre) kaynağıdır (Winpenny vd., 2010; Garcia ve Pargament, 2015).



a

([www.theglobaleducationproject.org/earth/agriculture-food/world-fertilizer-consumption-by-region](http://www.theglobaleducationproject.org/earth/agriculture-food/world-fertilizer-consumption-by-region))



b

([www.fao.org/faostat/en/#data/RFB](http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFB))

**Şekil 4:** Dünyada bölgelere göre toplam gübre kullanımı

Yine FAO istatistikleri dikkate alındığında Dünyada ve Türkiye’de azotlu gübre kullanımı dalgalı bir seyir gösterse de toplamda sürekli bir artış sergilemektedir (Şekil 5). Türkiye’deki azotlu gübre kullanımı 2015 yılından sonra dünya ortalamasının üzerine yükselmiştir. Tarım Bakanlığı tarafından

hazırlanan 2021 yılı Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Ülke Raporu'na göre, 2005-2019 döneminde üretimin tüketimi karşılama oranı toplam bitki besin elementi bazında %63'tür. Diğer bir ifadeyle Toplam gübre ihtiyacının %37'si ithal edilmektedir. Örneğin üretimi büyük oranda doğal gazdan sağlanan sadece azotlu gübre için Türkiye, 2022 yılında 3 milyar dolardan fazla ödeme yapmıştır. 2023 yılında bu değer dünya gübre fiyatlarındaki düşüşten kaynaklı olarak biraz azalma gösterse de azotlu gübre kullanımı Türkiye'de artmaya devam etmektedir.

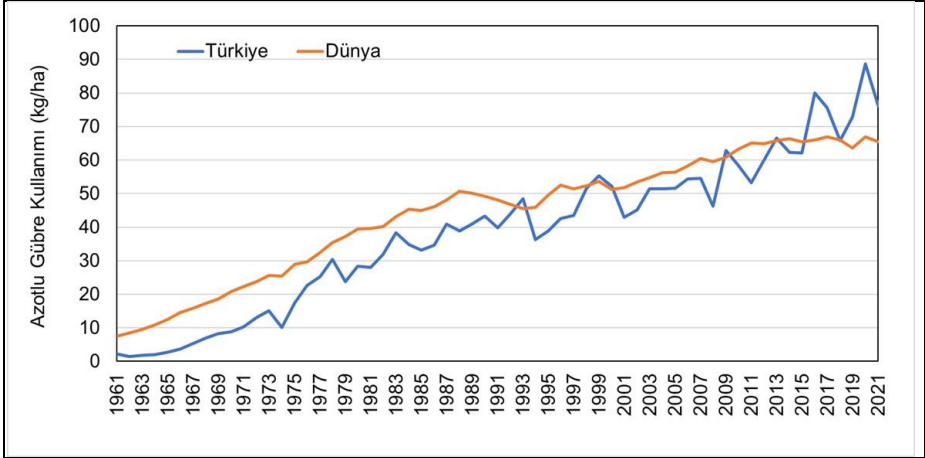
**Tablo 1:** Dünya ile ilgili bazı istatistikler

Kıtalar	Nüfus Oranı (%)	Alan (km <sup>2</sup> , %)
Asya	60	44.579.000 (%30.4)
Afrika	17	30.370.000 (%20.4)
Avrupa	10	24.709.000 (%16.7)
Kuzey Amerika	5	17.840.000 (%12.0)
Güney Amerika	6	14.000.000 (%9.5)
Okyanusya	0.5	10.180.000 (%6.8)

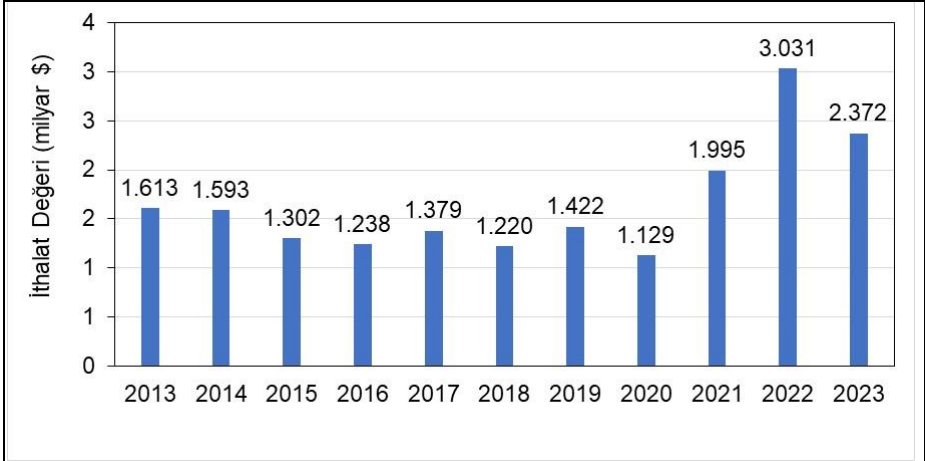
OECD ve FAO'nun ortak hazırladıkları "Tarım Görünümü 2023-2032" raporunda, ulusal, bölgesel ve küresel düzeylerde tarımsal emtia piyasaları için on yıllık beklentilere ilişkin yapılan bir projeksiyonda, son iki yılda yaşanan tarımsal girdi fiyatlarındaki artışların küresel gıda fiyatlarını artırarak gıda güvenliğinde tehlikeye neden olduğu belirtilmektedir. Yapılan bir senaryoda, gübre fiyatlarındaki her %1'lik artış, tarımsal emtia fiyatlarında %0.2 artışa neden olacağı tahmin edilmektedir. Tarımsal emtiaların ana kullanımı olan küresel gıda tüketiminin, nüfus ve kişi başına düşen gelir artışında öngörülen yavaşlama nedeniyle önümüzdeki on yılda %1.3 oranında artacağı öngörülmektedir (OECD/FAO, 2023).

FAO istatistiklerine göre tarım arazilerine uygulanan azotlu sentetik gübre miktarındaki 2000 yılında 51.5 kg/ha iken 2020 yılında bu değer 68.8 kg/ha'a kadar yükselmiştir. 20 yıllık zaman diliminde yaklaşık %33.6'lık bir artış (17.3 kg/ha) meydana gelmiştir (Şekil 6). Bu dönemde bitkiler tarafından kaldırılan miktar ise 43.8 kg/ha'dan 66.2 kg/ha'a (%51.1) yükselmiştir. Öte yandan topraklarda depolanan miktar ise %13.8 (6.6 kg/ha) oranında artış göstermiştir. Başta hatalı sulama uygulamaları olmak üzere diğer çevresel ve

uygulama farklılıklarına bağlı olarak depolanan azot, yeraltı sularına sızarak çevre ve ekoloji için bir kirlilik kaynağı olabilmektedir.

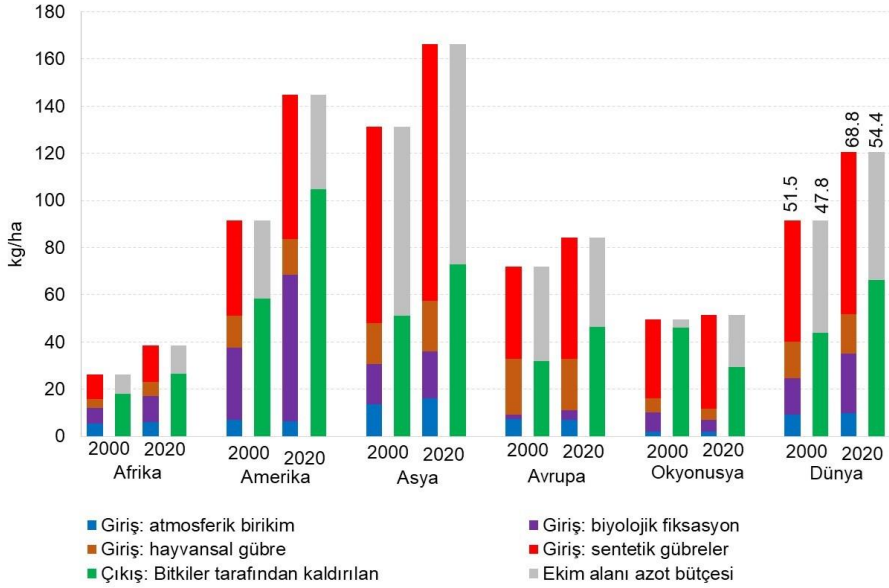


Azotlu gübre kullanımı  
(<https://ourworldindata.org/fertilizers>)



Türkiye'nin gübre ithalat tutarı  
([www.statista.com/statistics/1424040/turkey-value-of-fertilizer-imports/](http://www.statista.com/statistics/1424040/turkey-value-of-fertilizer-imports/))

**Şekil 5:** Türkiye ve Dünyada azotlu gübre kullanımındaki değişim ve Türkiye'nin gübre ithalatına ödediği tutar



**Şekil 6:** Kıtalarla Göre Ekilen Arazilerdeki Azot Bütçesi (FAO, 2023).

Atık sudaki mevcut besinlerden bitkiler tarafından en çok kullanılma olasılığı olan N, P ve K'dir. Atık sudaki P (~10 mg/L) ve K (genellikle düşük) normalde bitki büyümesi için avantajlı konsantrasyonlarda bulunur. Ancak bu besinler, doğrudan mahsul üretimi için her zaman ideal olmayacak konsantrasyonlarda ve oranlarda bulunabilir ancak bu oranlar bitki besin gereksinimlerine uyacak şekilde kolayca değiştirilemezler. Genellikle, bir besin gereksinimini karşılamak başka bir besin seviyesini dengesizleştirebilir. Bu nedenle besin eksikliği veya aşırı tedarik, toksisiteye veya ürün verim ve kalitesinde olumsuz etkilere neden olabilir. Yeniden kullanımın bitki besin ihtiyacını karşılaması konusunda yapılan Ürdün'deki bir çalışmada (Carr vd., 2011), ortalama bir çiftliğin gübre gereksiniminin %75 oranında karşılanabileceği rapor edilmiştir. Ancak aşırı besin, ürüne bağlı olarak verimliliği de azaltabilir. Gübre maliyetlerini düşürmek ve atık sudaki aşırı besin nedeniyle ürün veriminde azalmayı önlemek için uygun besleme programı ve dikkatli bir besin yönetimi planı oluşturulmalıdır (Hanjra vd., 2012).



Bitkilerin besin elementi çeşidi ve miktarı farklılık gösterir. Kültür bitkilerinde bu farklılıkların yanı sıra hedeflenen verim ve kalite değerleri de etkili faktörler arasına yer alır. Tablo 2’de bazı kültür bitkilerinin ortalama verimleri dikkate alınarak dışardan verilmesi gereken besin elementi ihtiyaçları verilmiştir. Burada verilen besin elementlerinin dışındaki elementlerin yeterli oranda bitki kök bölgesinde bulunduğu varsayımı yapılmaktadır.

Kullanılmış sulardan gübre üretimine ilişkin yapılan çalışmaların bazıları, bu işlemin mevcut üretim maliyetleri ile karşılaştırıldığında daha pahalıya mal olduğunu ileri sürmektedirler. Örneğin, laboratuvar ölçeğinde veya tam ölçekte besin geri kazanım sisteminde, strüvit (magnezyum amonyum fosfat) ve kalsiyum fosfat çökeltilerinin (bu tür ürünlerin topraktaki çözünürlüğü ve yüksek bitki besin alımına sahip olması [genellikle >%76] nedeniyle yaygın geri kazanılan ürünlerdir) elde edilmesi oldukça yüksek maliyet (Tablo 3) oluşturmaktadır (Römer ve Steingrobe, 2018). Kalsiyum fosfat çökeltileri, sıkı stokiometrik oranı nedeniyle strüvitten daha kolay elde edilebilmektedir. Strüvit aynı anda amonyum ve fosfat içermesi nedeniyle hem toprağı iyileştirici özelliklere sahiptir hem de yararlı ve kullanışlı bir gübredir (de Vries vd., 2016). Ancak, kalsiyum fosfat çökeltilerinin bitki tarafından alınabilirliği çeşitli teknolojik uygulamalara ve işlemlere bağlı olup (Egle vd., 2016), yalnızca asidik topraklarda etkilidirler (Amann vd., 2018; Egle vd., 2016; Tarayre vd., 2016). Bunun nedeni, kalsiyum fosfat çökeltilerindeki fosforun parçalanmasının düşük pH düzeylerinde olabilmesi ve alkali koşullarda ise daha zayıf olmasından kaynaklanmaktadır (Cabeza vd., 2011). Bunun dışında kullanılmış sularda ağır metaller ve diğer geri kazanılabilen besin maddeleri de bulunabilmektedir (Kataki vd., 2016). Ancak bunların miktarı ticari gübrelerle karşılaştırıldığında daha düşük düzeydedir (Forrest vd., 2008; Latifian vd., 2012). Ayrıca strüvitte magnezyum bulunması, sinerjik sonuçları nedeniyle bitkilerin fosfat alımını artırabilmektedir (González-Ponce vd., 2009).

**Tablo 2:** Bazı Bitkilerin Verime karşılık besin elementi ihtiyacı (Ahmed vd., 2018)  
[Toplam besin maddesi alımı (kg/ha), ana ürün ve bitkisel artıklar tarafından alınan toplam besin maddelerini içermektedir]

Bitki	Verim (t/ha)	Toplam Besin İhtiyacı (kg/ha)*			
		N	P	K	S
Çeltik	6	108	18	102	11
Buğday	4	118	22	98.5	17
Mısır	8	160	29	134	34
Darı	0.7	30	7	53	4
Patates	30	131	20	193	14
Jüt	3.0	98	20	200	35
Pamuk	10	26	9	70	-
Tütün	2	130	18	199	10
Şekerkamışı	100	140	25	325	51
Hardal	1.5	82	15	91	32
Yer fıstığı	2	170	13	91	15
Soya fasulyesi	3	220	18	141	20
Susam	1.2	62	10	53	14
Ayçiçeği	3	120	26	199	15
Nohut	1.5	91	6	47	13
Mercimek	1.0	57	6.5	18	-
Siyah fasulye	1.5	118	10	82	-
Maydanoz	1	106	21	59	-
Bezelye	1.2	85	8	16	9
Lahana	70	110	11	120	24
Karnabahar	50	100	18	116	20
Domates	50	140	29	158	30
Havuç	30	125	24	167	
Salatalık	40	70	22	100	
Patlıcan	60	175	17	250	
Kabak	50	90	31	133	
Turp	20	120	26	100	
Tatlı patates	40	190	33	283	
İspanak	25	120	20	166	
Soğan	35	120	22	133	26
Muz	40	250	26	350	15
Ananas	50	185	24	290	2
Çay	2	128	17	60	-

Geri kazanılan besinler, yaygın olarak ticarileşmemiş olup bu nedenle keskin piyasa değerleri mevcut değildir. Bu konuda yapılan bazı hesaplamalara göre Strüvitin piyasa değeri  $\approx 340$  \$ ton<sup>-1</sup> olarak hesaplanmaktadır (Etter vd., 2011). Münch ve Barr (2001) strüvitin piyasa fiyatının Japonya'da yaklaşık  $\approx 240$  \$ ton<sup>-1</sup> ve Avustralya'da  $\approx 200-350$  \$ ton<sup>-1</sup> olduğunu bildirmektedir. Ham fosfat kayasının maliyeti ise  $670-1330$  \$ ton<sup>-1</sup> arasında değişkenlik göstermekte olup (Desmidt vd, 2015; Dockhorn, 2009), fosfat bazlı gübrelerin ortalama piyasa fiyatının  $\approx 2.11-3.67$  \$ kg<sup>-1</sup> aralığında değişkenlik göstermektedir (Desmidt vd., 2015). Bu da mevcut gübrelerin çiftçiler için ekonomik olarak daha uygun olabileceği ve geri kazanılan besin maddelerinin mevcut ticari gübrelerle hala rekabet edemeyeceği anlamına gelmektedir.

Kalsiyum fosfat çöktürmeleri, piyasa değerinin  $\approx 550$  \$ ton<sup>-1</sup> olduğu bildirilen Triple Süper Fosfat (TSP) üretmek için kullanılabilir. Kalsiyum fosfat çöktürmeleri ayrıca fosfat kaya ikamesi için ham madde olarak da kullanılabilir ve bu durumda fiyatı ise  $920-1250$  \$ ton<sup>-1</sup> arasında değişkenlik göstermektedir (Desmidt vd., 2015). Bununla birlikte, Daneshgar vd., (2019), geri kazanım sisteminde strüvit üretiminin TSP gibi diğer fosfor içeren gübrelerin üretiminden daha az enerji gerektirdiğini öne sürmektedirler.

**Tablo 3:** Atık su arıtımında kimyasal çöktürme yoluyla besin maddelerinin geri kazanımının ekonomik analizi (Huang vd., 2015; Huang vd., 2017; Ye vd., 2020)

No.	Çöktürücü	pH Artırıcı	Toplam Maliyet (\$ kg <sup>-1</sup> ·P <sub>T</sub> )
1	CaCl <sub>2</sub>	Havalandırma destekli	1.56
2	CaCl <sub>2</sub>	NaOH Eklemeli	1.85
3	MgCl <sub>2</sub>	Havalandırma destekli	0.82
4	MgCl <sub>2</sub>	NaOH Eklemeli	0.95
5	MgO	Havalandırma destekli	0.38
6	FeSO <sub>4</sub>	NaOH Eklemeli	1.99
7	FeCl <sub>3</sub>	NaOH Eklemeli	3.13
8	AlCl <sub>3</sub>	NaOH Eklemeli	3.54

Geri kazanılan tüm besin maddelerinin doğrudan toprağa uygulanamayacağı bilinmelidir (Maltais-Landry vd., 2014). Geri kazanılan ürünlerdeki besin maddelerinin biyoyararlılığını belirlemek için mutlaka saksı ve tarla denemelerinin yapılması gerekmektedir (Melia vd., 2017). Bu

çalışmalarda, strüvitin çok çeşitli pH koşullarında, toprak ve bitki tiplerinde biyolojik olarak alınabileceği rapor edilmektedir. Cabeza vd. (2011), geri kazanılan strüvit ve kalsiyum fosfat çökeltilerinin gübreleme verimliliğini incelemek için mısırdaki 2 yıllık bir saksı denemesi yürütmüşlerdir. Bu durumda, strüvitin TSP ile benzer bir gübreleme verimliliği seviyesinin olduğunu belirlemişlerdir. Kalsiyum fosfat çökeltilerinin ise yalnızca asitli topraklarda etkili olduğunu saptamışlardır. Çalışmalar atık sudan geri kazanılan strüvitin araştırmadaki bitkilerin büyümesini desteklediğini dile getirmişlerdir (Liu vd., 2011; Ryu vd., 2012; Yetilmezsoy ve Sapci-Zengin, 2009). Buna karşılık, diğerleri strüvitin gübre olarak kullanılmasıyla daha düşük verimler elde edildiğini ileri sürmüşlerdir (Ackerman vd., 2013; Ganrot vd., 2007). Bu farklılığın nedeni çalışmalarda kullanılan strüvitin kalitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bazı araştırmacılar, fosfat geri kazanımı için CaO bazlı adsorbanları kullanmış ve geri kazanılan ürünlerin toprakta gübre olarak etkinliğini incelemiştir. Bir örnek olarak, fosfat geri kazanımı için bir CaO-MgO hibrit karbon kompoziti geliştirmiştir. Fosfat yüklü adsorbanlar, Çin lahanası fidelerinin yer üstü kısımlarının ortalama büyüme yüksekliği ve ortalama taze ağırlığı kontrol uygulamalarına kıyasla daha iyi oluğu belirlenmiştir (Li vd., 2018). Bu, geri kazanılan fosfatın fosfat bazlı bir gübre ikamesi olarak uygulanabileceğini göstermektedir. Özellikle, fosfat yüklü adsorbanların kalsinasyonu, geri kazanılan fosfattan organik maddeleri uzaklaştırabilir ve bu da geri kazanılan ürünlerin kalitesini artırabilir (Xie vd., 2015).

Hem fosfat bazlı kayaların hızlı tüketimi hem de maliyetli amonyum üretimi, besin maddelerinin geri kazanılmasının gerekliliğini göstermektedir. Madenlerin daha yoğun şekilde sömürülmesiyle (Sartorius vd., 2012) ve endüstriyel amonyak üretiminden kaynaklanan sera gazlarıyla (Ye vd., 2018) artan ağır metaller (uranyum ve kadmiyum) içeriğiyle başa çıkmak için ek teknolojik yatırım yapmak gerekmektedir. Bu nedenle, atık su arıtma aşamasında besin maddelerini geri kazanmak için teknikler araştırma-geliştirme büyük önem taşımaktadır. Bu süreç, tarım için tamamlayıcı gübre olarak strüvit ve endüstri için hammadde olarak kalsiyum fosfat çökeltileri, geri kazanılmış ürünlerden sağlanabilir. Ancak günümüzde, besin bazlı gübre üretimi için kaya fosfatı ve endüstriyel amonyum kullanmak hala ekonomiktir ve bu nedenle atıksulardaki besinleri geri almak için bir takım ekonomik

teşvikler ya da iyileştirmelere gereksinim duyulmaktadır (Molinos-Senante vd., 2011b). Örneğin, strüvit çökeltmesi yoluyla besin geri kazanımı için NuReSys (Nutrient Recovery System) sürecinde, fosfat konsantrasyonu  $120 \text{ mg} \cdot \text{PO}_4^{3-} \cdot \text{P} \text{ L}^{-1}$  olduğu koşullarda işletme maliyeti  $\approx 1.78 \text{ \$ kg}^{-1} \cdot \text{P}$ 'dır (Moerman vd., 2009). Bu süreçte strüvitin piyasa satış fiyatı ise  $\approx 0.4-0.5 \text{ \$ kg}^{-1} \cdot \text{P}$  (Moerman vd., 2009), bu nedenle strüvit üretiminden elde edilen ekonomik faydaların bu durumda işletme maliyetlerinin tamamını doğrudan karşılamadığı ortadadır (Ye vd., 2020). Ayrıca, geri kazanılan besin maddeleri henüz ticari olarak satılan bir ürün olarak uygulanabilir olarak kabul edilmemektedir. Yüksek işletme maliyetleri besin maddesi geri kazanımının ekonomik uygulanabilirliğini sınırlasa da, sistem çok çeşitli başka faydalar sağlayabilir. Örneğin, atık sudan besin maddesi geri kazanımı çamur ve istenmeyen çökeltilerin üretimini önemli ölçüde azaltabilir, böylece beklenmeyen maddelerle ilgili bertaraf maliyetleri daha iyi kontrol edilebilir veya hatta düşürülebilir. Ayrıca, atık sudan besin maddesi geri kazanımı arıtılmış çamurun susuzlaştırılabilirliğini iyileştirebilir ve ölçekleme hızını azaltabilir, bunların her ikisi de iyileştirilmiş atık su yönetimiyle sonuçlanır (Bradford-Hartke vd., 2015). Açıkça, besin maddesi geri kazanımı ayrıca bir atık su arıtma tesisi tarafından üretilen deşarjdaki amonyum ve fosfat konsantrasyonunu azaltabilir, bu da su ortamlarındaki ötrofikasyonu önler. Dolayısıyla, yeterli ekonomik teşvik yoksa hem çevresel faydalar hem de kamu düzenlemeleri besin maddesi geri kazanımını teşvik için işlev görecektir. Burada, geri kazanılan besin maddesinin piyasa fiyatının yalnızca ürün kalitesine ve piyasa talebine dayandırılmamalıdır (Ye vd., 2016). Ancak, doğrudan dolaylı maliyetlerin (kullanılmış suların arıtma ve bertaraf maliyetleri, ekolojik maliyetleri gibi diğer maliyetler) dikkate alınması durumunda fazlasıyla karlı olabileceği unutulmamalıdır. Mevcut üretim yönteminin bu denli karlı görünmesinin nedeni, maliyeti düşürmeye yönelik yıllarca yapılan çalışmaların bir sonucudur. Benzer çalışmalar kullanılmış suların içerisinden de strüviti almaya yönelik olarak yapılırsa muhtemelen çok daha düşük maliyetler gelecekte ortaya çıkacaktır ve bu türlü üretimin mevcut üretim yönteminden daha ucuza maliyeti söz konusu olabilecektir.

Yeniden kullanımdaki suların içerisinde azot  $10-50 \text{ mg N L}^{-1}$  arasında değişen konsantrasyonlarda bulunabilir. Yeniden kullanım yoluyla verilen toplam azot, ürün için önerilen dozu aşarsa, vejetatif büyüme teşvik edebilir ve

bu nedenle de olgunlaşma gecikebilir hatta bazı bitkilerde verim kayıpları meydana gelebilir. Bitkinin gereksinimini aşan azot, topraktan yeraltı suyuna taşınarak çevre kirliliğine de neden olabilir (Akber vd., 2008; Bond, 1999). Yeniden kullanım konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle arıtılmış atık suyun kullanıldığı koşullarda elde edilen verim ve kalitenin, temiz su koşullarından daha yüksek elde edildiği belirtilirken aynı zamanda da daha verimli ve kaliteli ürünleri üretmek için yeniden kullanım büyük öneme sahip olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca tarımsal sulamada yeniden kullanım, su kullanım verimliliğini de artırmaktadır (Hussain vd., 2001; Hussain vd., 2002; Hassanli vd., 2009).

Birçok gelişmekte olan ülkede uygulandığı gibi arıtılmamış atık su ile sulama bir dizi farklı zorluk ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, üre fabrikası atık suları zengin bir sıvı besin kaynağıdır ancak uygunsuz deşarj durumunda çeltik ve mısır verimini olumsuz etkileyebilmektedir (Singh ve Mishra, 1987). Gıda fabrikalarının atık sularından gelen organik maddenin sürekli aşırı yüklenmesi, toprak gözeneklerini tıkayabilir ve havalandırma sorunları nedeniyle toprakta anaerobik mikrobiyolojik büyümeyi destekleyebilir. Nematodlar gibi suda taşınan zararlılar toprağa taşınabilir ve bu ek patojenlerle mücadele etmek için ek pestisitlere ihtiyacının oluşmasına neden olabilir. Pestisit etkinliği, atık suyun yüksek pH'sı nedeniyle de olumsuz etkilenebilir (Hanjra vd., 2012).

Atık su, özellikle azot, fosfor ve potasyum olmak üzere önemli miktarda temel bitki besin maddesi içerir. Pedrero vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışma, arıtılmış belediye atık suyunun 20-40 mg L<sup>-1</sup> azot, 4-8 mg L<sup>-1</sup> fosfor ve 10-30 mg L<sup>-1</sup> potasyum içerebildiği bildirilmiştir. Bu nedenle bitkisel üretimdeki sentetik gübre ihtiyacını önemli ölçüde azaltılabilir. Jiménez-Cisneros (1995) tarafından Meksika'da yapılan bir araştırma, atık su kullanan çiftçilerin azotlu gübrelerde %100'e ve fosforlu gübrelerde %67'ye varan tasarruf sağlayabileceğini rapor etmiştir. Ensink vd., (2004) tarafından Pakistan'da yapılan bir çalışmada, yıllık olarak yaklaşık 300 ABD \$ ha<sup>-1</sup> gübre maliyetinden tasarruf edildiği hesaplanmıştır. Bu değer Gana'da 55-100 ABD \$ ha<sup>-1</sup> seviyesinde belirlenmiştir (Drechsel vd., 2006). Ayrıca, yeniden kullanım sayesinde alıcı su kütlelerindeki ötrofikasyonu önemli ölçüde azaltılabilir (Toze, 2006). Öte yandan sentetik gübre üretimiyle ilişkili enerji kullanımı azalmasıyla yılda hektar başına 13 GJ ha<sup>-1</sup> enerjiden tasarruf edilebilmektedir (Geber ve Björklund, 2001). Ayrıca, Siebe ve Cifuentes (1995) tarafından

Meksika'da yapılan uzun vadeli bir çalışmada, yeniden kullanımın yapıldığı alandaki toprak organik maddesini, yağışa dayalı alanla kıyaslandığında %68-75 oranlarında artış sağlandığı hesaplanmıştır. Öte yandan topraklarda artan organik madde ve gelişmiş tarım uygulamaları sayesinde küresel olarak yılda 0.4-1.2 milyar ton karbon tutulabilir (Lal, 2004).

### 3. SONUÇ

Su kaynaklarının hem nitelik hem de nicelik açısından var olan problemler gün geçtikçe büyümekte olup gerekli önlemler alınmaması durumunda gelecekte daha da büyüyerek büyük bir kaosa dönüşeceği öngörülmektedir. Bu durumda önceliklere göre talepler karşılanacak yani insani kullanım için en fazla pay ayrılacak ve bu kullanıma bağlı olarak büyük miktarlarda kirlenmiş su üretilecektir. Bu suların verimli, yeşil ve çevre dostu bir şekilde arıtılması/bertaraf edilmesi sorunu da ortaya çıkacaktır. Bu konuda en iyi çözüm bu kirlenmiş suların sulama amaçlı olarak kullanılmasıdır. Ayrıca, su kaynaklarının yetersizliğinin çözümüne ilişkin en kullanışlı yöntemlerin başında yeniden kullanım gelmektedir. Bu konuda yetkili otoritelerin, kirlenmiş suların yeniden kullanımını teşvik etmesi ve özendirmesinde büyük yararlar vardır. Özellikle evsel kullanımdan çıkan kirlenmiş sular, sulamada güvenilir bir su kaynağı olmasının yanında, toprağa değerli bitki besin maddeleri ve organik madde ekleme gibi faydalı yönleri de bulunmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, yeniden kullanım ile küresel gübre ihtiyacının %10 ve deniz suyundan yapılan toplam tuzdan arındırma miktarının ise 10 katı oranında su geri dönüşümü sağlanabilir.

Atık suların tarımsal sulamada yeniden kullanımı, su kaynaklarının korunması, tarımsal verimlilik artışı, ekonomik faydalar ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu uygulamanın yaygınlaştırılması, sürdürülebilir tarım pratiklerinin geliştirilmesine ve gıda güvenliğinin sağlanmasına önemli katkılar sağlayabilir. Ancak, potansiyel sağlık ve çevresel riskleri minimize etmek için uygun arıtma ve yönetim stratejilerinin uygulanması kritik öneme sahiptir.

Atık suların tarımsal sulamada yeniden kullanımı, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır. Küresel ölçekte, atık suların yaklaşık %11'i (35.9 km<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup>) yeniden kullanılmakta olup, bunun önemli bir kısmı tarımsal sulamada

değerlendirilmektedir (AQUASTAT, 2021). İsrail'de atık su yeniden kullanımı ülkenin su bütçesine yıllık 400 milyon metreküp katkı sağlarken (Haruvy, 1997), Kaliforniya'da arıtılmış atık suyun %48'i (yaklaşık 930 milyon m<sup>3</sup>/yıl) tarımsal sulamada kullanılmaktadır (California Water Boards, 2021). Bu uygulama, besin maddelerinin geri kazanımı ve gübre tasarrufu sağlamakta, örneğin atık su ile sulanan tarım arazilerinde gübre kullanımı %50'ye kadar azaltılabilmektedir (Garcia ve Pargament, 2015).

Atık suların tarımsal sulamada kullanımı, tarımsal verimliliği ve ürün çeşitliliğini artırmaktadır. İtalya'nın Puglia bölgesinde yapılan bir araştırma, atık su kullanılan tarım arazilerinde verim artışının %20-30 arasında olduğunu gösterirken (Arena vd., 2020b), Hindistan'da atık su ile sulanan pirinç tarlalarında verim %64'e kadar artmıştır (Kaur vd., 2012). Bu uygulama aynı zamanda iklim değişikliğine karşı dayanıklılığı artırmakta, örneğin Avustralya'da kuraklık dönemlerinde tarımsal üretimi %20-30 oranında artırmaktadır (Stevens vd., 2008). Çevresel açıdan da önemli faydalar sağlamaktadır. Çin'de yapılan bir çalışma atık su arıtma ve yeniden kullanım sistemlerinin konvansiyonel sistemlere kıyasla %50 daha az sera gazı emisyonuna neden olduğunu ortaya koymaktadır (Zeng vd., 2017).

Ekonomik açıdan bakıldığında, atık suların tarımsal sulamada kullanımı önemli maliyet tasarrufları sağlamaktadır. Fransa'da yapılan bir çalışma, bu uygulamanın tarımsal işletmelerde %30'a varan maliyet tasarrufu sağladığını gösterirken (Declercq vd., 2020), İspanya'da çiftçilere hektar başına yıllık 600-700 € tasarruf sağlamaktadır (Molinos-Senante vd., 2011). Toprak kalitesi üzerindeki olumlu etkileri de dikkat çekicidir; Meksika'da yapılan uzun süreli bir çalışma, atık su ile sulanan topraklarda organik madde içeriğinin %25-40 arttığını göstermiştir (Siebe ve Cifuentes, 1995). Su güvenliği açısından da kritik öneme sahip olan bu uygulama, küresel olarak potansiyel 380 km<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> ek su kaynağı sağlayabilir, bu da dünya çapında sulanan alanların %15'ini karşılayabilecek bir miktardır (Qadir vd., 2020). Singapur örneğinde olduğu gibi, bazı ülkeler atık su yeniden kullanımı ile su ihtiyaçlarının önemli bir kısmını (Singapur'da %40) karşılamaktadır (PUB, 2021).



## KAYNAKÇA

- Ackerman, J. N., Zvomuya, F., Cicek, N., & Flaten, D. (2013). Evaluation of manure-derived struvite as a phosphorus source for canola. *Canadian Journal of Plant Science*, 93, 419-424.
- Ahmed, S., Jahiruddin, M., Razia, S., Begum, R. A., Biswas, J. C., Rahman, A. S. M. M., Ali, M., Islam, S., Islam, M., Hossin, M., Gani, N., Hossain, A., & Satter, A. (2018). *Fertilizer Recommendation Guide-2018*. Bangladesh Agricultural Research Council, Dhaka. <http://www.bare.gov.bd>
- Aktaş, M. & Ateş, A. (1998). Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanınmaları. *Nurol Matbaacılık A.Ş.*
- Alcon, F., Pedrero, F., Martin-Ortega, J., Arcas, N., Alarcon, J. J., & de Miguel, M. D. (2010). The non-market value of reclaimed wastewater for use in agriculture: A contingent valuation approach. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(Suppl. 2), 1-6. <https://doi.org/10.5424/sjar/201008s2-1361>
- Al-Nakshabandi, G. A., Saqqar, M. M., Shatanawi, M. R., Fayyad, M., & Al-Horani, H. (1997). Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. *Agricultural Water Management*, 34(1), 81-94.
- Amann, A., Zoboli, O., Krampe, J., Rechberger, H., Zessner, M., & Egle, L. (2018). Environmental impacts of phosphorus recovery from municipal wastewater. *Resources, Conservation & Recycling*, 130, 127-139.
- Angelakis, A.N., & Gikas, P. (2014). Water Reuse: Overview of current practices and trends in the World with emphasis in EU. *Water Utility Journal*, 6, 67-78.
- Angelakis, A.N., & Snyder, S.A. (2015). *Wastewater Treatment and Reuse: Past, Present, and Future*. *Water*, 7, 4887-4895.
- Anonim (2024c). Web Sayfası. Adres: [www.green.org](http://www.green.org). Erişim Tarihi 15.08.2024.
- Anonim, (2024a). Web sayfası. Adres: [www.donguselekomiplatformu.com/knowledge-hub/article\\_1-what-is-the-definition-of-a-circular-economy\\_11.html?page=3](http://www.donguselekomiplatformu.com/knowledge-hub/article_1-what-is-the-definition-of-a-circular-economy_11.html?page=3). Erişim Tarihi:20.08.2024.
- Anonim, (2024b). Web sayfası. Adres: [www.theglobaleducationproject.org/earth/agriculture-food/world-fertilizer-consumption-by-region](http://www.theglobaleducationproject.org/earth/agriculture-food/world-fertilizer-consumption-by-region). Erişim Tarihi:20.08.2024.
- Anonim. (2016). Web Sayfası. Adres: <https://www.qld.gov.au/environment/land/soil/salinity/impacts> Erişim Tarihi: 20.09.2016.
- AQUASTAT. (2021). *FAO's Global Information System on Water and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Arena C., Genco M., Mazzola M.R., (2020a). Environmental Benefits and Economical Sustainability of Urban Wastewater Reuse for Irrigation-A Cost-Benefit Analysis of an Existing Reuse Project in Puglia, Italy. *Water* 2020, 12(10), 2926. <https://doi.org/10.3390/w12102926>
- Arena, C., Genova, G., & Manca, F. (2020b). Environmental and economic benefits of wastewater reuse in agriculture: A case study in southern Italy. *Agricultural Water Management*, 241, 106355.
- Ayers, R.S., & Westcot, D.W. (1994). *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29. Rome.

- Balkhair, K. S., El-Nakhlawi, F. S., & Ismail, A. S. (2013). Treated wastewater use and its effect on water conservation, vegetative yield, yield components and water use efficiency of some vegetable crops grown under two different irrigation systems in Western Region, Saudi Arabia. *European Scientific Journal*, 9(21). <https://doi.org/10.19044/esj.2013>
- Bhattarai, M., Sakthivadivel, R., Hussain, I. (2002). Irrigation impacts on income inequality and poverty alleviation: Policy issues and options for improved management of irrigation systems. Working Paper 39. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Blumenthal, U., Peasey, A., Ruiz-Palacios, G., & Mara, D.D. (2000). Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. Task No. 68, Part 1.
- Bond, W. J. (1999). Effluent irrigation- an environmental challenge for soil science. *Australian Journal of Soil Research*, 37(4), 543-556.
- Bradford-Hartke, Z., Lane, J., Lant, P., & Leslie, G. (2015). Environmental benefits and burdens of phosphorus recovery from municipal wastewater. *Environmental Science & Technology*, 49(14), 8611–8622.
- Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K. E., & Mooney, H. A. (2007). The nature and value of ecosystem services: An overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 67-98.
- Cabeza, R., Steingrobe, B., Römer, W., & Claassen, N. (2011). Effectiveness of recycled P products as P fertilizers, as evaluated in pot experiments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 91(2), 173.
- California Water Boards. (2021). Annual Report of Recycled Water Use.
- Carr, R.M., Blumenthal, U.J., & Mara, D.D. (2004). Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture: Developing Realistic Guidelines. In C.A. Scott, N.I. Faruque, & L. Reschid-Sally (Eds.), *Waste Water Use In Irrigated Agriculture: Confronting The Livelihood And Environmental Realities*.
- Chen, W., He, Z.L., Yang, X.E., Mishra, S., & Stoffella, P.J. (2010). Chlorine nutrition of higher plants: progress and perspectives. *Journal of Plant Nutrition*, 33, 943–952.
- Dahmani-Muller, H., Oort, F., Gelie, B., & Blabene, M. (2000). Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter. *Environmental Pollution*, 109, 231-238.
- Daneshgar, S., Buttafava, A., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2019). Economic and energetic assessment of different phosphorus recovery options from aerobic sludge. *Journal of Cleaner Production*, 223, 729–738.
- de Vries, S., Postma, R., van Scholl, L., Blom-Zandstra, G., Verhagen, J., & Harms, I. (2016). Economic feasibility and climate benefits of using struvite from the Netherlands as a phosphate (P) fertilizer in West Africa. *Wageningen Plant Research*.
- Declercq, R., Loubier, S., Condom, N., & Molle, B. (2020). Socio-economic interest of treated wastewater reuse in agricultural irrigation and indirect potable water reuse: Clermont-Ferrand and Cannes case studies' cost–benefit analysis. *Irrigation and Drainage*, 69(S1), 111-120. <https://doi.org/10.1002/ird.2205>
- del Villar, A., & García-López, M. (2023). The potential of wastewater reuse and the role of economic valuation in the pursuit of sustainability: The case of the Canal de Isabel II. *Sustainability*, 15(1), 843. <https://doi.org/10.3390/su15010843>

- Desmidt, E., Ghyselbrecht, K., Yang, Z., Pinoy, L., Bruggen, B. V. D., Verstraete, W., Rabaey, K., & Meesschaert, B. (2015). Global phosphorus scarcity and full-scale P-recovery techniques: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(4), 336–384.
- Diez, S. M., Patil, P. G., Morton, J., Rodriguez, D. J., Vanzella, A., Robin, D. V., Maes, T., & Corbin, C. (2019). *Marine pollution in the Caribbean: Not a minute to waste*. Washington, D.C.: World Bank Group.
- Dockhorn, T. (2009). About the economy of phosphorus recovery. In *International Conference on Nutrient Recovery from Wastewater Streams* (pp. 145–158). IWA Publishing, London, UK.
- Drechsel, P., Graefe, S., Sonou, M., & Cofie, O. O. (2006). Informal irrigation in urban West Africa: An overview. *International Water Management Institute*.
- Drechsel, P., Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M., & Bahri, A. (2010). *Wastewater Irrigation and Health: Assessing and Mitigating Risk in Low-Income Countries*. Earthscan.
- Egle, L., Rechberger, H., Krampe, J., & Zessner, M. (2016). Phosphorus recovery from municipal wastewater: An integrated comparative technological, environmental and economic assessment of P recovery technologies. *Science of the Total Environment*, 574, 522–542.
- Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20(3), 118-125.
- Ensink J.H.J., Mahmood T., van der Hoek W., Raschid-Sally L., Amerasinghe F.P., (2004). A nationwide assessment of wastewater use in Pakistan: an obscure activity or a vitally important one? *Water Policy*, 6 (3) (2004), pp. 197-206
- Etter, B., Tilley, E., Khadka, R., & Udert, K. (2011). Low-cost struvite production using source-separated urine in Nepal. *Water Research*, 45(2), 852–862.
- Fageria, N.K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press.
- FAO. (2010). *The wealth of waste: The economics of wastewater use in agriculture*. FAO Water Reports 35.
- FAO. (2017). *The Future of Food And Agriculture Trends And Challenges*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0b6fdfa4-5a48-4289-99f5-2e1d898e5c60/content>
- FAO. (2023). *World Food and Agriculture–Statistical Yearbook 2023*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc8166en>
- Fine, P., Halperin, R., & Hadas, E. (2006). Economic considerations for wastewater upgrading alternatives: An Israeli test case. *Journal of Environmental Management*, 78(2), 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.04.014>
- Fleischer, A., & Tsur, Y. (2003). Measuring the recreational value of open space. *Journal of Agricultural Economics*, 54(2), 269-283.
- FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture*. Rome.
- Forrest, A., Fattah, K., Mavinic, D., & Koch, F. (2008). Optimizing struvite production for phosphate recovery in WWTP. *Journal of Environmental Engineering*, 134(5), 395–402.
- Foth, H.D. (1984). *Fundamentals of Soil Science*. 7th Edition. John Wiley and Sons.
- Ganrot, Z., Dave, G., & Nilsson, E. (2007). Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. *Bioresource Technology*, 98, 3112-3121.

- Garcia, X., & Pargament, D. (2015). Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making. *Resources, Conservation and Recycling*, 101, 154-166. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.015>
- Geber, U., & Björklund, J. (2001). The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems—A case study. *Ecological Engineering*, 18(1), 39-59.
- Gebregziabher, G., Namara, R. E., & Holden, S. (2009). Poverty reduction with irrigation investment: An empirical case study from Tigray, Ethiopia. *Agricultural Water Management*, 96(12), 1837-1843.
- Giannoccaro, G., Arborea, S., de Gennaro, B. C., Iacobellis, V., & Piccinni, A. F. (2019). Assessing reclaimed urban wastewater for reuse in agriculture: Technical and economic concerns for Mediterranean regions. *Water*, 11(1511). <https://doi.org/10.3390/w11071511>
- González-Ponce, R., López-de-Sá, E. G., & Plaza, C. (2009). Lettuce response to phosphorus fertilization with struvite recovered from municipal wastewater. *HortScience*, 44(2), 426-430.
- Hamilton, A.J., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidl, S.L., Benke, K.K., & Maher, P. (2007). Wastewater irrigation: The state of play. *Vadose Zone Journal*, 6(4), 823-840.
- Hanjra M.A., Blackwell J., Carr G., Zhang F., Jackson T.M., 2012. Wastewater irrigation and environmental health: Implications for water governance and public policy. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 215 (3) 255-269. ISSN 1438-4639. [doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.10.003](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.10.003).
- Haruvy, N. (1994). Recycled water utilization in Israel: Focus on wastewater pricing versus national and farmers objectives. *Journal of Financial Management & Analysis*, 7(2), 39-49.
- Haruvy, N. (1997). Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 66(2), 113-119.
- Haruvy, N. (1998). Wastewater reuse—regional and economic considerations. *Resources, Conservation and Recycling*, 23(1-2), 57-66. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(98\)00010-X](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(98)00010-X)
- Haruvy, N. (1998). Wastewater reuse—regional and economic considerations. *Resources, Conservation and Recycling*, 23(1-2), 57-66.
- Hassanli, A. M., Ebrahimzadeh, M. A., & Beecham, S. (2009). The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. *Agricultural Water Management*, 96, 93-99.
- Hernandez, F., Urkiaga, A., De las Fuentes, L., Bis, B., Chiru, E., Balazs, B., & Wintgens, T. (2006). Feasibility studies for water reuse projects: An economical approach. *Desalination*, 187, 253-261.
- Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M., & Sala-Garrido, R. (2010). Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: An empirical approach for Spain. *Science of the Total Environment*, 408(4), 953-957.
- Horswell, J., Speir, T.W., & van Schaik, A.P. (2003). Bioindicators to assess impacts of heavy metals in the land-applied sewage sludge. *Soil Biology & Biochemistry*, 35, 1501-1505.

- Huang, H., Liu, J., & Ding, L. (2015). Recovery of phosphate and ammonia nitrogen from the anaerobic digestion supernatant of activated sludge by chemical precipitation. *Journal of Cleaner Production*, 102, 437-446.
- Huang, H., Zhang, D., Zhao, Z., Zhang, P., & Gao, F. (2017). Comparison investigation on phosphate recovery from sludge anaerobic supernatant using the electrocoagulation process and chemical precipitation. *Journal of Cleaner Production*, 141, 429-438.
- Hussain, I., & Hanjra, M. A. (2004). Irrigation and poverty alleviation: review of the empirical evidence. *Irrigation and Drainage*, 53(1), 1-15.
- Hussain, I., Raschid, L., Hanjra, M. A., Marikar, F., & van der Hoek, W. (2001). A framework for analyzing socioeconomic, health and environmental impacts of wastewater use in agriculture in developing countries: Working Paper 26. International Water Management Institute. IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Hussain, I., Raschid, L., Hanjra, M. A., Marikar, F., & van der Hoek, W. (2002). Wastewater use in agriculture: Review of impacts and methodological issues in valuing impacts. Working Paper 37. International Water Management Institute. IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Inbar, Y. (2007). New standards for treated wastewater reuse in Israel. *Wastewater Reuse-Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security*, 291-296.
- Jaramillo, M. F., & Restrepo, I. (2017). Wastewater reuse in agriculture: A review about its limitations and benefits. *Sustainability*, 9(10), 1734.
- Jiménez, B. (2005). Treatment technology and standards for agricultural wastewater reuse: a case study in Mexico. *Irrigation and Drainage*, 54(S1), S23-S33.
- Jiménez-Cisneros, B. (1995). Wastewater reuse to increase soil productivity. *Water Science and Technology*, 32(12), 173-180.
- Jones, E.R., Van Vliet, M.T.H., Qadir, M., & Bierkens, M.F.P. (2021). Country-level and gridded estimates of wastewater production, collection, treatment and reuse. *Earth System Science Data*, 13(2), 237-254. <https://doi.org/10.5194/essd-13-237-2021>.
- Kataki, S., West, H., Clarke, M., & Baruah, D. (2016). Phosphorus recovery as struvite: Recent concerns for use of seed, alternative Mg source, nitrogen conservation and fertilizer potential. *Resources, Conservation & Recycling*, 107, 142-156.
- Kaur, R., Wani, S. P., Singh, A. K., & Lal, K. (2012). Wastewater production, treatment and use in India. National Report presented at the 2nd regional workshop on Safe Use of Wastewater in Agriculture.
- Keraita, B., Drechsel, P., & Amoah, P. (2003). Influence of urban wastewater on stream water quality and agriculture in and around Kumasi, Ghana. *Environment and Urbanization*, 15(2), 171-178.
- Kislev, Y. (2011). The Water Economy in Israel Taub Center. TAUB Center for Social Policy Studies in Israel. Policy Paper No. 2011.15. <https://www.taubcenter.org.il/wp-content/uploads/2020/12/thewatereconomyofisrael.pdf>
- Kiziloglu, F.M., Turan, M., Sahin, U., Kuslu, Y., & Dursun, A. (2008). Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. *Agricultural Water Management*, 95(6), 716-724.

- Kummu M., de Moel H., Porkka M., Siebert S., Varis O., Ward P.J., 2012. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of The Total Environment*, 438 (2012) 477-489. ISSN 0048-9697. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092.
- Lahlou, F. Z., Mackey, H. R., & Al-Ansari, T. (2021). Wastewater reuse for livestock feed irrigation as a sustainable practice: A socio-environmental-economic review. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126331.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Latifian, M., Liu, J., & Mattiasson, B. (2012). Struvite-based fertilizer and its physical and chemical properties. *Environmental Technology*, 33(24), 2691-2697.
- Lavee, D. (2011). A cost-benefit analysis of alternative wastewater treatment standards: A case study in Israel. *Water and Environment Journal*, 25(4), 504-512.
- Lazarova, V., & Bahri, A. (2005). *Water Reuse for Irrigation: Agriculture, Landscapes, and Turf Grass*. CRC Press.
- LeBlanc, R.J., Matthews, P., & Richard, R.P. (2008). *Global Atlas of Excreta, Wastewater Sludge, and Biosolids Management: Moving Forward the Sustainable and Welcome Uses of a Global Resource*. United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT).
- Li, R., Wang, J. J., Zhang, Z., Awasthi, M. K., Du, D., Dang, P., Huang, Q., Zhang, Y., & Wang, L. (2018). Recovery of phosphate and dissolved organic matter from aqueous solution using a novel CaO-MgO hybrid carbon composite and its feasibility in phosphorus recycling. *Science of the Total Environment*, 642, 526-536.
- Liu, W.H., Zhao, J.Z., Ouyang, Z.Y., Solderland, L., & Liu, G.H. (2005). Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. *Environmental International*, 32, 805-812.
- Liu, Y., Rahman, M., Kwag, J.-H., Kim, J.-H., & Ra, C. (2011). Eco-friendly production of maize using struvite recovered from swine wastewater as a sustainable fertilizer source. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(12), 1699-1705.
- Malki, M., Mansir, I., Benlouali, H., Malki, M., Bouchaou, L., Mansir, I., Benlouali, H., Nghira, A., & Choukr-Allah, R. (2017). Wastewater treatment and reuse for irrigation as alternative resource for water safeguarding in Souss-Massa region, Morocco. *European Water*, 59, 365-371.
- Maltais-Landry, G., Scow, K., & Brennan, E. (2014). Soil phosphorus mobilization in the rhizosphere of cover crops has little effect on phosphorus cycling in California agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 78, 255-262.
- Manisha, M., Verma, K., Ramesh, N., Anirudha, T. P., Sanrript, R. M., Das, R., Mohan Kumar, M. S., Chanakya, H. N., & Rao, L. (2023). Socio-economic impact assessment of large-scale recycling of treated municipal wastewater for indirect groundwater recharge. *Science of The Total Environment*, 859, Part 1, 160207. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160207>
- Mara, D.D., & Cairncross, S. (1989). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture*. World Health Organization.
- Masotti, L., & Verlicchi, P. (2005). *Depurazione delle acque di piccole comunità. Trattamenti naturali e convenzionali*. Hoepli, Milan.

- Melgarejo, J., & López-Ortiz, M. I. (2016). Wastewater treatment and water reuse in Spain. *Water Utility Journal*, 14, 45-54.
- Melia, P. M., Cundy, A. B., Sohi, S. P., Hooda, P. S., & Busquets, R. (2017). Trends in the recovery of phosphorus in bioavailable forms from wastewater. *Chemosphere*, 186, 381–395.
- Metcalf & Eddy Inc. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th Edition. McGraw-Hill.
- Minhas, P.S., & Samra, J.S. (2004). *Wastewater Use in Peri-Urban Agriculture: Impacts and Opportunities*. Central Soil Salinity Research Institute.
- Mishra S., Kumar R., Kumar M., 2023. Use of treated sewage or wastewater as an irrigation water for agricultural purposes- Environmental, health, and economic impacts. *Total Environment Research Themes*, 6 (2023) 100051. ISSN 2772-8099. doi.org/10.1016/j.totert.2023.100051.
- Moerman, W., Carballa, M., Vandekerckhove, A., Derycke, D., & Verstraete, W. (2009). Phosphate removal in agro-industry: Pilot-and full-scale operational considerations of struvite crystallization. *Water Research*, 43(7), 1887–1892.
- Mojid M.A., Wyseure G.C.L., Biswas S.K., Hossain A.B.M.Z., (2010). Farmers' perceptions and knowledge in using wastewater for irrigation at twelve peri-urban areas and two sugar mill areas in Bangladesh. *Agricultural Water Management*, 98 (1) (2010), pp. 79-86
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., & Sala-Garrido, R. (2011a). Cost–benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 92(12), 3091-3097.
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., Sala-Garrido, R., & Garrido-Baserba, M. (2011b). Economic feasibility study for phosphorus recovery processes. *Ambio*, 40(4), 408–416.
- Mujeriego, R., Compte, J., Cazurra, T., & Gullon, M. (2008). The water reclamation and reuse project of El Prat de Llobregat, Barcelona, Spain. *Water Science and Technology*, 57(4), 567-574.
- Münch, E. V., & Barr, K. (2001). Controlled struvite crystallisation for removing phosphorus from anaerobic digester sidestreams. *Water Research*, 35(1), 151–159.
- Norton M.R., Lane A., 2012. New Water Architecture': an integrated water management model. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Management Procurement and Law* 165(3): 159-171. ISSN 1751-4304 | E-ISSN 1751-4312
- Nurizzo, C., Bonomo, L., & Malpei, F. (2001). Some economic considerations on wastewater reclamation for irrigation, with reference to the Italian situation. *Water Science and Technology*, 43(10), 75-81.
- OECD/FAO, 2023. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/08801ab7-en>.
- Ofori, S., Puškáčová, A., Růžičková, I., & Wanner, J. (2021). Treated wastewater reuse for irrigation: Pros and cons. *Science of The Total Environment*, 760, 144026.
- Omole, D. O., Jim-George, T., & Akpan, V. E. (2019). Economic analysis of wastewater reuse in Covenant University. In *3rd International Conference on Science and Sustainable Development (ICSSD 2019)*. IOP Conference Series:

- Journal of Physics: Conference Series, 1299, 012125.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1299/1/012125>
- Oron, G., DeMalach, Y., Gillerman, L., David, I., & Rao, V.P. (1999). Improved saline-water use under subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 39(1), 19-33.
- Pedrero, F., & Alarcón, J.J. (2009). Effects of treated wastewater irrigation on lemon trees. *Desalination*, 246(1-3), 631-639.
- Pedrero, F., Kalavrouziotis, I., Alarcón, J. J., Koukoulakis, P., & Asano, T. (2010). Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture—Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*, 97(9), 1233-1241.
- Pescod, M.B. (1992). *Wastewater Treatment and Use in Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 47. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Pettygrove, G.S., & Asano, T. (1985). *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater - A Guidance Manual*. Lewis Publishers.
- Playán, E., & Mateos, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 100-116.
- Powell, R.A., Jenson, R.C., Gibson, A.L. (1985). *The economic impact of irrigated agriculture in NSW*. Australia: New South Wales Irrigators' Council Limited.
- PUB. (2021). *Singapore's National Water Agency. NEWater Overview*.
- Qadir, M., Drechsel, P., Jiménez Cisneros, B., Kim, Y., Pramanik, A., Mehta, P., & Olaniyan, O. (2020). Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source. *Natural Resources Forum*, 44(1), 40-51.
- Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P.G., Drechsel, P., Bahri, A., & Minhas, P.S. (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management*, 97(4), 561-568.
- Qadir, M., Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P.G., Drechsel, P., Bahri, A., & Minhas, P.S. (2007). Agricultural use of marginal-quality water: Opportunities and challenges. *Irrigation and Drainage*, 56(S1), S1-S11.
- Qishlaqi, A., Moore, F., & Forghani, G. (2008). Impact of untreated wastewater irrigation on soils and crops in Shiraz suburban area, SW Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 141(1-3), 257-273.
- Raschid-Sally, L., & Jayakody, P. (2008). *Drivers and Characteristics of Wastewater Agriculture in Developing Countries: Results from a Global Assessment*. International Water Management Institute.
- Rattan, R.K., Datta, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K., & Singh, A.K. (2005). Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater - A case study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 109, 310-322.
- Rejeb, S., Khelil, M. N., Gharbi, F., & Ghorbal, M. H. (2009). Economic benefits of the use of treated wastewater in agriculture. *Water Resources Management IV*, 125, 251-259.
- Reznik, A., Feinerman, E., Finkelshtain, I., Fisher, F., Huber-Lee, A., Joyce, B., & Kan, I. (2017). Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel: A statewide long-term perspective. *Ecological Economics*, 135, 222-233.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.01.013>



- Rosegrant, M. W., Ringler, C., & Zhu, T. (2009). Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 205-222.
- Römer, W., & Steingrobe, B. (2018). Fertilizer effect of phosphorus recycling products. *Sustainability*, 10(4), 1166.
- Ryu, H.-D., Lim, C.-S., Kang, M.-K., & Lee, S.-I. (2012). Evaluation of struvite obtained from semiconductor wastewater as a fertilizer in cultivating Chinese cabbage. *Journal of Hazardous Materials*, 221, 248–255.
- Sartorius, C., von Horn, J., & Tettenborn, F. (2012). Phosphorus recovery from wastewater—expert survey on present use and future potential. *Water Environment Research*, 84(4), 313–322.
- Scott, C.A., Faruquie, N.I., & Reschid-Sally, L. (2004). Wastewater use in irrigated agriculture: management challenges in developing countries. In C.A. Scott, N.I. Faruquie, & L. Reschid-Sally (Eds.), *Waste water use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities*.
- Segui, L., Alfranca, O., & Garcia, J. (2009). Techno-economical evaluation of water reuse for wetland restoration: A case study in a natural park in Catalonia, Northeastern Spain. *Desalination*, 246, 179-189.
- Shuval, H. (2003). Estimating the global burden of thalassogenic diseases: Human infectious diseases caused by wastewater pollution of the marine environment. *Journal of Water and Health*, 1(2), 53-64. PMID: 15382734.
- Siebe, C., & Cifuentes, E. (1995). Environmental impact of wastewater irrigation in central Mexico: An overview. *International Journal of Environmental Health Research*, 5(2), 161-173.
- Siebert, S., & Döll, P. (2010). Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology*, 384(3-4), 198-217.
- Singh, K. K., & Mishra, L. C. (1987). Effect of fertilizer factory effluent on soil and crop productivity. *Water, Air, and Soil Pollution*, 33, 309-320.
- Singh, R.P., & Agrawal, M. (2008). Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management*, 28(2), 347-358.
- Smit, J., Nasr, J., & Ratta, A. (2001). *Urban Agriculture: Food, Jobs, and Sustainable Cities*. United Nations Development Programme (UNDP).
- Stevens, D. P., Smolenaars, S., & Kelly, J. (2008). *Irrigation of amenity horticulture with recycled water: A handbook for parks, gardens, lawns, landscapes, playing fields, golf courses and other public open spaces*. Arris Pty Ltd.
- Tarayre, C., De Clercq, L., Charlier, R., Michels, E., Meers, E., Camargo-Valero, M., & Delvigne, F. (2016). New perspectives for the design of sustainable bioprocesses for phosphorus recovery from waste. *Bioresource Technology*, 206, 264–274.
- Tas I., (2020). *Use of Waste Water As Irrigation Water*. Academic Studies in Engineering. Editors Hayaloğlu A., and Gunay A. (ed.) Gece Publishing Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara. ISBN 978-625-7912-16-7
- Toze, S. (2006). Reuse of effluent water - benefits and risks. *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 147-159.
- UNEP. (2017). *Wastewater Pollution and Coral Reefs: Science-to-Policy Brief on Managing Wastewater to Support Coral Reef Health and Resilience*. Nairobi.

- <https://www.unep.org/resources/report/wastewater-pollution-coral-reefs-science-policy-brief-managing-wastewater-support>. United Nations Environment Programme (2019). *Circularity*, n.d. <https://buildingcircularity.org>
- UNEP. (2023). *Wastewater – Turning Problem to Solution*. A UNEP Rapid Response Assessment. Nairobi. DOI: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43142>
- Vahala V., (2019). Presenting current knowledge on microplastics in drinking water at the IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies, 10 June 2019 Aalto University, Finland. <https://iwa-network.org/are-microplastics-a-challenge-for-wastewater-treatment/>
- van der Hoek, W., Ul Hassan, M., Ensink, J.H.J., Feenstra, S., Raschid-Sally, L., Munir, S., Aslam, R., Ali, N., Hussain, R., Matsuno, Y., (2002). *Urban Wastewater: A Valuable Resource for Agriculture*. International Water Management Institute.
- Vergine, P., Salerno, C., Libutti, A., Beneduce, L., Gatta, G., Berardi, G., & Pollice, A. (2017). Closing the water cycle in the agro-industrial sector by reusing treated wastewater for irrigation. *Journal of Cleaner Production*, 164, 587-596. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.239>
- Verlicchi, P., Al Aukidy, M., Galletti, A., Zambello, E., Zanni, G., & Masotti, L. (2012). A project of reuse of reclaimed wastewater in the Po Valley, Italy: Polishing sequence and cost benefit analysis. *Journal of Hydrology*, 432-433, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.02.024>
- Voulvoulis, N. (2018). Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2, 32-45. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.005>
- WHO. (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Volume 2 Wastewater Use in Agriculture*. World Health Organization.
- WHO/UNICEF. (2006). *Meeting the MDG Drinking Water and Sanitation Target: The Urban and Rural Challenge of the Decade*. World Health Organization and UNICEF.
- Winpenny, J. T., Heinz, I., & Koo-Oshima, S. (2010). *The Wealth of Waste: The Economics of Wastewater Use in Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- World Bank. (2004). *Water resources sector strategy: strategic directions for World Bank engagement*. Washington, DC: World Bank.
- Xie, T., Reddy, K. R., Wang, C., Yargicoglu, E., & Spokas, K. (2015). Characteristics and applications of biochar for environmental remediation: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(9), 939-969.
- Xu, J., & Zhang, Y. (2000). Wastewater irrigation on vegetable land in Tianjin, China: Benefits and risks. *Water International*, 25(3), 456-462.
- Yadav, R.K., Goyal, B., Sharma, R.K., Dubey, S.K., & Minhas, P.S. (2002). Post-irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water - A case study. *Environment International*, 28(6), 481-486.
- Ye, Y., Ngo, H. H., Guo, W., Chang, S. W., Nguyen, D. D., Zhang, X., Zhang, J., & Liang, S. (2020). Nutrient recovery from wastewater: From technology to economy. *Bioresource Technology Reports*, 11, 100425. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100425>
- Ye, Y., Ngo, H. H., Guo, W., Liu, Y., Chang, S. W., Nguyen, D. D., Liang, H., & Wang, J. (2018). A critical review on ammonium recovery from wastewater for sustainable wastewater management. *Bioresource Technology*, 268, 749-758.

- Ye, Y., Ngo, H. H., Guo, W., Liu, Y., Zhang, X., Guo, J., Ni, B.-J., Chang, S. W., & Nguyen, D. D. (2016). Insight into biological phosphate recovery from sewage. *Bioresource Technology*, 218, 874–881.
- Yetilmezsoy, K., & Sapci-Zengin, Z. (2009). Recovery of ammonium nitrogen from the effluent of UASB treating poultry manure wastewater by MAP precipitation as a slow release fertilizer. *Journal of Hazardous Materials*, 166(1), 260–269.
- Zeng, S., Chen, X., Dong, X., & Liu, Y. (2017). Efficiency assessment of urban wastewater treatment plants in China: Considering greenhouse gas emissions. *Resources, Conservation and Recycling*, 120, 157-165.
- Zhang, Y., & Shen, Y. (2007). Wastewater irrigation: Past, present, and future. *Environmental Management*, 40(1), 1-12.

## **BÖLÜM 15**

### **EM 38 İLE TOPRAK TUZLULUĞUNUN ÖLÇÜLMESİ VE HARİTALANMASI**

Doç. Dr. İsmail TAŞ<sup>1</sup>

Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14277927>

---

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 17020 Çanakkale-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0872-2529>

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Dışkapı Ankara-Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4300-7574>

\*sorumlu yazar: [tas\\_ismail@yahoo.com](mailto:tas_ismail@yahoo.com)



## 1. GİRİŞ

Toprak tuzluluğu, dünya çapında tarımsal üretimi tehdit eden önemli bir çevresel sorundur. Tuzlu topraklar, bitkilerin su ve besin maddelerini almasını zorlaştırır, bu da bitki büyümesinde azalmaya ve ürün verimliliğinde düşüğe neden olur (Munns ve Tester, 2008). Bazı durumlarda verimdeki azalmalar fark edilmeksizin %50'ye varan oranlarda düşüslere neden olabilmektedir. Özellikle tuzlu topraklarda bitki besin elementi alımı zorlaştığından, gübre kullanımı ve maliyetleri artmaktadır. Araştırmalar, tuzlu topraklarda gübre maliyetlerinin %30-50 arasında arttığını rapor etmektedirler (Qadir vd., 2014). Öte yandan tuzlu toprakların yıkanması için daha fazla su kullanımı gerekmekte ve bu da sulama suyu maliyetlerini artırmaktadır (Rengasamy, 2006). Bu maliyet, tuzluluğun düzeyine bağlı olarak değişse de ortalama %20-50 arasında olabilmektedir. Ayrıca, tuzlulukla mücadele için kimyasal ve biyolojik toprak iyileştiricilerin kullanımı da ek maliyetler getirir. Bu maliyetler, toplam üretim maliyetlerinin %10-15'ine kadar çıkabilmektedir (Qadir vd., 2007). Bu maliyetlere ilaveten tuzlu topraklarda bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direnci azaldığından, ilaç kullanımı ve maliyetleri de yaklaşık %25 oranında artışlar olabilmektedir (Oster ve Wichelns, 2003). Tüm bu üretim maliyet artışlarının yanında, toprak tuzluluğu nedeniyle ürün kalitesinde bozulmalar meydana gelir ki bu da ürünün pazar değerinde düşüğe neden olur.

Sulama ve gübreleme uygulamalarının optimize edilmesinde kök bölgesi tuzluluğunun izlenmesi önemli katkılar sağlar (Ayers ve Westcot, 1994). Aşırı sulama, tuz birikimini artırabilirken, yetersiz sulama da tuzların yıkanmasını engelleyebilir (Corwin ve Lesch, 2003). Doğru sulama yönetimi, tuz birikimini minimize ederken su kullanım verimliliğini artırır (Qadir ve Oster, 2004). Bunların yanında tuzluluk seviyelerinin ve dağılımının bilinmesi, etkili toprak ıslahı stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanır (Qadir vd., 2000). Bu stratejiler arasında kimyasal ıslah (örneğin, jips uygulaması), biyolojik ıslah (fitoremediasyon) ve fiziksel ıslah (drenaj sistemleri) yer alabilir (Qadir ve Oster, 2004). Böylelikle sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunur (Metternicht ve Zinck, 2003). Uzun vadeli tuzluluk trendlerinin anlaşılması, arazi kullanım planlaması ve koruma stratejilerinin oluşturulmasında kritik öneme sahiptir (Rengasamy, 2006).

Artan maliyet karlılığın azalmasına neden olur. Özellikle tuzlu topraklarda bitki verimi düşüşü ortalama %20-50 arasında

gerçekleşebilmektedir. Örneğin, Avustralya’da yapılan bir çalışmada, toprak tuzluluğu nedeniyle yıllık tarımsal üretim kaybının 1.3 milyar Avustralya Doları olduğu tahmin edilmektedir (Hajkowicz ve Young, 2005). Öte yandan ürün kalitesi de düşürerek ürünün pazar değerini azaltmaktadır. Bu etki, ürün tipine bağlı olarak %10-30 arasında değişkenlik göstermektedir (Singh, 2022). Ayrıca, toprağın değerinde de bir düşüş meydana gelir. Tuzluluk problemi olan arazilerin değeri, temiz topraklara göre %40-60 oranında daha düşük olabilmektedir (Kingwell vd., 2003).

Toprak tuzluluğunun erken belirlenmesi ve düzenli izlenmesi, uzun vadeli ekonomik kayıpları önlemede kritik öneme sahiptir. Welle ve Mauter (2017) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, erken müdahale ile tuzlulukla ilişkili ekonomik kayıplar %30-40 oranında azaltılabilmektedir. Ayrıca, düzenli izleme ve uygun yönetim stratejileri ile toprak tuzluluğunun kontrol altına alınması, tarımsal verimliliği artırmaktadır. Kim ve Kaluarachchi (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ise, etkili tuzluluk yönetimi ile çiftlik karlılığının %15-25 arasında artırılacağı öne sürülmüştür. Öte yandan tuzluluğun erken aşamada belirlenmesi, su ve toprak kaynaklarının daha sürdürülebilir kullanımına da katkı sağlamaktadır. John vd., (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, etkili tuzluluk yönetimi ile su kullanım etkinliğinin %20-30 oranında artırılacağı ve buna bağlı olarak sulama maliyetlerinin azaltılabileceği ileri sürülmüştür.

Toprak tuzluluğunun arazide pratik olarak belirlenmesi ve etkili bir şekilde değerlendirilmesi, karmaşık bir süreçtir. Bu süreç, mekansal değişkenlik, dinamik doğal etkenler ve bunların karşılıklı etkileşimlerine bağlıdır (Rhoades vd., 2006). Bu karmaşık yapıyı etkileyen faktörler üç ana başlık altında toplanabilir:

- i) Toprağa özgü faktörler: Toprak geçirgenliği, su tablası derinliği, taban suyundan kaynaklanan tuzluluk, topografya, toprak ana materyali ve jeolojik özellikler.
- ii) İnsan kaynaklı faktörler: Sulama yöntemleri, drenaj sistemleri, toprak işleme teknikleri ve bitki yetiştirme uygulamaları.
- iii) İklimsel faktörler: Sıcaklık, yağış miktarı ve dağılımı, bağıl nem ve rüzgar koşulları.

Günümüzde, teknolojik ilerlemeler ve gelişmiş yazılımlar sayesinde, sulanan alanlardaki toprak tuzluluğu daha doğru ve hızlı bir şekilde

ölçülebilmektedir. Bu gelişmeler, sulama, drenaj, toprak işleme ve kültürel uygulamalar gibi kritik tarımsal faaliyetlerde önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Elde edilen veriler, tarımsal planlama çalışmalarında geniş ölçüde kullanılabilir. Belirli bir alandaki tuzluluk deseninin bitki gelişimi ve tarımsal yönetim üzerindeki etkileri, entegre tuzluluk değerlendirme teknolojileri ve yöntemleri kullanılarak sıklıkla doğrulanabilmektedir. Tuzluluğun sulamayla olan ilişkisinin daha iyi anlaşılmasıyla birlikte, gelişmiş ölçüm cihazları ve bilgi tabanlı analiz sistemleri, geleneksel tuzluluk değerlendirme yöntemlerine kıyasla çok daha geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

Rhoades vd., (1997)'nin belirttiği gibi, bu ileri teknolojiler çeşitli alanlarda potansiyel kullanım imkanı sunmaktadır. Örneğin, sulanan alanlarda ve bitki kök bölgesinde suyun dağılım eşitliğinin (uniformite) belirlenmesi, topraktaki tuzların yıkanma derecesinin ölçülmesi ve belirli iyonların toprak içindeki hareketinin izlenmesi gibi konularda bu teknolojilerden yararlanılabilmektedir.

Toprak tuzluluğu ve EC<sub>a</sub> (aparent elektriksel iletkenlik) ile EC<sub>e</sub> (doymun ekstrakt elektriksel iletkenliği) arasındaki ilişkiyi anlamak, tarımsal verimlilik ve toprak yönetimi açısından büyük önem taşır. EC<sub>a</sub>, toprak profilinde tuzluluk dağılımını belirlemek için kullanılır ve EC<sub>e</sub> ile doğrudan ilişkilidir. Yüksek EC<sub>a</sub> değerleri genellikle yüksek EC<sub>e</sub> değerlerini gösterir, çünkü her iki ölçüm de toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonuna duyarlıdır (Corwin ve Lesch, 2005).

Toprak tuzluluğunun ölçülmesi ve haritalanması konusunda, son yarım yüzyılda önemli teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmelerin temelinde, indüklenmiş elektromanyetik alanların kullanımı yatmaktadır. Bu kavram, 1970'lerin sonlarından itibaren tarım alanında uygulanmaya başlanmıştır (De Jong vd., 1979). Elektromanyetik indüksiyon (EMI) teknolojisi, toprak tuzluluğu, nem içeriği ve kil içeriği gibi birçok fiziksel özelliğin haritalanmasında kullanılmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalara Cameron vd., (1981), Williams ve Baker (1982), Rhoades vd., (1989), ve Triantafylis vd., (2000, 2002)'nin araştırmaları örnek gösterilebilir. EMI sensörlerinin GPS ile entegrasyonu, tuzluluk haritalamasında devrim niteliğinde gelişmelere yol açmıştır (Rhoades vd., 1999). Toprak tuzluluğunun belirlenmesi ve izlenmesi için yapılan teknolojik yatırımlar, uzun vadede önemli ekonomik faydalar



sağlamaktadır. Singh (2022)'in belirttiği gibi, uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin kullanımı ile tuzluluk haritalaması maliyetleri %50'ye kadar azaltılabilmektedir. Bu da, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve toprak yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

EMI, toprak tuzluluğunun hızlı, etkili ve tahribatsız bir şekilde ölçülmesinde kullanılan modern bir tekniktir. Bu yöntem, toprağın elektriksel iletkenliğini ölçerek dolaylı olarak tuzluluk seviyesini belirler. EMI tekniği, geniş alanların hızlı bir şekilde taranmasına olanak sağlar ve geleneksel yöntemlere göre daha az zaman ve işgücü gerektirir. Başlangıçta toprak tuzluluğunu değerlendirmek için kullanılan EMI'nin, zamanla toprak haritalama, toprak nemi ölçümü, kil içeriği belirleme ve diğer toprak özelliklerinin değerlendirilmesi gibi çeşitli alanlarda kullanımının yaygınlaştığını vurgulamaktadır (Doolittle ve Brevik, 2014).

Yao ve Yang (2010), çalışmasında, EMI yönteminin toprak tuzluluğunun kantitatif değerlendirmesi ve mekansal dağılımının belirlenmesindeki etkinliğini incelemiştir. Araştırmacılar, Elektromanyetik İndeksiyon yöntemi ile ölçüm yapan EM38 ve EM31 cihazlarını içeren mobil bir EMI sistemi kullanmışlardır. Çalışma, EMI ölçümlerinin toprak tuzluluğunun hızlı ve doğru bir şekilde haritalanmasında etkili olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca, EMI verilerinin kalibrasyonu ve doğrulanması için geleneksel toprak örnekleme yöntemleriyle birlikte kullanılmasının önemini vurgulamışlardır.

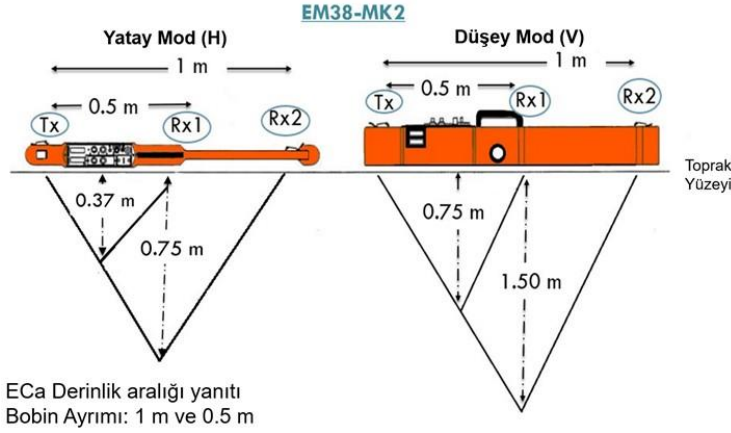
Alana özgü toprak ve bitki yönetimi, düşük maliyetli ve hassas sensörlere ihtiyaç duymaktadır. Bu sensörler, bitki verimini etkileyen önemli toprak özelliklerini ölçebilmeli ve konum-referanslı veri üretebilmelidir. Görünen (belirgin) elektriksel iletkenlik (ECa) ölçümü, bu amaçla kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Bronson vd., (2005)'nin çalışmasında, toprak örnekleri 0.1-0.8 ha grid aralıklarında ve 0-150 mm derinliklerden alınmış, besin elementleri ve tane dağılımı analizleri yapılmıştır. Araştırmacılar, Veris 3100 (ECash) cihazı ile ölçülen sığ ECa değerlerinin, incelenen altı sahanın dördünde kil içeriği ile pozitif bir ilişki gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ancak bir sahada, ECash ile kil içeriği arasında negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Bu durumun, muhtemelen alandaki sığ kalsik horizonun düşük hacim ağırlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, ECa ile ilişkili olabilecek diğer toprak özellikleri arasında ekstrakta edilebilir  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^{+}$ , kanyon değişim kapasitesi (KDK), silt ve çözünebilir tuzlar yer almaktadır.

Narjary vd., (2022) yatıkları çalışmada, EM 38 tekniğinin toprak tuzluluğunun zamansal ve mekansal haritalanmasındaki uygulamasını incelemektedir. Araştırmacılar, EMI ölçümlerini çok değişkenli istatistiksel analizler ve jeostatistiksel tekniklerle birleştirerek, sıg tuzlu yeraltı suyu koşullarında toprak tuzluluğunun daha doğru ve ayrıntılı bir şekilde haritalanmasını sağlamışlardır. Çalışma, EMI'nin maliyet etkin ve hızlı bir yöntem olduğunu ve geleneksel yöntemlere göre avantajlarını vurgulamaktadır.

EM 38 ölçümlerinin sadece tuzluluk değil, aynı zamanda su içeriği, kil miktarı, organik madde ve hacim yoğunluğu gibi diğer toprak özelliklerinden de etkilendiğini göstermektedir (Visconti ve de Paz, 2021). EM38 sınırsız toprak örneklemesinin yanında, hızlı değerlendirme, haritalama ve izleme için potansiyel veri toplamasına imkan sağlar (Metternicht ve Zinck, 2003). Toprak tuzluluğunun belirlenmesi ve izlenmesi, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ve ekonomik verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Düzenli izleme ve uygun yönetim stratejileri ile tuzlulukla ilişkili ekonomik kayıplar önemli ölçüde azaltılabilir, aynı zamanda tarımsal verimlilik ve karlılık artırılabilir. Bu nedenle, toprak tuzluluğunun yönetimi için yapılacak yatırımlar, uzun vadede önemli ekonomik getiriler sağlayacaktır. Yapılan bu çalışmada, EM 38 ile toprak tuzluluğunun ölçülmesi ve haritalanması konusunda temel nitelikteki bilgiler sunulmaktadır.

### **EM 38'in Temel Özellikleri**

EMI cihazları genellikle bir verici ve bir alıcı coil'den oluşur (Şekil 1). Verici coil, alternatif akım ile beslenerek değişken bir manyetik alan oluşturur. Bu alan, yakındaki iletken nesnelere etkileşime girer ve bu nesnelere "eddy akımları" olarak bilinen ikincil akımlar indükler. Bu ikincil akımlar, kendi manyetik alanlarını oluşturur ve bu alanlar alıcı coil tarafından tespit edilir (Doolittle ve Brevik, 2014). Kanadalı Geonics Limited Şirketi tarafından üretilmiş bir modelin Teknik özellikleri Tablo 1'de gösterilmektedir. EM38 hem düşeydeki hem de yataydaki toprağın görünür elektriksel iletkenlik değerini ölçebilmektedir. Düşey doğrultuda 1.5 m derinliğe kadar yatay konumda ise 0.75 m'ye kadar ECa ölçümü yapabilmektedir.



**Şekil 1:** EM 38'in Ölçüm Prensibi (Petsetidi ve Kargas, 2023)

**Tablo 1:** Toprak tuzluluğunun ölçülmesinde yaygın kullanılan EM38'in teknik özellikleri

Ölçüm Özellikleri	1: Görünen iletkenliğin bir metredeki değerinin milisimens cinsinden ölçümü (mS/m) 2: İkincil manyetik alanının birincil manyetik alana olan binde birlik faz oranı (ppt)
Birincil alan kaynağı	Kendinden iki kutuplu verici
Sensör	Kendinden iki kutuplu alıcı
Ölçüm genişliği	1 metre
Çalışma aralığı	14.6 kHz
Güç kaynağı	9 V pil
Ölçüm aralığı	İletkenlik: 1000 mS/m Devre içi: $\pm 29$ ppt
Ölçüm çözünürlüğü	$\pm 0.1$ %
Ölçüm doğruluğu	$\pm 5$ % at 30 mS/m
Gürültü seviyeleri	İletkenlikte :0.5 mS/m ; Devre içi: 0.02 ppt
Pil Ömrü	30 Saat (devamlı kullanımda)
Boyutlar	Alet: 106 x 15 x 3.6 cm Muhafaza kutusu: 117 x 19 x 13 cm
Ağırlığı	Alet: 3 kg (Muhafaza kutusu: 10 kg)

1980 yılında tanıtılan toprak iletkenlik ölçer EM38 (Geonics Ltd., Mississauga, ON, Kanada), hafifliği, taşınabilirliği ve o zamana kadar elektrot tabanlı cihazlarla edinilmesi zor olan taşlık gibi çeşitli toprak ve tarlalarda alınan büyük hacimli ECa ölçümleri nedeniyle toprak tuzlanması araştırmalarında devrim niteliğindedir (Hendrickx vd., 1992; Rhoades, 1993). Bu nedenle, hızla tarım topluluğunun dikkatini çekti ve toprak tuzluluğunun izlenmesi ve haritalanması için en sık uygulanan araç haline geldi (Sudduth, 2001). EM38'in uyarlanması, toprak özelliklerindeki yüzeye yakın değişikliklerin ve özellikle köklenme bölgesindeki mahsulleri etkileyen çözünür tuzların değerlendirilmesini desteklemek üzere kasıtlı olarak tasarlanmış olmasına da bağlanabilir (Bennett ve George, 1995; Doolittle ve Brevik, 2014; Petsetidi ve Kargas, 2023).

Elektromanyetik indüksiyon (EMI) cihazlarının çalışma prensibi, McNeill (1980) tarafından detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Bu teoriye göre, EMI cihazı temel olarak iki ana bileşenden oluşur: yayıcı ve alıcı indüksiyon bobinleri. Bu bobinler, aletin karşılıklı uçlarında konumlandırılmıştır. Cihazın çalışma mekanizması şu şekilde özetlenebilir:

- i) Yayıcı bobin, alternatif akım ile aktive edilir.
- ii) Bu aktivasyon, toprak içine nüfuz eden bir manyetik alan oluşturur.
- iii) Oluşan manyetik alan, toprak içinde anaför akımlar meydana getirir.
- iv) Alıcı bobin, iki farklı alan kuvvetini ölçer: a) Birincil alan (daha güçlü olan) b) İkincil alan (çok daha zayıf olan)
- v) Ölçülen düşük indüksiyon değerleri, topraktaki akım akışı ile doğru orantılıdır.
- vi) Bu akım akışı, toprağın görünür elektriksel iletkenliği (ECa) ile ilişkilidir.

Bu teknoloji, toprak özelliklerinin ölçülmesi ve haritalanması için çeşitli ticari modellerde uygulanmaktadır. Bu modeller arasında en yaygın olarak bilinen ve kullanılan cihaz, Geonics firması tarafından üretilen EM38 modelidir.

EMI teknolojisinin tarımsal uygulamalardaki önemi, toprak özelliklerinin hızlı ve non-invaziv bir şekilde ölçülmesine olanak sağlamasından kaynaklanmaktadır. Bu sayede, geniş tarım alanlarında toprak tuzluluğu, nem içeriği ve kil oranı gibi önemli parametreler etkin bir şekilde haritalanabilmektedir. EM 38'le noktasal ölçümlerin hassas, hızlı ve koordinatlı

bir şekilde alınması için yüksek hassasiyete (metre altı hassasiyete) sahip GPS sistemi ile koordine edilmesi gerekmektedir (Şekil 2). Alınan ECa ve koordinat değerleri bir bilgisayara kaydedilerek depolanmaktadır. Ölçülen ECa değerleri gerekli kalibrasyon ve yersel doğrulamalardan sonra ölçüm yapılan alanın hem ECa hem de ECe haritalar GIS tabanlı olarak dakikalar içerisinde üretilebilir.

	GPS	
	Anten	
	Pil	Verilerin depolandığı el bilgisayarı

Şekil 2: Ölçülen tuzluluk değerlerinin ve bunların koordinatların alınmasında Kullanılan bilgisayar ve GPS sistemi (Taş, 2009)

## EM 38 ile Yapılan Çalışmalar

### ECa ve ECe ile tuzluluğun türetilmesi konusundaki çalışmalar

ECa ölçümleri genellikle elektromanyetik indüksiyon cihazları veya toprak probu kullanılarak yapılır. Bu yöntemler, hızlı ve geniş alanlarda veri toplama imkanı sunar (Lesch ve Corwin, 2008). ECa verileri, ECe tahmini için kalibre edilebilir. Bunun için saha çalışmaları ve laboratuvar analizleri ile

desteklenen modeller geliştirilmiştir (Rhoades ve Corwin, 1990). EM 38 ile ölçülen ECa ve ECe ilişkisine yönelik yapılan çalışmaların bir bölümü Tablo 2’de sunulmuştur. Yapılan çalışmalara göre, ECa’dan ECe’nin tahminlenmesi ve bunun doğruluğu ve güvenilirliğinin yüksek olduğuna ilişkin raporlamalar yapılmaktadır.

**Tablo 2:** ECa’dan ECe tuzluluğun türetilmesi konusundaki çalışmalar

Çalışma	Araştırma/Ölçüm Parametre
Corwin ve Rhoades, 1982 Corwin vd., 1984	ECe ve ECa’nın tanımlamaları ve formülasyonları; ters tuzluluk profilleri
Williams ve Baker, 1982 Williams ve Braunach, 1984 Williams vd., 1985	Bölgesel ölçekte ECe ve ECa ile su içeriği kalibrasyon modelleri
Wollenhaupt vd., 1986	ECav, ECah ve ECe ve EC1:5’in derinlik bazında kalibrasyon modelleri ile ters tuzluluk profillerinin oluşturulması
Arndt vd., 1987	ECa ve doymuş özüt EC, Na, Cl, verimle ilişkili tuzluluk haritaları (Arpa)
Norman, 1990a	Tuzlu alanların sınıflandırma sistemi olarak ECa aralıkları
Norman, 1990b	Toplam çözünmüş tuz konsantrasyonlarının aralıklarına dayalı tuzluluk sınıflandırma sistemi, EC1:5 kök bölgesi tuzluluğuna farklı toleransları olan mahsul grupları ile
Slavich ve Petterson, 1990 Slavich, 1990	ECe ve ECa’nın tanımlamaları ve formülasyonları; modellenmiş katsayılar
Rhoades vd., 1981 Rhoades vd., 1989 Rhoades vd., 1999a Rhoades vd., 1999b	ECa, ECe, ECp ve EC oranlarının tanımlamaları ve formülasyonları; çoklu regresyon katsayıları
McNeill, 1992a	ECe ve ECav, ECah site kalibrasyonu
Cook vd., 1992	ECe ve ECa’nın tanımlamaları ve formülasyonları; matematiksel katsayılar
Lesch vd., 1992	ECe ve ECav, ECah ileri kalibrasyonlar toprak örnekleme 200-300’den 36’ya düşürür
Nettleton, 1994	Değişebilir sodyum yüzdesi ve ECe’nin ECa ile ilişkisi
Dunn vd., 1994	ECa ve EC1:5 ilişkileri Avustralya ağaç türlerinin tuzlu alanlardaki büyümesini gerçekleştirmek için

**Tablo 2:** ECa'dan ECe tuzluluğun türetilmesi konusundaki çalışmalar (devamı)

Çalışma	Araştırma/Ölçüm Parametre
Sheets vd., 1994	ECe ve ECa'nın tuzluluğu tespit etmek için karşılaştırılması
Whiteley, 1994	Yüzey altı tuzlu materyalin tespiti
Vaughan vd., 1995	ECa, ECe, EC <sub>H</sub> ve EC oranlarının tanımlamaları, formülasyonları, sınıflandırmaları
SriRanjan ve Karthigesu, 1995	Birkaç yıl önce meydana gelen sıvı gübre sızıntısının izlenmesi
Johnston vd., 1997	ECe ve ECa'nın formülasyonları
Chaudhry, 2000	ECe ve ECa'nın tanımlamaları ve formülasyonları; matematiksel katsayılar
Ghany vd., 2000	ECe ve ECa'nın formülasyonları
Doolittle vd., 2001	ECe ve EC <sub>av</sub> , EC <sub>ah</sub> kalibrasyonu
Herrero vd., 2003	ECe ve EC <sub>av</sub> , EC <sub>ah</sub> ile tuzluluk kontur haritaları
Soliman, 2004	EC1:5 - ECe ve ECa'nın erken aşamada tuzluluğu tespit etmek için karşılaştırılması
Gill ve Yee, 2004	ECa ve ECe ilişkisi, ECa gözlemleri çok yıllık çayır türlerinin kurulumu ve büyümesi üzerine
Kaffka vd., 2005	ECa, ECe tuzlu alanlarda yerinde yönetim teknikleri uygulamak için
Zhang vd., 2005	ECa ve ECe ilişkileri: Tuz etkilenmiş alanların sınıflandırılması ECe ve ECa'nın formülasyonları
Nogues, 2006	Tuzluluk bölgeleri ile toprak araştırması; sulanan bölgelerin tuzluluğunu tespit etmek için ECe ve ECa ilişkisi
Wittler vd., 2006	ECe ve ECa'nın tanımlamaları ve formülasyonları, basit derinlik ağırlıklı katsayılar
Yao vd., 2007	Satürasyon macunu ve 1:1 toprak-su ekstraktlarının karşılaştırılması
Amezket, 2007	ECe ve ECa'nın tanımlamaları ve formülasyonları; ters tuzluluk profilleri
Taş, 2009	Bir alandaki tuzluluk dağılımı, ECa'nın enterpolasyon yöntemleri; ECa değerlerinden ECe tuzluluk haritaları, Tuzluluk ıslahı
Bakker vd., 2010	ECe ve EC <sub>av</sub> , EC <sub>ah</sub> kalibrasyonu

**Tablo 2:** ECa'dan ECe tuzluluğun türetilmesi konusundaki çalışmalar (devamı)

Çalışma	Araştırma/Ölçüm Parametre
Liv d., 2010	EC1:5'e dayalı tuzluluk sınıflandırma sistemi
Dang vd., 2011	ECa ve doymun özüt EC, Na, Cl, verimle ilişkili tuzluluk haritaları (Arpa)
Rahimian ve Hasheminejhad, 2011	ECe ve ECa ilişkileri, farklı derinlik aralıklarında toprak tuzluluk haritaları ve alan sınırlarının yukarısında ve aşağısında tuzluluk profil haritaları
Corwin ve Lesch, 2014	ECa ve EC1:5 ilişkileri Avustralya ağaç türlerinin tuzlu alanlardaki büyümesini gerçekleştirmek için
Cassel vd., 2015	ECa ve ECe ilişkileri: Tuz etkilenmiş alanların sınıflandırılması
Sharma ve Gupta, 2017	ECe ve ECa'nın formülasyonları (Hindistan)
Vlotman, 2017	Tuzluluk genel bakışı ve belirlenmesi
Triantafilis vd., 1998	ECe profillerinin ECa (EM38 ve EM31) ile belirlenmesi; ECa'dan (EM38 ve EM31) tuzluluğu tahmin etmek için jeostatistiksel yöntemler, kalibrasyon yaklaşımlarının karşılaştırılması
Triantafilis vd., 2000	
Triantafilis vd., 2001	
Triantafilis vd., 2002	
Triantafilis vd., 2003	ECe, su içeriği ve ECah, kokriging ile birleştirilmiş
Triantafilis vd., 2004	
McKenzie, 1989	ECa ve ECe'nin formülasyonları; ağaçların, yemlerin, mahsullerin ve çimlerin tuz toleransı; tuzlu topraklarda okaliptüs ve çayırların hayatta kalması ve büyümesi
McKenzie, 1993	
McKenzie, 1997	
McKenzie, 2017	

### Tuzluluk haritalarının oluşturulması konusundaki çalışmalar

EM38, toprağın yüzey altı tabakalarındaki tuzluluk seviyelerini hızlı ve etkili bir şekilde değerlendirebilir. Cihaz, farklı derinliklerdeki toprak katmanlarının elektriksel iletkenliğini ölçerek, tuzlu alanların belirlenmesine olanak tanır (McNeill, 1992). EM38 cihazı, sahada taşınarak farklı noktalardan veri toplayabilmektedir. Bu veriler, GPS koordinatları ile birlikte kaydedilir ve coğrafi bilgi sistemleri (GIS) kullanılarak haritalar oluşturulur (Corwin ve Lesch, 2005). Toplanan ECa verileri, laboratuvar analizleri ile kalibre edilerek ayrıca ECe değerlerine dönüştürülebilir (Lesch ve Corwin, 2008). Kalibre edilmiş veriler, GIS yazılımları kullanılarak haritalara dönüştürülür. Bu haritalar, tuzlu alanların mekansal dağılımını ve yoğunluğunu gösterir (Corwin



ve Scudiero, 2017). EM 38 ile ölçülen ECa değerlerinden toprak tuzluluğu haritalarının üretilmesine ilişkin bazı çalışmalar Tablo 3’de özetlenmiştir.

**Tablo 3:** ECa’dan tuzluluk haritalarının üretilmesi konusundaki çalışmalar

Çalışma	Araştırma/Ölçüm Parametre
Cameron vd., 1981	EM38, EM31 ve Wenner dizisi ile tuzluluğun haritalanması
Lelij, 1983	ECa’nın enterpolasyon yöntemleri; ECa ve ECe haritaları
Hendrickx vd., 1992	ECa ve tuzluluğun görsel agronomik araştırması
Lesch vd., 1995	ECa kullanarak tuzluluğun zamansal değişiklikleri
Bourgault vd., 1996	Toprak tuzluluğu verilerinin jeostatistiksel analizi
Lesch vd., 1998	Tuzlu sızıntı haritalama ve iyileştirme; farklı iletkenlik araçlarının tuzluluğunun (ECe) ve ECa’nın karşılaştırılması; hidrolik modelleme ile kombinasyon halinde tuzlu sızıntı mekanizması
Hopkins ve Richardson, 1999	Kumlu bir akiferde tuzluluğun haritalanması
Barbiero vd., 2001	ECa-topografya tuzluluk genişlemesi ilişkisi
Bennett vd., 2000	ECa-tuzlulu alanları
Broadfoot vd., 2002	Adım adım veri işleme ile tuzluluk haritaları
Mankin vd., 1997;2000;2002	Farklı arazi kullanımları arasında tuzluluğun (ECa) karşılaştırılması
Fitzpatrick vd., 2003	Arazi kullanımı ve toprak ve jeoloji ile ilişkili ECa ile toprak tuzluluk haritaları
Turnham, 2003	EM38 alan bazlı harita üretimi
Taş, 2009	Bir alandaki tuzluluk dağılımının belirlenmesi, ECa’nın enterpolasyon yöntemleri; ECa değerlerinden ECe tuzluluk haritaları, Tuzluluk ıslahı
De Clercq ve Rozanov, 2013	Bir alandaki tuzluluk dağılımının belirlenmesi
Akramkhanov vd., 2014	ECa’nın enterpolasyon yöntemleri; ECa değerlerinden ECe tuzluluk haritaları
Huang vd., 2015a	Tuz depolarının tespiti ve tuzlanma riskinin değerlendirilmesi
Huang vd., 2015b	PCA ile tuzluluk özelliklerinin belirlenmesi
Lesch vd., 2017	Çoklu doğrusal regresyon ve kokriging karşılaştırılması

EM38 ile elde edilen tuzluluk haritaları, sulama ve gübreleme stratejilerinin optimize edilmesine yardımcı olur. Bu, tarımsal verimliliği

artırabilir ve girdi maliyetlerini azaltabilir (Greenspan, 2006). Öte yandan tuzluluk haritaları, çevresel etki değerlendirmeleri ve toprak ıslah projeleri için kritik bilgiler sağlar. Bu haritalar, tuzlu toprakların rehabilitasyonu için gereken stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunur (Yash ve Dalal, 2019). EM38 cihazı, toprak tuzluluğunun mekansal dağılımını belirlemek için güçlü bir araçtır. Bu cihazın sağladığı veriler, tarımsal yönetim stratejilerinin iyileştirilmesine ve çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olur.

### **Tuzlu alanların yönetimi konusundaki çalışmalar**

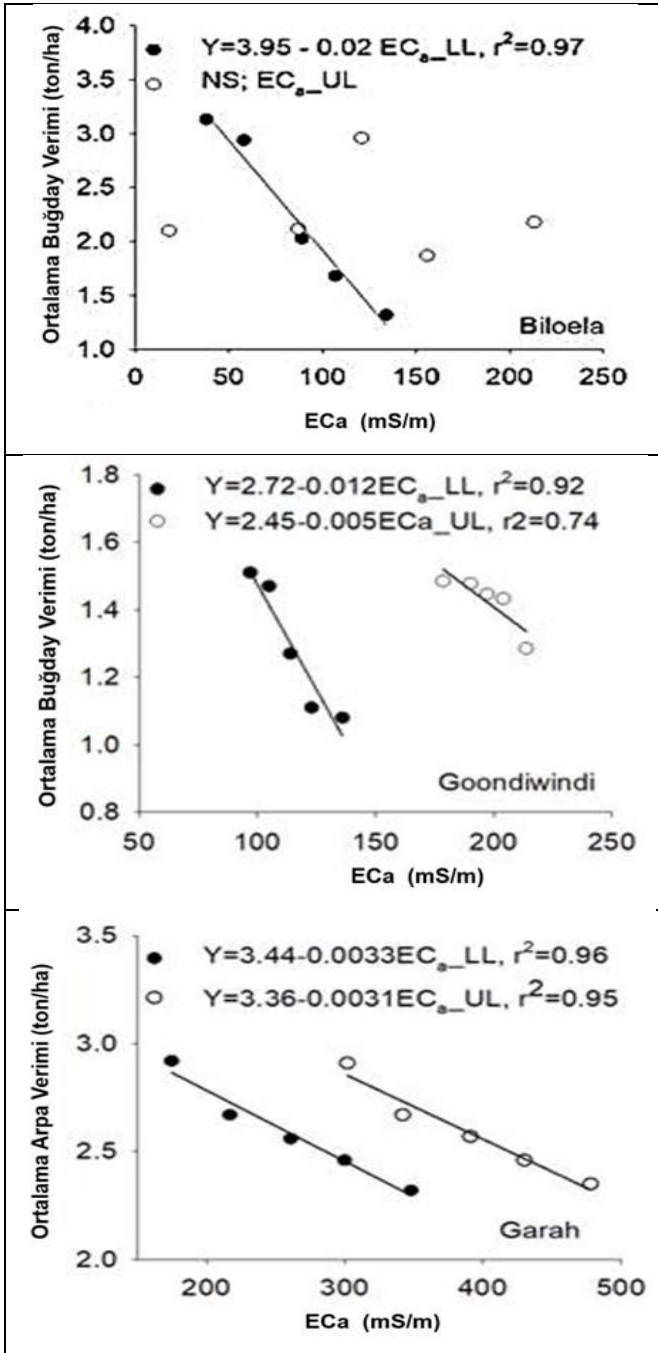
E<sub>Ca</sub> ve E<sub>Ce</sub> ilişkisi, özellikle sulama yönetimi ve toprak ıslahı gibi uygulamalarda kullanılır. E<sub>Ca</sub> haritaları, tuzlu toprakların belirlenmesi ve yönetilmesi için etkili bir araçtır (Corwin ve Scudiero, 2017). Bu konuda yapılan bazı çalışmalar Tablo 4’de özetlenmiştir.

Toprak tuzluluğunun etkili bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi için E<sub>Ca</sub> ve E<sub>Ce</sub> kritik öneme sahiptir. Bu ilişkiyi anlamak, tarımsal üretkenliği artırmak ve çevresel etkileri en aza indirmek için gerekli stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olur. EM38 ölçümleri altı farklı alanda, geleneksel elektriksel iletkenlik ölçümleriyle test edilmiştir. İki ölçüm arasında yüksek derecede ilişki bulunmuştur. Yapılan karşılaştırma sonucu EM38 okumaları %86’lık bir oranla gerçek E<sub>Ce</sub> değerlerini yansıtmaktadır (Greenspan, 2006). Yash ve Dalal (2019) yaptıkları çalışmada EM 38 ile yaptıkları E<sub>Ca</sub> ölçümleri ile buğday ve arpa verimleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır (Şekil 3). E<sub>Ca</sub>’nın artışın bağlı olarak ortalama tahıl veriminde azalma meydana geldiği rapor edilmiştir. Üretim yapılan alanlarda E<sub>Ca</sub> ölçümleri dikkate alınarak, benzer üretim potansiyeline sahip bölgelerin birleştirilmesi ve bunlara bağlı olarak üretim ve yönetim stratejileri oluşturmak, üretim maliyetlerini düşürmenin yanında verim ve kalitenin artmasına katkı sağlamaktadır. Bu da tarımsal üretimde çok büyük önem arz eden bir konudur. Öte yandan, toprak kısıtlamalarının mekansal değişkenliğini belirlemek, ekonomik ve çevresel faydalar elde edilmesiyle sonuçlanan toprağı iyileştirme fırsatı sağlayabilir. Girdi maliyetlerini azaltarak elde edilebilecek potansiyel ekonomik faydalardaki aralık, başkalarının elde ettiği faydalara benzerdir (Fisher vd., 2009).

**Tablo 4:** EM 38 ile tuzlu alanların yönetimi konusundaki çalışmalar

<b>Tuzluluk ve alan yönetimi</b>	
Bennett, 1995	Tuzluluğun okaliptüs ağaçları üzerindeki etkisi
Evans, 1998	Bağlarda tuzluluk
Hanson ve Kaita, 1997	ECa-tuzluluk-su içeriği
Arndt vd., 1987	ECa ve doymuş özüt EC, Na, Cl, verimle ilişkili tuzluluk haritaları (Arpa)
Bouksila, 2002	Toprak tuzluluğu ve yeraltı suyu özellikleri
Barr, 2003	Çiftçiler tarafından tuzluluğun değerlendirilmesi
Corwin vd., 2003	ECa ile toprak kalite özelliklerinin değerlendirilmesi
Horney, 2005	Pamuk tarlalarında tuzluluk yönetimi
Taş, 2009	Bir alandaki tuzluluk dağılımı, ECa'nın enterpolasyon yöntemleri; ECa değerlerinden ECe tuzluluk haritaları, Tuzluluk ıslahı
Dang vd., 2011	ECa ve doymuş özüt EC, Na, Cl, verimle ilişkili tuzluluk haritaları (Arpa)
Corwin ve Lesch, 2014	ECa ve EC1:5 ilişkileri Avustralya ağaç türlerinin tuzlu alanlardaki büyümesini gerçekleştirmek için
Chaali vd., 2015	EM38 ve TDR: ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması
Slavich ve Johnston, 2017	Yeraltı suyu asitliğinin genişletilmesi
Smitt vd., 2017	Manzarada ECa dağılımı ve evapotranspirasyon ve freatik yükselmenin bir sonucu olarak
McKenzie, 1989 McKenzie, 1993 McKenzie, 1997 McKenzie, 2017	ECa ve ECe'nin formülasyonları; ağaçların, yemlerin, mahsullerin ve çimlerin tuz toleransı; tuzlu topraklarda okaliptüs ve çayırların hayatta kalması ve büyümesi

Preat ve Gillgren (2005) yaptıkları çalışmada, EM38 ile yapılan ölçümde yüksek ECa değerli olan bölgelerde yüksek verim alınmıştır. Bunun nedeni, artan ECa değerinin olduğu bölgelerdeki toprakların kil içeriğine yüksek olması ve buna bağlı olarak da artan su tutma kapasitesi nedeniyle yağışa dayalı tarım koşullarda meydana gelen kurak dönemlerde tahıl üretiminde verimde önemli katkılar sağladığı belirlenmiştir.



Şekil 3: Ortalama tahıl verimi ile ortalama ECa arasındaki ilişkiler (Yash ve Dalal, 2019)

Her bir lokasyona doğru miktarda girdinin uygulandığı sahaya özgü yönetim kullanıldığında, çevresel faydalar önemli olabilir. Kısıtlama alanlarında kullanılmayan nitrat-azot varlığı, N-sızıntısı için en büyük riski oluşturur (Yash ve Dalal, 2019). Ancak, yayınlanan raporlarda ECa ile ürün verimleri arasında yıllar ve lokasyonlar arasında tutarsız ilişkiler bildirilmiştir (Kitchen vd., 1999; Johnson vd., 2003). Yüksek yağış alan bölgelerde, ECa ile tane verimi arasındaki ilişki pozitif olma eğilimindedir (Kitchen vd., 1999). Öte yandan yarı kurak bölgelerde, özellikle kış mahsulleri için, ECa ile tane verimi arasındaki ilişkinin negatif olduğu bulunmuştur (Johnson vd., 2003). Bunun nedeni, ECa'nın öncelikli olarak tuz konsantrasyonlarını ölçmesi (McNeill, 1992b) ve yüksek tuz konsantrasyonlarının etkisinin esas olarak daha kurak yıllarda belirgin olmasıdır (Sadras vd. 2003; Dang vd. 2010; Yash ve Dalal 2019).

### **EM38 diğer sensörlerle kombinasyon konusundaki çalışmalar**

EM38 cihazının diğer sensörlerle birlikte kullanılması, tarımsal ve çevresel izleme çalışmalarında çeşitli avantajlar ve dezavantajlar sunmaktadır. EM38 cihazı, toprak tuzluluğu haritalarının hazırlanmasında etkili bir araçtır. Diğer sensörlerle (örneğin, uzaktan algılama cihazları, nem sensörleri) entegre edilmesi, toprak özelliklerinin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır (Corwin ve Lesch, 2005). Farklı sensörlerden elde edilen verilerin birleştirilmesi, ölçümlerin doğruluğunu artırabilir. Örneğin, EM38 ile elde edilen elektriksel iletkenlik verileri, nem sensörlerinden gelen bilgilerle kalibre edilerek daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir (Lesch ve Corwin, 2008). Aynı zamanda, EM38 ve diğer sensörlerin birlikte kullanılması, geniş alanların hızlı ve etkili bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Bu, tarımsal yönetim stratejilerinin optimize edilmesine yardımcı olabilir (Greenspan, 2006).

Ancak çoklu sensör sistemlerinin kullanımı, ekipman ve veri işleme maliyetlerini artırabilir. Bu, özellikle küçük ölçekli çiftlikler için ekonomik bir yük oluşturabilir (Robertson vd., 2007). Ayrıca, farklı kaynaklardan gelen verilerin entegrasyonu, karmaşık veri yönetimi süreçlerini gerektirir. Bu, uzmanlık ve teknoloji yatırımı gerektirebilir (Fisher vd., 2009). Öte yandan Farklı sensörlerin birlikte kullanılması, kalibrasyon ve veri uyumluluğu gibi teknik zorlukları beraberinde getirebilir. Bu durum, veri doğruluğunu etkileyebilir ve sonuçların yorumlanmasını zorlaştırabilir (Wong vd., 2006).

EM38 cihazının diğer sensörlerle birlikte kullanılması, toprak ve tarımsal yönetim süreçlerinde önemli avantajlar sunmaktadır. Bu konuda yapılan bazı çalışmalar Tablo 5’de sunulmuştur. Ancak, bu entegrasyonun maliyet ve teknik zorluklar gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu nedenle, sensör seçimi ve entegrasyon stratejileri dikkatlice planlanmalıdır.

EM38 ve EM31 aletleri yardımıyla toprak özellikleri için elde edilen bilgiler basit doğrusal regresyonla oluşturulmuştur. 2 m toprak derinliğindeki ECa değerleri, gravimetrik nem içeriği, % kil içeriği, tuz konsantrasyonu (ECa dS/m) ve etkili katyon değişim kapasitesi (EKDK) modellerle karşılaştırılmıştır. Etkili katyon değişim kapasitesi ve ECe’nin ECa ile çok güçlü bir ilişkisi bulunmaktadır (Triantafilis vd., 2002).

**Tablo 5:** EM 38’in diğer EMI sensörleri ile karşılaştırılması konusundaki çalışmalar

EM38 diğer sensörlerle kombinasyon halinde	
Cannon vd., 1994	EM38’in uydu tabanlı navigasyon yöntemleri ile kombinasyonu
Yao, 2010	Çeşitli tabakalarda EM38 ve EM31 (her ikisi de ECah) ile tuzluluğun hassasiyetinin artırılması
Yao, 2013	Farklı toprak tuzlanma kapsamıyla ilgili hiperspektral veriler, toprak tuzlanma izleme modeli oluşturmak için ECa ile birleştirildi
Spies vd Woodgate, 2017	Tuzluluğun tespiti için araçlar ve yöntemlerin karşılaştırılması

Elektromanyetik indüksiyon (EMI) teknolojisinin toprak özelliklerinin belirlenmesindeki etkinliği, çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Triantafilis vd., (2002), EM38 ve EM31 cihazlarıyla elde edilen verileri kullanarak basit doğrusal regresyon modelleri geliştirmişlerdir. Bu modeller, 2 metre derinlikteki görünür elektriksel iletkenlik (ECa) değerlerini, gravimetrik nem içeriği, kil yüzdesi, tuz konsantrasyonu (ECe, dS/m) ve etkili katyon değişim kapasitesi (EKDK) ile ilişkilendirmiştir. Çalışmanın sonuçları, özellikle EKDK ve ECe'nin ECa ile güçlü bir korelasyon gösterdiğini ortaya koymuştur. Triantafilis (2008), EMI teknolojisinin pratik uygulamalarını incelemek amacıyla New South Wales’in kuzeyindeki iki farklı pamuk ekili alanda (29 ve 240 ha) EM38 ve EM31 ile sırasıyla 20000 ve 27000 ECa ölçümü yapılmıştır. ECa okumalarının kalibrasyonu için ilk alandan (29 ha) 22 noktadan 2 metre

derinliğe kadar ve ikinci alandan (240 ha) ise 46 noktadan 1.5 m derinliğe kadar 30 cm'lik aralıklarla toprak örnekleme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, EM38 ve EM31'den elde edilen veriler genel olarak benzerlik gösterdiği rapor edilmiştir. Her iki çalışmada da, EMI cihazlarının okumaları toprağın kil içeriği, mineralleri, jeolojisi ve jeomorfolojisi ile yakın ilişki göstermiştir. Bu sonuçlar, EM sistemlerinin uygun koşullarda ECa ölçümleri için etkili bir araç olabileceğini ortaya koyduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Abdu vd., (2005), farklı EMI cihazlarının (DUALEM-15 ve EM38-DD) performansını çeşitli derinlik ve sıcaklık koşullarında karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, 0.15 m'den 1.8 m derinliğe kadar ECa ile derinlik arasında doğrusal bir ilişki tespit etmişlerdir. Sıcaklık etkisi açısından, düşük ECa değerlerinde (%10-40) daha yüksek hata oranları gözlemlenirken, yüksek ECa değerlerinde (>100 mS/m) hata oranı %5'in altına düşmüştür.

Sudduth vd., (2008), temassız EMI sensörleri ile doğrudan temas yoluyla elde edilen toprak EC verilerini karşılaştırmışlardır. Çalışma, farklı sensör ve işletim modellerinin, farklı algılama derinliklerinde değişen EC okumaları sağladığını göstermiştir. EM sensörleri, toprak yüzeyinden 150 cm derinliğe kadar karşılaştırıldığında, üst toprak katmanından elde edilen değerlerin bitki üretimi ile daha doğru ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. EM38 ve Veris 3100 sensörlerinin her ikisi de benzer trendler göstermiş, ancak ölçülen değerlerin büyüklüğünde farklılıklar gözlemlenmiştir. Genel olarak, Veris 3100'ün sağladığı veriler EM38'e kıyasla daha düşük değerler vermiştir.

### 3. EM 38'in Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar

Dünyada tanınan ve yaygın olarak kullanılan ölçü birimi desimens/metredir. Toprak yığınının EM38 üzerindeki okumaları metre başına mili siemens cinsinden ölçülür. Bu birim uluslararası standartlarda uygulanamaz. Yaygın olarak bilindiği gibi uluslararası standartta doymuş toprak ekstraktındaki elektriksel iletkenlik değeri ifade edilmektedir. Bu durum Mckenzie (2000) tarafından EM38'de bildirilmiş olup, tuzlu toprak doymuş çamurunda 10 ds/m iletkenlik üretirken, EM38'de bu değer yaklaşık 250 ms/m olarak okunmaktadır. EM38'in okumaları toprağın sıcaklığından, neminden ve yapısından etkilenir. Sıcaklık 25 santigrat derecenin altına düşerse, bu eşğin altındaki her derece için +%3'lük bir ayarlama uygulanır. Sıcaklık 25 santigrat dereceyi aşarsa her derece artış için -%2 düzeltme uygulanır. Toprağın nem

içeriği %30'un altında olduğunda iletkenlik açısından kritik hale gelir. Ayrıca EM38 okumalarında toprak sıcaklığı, nem ve doku da etkilidir (Kwiatkowski vd., 1994, Mckenzie 2000; Slavich ve Petterson 1990; Corwin ve Lesch 2003; Preat ve Solungaç 2005; Brevik vd., 2006, Triantafilis 2008). EM38, sıcaklık, nem, toprağın kil içeriği, bitki türü, tuzluluk, derinlik, ana materyal, doku ve diğer faktörler (toprağın manyetik mineral yüzdesi) dikkate alınarak kalibre edilmelidir (Mckenzie vd., 1997).

Sourell ve Al-Karadsheh (2008), yürüttükleri çalışmaların da, EM38 ile ECa okumaları yaptıkları alanda bölgeler arası farklılığın olmadığını ve farklılık gösteren noktaların farklılıklarının nedenini tekstürdeki değişkenlik ile toprağın ölçüm esnasındaki su içeriğine bağlamışlardır. Jung vd., (2005), EM38 ile toprak yüzeyinden 0, 5, 15, 20 ve 30 cm yükseklikten okumalar yapmışlar ve 30 cm yükseklikten yapılan ECa okumaları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde belirlemişlerdir.

EM38 ile yapılacak ECa ölçümlerinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi, ölçümlerin sağlıklı olması açısından büyük önem arz etmektedir.

- I) Hava sıcaklığının ve aletin kontrol paneli sıcaklığının 40 °C'nin üstüne çıktığı durumlarda ölçüm durdurulmalıdır. Aletin ölçüm paneli gölgelenmeli ve mutlaka 40 °C'nin altındaki havalarda ölçülmelidir. Robinson vd., (2004) tarafından yapılan çalışmada hava sıcaklığının 20°C'nin altında olduğu koşullarda ölçümün daha güvenilir olduğu rapor edilmektedir.
- II) EM38 ile ölçüm sırasında 2 saat aralıklarla mutlaka yatay ve düşey okumalar için kalibre edilmelidir (Robinson vd., 2004).
- III) Toprağın nem içeriği, ECa okumalarını büyük oranda etkilemektedir. Bu nedenle ölçüm yapılan toprağın su içeriğinin homojen olması gerekmektedir. Brevik vd., (2006) yaptıkları çalışmada, Haziran-Ekim üretim döneminde haftada 2 ECa ölçümü yapmışlardır. Aynı dönemde her ölçüm zamanında toprağın nem içeriğini belirlemek amacıyla 90 cm derinliğine kadar toprak nem örnekleme de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre toprağın su içeriğinin ölçülen ECa değerini önemli ölçüde etkilediği ve topraktaki nemin yüksek olması ECa'larda büyük farklılıklara sebep olduğu belirlenmiştir.
- IV) EM38 ölçümlerini, üretim yapılan bitki türü etkilemektedir. Örneğin etki kök derinliği 1 m'den daha az olan çayır bitkisinin kök bölgesinde artan



tuzlulukla yüksek dereceden bir ilişki belirlenmiştir. Ayrıca EM38'in yatay olarak yapılan kalibrasyonunda 0.25 ile 0.75 m derinliklerdeki ölçümler, 0.25 m'den az derinlikte yapılan ölçümlerden daha doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir (George ve Bennett, 2001).

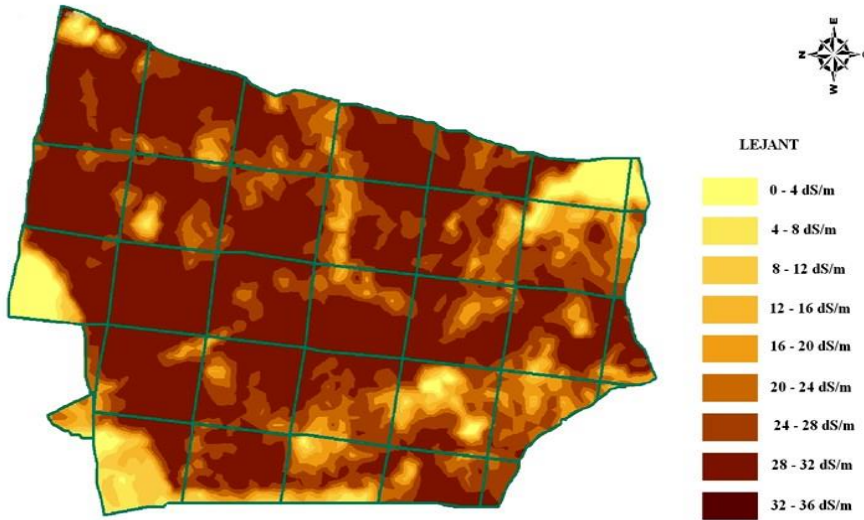
Ayrıca, ECa ölçümleri toprak sıcaklığından etkilenir. Toprak katmanının ilk 10 cm'i günlük hava sıcaklığından çok etkilenmektedir. Bu durumun ECa ölçümlerinde etkileme düzeyi ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada (08-20 saatleri arasında saat başında yapılan yatay ve düşey yönlü ölçümler sonucunda), ölçüm mesafeleri (toprağın 0.75 ve 1.5 m) dikkate alındığında ölçüm sonuçlarında önemli bir değişiklik belirlenmemiştir (Brevik vd., 2004).

### **Jeoistatistiksel Yöntemlerle Toprak Tuzluluk Haritalarının Hazırlanması**

EM38 ile ölçülen ECa değerlerinin kalibrasyonu sonrasında hazırlanacak toprak tuzluluk haritalarında kullanılması gereken araçların başında jeoistatistik yöntemler gelmektedir. Özellikle mekansal ilişkilerin anlaşılmasında, mekansal veya mekansal-zamansal veri setleri arasındaki bağlantıları ortaya çıkarmak için en etkili istatistiksel teknik olarak yaygın olarak kabul edilmektedir. Jeoistatistik enterpolasyon yöntemleri, temel enterpolasyon problemlerinin ötesine uzanır ve mekansal tahmin ve simülasyondaki belirsizliği hesaba katmak için rastgele fonksiyon teorisinden türetilen istatistiksel modelleri kullanır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Enterpolasyon yöntemlerinin iki ana kategorisi vardır: deterministik ve jeoistatistiksel. Deterministik enterpolasyon yöntemleri, ters mesafe ağırlıklı veya radyal temel fonksiyonlar gibi benzerlik veya yumuşatma teknikleri kullanarak ölçülen noktaları birleştirerek yüzeyler oluşturur. Kriging gibi jeoistatistik enterpolasyon teknikleri, ölçülen noktaların istatistiksel özelliklerinden yararlanır ve tahmin konumundaki örnek noktaların mekansal düzenlemesini dikkate alarak bu noktalar arasındaki mekansal korelasyonu değerlendirir (ArcGIS, 2024).

Kriging gibi jeoistatistik tekniklerin uygulanması, toprak örnekleri olmayan bölgelere rahatlık getirmiştir (Odeh vd., 1995). Jeoistatistik ile klasik istatistik arasındaki temel fark, jeoistatistiğin doğal verilerde mevcut olan mekansal korelasyonun doğrudan modellenmesine olanak sağlaması gerçeğinde yatmaktadır. Hajrasuliha vd., (1980) klasik istatistik ve

jeostatistikleri karşılaştıran araştırmalarında, toprak tuzluluğunun mekansal değişkenliğini dikkate alan jeostatistiğin daha doğru tahminler sağlama eğiliminde olduğunu kısaca belirtmektedir. Lesch vd., (1995b), EM38 ölçümlerinin uzaysal dağılımını belirlemek için yaygın olarak kullanılan ko-kriging yöntemini çoklu doğrusal regresyonla karşılaştırmıştır. Çoklu doğrusal regresyonun, maliyet etkinliği ve eşdeğerlik açısından ko-kriging'e kıyasla daha az pratik olduğu kabul edilmektedir. Toprak ECa'larından toprak tuzluluğu haritalarının oluşturulmasında (Şekil 4) en sık kullanılan enterpolasyon tekniği, kriging yöntemleridir [a) Ordinary Kriging, b) Simple Kriging ve c) Universal Kriging].



**Şekil 4:** EM38 ile yapılan ölçümlerden kriging jeostatistik yöntemi kullanılarak hazırlanmış toprak tuzluluk değişim haritası (Taş, 2009).

Jeoistatistiksel yöntemler, mekânsal verilerin analizi ve modellemesi için kullanılan çeşitli tekniklerden oluşmaktadır. Bu teknikler, deterministik enterpolasyon teknikleri olup, küresel ve yerel olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Küresel teknikler, tüm veri setini kullanarak tahminleri hesaplar. Yerel teknikler, daha büyük çalışma alanı içindeki daha küçük mekansal alanları olan mahallelerdeki ölçülen noktalardan tahminleri hesaplar. Global polinomu global interpolatör olarak ve ters mesafe ağırlıklı, yerel polinom,

radyal baz fonksiyonları, çekirdek yumuşatma ve difüzyon çekirdeğini yerel interpolatörler olarak kullanılabilir. Deterministik bir interpolasyon, ortaya çıkan yüzeyin veri değerlerinden geçmesini zorlayabilir veya zorlamayabilir. Örneklenen bir konumda ölçülen değere özdeş bir değeri tahmin eden bir interpolasyon tekniğine kesin interpolatör denir. Kesin olmayan bir interpolatör, ölçülen değerden farklı bir değeri tahmin eder. İkincisi, çıktı yüzeyindeki keskin tepe veya çukurlardan kaçınmak için kullanılabilir. Ters mesafe ağırlıklı ve radyal baz fonksiyonları kesin interpolatörlerdir, küresel polinom, yerel polinom, bariyerli çekirdek interpolasyonu ve bariyerli difüzyon interpolasyonu ise kesin değildir (ArcGIS, 2024).

EM38 haritalama maliyeti (30 m iş genişliğinde ve 15 km/h hız için) 5.55 \$/ha civarındadır. Bu maliyet, optimum iş genişliğinde her bir hektardaki spesifik EM38 kalibrasyonunu ve toprak örnekleri dahil değildir. EM38 ile toprak tuzluluğunun haritalama maliyeti,  $EMc = 166.66/T$  (T; iş genişliği, m, EMc; harita maliyeti, \$/ha) formülü ile hesaplanabilir (O'Leary vd., 2008).

EM38 yapılan toprak tuzluluk ölçüm verilerinde jeostatistiksel yöntemlerle elde edilen örnek haritalar Şekil ölçüm

## **SONUÇ**

Bugüne kadar yapılan araştırma ve teknolojik ilerlemelere rağmen, toprak tuzluluğunun ölçülmesi, belirlenmesi, değerlendirilmesi ve izlenmesine yönelik olarak, dünya genelinde onaylanmış ve uygulanabilir bir modelleme, yaklaşım veya yöntem henüz net olarak ortaya konmamıştır. Mevcut modelleme seçenekleri ve teknikleri hakkında tam bir anlayışa sahip olmak, optimum yöntemin seçilebilmesi ve tuzdan etkilenen alanların mekan-zaman özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlanabilmesi ve yorumlanabilmesi çok önemlidir. EM38 ölçüm cihazları, toprak tuzluluğunun farklı modellerinin oluşturulması, mevcut yaklaşımlar ve bunların farklı toprak ve çevre koşullarına uyarlanmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca, toprak elektriksel iletkenlik haritaları, toprağın değişkenliğini anlamak isteyenler için vazgeçilmezdir (Lund vd., 1999; Sudduth vd., 2001). Bir toprak parçasının elektriksel iletkenlik değeri, tuz, kil, organik madde ve su içeriği ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle, toprak tuzluluğu, pH, kil içeriği, KDK, değişebilir kanyonlar, kil mineralojisi, nem içeriği ve sıcaklık gibi özellikler dolaylı yoldan önemli belirleyiciler olabilir (Kachanowski vd., 1998; McBride vd., 1990;

McNeill 1992; Sudduth vd., 2001; Triantafilis vd., 2001, 2002; Beecher ve Dunn 2002). EM38 ölçümü, belirli toprak gübre göstergelerinin yanı sıra, tuzsuz alanlarda tekstürel farklılıkların belirlenmesinde ve anlaşılmasında kolaylık sağlar ve zamandan tasarruf ettirir (Hedley vd., 2004). Bu bağlamda, EM38 cihazı, toprağın tuzluluğunu belirlemenin yanı sıra, toprak tekstürünü ve nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N) gibi bitki besin maddelerini tespit etmek için de kullanılabilir.

Toprak tuzluluğunun EM38 kullanılarak ölçülmesi ve haritalanmasının birçok avantajı vardır. Özellikle toprak tuzluluğuyla kolayca ilişkilendirilebilen çok sayıda ECa ölçümü hızlı, düşük maliyetli ve zahmetsizce yapılabilmektedir. Farklı modelleme yaklaşımları uygulanarak, ECa verileri ECe tuzluluk tahminlerine dönüştürülebilir ve çeşitli ölçeklerde ve arazi tiplerinde, tuzluluğun zaman, mekan ve derinlik boyutunda dağılımı hakkında çok değerli bilgilerin sağlanmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca, toprak tuzluluğunun çeşitli toprak özellikleri ve faktörleriyle karmaşık etkileşimleri ve zaman ve mekandaki sürekli değişimleri nedeniyle, EM38 tarafından yapılan ölçümler sayesinde tuzluluğun zaman ve şiddet boyutundaki değişimi çok kısa sürede belirlenebilmektedir. EM38, çok bobinli sensörlere kıyasla kullanımı kolay ve uygun maliyetli olmasının yanında özellikle uzaktan algılama gibi diğer toprak veri kaynaklarının bulunmadığı durumlarda toprak tuzluluğunun haritalanmasında büyük kolaylık ve yararlar sağlamaktadır. Dahası, EM38 çeşitli derinliklerdeki okumaları, ters modelleme tekniğini kullanarak, büyük sulama alanlarındaki toprak tuzluluğunun mekansal ve zamansal değişkenliğini üç boyutlu olarak izleme olanağı da sağlamaktadır. Öte yandan coğrafi olarak referanslanmış EM38 ölçümleri, uzaktan algılama verileriyle entegre edilerek kök bölgesindeki tuzluluğun şiddet ve dağılımının belirlenmesine de olanak sağlamaktadır. Bu tür yaklaşımlar, hassas ve zamanında sürdürülebilir stratejilerin uygulanmasına büyük katkılar sağlarken aynı zamanda toprak örnekleme ihtiyacını çok büyük oranda azaltır. Bunun yanında, EM38 ile birden fazla yere özgü ölçümlerin alınabilmesi sayesinde makine öğrenimi ve enterpolasyon tekniği gibi yöntemlerle birleştirilerek hibrit modellemeler üretilebilir, yapa zeka destekli izleme ve değerlendirme yapılarak, daha karlı ve sürdürülebilir bir tarımsal üretim için çok önemli bir destek sağlanabilir.

## **KAYNAKLAR**

- Abdu, H., Robinson, D.A. & Jones, S.B. (2005) Comparing Bulk Soil Electrical Conductivity Determination Using the DUALEM-IS and EM 38-DD Electromagnetic Induction Instruments. *Soil.Sci.Soc. Am. J.* 71: 189: 196.
- Akramkhanov, A., Brus, D. J. & Walvoort, D. J. J. (2014). Geostatistical monitoring of soil salinity in Uzbekistan by repeated EMI surveys. *Geoderma*, 213, 600-607.
- Amezketta, E. (2007). Soil salinity assessment using directed soil sampling from a geophysical survey with electromagnetic technology: A case study. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5, 91-101.
- ArcGIS, 2024. Essential vocabulary for Geostatistical Analyst. Web sayfası: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/essential-vocabulary-for-geostatistical-analyst.htm>. Erişim Tarihi: 10.10.2024
- Arndt, J. L., Prochnow, N. D. & Richardson, J. L. (1987). Estimating weighted soil salinity of medium textured soils in Eastern North Dakota with an airborne electromagnetic induction meter. Department of Soil Science, North Dakota State University: Fargo, ND, USA.
- Ayers, R.S. & Westcot, D.W. (1994) *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Revision 1, FAO, Rome, 174 p.
- Bakker, D., Hamilton, G., Hetherington, R. & Spann, C. (2010). Productivity of waterlogged and salt-affected land in a Mediterranean climate using bed-furrow systems. *Field Crops Research*, 117, 24-37.
- Barbiero, L., Cunnac, S., Mane, L., Laperrousaz, C., Hammecker, C. & Maeght, J. L. (2001). Salt distribution in the Senegal middle valley-Analysis of a saline structure on planned irrigation schemes from N'Galenka creek. *Agricultural Water Management*, 46, 201-213.
- Barr, N. F. (1999). Salinity control, water reform and structural adjustment: The Tragowel Plains irrigation district (Ph.D. thesis). University of Melbourne, Melbourne, Australia.
- Bennett, D. L. & George, R. J. (1995). Using the EM38 to measure the effect of soil salinity on Eucalyptus globulus in south-western Australia. *Agricultural Water Management*, 27, 69-85.
- Bennett, D. L., George, R. J. & Whitfield, B. (2000). The use of ground EM systems to accurately assess salt store and help define land management options, for salinity management. *Exploration Geophysics*, 31, 249-254.
- Bouksila, F., Persson, M., Bahri, A. & Berndtsson, R. (2012). Electromagnetic induction prediction of soil salinity and groundwater properties in a Tunisian Saharan oasis. *Hydrological Sciences Journal*, 57, 1473-1486.
- Bourgault, G., Journel, A. G., Rhoades, J. D., Corwin, D. L. & Lesch, S. M. (1996). Geostatistical analysis of a soil salinity data set. *Advances in Agronomy*, 58, 241-292.
- Broadfoot, K., Morris, M., Stens, D. & Heuperman, A. (2002). The role of EM38 in land and water management planning on the Tragowel Plains in Northern Victoria. *Exploration Geophysics*, 33, 90-94.

- Bronson, K.F., Booker, D.J., Officer, S.J., Lascano, R.J., Maas, S.J., Searcy, S. W. & Booker, J., 2005. Apperent Electrical Conductivity, Soil Properties and Spatial Covariance in the U.S. Souther Hig Plains. *Precision Agriculture* 6, 297-311.
- Cameron, D. R., Dejong, E., Read, D. W. L. & Oosterlrd, M. (1981). Mapping salinity using resistivity and electromagnetic inducti techniques. *Canadian Journal of Soil Science*, 61, 67-78.
- Cannon, M. E., McKenzie, R. C. & Lachapelle, G. (1994). Soil-salinity mapping with electromagnetic induction and satellite-based navigation methods. *Canadian Journal of Soil Science*, 74, 335-343.
- Cassel, F., Goorahoo, D. & Sharmasarkar, S. (2015). Salinization and yield potential of a salt-laden Californian soil: An in situ geophysical analysis. *Water, Air, Soil Pollution*, 226, 1-8.
- Chaali, N., Coppola, A., Comegna, A. & Dragonetti, G. (2015). Assessment of soil electromagnetic parameters and their variation with soil water, salts: A comparison among EMI and TDR measuring methods. In *Proceedings of the EGU General Assembly Conference Abstracts (Vienna, Austria, 12-17 April 2015)*.
- Chaudhry, M. R. B. A. (2000). Electromagnetic induction device (EM38) calibration and monitoring soil salinity/environment (Pakistan). In W. F. Vlotman (Ed.), *EM38 Workshop* (pp. 37-48). New Delhi, India.
- Cook, P. G. & Walker, G. R. (1992). Depth profiles of electrical-conductivity from linear-combinations of electromagnetic induction measurements. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 1015-1022.
- Corwin, D. L., & Lesch, S. M. (2003). Application of soil electrical conductivity to precision agriculture. *Agronomy Journal*, 95(3), 455-471.
- Corwin, D. L. & Lesch, S. M. (2005). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46(1-3), 11-43.
- Corwin, D. L. & Lesch, S. M. (2014). A simplified regional-scale electromagnetic induction-Salinity calibration model using ANOCOVA modeling techniques. *Geoderma*, 230-231, 288-295.
- Corwin, D. L. & Lesch, S. M., Shouse, P. J., Soppe, R., Ayars, J. E. (2003). Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity. *Agronomy Journal*, 95, 352-364.
- Corwin, D. L. & Scudiero, E. (2017). Field-scale apparent soil electrical conductivity. *Geoderma*, 285, 3-15.
- Corwin, D. & Rhoades, J. (1982). An improd technique for determining soil electrical conductivity-depth relations from abo-ground electromagnetic measurements. *Soil Science Society of America Journal*, 46, 517-520.
- Corwin, D. & Rhoades, J. (1984). Measurement of irted electrical conductivity profiles using electromagnetic induction. *Soil Science Society of America Journal*, 48, 288-291.
- Dang, Y. P., Dalal, R. C., Buck, S. R., Harms, B., Kelly, R., Hochman, Z., Schwenke, G. D., Biggs, A. J. W., Ferguson, N. J., Norrish, S., Routley, R., McDonald, M., Hall, C., Singh, D. K., Daniells, I. G., Farquharson, R., Manning, W., Speirs, S., Grewal, H. S., Cornish, P., Bodapati, N., & Orange, D. (2010). Diagnosis, extent, impacts, and management of subsoil constraints in the northern grains

- cropping region of Australia. *Australian Journal of Soil Research* 48 (2) 105-119. <https://doi.org/10.1071/SR09074>.
- Dang, Y. P., Dalal, R. C., Pringle, M. J., Biggs, A. J. W., Darr, S., Sauer, B., Moss, J., Payne, J. & Orange, D. (2011). Electromagnetic induction sensing of soil identifies constraints to the crop yields of north-eastern Australia. *Soil Research*, 49, 559-571.
- De Clercq, W. & Rozanov, A. (2013). Using iodine as a tracer in the field and the detection thereof to reflect on water and salt moment in these soils. In *Proceedings of the 3rd Global Workshop on Proximal Soil Sensing* (Postdam, Germany, 26-29 May 2013; p. 252).
- De Jong, E., A.K. Ballantyne, D.R. Cameron, & D.W.L. Read. 1979. Measurement of Apparent Electrical Conductivity of Soils by an Electromagnetic Induction Probe to Aid Salinity Surveys. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:810-812.
- Doolittle, J. A. & Brevik, E. C. (2014). The use of electromagnetic induction techniques in soils studies. *Geoderma*, 223-225, 33-45.
- Doolittle, J., Petersen, M. & Wheeler, T. (2001). Comparison of two electromagnetic induction tools in salinity appraisals. *Journal of Soil and Water Conservation*, 56, 257-262.
- Dunn, G., Taylor, D., Nester, M. & Beetson, T. (1994). Performance of twel selected Australian tree species on a saline site in southeast Queensland. *Forest Ecology and Management*, 70, 255-264.
- Evans, T. (1998). Mapping vineyard salinity using electromagnetic surys. *Australian Grapegrower Winemaker*, 415, 20-21.
- Fisher, P.D., Abuzar, M., Best, F., & Rab, M.A. (2009) Advances in precision agriculture in south-eastern Australia, Part I: A methodology for the combined use of historical paddock yields and Normalised Difference getation Index to simulate spatial variation in cereal yields. *Crop and Pasture Science* 60, 844-858.
- Fitzpatrick, R. W., Thomas, M., Davies, P. J. & Williams, B. G. (2003). Dry saline land: An instigation using ground-based geophysics, soil sury and spatial methods near Jamestown, South Australia. *CSIRO Land and Water: Glen Osmond, Australia*.
- Ghany, A. H., Omara, A. M. & El Nagar, M. A. (2000). Testing electromagnetic induction device (EM 38) under Egyptian conditions. In W. F. Vlotman (Ed.), *EM38 Workshop* (New Delhi, India).
- Gill, H. S. & Yee, M. (2004). EM-38 for assessing surface and sub-soil salinity and its relationship to establishment and growth of selected perennial pasture species. In *Proceedings of the SuperSoil 2004-3rd Australian New Zealand Soils Conference* (Sydney, Australia, 5-9 December 2004).
- Greenspan, L. (2006). Evaluation of EM38 for soil salinity mapping. *Journal of Soil and Water Conservation*, 61(3), 103-109.
- Hajkovicz, S., & Young, M. (2005). Costing yield loss from acidity, sodicity and dryland salinity to Australian agriculture. *Land Degradation & Development*, 16(5), 417-433.
- Hanson, B. R. & Kaita, K. (1997). Response of electromagnetic conductivity meter to soil salinity and soil-water content. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE*, 123, 141-143.

- Heil, K. & Schmidhalter, U. (2015). Comparison of the EM38 and EM38-MK2 electromagnetic induction-based sensors for spatial soil analysis at field scale. *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 267-280.
- Hendrickx, J. M. H., Baerends, B., Raza, Z. I., Sadig, M., & Chaudhry, M. A. (1992). Soil salinity assessment by electromagnetic induction of irrigated land. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 1933-1941.
- Herrero, J., Ba, A. & Aragüés, R. (2003). Soil salinity and its distribution determined by soil sampling and electromagnetic techniques. *Soil Use and Management*, 19, 119-126.
- Hopkins, D. G. & Richardson, J. L. (1999). Detecting a salinity plume in an unconfined sandy aquifer and assessing secondary soil salinization using electromagnetic induction techniques, North Dakota, USA. *Hydrogeology Journal*, 7, 380-392.
- Horney, R. D., Taylor, B., Munk, D. S., Roberts, B. A., Lesch, S. M. & Plant, R. E. (2005). Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 379-397.
- Huang, J., Mokhtari, A., Cohen, D., Monteiro Santos, F. & Triantafilis, J. (2015a). Modelling soil salinity across a gilgai landscape by insertion of EM38 and EM31 data. *European Journal of Soil Science*, 66, 951-960.
- Huang, J., Subasinghe, R., Malik, R. & Triantafilis, J. (2015b). Salinity hazard and risk mapping of point source salinisation using proximally sensed electromagnetic instruments. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, 213-224.
- Isaaks, E. H. & Srivastava, R. M. (1989), *An Introduction to Applied Geostatistics*, Oxford Üniversitesi Basımevi, New York, ABD.
- John, M., Pannell, D., & Kingwell, R. (2005). Climate change and the economics of farm management in the face of land degradation: Dryland salinity in Western Australia. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 53(4), 443-459.
- Johnson, C.K., Mortensen, D.A., Wienhold, B.J., Shanahan, W.J., & Doran, J.W. (2003) Site-specific management zones based on soil electrical conductivity in a semiarid cropping system. *Agronomy Journal* 95, 303-315.
- Johnston, M. A., Savage, M. J., Moolman, J. H. & du Plessis, H. M. (1997). Evaluation of calibration methods for interpreting soil salinity from electromagnetic induction measurements. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 1627-1633.
- Kaffka, S. R., Lesch, S. M., Bali, K. M. & Corwin, D. L. (2005). Site-specific management in salt-affected sugar beet fields using electromagnetic induction. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 329-350.
- Kim, D., & Kaluarachchi, J. J. (2016). A risk-based hydro-economic analysis for land and water management in water deficit and salinity affected farming regions. *Agricultural Water Management*, 166, 111-122.
- Kim, D., & Kaluarachchi, J. J. (2016). A risk-based hydro-economic analysis for land and water management in water deficit and salinity affected farming regions. *Agricultural Water Management*, 166, 111-122.
- Kingwell, R., Hajkowicz, S., Young, J., Patton, D., Trapnell, L., Edward, A., Krause, M., & Bathgate A., (2003). Economic evaluation of salinity management options in cropping regions of Australia. Grains Research and Development Corporation.



- Kitchen, N.R., Sudduth, K.A. & Drummond, S.T. (1999) Soil electrical conductivity as a crop productivity measure for claypan soils. *Journal of Production Agriculture* 12, 607-617
- Lelij, A. V. D. (1983). Use of an electromagnetic induction measurement (Type EM-38) for mapping of soil salinity. Water Resource Commission: Murrumbidgee, Australia.
- Lesch, S. M. & Corwin, D. L. (2008). Prediction of soil salinity profiles using electromagnetic induction techniques. *Soil Science Society of America Journal*, 72(1), 140-149.
- Lesch, S. M., Herrero, J. & Rhoades, J. D. (1998). Monitoring for temporal changes in soil salinity using electromagnetic induction techniques. *Soil Science Society of America Journal*, 62, 232-242.
- Lesch, S. M., Rhoades, J. D. & Corwin, D. L. (2017). Statistical modeling and prediction methodologies for large scale spatial soil salinity characterization: A case study using calibrated electromagnetic measurements within the Broadview Water District. Available online: <https://pdfs.semanticscholar.org/d741/83bae61378577de128283ea0139f9f0a73dc.pdf> (accessed on 1 November 2017).
- Lesch, S. M., Rhoades, J. D., Lund, L. J. & Corwin, D. L. (1992). Mapping soil-salinity using calibrated electromagnetic measurements. *Soil Science Society of America Journal*, 56, 540-548.
- Lesch, S. M., Strauss, D. J. & Rhoades, J. D. (1995). Spatial prediction of soil-salinity using electromagnetic induction techniques 1. Statistical prediction models-A comparison of multiple linear-regression and cokriging. *Water Resources Research*, 31, 373-386.
- Li, H., Li, F., Shi, Z. & Huang, M. (2010). Three dimensional variability of soil electrical conductivity based on electromagnetic induction approach. In *Proceedings of the 2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence (AICI)* (Sanya, China, 23-24 October 2010; pp. 219-223).
- Mankin, K. R., Ewing, K. L., Schrock, M. D. & Kluitenberg, G. J. (1997). Field measurement and mapping of soil salinity in saline seeps. In *Proceedings of the ASAE International Meeting* (Minneapolis, MN, USA, 10-14 August 1997).
- Mankin, K. R. & Karthikeyan, R. (2002). Field assessment of saline seep remediation using electromagnetic induction. *Transactions of the ASAE*, 45, 99-107.
- Mankin, K. & Koelliker, J. (2000). Hydrologic balance approach to saline seep remediation design. *Applied Engineering in Agriculture*, 16, 129-133.
- McKenzie, R. C. (2017). Salinity: Mapping and determining crop tolerance with an electromagnetic induction meter (Canada). Available online: [http://www2.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/special\\_reports/Srep13/Srep13-h6.pdf](http://www2.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/special_reports/Srep13/Srep13-h6.pdf) (accessed on 1 November 2017).
- McKenzie, R. C., Chomistek, W. & Clark, N. F. (1989). Conversion of electromagnetic inductance readings to saturated paste extract values in soils for different temperature, texture, and moisture conditions. *Canadian Journal of Soil Science*, 69, 25-32.

- McKenzie, R. C., George, R. J., Woods, S. A., Cannon, M. E., Bennett, D. L. (1997). Use of the electromagnetic-induction meter (EM38) as a tool in managing salinisation. *Hydrogeology Journal*, 5, 37-50.
- McKenzie, R. C., Mathers, H. M. & Woods, S. A. (1993). Salinity and crop tolerance of ornamental trees and shrubs. Alberta Special Crops and Horticultural Research Center: Brooks, AB, Canada.
- McNeill JD (1992) Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. In 'Advances in measurement of soil physical properties: bringing theory into practice'. Special Publication No. 30. pp. 209-29 (Soil Science Society of America: Madison, WI)
- McNeill, J. (2017). Electromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Available online: <http://www.geonics.com/pdfs/technicalnotes/tn6.pdf> (accessed on 1 Nöember 2017).
- McNeill, J. D. (1992a). Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. *Advances in Agronomy*, 49, 201-252.
- McNeill, J. D. (1992b). Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. In *Advances in Measuring Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice* (pp. 209-229).
- Metternicht, G. I., & Zinck, J. A. (2003). Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment*, 85(1), 1-20.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681.
- Narjary, B., Kumar, S., Meena, M., Kamra, S. K. & Sharma, D. K. (2022). Spatio-temporal mapping and analysis of soil salinity: An integrated approach through Electromagnetic induction (EMI), multivariate and geostatistical techniques. *Geocarto International*, 37(22), 6553-6571.
- Nettleton, W. D., Bushue, L., Doolittle, J. A., Endres, T. J. & Indorante, S. J. (1994). Sodium-affected soil identification in South-Central Illinois by electromagnetic induction. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1190-1193.
- Nogues, J., Robinson, D. A. & Herrero, J. (2006). Incorporating electromagnetic induction methods into regional soil salinity survey of irrigation districts. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 2075-2085.
- Norman, C. P. (1990). Training manual on the use of the EM38 for soil salinity appraisal. Victorian Department of Agriculture and Rural Affairs: Victoria, Australia.
- Norman, C. P. (2017). Kyvalley [Victoria] EM38 salinity survey. Available online: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AU9430080> (accessed on 1 Nöember 2017).
- Oster, J. D., & Wichelns, D. (2003). Economic and agronomic strategies to achieve sustainable irrigation. *Irrigation Science*, 22, 107-120.
- Petsetidi, P. A., & Kargas, G. (2023). Assessment and mapping of soil salinity using the EM38 and EM38MK2 sensors: A focus on the modeling approaches. *Land*, 12, 1932. <https://doi.org/10.3390/land12101932>
- Qadir, M., & Oster, J. D. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment*, 323(1-3), 1-19.

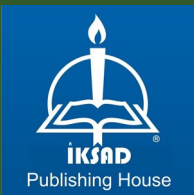
- Qadir, M., & Schubert, S. (2002). Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degradation & Development*, 13(4), 275-294.
- Qadir, M., Ghafoor, A., & Murtaza, G. (2000). Amelioration strategies for saline soils: a review. *Land Degradation & Development*, 11(6), 501-521.
- Qadir, M., Oster, J. D., Schubert, S., Noble, A. D., & Sahrawat, K. L. (2007). Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in Agronomy*, 96, 197-247.
- Qadir, M., Quillérou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., & Noble, A. D. (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*, 38(4), 282-295.
- Rahimian, M. H. & Hasheminejad, Y. (2011). Calibration of electromagnetic induction device (EM38) for soil salinity assessment. *Iranian Journal of Soil Research*, 24, 243-252.
- Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1017-1023.
- Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5), 1017-1023.
- Rhoades, J. D. (1993). Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in agronomy* (Vol. 49, pp. 201-251). San Diego, CA: Academic Press.
- Rhoades, J. D., Chanduvi, F. & Lesch, S. (1999a). Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. FAO-57 Land and Water Delopment Division: Rome, Italy.
- Rhoades, J. D. & Corwin, D. L. (1990). Soil electrical conductivity: Effects of soil properties and application to soil salinity appraisal. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21(11-12), 837-860.
- Rhoades, J. D., Corwin, D. L. & Lesch, S. M. (1999b). Geospatial measurements of soil electrical conductivity to assess soil salinity and diffuse salt loading from irrigation. In *Assessment of Non-Point Source Pollution in the Vadose Zone* (pp. 197-215). American Geophysical Union: Washington, DC, USA.
- Rhoades, J. D., Manteghi, N. A., Shouse, P. J. & Als, W. J. (1989). Soil electrical-conductivity and soil-salinity-New formulations and calibrations. *Soil Science Society of America Journal*, 53, 433-439.
- Rhoades, J. & Corwin, D. (1981). Determining soil electrical conductivity-depth relations using an inducti electromagnetic soil conductivity meter. *Soil Science Society of America Journal*, 45, 255-260.
- Rhoades, J.D., Lesch, S.M., Lemert, R.D. & Alves, W.J., 1997. Assessing Irrigation/Drainage/Salinity Management Using Spatially Referenced Salinity Measurements *Agricultural Water Management* 35 (1997) 147-165.
- Robertson, M., Isbister, B., Maling, I., Ollir, Y., Wong, M., Adams, M., Bowden, B. & Tozer, P (2007). Opportunities and constraints for managing within-field spatial variability in Western Australian grain production. *Field Crops Research*, 104, 60-67
- Sadras, V., Baldock, J., Roget, D. & Rodriguez D (2003) Measuring and modelling yield and water budget components of wheat crops in coarse-textured soils with chemical constraints. *Field Crops Research* 84, 241-260
- Sharma, D. P. & Gupta, S. K. (2017). Application of EM38 for soil salinity appraisal: An Indian experience. Available online:

- [http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/special\\_reports/Srep13/Srep13-h3.pdf](http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/special_reports/Srep13/Srep13-h3.pdf) (accessed on 1 November 2017).
- Sheets, K. R., Taylor, J. P. & Hendrickx, J. M. H. (1994). Rapid salinity mapping by electromagnetic induction for determining riparian restoration potential. *Restoration Ecology*, 2, 242-246.
- Singh, A. (2022). Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, 38(1), 39-62.
- Slavich, P. (1990). Determining ECa-depth profiles from electromagnetic induction measurements. *Soil Research*, 28, 443-452.
- Slavich, P. & Johnston, S. (2017). Sources of acidity and pathways of transport to the Belongil drainage system. Available online: <http://www.wetlandcare.com.au/Content/templates/..%5C.%5Cdocs%5Creports%5CBelongil%20Working%20Papers.pdf#page=10> (accessed on 1 November 2017).
- Slavich, P. & Petterson, G. (1990). Estimating arage rootzone salinity from electromagnetic induction (EM-38) measurements. *Soil Research*, 28, 453-463.
- Smitt, C., Cox, J., McEwan, K., Davies, P., Herczeg, A. & Walker, G. (2017). Salt transport in the Bremer Hills, interpretation of spatial datasets for salt distribution. Technical Report 49/03. CSIRO Land and Water: Canberra, Australia. Available online: <http://www.clw.csiro.au/publications/technical2003/tr49-03.pdf> (accessed on 1 November 2017).
- Soliman, A. S., Farshad, A., Sporry, R. J. & Shrestha, D. P. (2004). Predicting salinization in its early stage, using electromagnetic data and geostatistical techniques: A case study of Nong Suang district, Nakhon Ratchasima, Thailand. In *Proceedings of the 25th Asian Conference on Remote Sensing (Chiang Mai, Thailand, 22-26 November 2004)*.
- Spies, B. & Woodgate, P. (2017). Salinity mapping methods in the Australian context. Available online: [https://www.researchgate.net/profile/Peter\\_Woodgate/publication/242771344\\_Salinity\\_mapping\\_methods\\_in\\_the\\_Australian\\_context/links/5418c99f0cf2218008bf4575.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Peter_Woodgate/publication/242771344_Salinity_mapping_methods_in_the_Australian_context/links/5418c99f0cf2218008bf4575.pdf) (accessed on 1 November 2017).
- SriRanjan, R. & Karthigesu, T. (1995). Evaluation of an electromagnetic method for detecting lateral seepage around manure storage lagoons. ASAE paper No. 952440. American Society of Agricultural Engineers: St. Joseph, MI, USA.
- Sudduth, K. A., Drummond, S. T., & Kitchen, N. R. (2001). Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31, 239-264.
- Sudduth, K. A., Kitchen, N. R., Wiebold, W. J. & Batchelor, W. D. (2005). Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 263-283.
- Sudduth, K.A., Kitchen, N.R. & Drummond, S.T. 2008 Soil Conductivity Sensing on Claypan Soils: Comparison of Electromagnetic Induction and Direct Methods. Web Sayfası: [www.engineering.purdue.edu](http://www.engineering.purdue.edu). Erişim Tarihi: 22.09.2008
- Triantafilis, J., Ahmed, M. F. & Odeh, I.O.A. (2002). Application of a mobile electromagnetic sensing system (MESS) to assess cause and management of soil

- salinization in an irrigated cotton-growing field. *Soil Use and Management*, 18, 330-339.
- Triantafilis, J., Huckel, A. I. & McBratney, A.B. (1998). Use of a mobile electromagnetic sensing system for assessment of soil salinity and irrigation efficiency. In *Proceedings of the 16th World Conference of Soil Science* (Montpellier, France, 20-26 August 1998).
- Triantafilis, J., Huckel, A.I. & Odeh, I.O.A. (2001). Comparison of statistical prediction methods for estimating field-scale clay content using different combinations of ancillary variables. *Soil Science*, 166, 415-427.
- Triantafilis, J., Huckel, A. I. & Odeh, I. O. A. (2003). Field-scale assessment of deep drainage risk. *Irrigation Science*, 21, 183-192.
- Triantafilis, J., Laslett, G. M., McBratney, A. B. (2000). Calibrating an electromagnetic induction instrument to measure salinity in soil under irrigated cotton. *Soil Science Society of America Journal*, 64, 1009-1017.
- Triantafilis, J., Odeh, I. O. A., Jarman, A. L., Short, M. G. & Kokkoris, E. (2004). Estimating and mapping deep drainage risk at the district lel in the lower Gwydir and Macquarie valleys, Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 893-912.
- Turnham, C. (2003). Using electromagnetic induction methods to measure just a bullet point agricultural soil salinity and its effects on adjacent nati getation in Western Australia (BSc. thesis). Lancaster Unirsitey, Lancashire, UK.
- Vaughan, P. J., Lesch, S. M., Corwin, D. L. & Cone, D. G. (1995). Water-content effect on soil-salinity prediction-A geostatistical study using cokriging. *Soil Science Society of America Journal*, 59, 1146-1156.
- Visconti, F., & de Paz, J. M. (2021). Sensitivity of soil electromagnetic induction measurements to salinity, water content, clay, organic matter and bulk density. *Precision Agriculture*, 22(5), 1559-1584.
- Vlotman, W. F. (2017). Calibrating the EM38. Available online: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NL2001003220> (accessed on 1 Nember 2017).
- Welle, P. D., & Mauter, M. S. (2017). High-resolution model for estimating the economic and policy implications of agricultural soil salinization in California. *Environmental Research Letters*, 12(9), 094023.
- Whiteley, R. J. (1994). Environmental geophysics: Challenges and perspectis. *Exploration Geophysics*, 25, 189-196.
- Williams, B. G. & Baker, G. (1982). An electromagnetic induction technique for reconnaissance surys of soil salinity hazards. *Soil Research*, 20, 107-118.
- Williams, B. G. & Fidler, F. T. (1985). The use of electromagnetic induction for locating subsurface saline material. *IAHS Publication*, 189-196.
- Williams, B. & Braunach, M. (1984). The detection of subsurface salinity within the Northern Slopes region of Victoria, Australia. In R. H. French (Ed.), *Salinity in Watercourses and Reservoirs: Proceedings of the 1983 International Symposium on State-of-the-Art Control of Salinity* (pp. 515-524). Butterworth Publishers: Stoneham, MA, USA.
- Wittler, J. M., Cardon, G. E., Gates, T. K., Cooper, C. A. & Sutherland, P. L. (2006). Calibration of electromagnetic induction for regional assessment of soil water salinity in an irrigated valley. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE*, 132, 436-444.

- Wollenhaupt, N. C., Richardson, J. L., Foss, J. E. & Doll, E. C. (1986). A rapid method for estimating weighted soil-salinity from apparent soil electrical-conductivity measured with an aboground electromagnetic induction meter. *Canadian Journal of Soil Science*, 66, 315-321.
- Wong, M.T.F., Asseng, S. & Zhang, H. (2006) A flexible approach to managing variability in grain yield and nitrate leaching at within-field to farm scales. *Precision Agriculture* 7, 405-417.
- Yao, R. J., Yang, J. S., Liu, G. M. (2007). Calibration of soil electromagnetic conductivity in inrted salinity profiles with an integration method. *Pedosphere*, 17, 246-256.
- Yao, R. & Yang, J. (2010). Quantitati evaluation of soil salinity and its spatial distribution using electromagnetic induction method. *Agricultural Water Management*, 97, 1961-1970.
- Yao, Y., Zhang, F. & Jiang, H. (2013). Research on model of soil salinization monitoring based on hyperspectral index and EM38. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 33, 1658-1664.
- Yash, D. & Dalal, R., 2019. Using EM38 at the crop lower limit to identify subsoil constraints for site-specific management. School of Agriculture and Food Sciences, The Unirsity of Queensland Date: 26 Feb 2019.
- Zhang, H., Schroder, J. L., Pittman, J. J., Wang, J. J., Payton, M. E. (2005). Soil salinity using saturated paste and 1:1 soil to water extracts. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 1146-1151.





**ISBN: 978-625-367-980-4**