

# TARLA BİTKİLERİNDE VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK



EDİTÖRLER  
DOÇ. DR. FATİH ÇİĞ  
DR. ÖĞR. ÜYESİ SİPAN SOYSAL

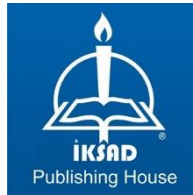
# TARLA BİTKİLERİNDE VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

## EDİTÖR

Doç. Dr. Fatih ÇIĞ  
Dr. Öğr. Üyesi Sipan SOYSAL

## YAZARLAR

Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL  
Prof. Dr. Murat ERMAN  
Prof. Dr. Yusuf DOĞAN  
Doç. Dr. Fatih ÇIĞ  
Doç. Dr. İbrahim KOÇ  
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CERİTOĞLU  
Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR  
Dr. Öğr. Üyesi Serap DOĞAN  
Dr. Öğr. Üyesi Sipan SOYSAL  
Öğr. Gör. Dr. Hilal YILMAZ  
Dr. Zeki ERDEN  
Yük. Zir. Müh. Çağdaş Can TOPRAK  
Yiğit Buğra AKYÖN



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

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2024©

**ISBN: 978-625-378-138-5**

Cover Design: Abdurrahim YILMAZ

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

## İÇİNDEKİLER

### ÖNSÖZ

Doç. Dr. Fatih ÇİĞ

Dr. Öğr. Üyesi Sipan SOYSAL.....1

### BÖLÜM 1

#### MARDİN İLİNDE NOHUT ÜRETİMİNİN MEVCUT DURUMU, SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Serap DOĞAN

Prof. Dr. Yusuf DOĞAN.....3

### BÖLÜM 2

#### LAVANTA BİTKİSİNİN TIBBİ AROMATİK ÖZELLİKLERİ ve *Lavandula angustifolia*'nın DOKU KÜLTÜRÜ UYGULAMALARI

Yiğit Buğra AKYÖN

Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL.....17

### BÖLÜM 3

#### SENTETİK PESTİSİTLERİN TARIMSAL VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTE YERİ, ÖNEMİ VE GELECEĞİ ÜZERİNE ÇEVRECİ BİR YAKLAŞIM

Doç. Dr. İbrahim KOÇ .....49

### BÖLÜM 4

#### BAKLAGİLLERDE MİKROELEMENT EKSİKLİKLERİNİN BİYOFORTİFİKASYON İLE GİDERİLMESİ

Öğr. Gör. Dr. Hilal YILMAZ.....65

### BÖLÜM 5

#### SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMDA SU AYAK İZİ KAVRAMI

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CERİTOĞLU

Prof. Dr. Murat ERMAN

Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR.....81

### BÖLÜM 6

#### BİTKİ GELİŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ BAKTERİ UYGULAMALARININ ÇELTİKTE KULLANIM OLANAKLARININ İNCELENMESİ

Doç. Dr. Fatih ÇİĞ

Dr. Zeki ERDEN

Yüksek Ziraat Mühendisi Çağdaş Can TOPRAK

Dr. Öğr. Üyesi Sipan SOYSAL.....93

## **BÖLÜM 7**

### **BÜYÜME DÜZENLEYİCİ VE ANTİOKSİDAN OLARAK MELATONİN'İN ABİYOTİK STRESLERE MARUZ KALAN TAHİL BİTKİLERİNDE PRIMING UYGULAMALARI**

Doç. Dr. Fatih ÇIĞ

Dr. Zeki ERDEN

Yüksek Ziraat Mühendisi Çağdaş Can TOPRAK.....101

## **BÖLÜM 8**

### **TARLA TARIMINDA VERİMLİLİK ARTIRICI YÖNTEMLER: YÜKSEK VERİMLİ TARIM UYGULAMALARI**

Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR.....111

## ÖNSÖZ

Tarım sektörü, insanlığın geleceği için hayati bir öneme sahiptir. Gıda, yem, enerji ve endüstriyel hammadde üretiminin temelini oluşturan tarla bitkileri yetiştiriciliği, bu sektörün en önemli alanlarından biridir. Artan dünya nüfusu, sınırlı kaynaklar ve değişen iklim koşulları, tarımsal üretimde hem verimliliği hem de sürdürülebilirliği sağlamayı zorunlu hale getirmektedir.

Verimlilik odaklı çalışmalar, birim alandan elde edilen ürün miktarını artırmayı ve bu süreci daha ekonomik hale getirmeyi amaçlarken, sürdürülebilirlik, tarımsal üretimin doğal kaynakları koruyarak gelecek nesillere aktarılmasını hedeflemektedir.

Teknolojinin tarım sektörüne entegrasyonu, verimlilik ve sürdürülebilirlik açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Dijital tarım uygulamaları, hassas tarım teknolojileri, yapay zekâ destekli analizler ve uzaktan algılama gibi yenilikçi yöntemler, tarla bitkileri yetiştiriciliğinde devrim niteliğinde ilerlemelere olanak tanımaktadır. Bu uygulamalar, tarımda kaynak kullanımını optimize ederek üretimde çevresel etkileri azaltmayı ve daha sürdürülebilir bir tarımsal sistem oluşturmayı mümkün kılmaktadır.

Kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm yazarlara teşekkür ederiz

Doç. Dr. Fatih ÇİĞ  
Dr. Öğr. Üyesi Sipan SOYSAL



## **BÖLÜM 1**

### **MARDİN İLİNDE NOHUT ÜRETİMİNİN MEVCUT DURUMU, SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Dr. Öğr. Üyesi Serap DOĞAN\*<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Yusuf DOĞAN<sup>2</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583467>

---

<sup>1</sup>Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü.  
serapdogan@artuklu.edu.tr Orcid No: 0000-0002-1099-6919

<sup>2</sup>Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü.  
yusufdogan@artuklu.edu.tr Orcid No: 0000-0002-3557-3840





## GİRİŞ

İnsan ve hayvan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan yemeklik tane baklagilleri, tıp bitkisi olarak ilaç endüstrisinde, mobilya, kâğıt, boya ve reçine yapımında, yakacak ve süs bitkisi olarak birçok alanda da kullanılmaktadır. Tahıllardan sonra en fazla yetiştiriciliği yapılan kültür bitkileri yemeklik tane baklagillerdir (Soysal ve ark., 2020). Yemeklik baklagiller ayrıca hem dünya da hem de ülkemizde tahıl ürünlerinin yoğun olduğu tarım sisteminde, ekim nöbetinde önemli bir rol almaktadır (Donangelo ve ark., 1995). Toprağı azotça zenginleştirmeleri ve protein bakımından zengin bir kaynak olmaları ise baklagil bitkilerini oldukça önemli hale getirmektedir (Soysal ve Erman, 2020; Dhavan ve ark., 1991). Baklagil bitkileri yetiştiriciliğinin yaygınlaşmasıyla birlikte, ülkeler genel olarak belirli baklagil bitki cinslerinin üretimine önem vermektedir. Fasulye, nohut, mercimek, bakla, bezelye, börülce gibi çeşitli baklagilürün gruplarından, ağırlıklı olarak dünyada nohut, mercimek ve kuru fasulye üretilmektedir.

Nohut, yüksek bölgeler ve geçit kuşağı için yetiştiricilikte eski çağlardan beri insanlar için vazgeçilemez bir baklagil bitkisidir (Mart ve ark., 2007).

Yemeklik tane baklagillerden nohut, kökleri topraktaki *Rhizobium ciceri* türü bakteri aracılığıyla atmosferin serbest halde olan azotu toprak katmanlarına aktararak, bitkinin faydalanabileceği şekilde dönüşüm yapmasını sağlamaktadır. Bunun yanında çevre şartları ve ekim zamanına bağlı olarak ihtiyacı olan azotun çoğunluğunu simbiyotik şekilde gidermektedir (Beck, 1988). Yazlık ekim dönemlerinde dönüme 4.5 kg azot aktarabilen nohut, azot ihtiyacının çoğunluğunu gidermektedir (Singh, 1987).

Nohut bitkisinin, ekim alanları ve üretim miktarlarında azalma olduğu gözlenmektedir. Antraknoz hastalığının önüne geçmek için geç ekim yapılması, üretim maliyetlerinin artması, bölgelerin makinalı hasada elverişli olmamaları hasat kayıplarındaki artışla beraber yabancı ot mücadeleleri gibi sebeplerden kaynaklı hedeflenen seviyeye çıkılamayıp üretimi azaltan etmenler oluşmaktadır (Bolat ark., 2017).

## TÜRKİYE DE YEMEKLİK TANE BAKLAGİL ÜRETİMİ

Türkiye, tarımsal ekolojisi, farklı iklim, toprak ve su kaynakları zenginliğiyle dünya çapında birçok tarım ürünü üretiminde önemli bir paya sahiptir. Ülkenin tarım ürünlerinden tarla bitkileri yetiştiriciliğinde ise

tahıllardan sonra yemeklik tane baklagiller en iyi şekilde uyum gösteren bitkilerdir.

Ülkemiz yaklaşık 234 bin ton tarım alanına sahip olup, baklagil bitkilerinin (bakla, bezelye, börülce, kuru fasulye, nohut, mercimek) ekim alanı 9 milyon dekar, üretim miktarı 1,5 milyon ton civarındadır. Ülkemizde yetişen baklagiller içerisinde en fazla üretilen ise nohut, mercimek, fasulye bitkileridir. TÜİK verilerine göre 2023 yılı itibarıyla toplam baklagil üretiminde bakla %0,3, bezelye %0,2, börülce %0,1 kuru fasulye %18, nohut %44 mercimek %61 civarındadır (TÜİK, 2024).

Tarım sektörü ülke ekonomisinde önemli öneme sahip olmakla birlikte, verimliliğin artırılması adına yapılan çalışmaların bazıları tarımsal üretimi ve verimliliği olumlu yönde etkilerken bazı politikaların ise istediği sonuçları vermemektedir (Ay, 2024). 2019 yılında ülkemizde fasulye üretimi 225 bin ton, kırmızı mercimek 310 bin ton, yeşil mercimek 43 bin ton iken onu takip eden yıllar içerisinde dalgalanma görülmektedir. 2023 yılında ise fasulye üretimi 240 bin ton, kırmızı mercimek 424 bin ton, yeşil mercimek 50 bin ton ulaşmıştır. Yıllar içerisindeki dalgalanmalarda en önemli unsurların başında ise küresel iklim gelmektedir. 2019 da bakla 5484, bezelye 2193, börülce 1392 ton iken 2023'te ise sırasıyla 4268, 3798, 1432 tondur (TÜİK, 2024). Türkiye de bakla, bezelye ve börülcenin diğer baklagillere oranla daha düşük üretim miktarının olmasının yegâne sebebi tüketim alışkanlığının yavaş olmasındır.

Çizelge 1. Türkiye’de yemeklik tane baklagillerin (2019-2023) ekim alanı ve üretim miktarı

BİTKİ ÇEŞİTLERİ														
YILLAR	BAKLA		BEZELYE		BÖRÜLCE		FASULYE		NOHUT		MERCİMEK (KIRMIZI)		MERCİMEK (YEŞİL)	
	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON
2019	23121	5484	7813	2193	13084	1392	889385	225000	5205951	630000	2427761	310000	396116	43631
2020	21040	5002	5517	1538	13227	1324	1029857	279518	5115607	630000	2098215	328418	378443	42397
2021	19008	4426	6786	1805	12445	1281	1077964	305000	4878857	475000	2601995	228000	481591	35000
2022	17640	4234	8873	2392	11521	1161	970520	270000	4568339	580000	2998118	400000	428249	45000
2023	17554	4268	11832	3798	11293	1432	884569	240000	4587718	580000	2781522	424000	447782	50000
TOPLAM	98363	23414	40821	11726	61570	6590	4852295	1319518	24356472	2895000	12907611	1690418	2132181	216028

## GÜNEYDOĞU BÖLGESİNDE YEMEKLİK TANE BAKLAGİL ÜRETİMİ

Kendine has ekolojik özelliklere sahip olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi, genellikle karasal iklimin etkisi altındadır. Yazlar oldukça sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlı geçer. Bölgede yıllık ortalama sıcaklık 15-20°C arasında değişir ve yaz aylarında sıcaklık 40°C'nin üzerine çıkabilir. Yağış miktarı ise batıdan doğuya doğru azalır, yıllık ortalama yağış miktarı 500-700 mm arasında değişir. Bitki örtüsü, iklim ve toprak yapısına bağlı olarak büyük çeşitlilik gösteren Güneydoğu Anadolu'da doğal bitki örtüsü genellikle bozkır ve stepten oluşur. Toprak yapısı ise bölgenin büyük bir kısmında alüvyal ve kahverengi bozkırdır. Dağlık kısımlarda ince ve taşlı topraklar yaygındır. Tarımsal faaliyetleri yoğun olan bölgenin özellikle Dicle ve Fırat nehirlerinin taşıdığı alüvyonlarla zenginleşen topraklar tarım için oldukça elverişli olup, nehirlerin sulamada kullanıldığı ovalarda ise daha verimli tarım ürünleri yetiştirilmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde toprak yapısı çeşitlilik gösterir.

Bölgenin büyük bir kısmı alüvyal topraklar ve kahverengi bozkır toprakları ile kaplıdır. Fırat ve Dicle nehirlerinin taşıdığı alüvyonlarla zenginleşen topraklar, tarım için oldukça elverişlidir. Dağlık alanlarda ise daha ince ve taşlı topraklar yaygındır. Ilıman bölgelerde sıcak mevsimlerde yetiştirilen fasulye, iklim isteği bakımından hassas olup sıcak iklim bitkisidir. Sıcak ılıman ve subtropik bölgelerin ürünü olan mercimek serin mevsimlerde ya da tropik bölgelerin yüksek kısımlarında yetişmektedir. Mercimek, kurağa, sıcağa ve soğuğa dayanıklılık yönünden yemeklik tane baklagiller içinde ilk sırada yer alır. Nohut, kurak ve yarı-kurak bölgelerin bitkisidir. İklim istekleri bakımından mercimekten sonra kurağa ve sıcağa en fazla dayanıklı yemeklik baklagil bitkisidir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, zengin bitki örtüsü ve ekosistemine sahip olup, yıl itibarıyla toplam yemeklik baklagiller ekim alanı 3.026.574 dekar olup, yaklaşık 457 bin ton baklagil üretimi yapılmıştır. Bölgede altı çeşit baklagil (bakla, bezelye, börülce, fasulye, nohut, kırmızı ve yeşil mercimek) arasında nohut, fasulye ve kırmızı mercimek ekimi yapılmaktadır. Yemeklik tane baklagiller arasında en çok ekilen ise 2.680.243 bin dekar alanda 406.666 ton üretim ile 152 kg/da verim elde kırmızı mercimek bitkisidir (TUİK, 2024).

Tablo incelendiğinde, 2019-2023 yılları arasında toplam yemeklik tane baklagil ekim alanı ve üretim miktarında dalgalı bir seyir izlemekle beraber ekim alanındaki düşüşe oranla üretim miktarında da düşüş yaşanmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesini il bazında incelediğimiz de Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak illerinde yeşil mercimek bezelye, bakla üretimi yapılmamaktadır. 2023 yılında kuru fasulye üretiminde ilk sırada 296 tonla Diyarbakır, kuzumuzu mercimekte ise yaklaşık 171 bin ton ile Şanlıurfa gelmektedir

Çizelge 2. Baklagillerin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İl bazında ekilen alan ve üretim miktarı

TÜR	YIL	Adıyaman		Batman		Diyarbakır		Gaziantep		Kilis		Mardin		Siirt		Şanlıurfa		Şırnak	
		EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON
KURU FASULYE	2019	1413	312			1375	586	85	18					40	19			205	33
	2020	1493	328			2139	510	81	18					42	21			198	34
	2021	831	178			2900	571	81	14					40	20			198	34
	2022	924	208			1269	252	81	14				450	228				185	34
	2023	810	201			1266	296	81	16				450	242				187	37
	TOPLAM	5473	1227			8349	2015	409	80				1022	530				973	172
NOHUT	2019	326137	47565	3216	479	168317	26285	95095	15171	15374	1774	75596	11800	3825	467	83213	8112	1896	231
	2020	254238	37791	1440	244	109439	18775	87427	13280	15206	1787	69800	11495	2932	376	46576	6808	1796	197
	2021	153730	19706	1377	93	89345	8526	91120	10618	15084	983	51660	2349	1153	113	60871	6532	1423	150
	2022	161997	22639	2547	411	52776	7787	77385	9004	13785	1289	48244	6247	1284	185	55733	5950	1315	116
	2023	146303	22035	1973	338	25787	4307	72050	9903	13852	1526	42823	6363	1329	202	37697	4870	1400	184
	TOPLAM	1042465	149736	10553	1565	445664	65680	423077	57976	73301	7359	288123	38254	10523	1343	204090	32272	7830	878
MERCİMEK/BEZELYE	2019	6107	1023	152211	26576	631393	102977	68140	9358	53897	3892	277020	40396	69618	8933	949719	91287	39482	5463
	2020	13360	2051	142835	20001	536544	97461	51991	7567	34997	4355	175835	31230	87532	14725	806000	104010	116358	22396
	2021	30800	3722	130145	16513	576031	46298	48835	4087	33604	2520	175997	12277	127545	16255	1188121	105386	112401	7972
	2022	53965	4643	189355	33490	786789	131701	52530	3765	34438	3334	174435	24050	135510	26520	1349231	143691	118897	10518
	2023	28691	4345	157832	29279	696625	126221	55130	6325	34570	4246	173443	26873	149995	29393	1313513	170766	70444	9218
	TOPLAM	111203	15784	792898	133659	3228202	504658	274626	31102	171526	18347	976750	134826	570200	95826	5606584	615140	457582	55369

## MARDİN İLİNDE YEMEKLİK TANE BAKLAGİL ÜRETİMİ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin illerinden biri olan Mardin, Diyarbakır, Batman, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak ve Suriye ile sınır komşusudur. Mardin topraklarının %4,8'ini kaplayan dağları doğu-batı istikametine uzanıp, ovidan ortalama 600 m yükseklikte çok geniş bir kütle oluşturmaktadır. Mardin ilinin ikliminde kuzeydeki yüksek dağlar etkili olup, karasal (yazları sıcak, kışları soğuk) ve Akdeniz (yazları sıcak ve kurak, kışları ılıman) iklim özelliklerini taşımaktadır.

Kuru fasulye, genel olarak serin iklimlerde yetişen bir bitki türüdür. Mardin yazları çok sıcak ve yağış miktarı düşüktür. Kuru fasulye gibi sıcakta

çok dayanıklı olmayan bir bitki için yetiştirmek uygun değildir. Mercimek ılıman iklimde ve soğuk kış sonrası ekilen yazlık bitkiler arasında yer alıp, kurağa, sıcağa ve soğuğa en dayanıklı baklagil bitkilerinden ilk sırayı almaktadır(Sözen ve ark., 2021). Mardin toprakları mercimek üretiminde verimli ve uygun pH seviyesine sahiptir (Şehirli, 1988). Bu yüzden mercimek bu bölge için tarımsal üretimde önemli bir yer tutmaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerin bitkisi olan nohut, yarı kurak iklimiyle bilinen Mardin ilinde üretim için uygun bir baklagil bitkisidir. Nohut, düşük yağışlı ve sıcak iklimlerde, özellikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, drenajı iyi olan topraklarda verimli bir şekilde yetişir.

Mardin ilinde yıl itibarıyla toplam yemeklik baklagiller ekim alanı yaklaşık 216 bin dekar olup, 33 bin ton baklagil üretimi yapılmıştır. Bölgede altı çeşit baklagil (bakla, bezelye, börülce, fasulye, nohut, kırmızı ve yeşil mercimek) arasında nohut ve mercimek ekimi yapılmaktadır. Yemeklik tane baklagiller arasında en çok ekilen ise mercimek bitkisidir. (TÜİK, 2024).

Tablo incelendiğinde, 2019-2023 yılları arasında toplam yemeklik tane baklagil ekim alanında hızlı bir düşüş gözlenmekle birlikte, ekim alanındaki düşüşe oranla üretim miktarında da düşüş yaşanmıştır.

Çizelge 3. Mardin ilinde yemeklik tane baklagillerin ekim alanı ve üretim miktarları

BİTKİ ÇEŞİTLERİ				
YILLAR	NOHUT		MERCİMEK(KIRMIZI)	
	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON
2019	75596	11800	277020	40396
2020	69800	11493	175855	31230
2021	51660	2349	175997	12277
2022	48244	6247	174435	24050
2023	42823	6365	173443	26873
<b>TOPLAM</b>	288123	38254	976750	134826

## TÜRKİYEDE NOHUT ÜRETİMİ

Türkiye’de yemeklik tane baklagillerinden nohudun üretimindeki payı 1973’e kadar sürekli artmış, 1973 yılından 1983 yılında kadar

dalgalanmalar göstermekle beraber, 1984'ten 1991 yılına kadar artışlar gözlemlenmiş, bu yıldan sonra ise %40 seviyesinde üretim gerçekleşmiştir (Gül, 2002). Nohut üretiminde dünyada önde gelen ülkelerden biri olan Türkiye, hem iç piyasa da hem de dış piyasa da önemli bir roldedir. Geleneksel tarım yöntemiyle üretimin yanı sıra modern tekniklerle de desteklenmektedir.

Yemelik tane baklagil bitkisi olan nohut, tarla bitkileri yetiştiriciliğinde ülkemizde ekim alanı (4.587.718 dekar) ve üretim miktarı (580 bin ton) bakımından baklagiller arasında ilk sırada yer alıp, üretim ve ihracat bakımından da dünyada önemli ülkeler arasında yer almaktadır. Nohut ekim alanları 2019 yılında 5205951 dekar, üretim miktarı 630 bin ton iken, yıllar içerisinde ekim alanı ve üretim miktarında gerilemeler yaşanmıştır. 2023 yılında 4.568.339 dekar alanda, 580 bin ton üretim miktarı olan nohut, ülkemiz toplam baklagil üretiminin % 44 oluşturmaktadır. 2023 yılında en fazla nohut ekiliş alanına sahip ilk beş ilimiz; Ankara (860.099 dekar), Yozgat (559.655 dekar), Kırşehir (373.391 dekar), Konya (313.646 dekar), Çorum (238.526 dekar) şeklinde sıralanmaktadır.

Ülkemizde nohut ekim alanını büyük ölçüde (%51,12) bu iller oluşturmaktadır. Ülkemiz de baklagil bitkilerinden nohut; Ankara 99.997 ton, Yozgat 68.632 ton, Kırşehir 60.725 ton, Konya 46.757 ton, Çorum 32.435 ton ile en fazla üretim yapan beş ilimizdir (TÜİK 2024).

Çizelge 4. Türkiye ve en çok ekim alanı ve üretim miktarları

	Ankara		Konya		Kırşehir		Yozgat		Çorum		Türkiye	
	Ekim Alanı Dekar	Üretim Miktarı Ton	Ekim Alanı Dekar	Üretim Miktarı Ton	Ekim Alanı Dekar	Üretim Miktarı Ton	Ekim Alanı Dekar	Üretim Miktarı Ton	Ekim Alanı Dekar	Üretim Miktarı Ton	Ekim Alanı Dekar	Üretim Miktarı Ton
2019	538774	67948	336196	46858	606715	70813	600985	68614	189045	28701	5205951	630000
2020	716987	93476	366721	50112	535057	77687	712618	86417	209297	28822	5115607	630000
2021	766560	79665	334240	34029	413735	44075	657372	68433	220659	24216	4878857	475000
2022	812884	111000	294581	39231	418675	55934	517059	67115	231302	39233	4568339	580000
2023	860099	99997	313646	46757	373391	60725	559655	68632	238526	32435	4587718	580000
TOPLAM	3695304	452086	1645384	216987	2347573	309234	3047689	359211	1088829	153407	24356472	2895000

## GÜNEYDOĞU BÖLGESİNDE NOHUT ÜRETİMİ

Türkiye tarımında üretim bakımından önemli ürünlerinin arasında bulunan nohut, Güneydoğu bölgesi içinde önemli bir baklagil bitkisidir (Anonymous, 1997). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin iklimi, yazları sıcak ve kuru, kış ayları ise ılımandır. Bu iklim özellikleri kurağa dayanıklı ve sıcak iklim bitkilerinden nohut bitkisinin yetiştirilmesi için uygundur.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi illeri, Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Şırnak tarım alanı 2.9996.489 dekar olup Türkiye tarım alanının %12'sini oluşturmaktadır. Bölgede 2023 yılında 343.214 bin dekar alanda nohut ekilmiş ve 49.730 ton üretim ile 145 kg/da verim elde edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde en fazla tarım alanına sahip beş ilimiz sırasıyla, Şanlıurfa, Diyarbakır, Gaziantep, Mardin Adıyaman'dır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinde; Adıyaman 22.035 ton, , Batman 338 ton, Diyarbakır 4307 ton, Gaziantep 9903 ton, Kilis 1526 ton, Mardin 6365 ton, Siirt 202 ton, Şanlıurfa 4870 ton, Şırnak 184 ton civarında nohut üretimi yapılmıştır. Ülkemizin toplam yemeklik tane baklagil üretiminin %44'lük kısmını oluşturan nohut, 2019-2023 yıllarında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, ekim alanı ve üretim miktarında düşüşler gözlemlenmektedir (TÜİK 2024).

Çizelge 5. Baklagillerin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde İl bazında ekilen alan ve üretim miktarı

YIL	Adıyaman		Batman		Diyarbakır		Gaziantep		Kilis		Mardin		Siirt		Şanlıurfa		Şırnak	
	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON	EKİLEN DEKAR	ÜRETİLEN TON
2019	326157	47565	3216	479	168517	26285	95095	15171	15374	1774	75596	11800	3825	467	83213	8112	1896	231
2020	254258	37791	1440	244	109439	18775	87427	13280	15206	1787	69800	11493	2932	376	46576	6808	1796	197
2021	153750	19706	1377	93	89345	8526	91120	10618	15084	983	51660	2349	1153	113	60871	6532	1423	150
2022	161997	22639	2547	411	52776	7787	77385	9004	13785	1289	48244	6247	1284	185	55733	5950	1315	116
2023	146303	22035	1973	338	25787	4307	72050	9903	13852	1526	42823	6365	1329	202	37697	4870	1400	184
TOPLAM	1042465	149736	10553	1565	445664	65680	423077	57976	73301	7359	288123	38254	10523	1343	284090	32272	7830	878



## MARDİN İLİNDE NOHUT ÜRETİMİ

Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu illerinden Mardin, iklim ve toprak özellikleri ile tarım faaliyetlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Mardin'in Mezopotamya Ovası'na yakın bölgelerde, Kızıltepe ve Dargeçit ilçelerinde nohut üretimi yaygındır. Genellikle sıcak ve kuru iklimiyle, tarımında sulama imkânları kısıtlı olsa da, kuru tarım ürünlerinden nohut üretimi için uygun bir bölgedir. 2019 yılı verilerine göre Mardin ili, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki nohut ekim alanının %9.7'sini, Türkiye'nin %1.4'ünü ve üretim miktarının %10.5'ini, Türkiye'nin %1.8'ini karşılarken, 2023 yılında ekim alanı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin %12,4'e yükselirken, Türkiye %0.9'a düşmüş, üretim miktarı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ise %12.7, Türkiye %1.09 oranına yükselmiştir (TUİK, 2024). Mardin ilinin, nohut üretim miktarı bakımından Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yaklaşık %12.7'ini oluşturması, bölge açısından üzerinde durulması gereken ürün olduğunu göstermektedir.

Tabloya bakıldığı zaman 2019-2023 yılları arasında gerek ekim alanı, gerekse üretim miktarında hızlı bir düşüş gözlenmektedir. Bunun yegâne sebepleri arasında covid-19, küresel ısınma, ekonomi ve dış ülkelerdeki savaşlar olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 6. Mardin ilinde nohut ekim alanı ve üretim miktarları

YILLAR	NOHUT	
	EKİLEN ALAN DEKAR	ÜRETİM TON
2019	75596	11800
2020	69800	11493
2021	51660	2349
2022	48244	6247
2023	42823	6365
<b>TOPLAM</b>	288123	38254

### Mardin İlinde Nohut Üretimiyle İlgili Yapılan Çalışmalarda Tespit Edilen Sorunlar

1) Düzensiz yağışlar, artan kuraklık, yüksek sıcaklık, soğuk hava ve küresel iklim gibi faktörler üretimi olumsuz etkilemektedir.

2) Doğal ve insan kaynaklı faktörlerden kaynaklı ormansızlaşma ve tarımsal genişleme bitki örtüsünü tehdit etmektedir.

3) Mardin yaz mevsimini kurak geçiren ve sulama altyapısı yetersiz olan bir bölge olduğundan sulama ihtiyaçlarının karşılanmasında güçlük çekilebilir. Bu da tarımsal verimliliği düşürebilir.

4) Tarım Politikaları ve desteklemeler, üretim maliyetlerindeki artış üreticilerin motivasyonunu etkilemektedir. Üretimde kullanılan girdilerdeki fiyat artışları maliyetleri artırmaktadır. Bu durum üreticiyi ve üretimi etkileyen en önemli unsurlardan biridir.

5) Çiftçi bilinçliliği konusunda önemli eksiklikler bulunmaktadır. Yetiştiricilikte, toprak işlemeden, hasat ve harmana kadar geçen süreçlerde uygulamalar yanlış ve/veya eksik bulunmaktadır.

6) Depolama, pazarlama özellikle de nohut tohum kalitesinde ve dağıtımında sorunlar mevcuttur. Hastalığa dayanıklı çeşitlerin yeteri kadar üretilip çiftçiye ulaştırılmaması, üreticilerin tereddüt yaşamalarına neden oluyor.

Bu gibi faktörler Mardin bölgesinde nohut üretiminde sorunlar olarak karşımıza çıkabilir.

### **Mardin İlinde Nohut Üretim Sorunlarına İlişkin Çözüm Önerileri**

1) İklim koşullarına dayanıklı çeşitlerin kullanılması, bitki gelişimini iyileştirebilir.

2) Bu tehditlerin etkilerini azaltmak ve bölgenin doğal değerlerini korumak adına, toplumun bilincini arttıracak çeşitli projeler ve çalışmalar yapılabilir.

3) Su kaynaklarının aktif kullanımını sağlayacak politikalar geliştirilip, bölge şartlarına uygun sulama tekniklerini kullanıma teşvik edilerek sulama altyapısı iyileştirilebilir.

4) Nohut üreticileri için garanti fiyat politikalarının uygulanması ve ihracat olanaklarının artırılması çiftçilerin ekonomik yüklerini hafifletecektir.

5) Çiftçileri bilinçlendirmek adına, tarımsal yayım ve danışmanlık tarafından aktif çalışmalar planlanıp eğitim programları yapılmalı, toplantılar düzenlenip, seminerler verilmelidir. Bunun yanında hem çiftçinin bilinçlendirilmesi hem de sorunlarına çözüm yolları bulunması da gereklidir.

6) TMO'nun alım ve müdahale kurumu olarak etkinliğinin artırılması, pazarlama kanallarının geliştirilmesi, satın alma, depolama ve pazarlama faaliyetleriyle maliyetler düşürüp piyasanın düzenlenmesinde önemli rol oynayabilir.

7) Bölge'nin fiziki şartlarına uygun nohut çeşitlerinin üzerinde araştırma çalışmalarının yapılması, nohut türlerinin geliştirilmesi ve dayanıklı çeşitlerin yaygınlaştırılması için AR-GE çalışmalarına teşvik edilecek yatırımlar yapılmalıdır. Kaliteli tohum temini ve dağıtımına gereken önem verilmeli, üreticiler de bu konuda bilinçlendirilmelidir.

Nohut üretimi, hem Mardin ekonomisi hem de Türkiye'nin tarımsal sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Doğru politikalar ve desteklerle bölgenin tarımsal üretim kapasitesi artırılabilir ve sorunlar büyük ölçüde çözülebilir. Mardin'de yaşanan sorunların çözülmesi veya minimum seviyeye düşürülmesi içinde ayrıca, bölgeye mahsus tarım politikaları geliştirilip, bölgedeki tarım kurumları ve yerel yönetimlerin işbirliği içerisinde olmaları, tarımsal teknik destek sağlanması daha etkili sonuçlar alınmasını sağlayabilir.

## KAYNAKÇA

- Anonymous, (1997). GAP İl İstatistikleri T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları. Ankara.
- Anonim, (2015).[https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/yemeklik\\_baklagil\\_kitabi.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/yemeklik_baklagil_kitabi.pdf) (10.09.2024)
- Anonim, (2024a). Bitkisel Üretim İstatistikleri <http://www.tuik.gov.tr> (11.11.2024)
- Anonim, (2024b). <http://artuklu.gov.tr/cografi-konum-ve-iklim> (13.11.2024)
- Ay, Ş. (2024). An Empirical Analysis of the Relationship Between Agricultural Revenue and Tax Burden. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(4), 1127-1133.
- Beck, D. P. (1988). Biological nitrogen fixation studies. food legume improvement program. Annual Report 1988, ICARDA, p. 96-100.
- Bolat, M., Ünüvar, F. İ., & Dellal, İ. (2018). Türkiye’de yemeklik baklagillerin gelecek eğilimlerinin belirlenmesi. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 3(2): 7-18.
- Dhavan, K., Malhotra, S., Hayıya, B. S., & Dohoram, S. (1991). Seed Protein Fractions and Amino Acid Composition in Gram (*Cicer arietinum* L.). *Plants Foods for Human Nutrition*. 41 (3) :225-232.
- Donangelo, C.M., Trugo, L.C., Trogo, N.M.F & Eggum, B.O. (1995). Effect of Legume Seeds on Chemical Composition and on Protein and Energy Utilization in Rats. *Food Chemistry* 53 P:23–27. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/946545>
- Gülümser, A & Üstün, A. (1990). Phaseolus’da (Fasulye) türler arası melezleme. *O.M.Ü Ziraat Fak. Dergisi*.5(1-2):199-209.
- Mart, D., Cansaran, E., Karaköy, T. & Şimşek, M., (2007). Çukurova ve Orta Anadolu Bölgesinden Toplanan Yerel Nohut (*Cicer arietinum* L) Populasyonlarının Bazı Önemli Agronomik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Seleksiyonu ve Kalitatif Karakterlerinin Karakterizasyonu. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 16(1-2): 61-72.
- Singh, K. B., (1987). Chickpea breeding. in: Saxena M.C. and K.B. Singh (Eds), *Chickpea*, ICARDA, Aleppo, Syria, p.127-158.
- Soysal, S., ve Erman, M. (2020). Siirt ekolojik koşullarında mikrobiyolojik ve inorganik gübrelemenin Nohut (*Cicer arietinum* L.)’un verim, verim

- öğeleri ve nodülasyonu üzerine etkilerinin araştırılması. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 649-670.
- Soysal, S., Uçar, Ö., Erman, M. (2020). Siirt ili ekolojik koşullarında DAP (Diamonyumfosfat) gübresi dozlarının nohut (*Cicer arietinum L.*)'un tane verimi ve bazı verim özelliklerine etkileri. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 834-842.
- Sözen, Ö., Yağmur, M. & Aydoğan, Y. (2021). Evaluation in terms of agricultural characteristics of some chickpea (*Cicer arietinum L.*) varieties grown in Eskisehir ecological conditions. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 11 (1): 35-47 p.
- Şehirali, S. (1988). Legumes. Ankara university faculty of agriculture publications, 314, Ankara.ürülebilirlik

## BÖLÜM 2

### LAVANTA BİTKİSİNİN TIBBİ AROMATİK ÖZELLİKLERİ ve *Lavandula angustifolia*'nın DOKU KÜLTÜRÜ UYGULAMALARI

Yiğit Buğra AKYÖN<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Çiğdem Alev ÖZEL<sup>2\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583473>

---

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Eğitimi Bilim Dalı,  
ybugra.akyon@gazi.edu.tr, Orcid No:0009-0009-8799-1751

<sup>2\*</sup>Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü,  
Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, cigdemozel@gazi.edu.tr, Orcid No:0000-0002-5952-1412



## GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar, bitkileri beslenme, şifa bulma, barınma, kendini ve duygularını ifade etmek gibi pek çok farklı amaç için kullanmıştır (Arslan & Ekren, 2018). İnsanların bitkileri ilaç olarak kullanmasının en eski yazılı kanıtları, M.Ö. 4000-2000 yılları arasında hüküm sürmüş Sümerlerden kalan ve içerisinde 250'den fazla drogun ilaç olarak kullanılmasını anlatan kil levhalardır (Castiglioni, 2019). M.Ö. 2500'lü yıllarda yazılmış olan kadim Çin tıbbının en eski eserlerinden, içerisinde bugün hâlâ kullanılmakta olan bitkisel drogların da yer aldığı "Pen T'Sao" adlı eser bitkilerin faydası ve kullanım yöntemlerini detaylıca anlatmaktadır (Hou, 1977; Wiart, 2007). Ayrıca Anadolu'da yaşayan tüm medeniyetlerin de çok geniş bir bitki kullanım alanına sahip oldukları özellikle de bitkileri tıbbi amaçlar dahilinde kullandığı bilinmektedir (Baytop, 1999). İnsanlar ve bitkiler arasındaki ilişkinin en eski kanıtlarından bir tanesi de Kuzey Irak'ta bulunan Şanidar Mağarası'ndaki mezar kalıntısıdır. 60 bin yıl öncesinden günümüze ulaşan bu mezarda Neandertal insan kalıntıları mor sümbül, gül hatmi, efedra, civanperçemi, kanarya otu gibi günümüzde de hâlâ kullanımı olan tıbbi bitkilerin üzerine yatırılmış olarak bulunmuştur (Uçankuş, 2000; Şimşek, 2017). Tarihin erken dönemlerinden beri süre gelen bu bilgi birikiminin üzerine tıbbın da gelişmesi tıbbi ve aromatik bitkilerin önemini giderek arttırmıştır. Özellikle 1980'li yıllardan sonra insanların sağlıkları üzerindeki artan farkındalıklarının onları bitkisel içerikli ilaçlara ve organik besinlere yönlendirmesi ile daha da popülerlik kazanmıştır (Tyler, 2000).

Bu bitkilerden elde edilen bileşenler, farmasötik, kozmetik ve gıda endüstrilerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir ve antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar gibi biyolojik özellikleri sayesinde çeşitli sağlık sorunlarının önlenmesi ve tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır (Reichling ve ark., 2009; Acıbucağ & Budak, 2018; Göktaş & Gıdık, 2019). Ayrıca, bu bitkilerden üretilen uçucu yağlar ve özler, aromaterapi gibi uygulamalarla ruhsal sağlığı destekleyici, stres azaltıcı ve uyku düzenini iyileştirici etkiler sunmaktadır. Küresel ölçekte giderek artan doğal tedavi yöntemlerine olan talep, tıbbi ve aromatik bitkilerin biyokimyasal ve terapötik özelliklerinin derinlemesine araştırılmasını ve sürdürülebilir kullanımını daha da önemli hale getirmektedir (Keville & Green, 2008). Bu doğrultuda, tıbbi ve aromatik bitkilerin bilimsel olarak incelenmesi ve korunması, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve halk sağlığının desteklenmesi açısından kritik bir gereklilik olarak kabul edilmektedir.



Tıbbi ve aromatik bitkiler, dünya genelinde artan doğal ürün talebiyle birlikte önemli bir ekonomik değer kazanmıştır. Gelişmekte olan ülkeler için tıbbi ve aromatik bitkiler, kırsal kalkınmayı destekleyici bir gelir kaynağı oluşturarak istihdam fırsatları yaratmakta ve yerel ekonomileri canlandırmaktadır (Boztas ve ark., 2021). Aynı zamanda, dünya çapında büyüyen bitkisel ilaç ve doğal tedavi pazarı, bu sektördeki ekonomik değer hızla artmasına katkıda bulunmaktadır. Ekonomik sürdürülebilirlik açısından, tıbbi ve aromatik bitkilerin yetiştirilmesi, hasadı ve işlenmesine yönelik bilimsel ve teknik bilgi birikimi, yüksek kaliteli ürün elde edilmesi ve uluslararası pazarlarda rekabet gücünün korunması için kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, tıbbi ve aromatik bitkilerin tarımsal üretim değerlerinin artırılması ve endüstriyel alanda etkin kullanımının sağlanması, ulusal ve uluslararası ekonomilere katma değer sağlayan stratejik bir alan olarak değerlendirilmektedir (Shabbara & Taha, 2007; Bayram ve ark., 2010; Arslan ve ark., 2015; Kazem, 2024).

## **1.LAVANTA: TARİHTEN GÜNÜMÜZE EFSANEVİ BİR BİTKİ**

Tüm bu gelişmeler ve artan önemler doğrultusunda tarihin ilk zamanlarından beri tıbbi bitkilerin başında gelen lavanta, önemini hep koruyan bir bitki olmuştur. Arabistan, Antik Yunan ve Roma uygarlıklarından Orta Çağ ve Rönesans'a, hatta modern zamanlara kadar lavantanın cazibesi giderek artmış ve günümüzde bir efsaneye dönüşmüştür. Hatta lavanta tarih içinde öyle bir öneme sahip olmuştur ki ünlü İngiliz bitki uzmanı, doktor, astrolog ve botanikçi olan Nicholas Culpeper (Thulesius, 1992), The English Physician (1652) adlı eserinde lavanta için şu cümleleri sarf etmiştir: "*Lavanta, her bahçede bulunan bir bitki olarak o kadar iyi bilinir ki tarif etmeye gerek yoktur. Çiçeklerinden damıtılan sudan iki kaşık içmek, sesini kaybedenlere yardımcı olur; aynı zamanda kalp çarpıntılarına, titremelere ve baygınlıklara iyi gelir.*"

İşte bu kadar iyi tanınan ve yüzyıllardır kullanılan lavantanın ismi Latince "yıkamak" veya "temizlemek" anlamına gelen 'lavare' fiilinden türetilmiştir. Bu isim, Antik Yunan ve Roma dönemlerinde lavantanın hamamlarda ve kıyafetlerde hoş kokusu ve temizlik hissi yaratmak amacıyla kullanılmış olmasından kaynaklanmaktadır (Basch ve ark., 2004). Ballıbabagiller (Lamiaceae) familyasına ait olan lavanta, hoş kokusu, estetik görünümü ve çok yönlü kullanım alanlarıyla dikkat çeken çok yıllık aromatik bir çalıdır (Oskouie ve ark., 2018). Anavatani Akdeniz havzası olan lavanta,

Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika'da kültüre alınarak geniş bir coğrafyada yetiştirilmektedir. Özellikle Fransa, İspanya ve İtalya gibi ülkelerde ve Balkanların dağlık bölgelerinde doğal olarak yayılım göstermektedir (Kara & Baydar, 2011; Zheljazkov ve ark., 2012). Lavantanın üretimi başta Akdeniz ve Balkan ülkelerinde yapılmaktadır. Lavanta üretiminde önde gelen ülkeler Bulgaristan ve Fransa olup pazar payını 2/3'üne sahiptir (Anonim, 2024). Bu ülkeleri sırasıyla Rusya, Ukrayna, Moldova, Romanya, Hırvatistan, Macaristan, Polonya, İtalya, İspanya, Portekiz, Türkiye, Fas, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Güney Afrika ve Çin gibi diğer ülkeler takip etmektedir (Weiss, 1997; Stanev ve ark., 2016; Giray, 2018). Dünya genelinde lavanta türlerinin sayısı konusunda farklı fikirler mevcuttur. Bazı uzmanlar yaklaşık 20 tür olduğunu ileri sürmekte, bazı uzmanlar ise tür sayısını 40'a kadar çıkarmaktadır. Ancak, büyük çoğunluk yaklaşık 28 tür üzerinde anlaşmıştır. Botanik açıdan en bilinen türler arasında *Lavandula angustifolia* (gerçek lavanta) ve *Lavandula x intermedia* (hibrit lavanta) yer alır. Bu türler tıbbi ve ekonomik açıdan büyük öneme sahiptir (Mason, 2014).

### 1.1. Botanik Özellikleri ve Yetiştirilmesi

Yarı çalimsı bir bitki olan lavanta, düzenli bakıldığı takdirde 30 yıla kadar yaşamaktadır. Yaşı ilerledikçe lavantanın alt dalları odunlaşarak yatay olarak genişler ve dal sayısı artar. Dik ve ince dallı bir gövdeye sahip olan lavantanın gövdesi sarımsı gri bir kabukla kaplıdır ve bu kabuk zamanla pul pul dökülür. Bitki boyu genellikle 80 cm ile 1,5 metre arasında değişir. Dalların uçlarında bulunan yapraklar, gümüşü-grimsi yeşil renkte olup sürgünlerden uzanan çiçek sapları ile devam eder. Çiçek başakları bu sapların uçlarında oluşur ve boyları 5 ila 14 cm arasında değişebilir. Çiçek sapları ise 10 ila 45 cm uzunluğa ulaşabilir. Her çiçek başağı, 5 ila 15 başakcık içerirken, bu başakcıkların her birinde 5 ila 10 çiçek kümesi yer alır. Çiçekler kısa saplı olup, gri-mavi renkteki 5 mm uzunluğunda çanak yapraklarla çevrilidir. Çanak yapraklar boru şeklindedir ve uçları dört küçük sivri dişle son bulur. Maviden mora kadar uzanan renk skalasına sahip taç yapraklar, dört erkek organ barındırır. Çanak yaprakların dış kenarlarında, uçucu yağ depolayan tek hücreli salgı tüyleri bulunur. Çiçeğin tabanında bir nektar bezesi yer alır. Çiçek renkleri beyaz, açık pembe, mor ve mavi tonlarında görülmekle birlikte, ticari yetiştirilen çeşitlerde genellikle mor ve mavi renktedir. Tohumları 2 mm boyunda, 1 mm genişliğinde, oval şekilli, uzunumsu ve parlak koyu kahverengi renkte olup oldukça küçüktür neredeyse bin kadar tohumun

toplam ağırlığı bir gramdan azdır (Kara, 2011; Aslanca & Sarıbaşı, 2011; Baydar, 2016; Anonim, 2024).

Başlangıçta daha az verimli arazilerde yetiştirilen lavanta, son dönemlerde yüksek verimli tarım alanlarında da üretilmeye başlamıştır. Lavanta üretiminde hem vegetatif hem de generatif yöntemler kullanılmaktadır. Vegetatif yöntemle, bitkiden elde edilen çelikler ve köklenmiş sürgünler aracılığıyla çoğaltılma gerçekleştirilir. Tohum kullanılarak yapılan generatif üretim ise her lavanta türü için mümkün değildir çünkü bazı lavanta türlerinin tohum oluşturma yeteneği bulunmadığı için bu türler yalnızca vegetatif yollarla üretilmek zorundadır (Aslanca & Sarıbaşı, 2011). Kuraklığa dayanıklılığıyla bilinen lavanta, kireçli ve iyi drene olan topraklarda, tam güneş alan bölgelerde en iyi şekilde yetişir. Bu aromatik bitki, kalkerli, kuru, geçirgen ve pH değeri 5,8 ile 8,3 arasında olan topraklarda başarılı bir şekilde yetiştirilebilmektedir. Bunun yanında, düşük nitelikli toprak koşullarında da büyüyebilirken, nem oranı yüksek topraklar lavanta tarımı için uygun değildir. Lavantanın bu özellikleri, onu toprak seçiciliği düşük bir bitki yapmaktadır (Peterson, 2002). İklim koşulları da lavantanın gelişiminde önemli bir yer tutar. Sıcak ve soğuk hava şartlarına, kuraklığa ve strese dayanıklı olan lavanta, güneş ışığından günde en az 6-8 saat faydalanabildiği, sıcak bölgelerde yetişmek için idealdir. Özellikle, kışların hafif geçtiği ve ilkbahar ile yaz aylarında sıcaklıkların 20-30°C arasında olduğu Akdeniz iklimi, lavanta tarımı için en uygun koşulları sunar. Haziran ayıyla birlikte çiçeklenmeye başlayan lavanta güz sonuna kadar çiçekte kalabilmektedir (Bozok & Karaman, 2018; Anonim, 2024)

## **1.2.Lavanta Çiçeğinin Kimyasal İçeriği ve Tıbbi Özellikleri**

Lavanta çiçeği, içerdiği zengin kimyasal bileşenler sayesinde tıbbi, kozmetik ve aromaterapi alanlarında geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Çiçeğin kimyasal içeriği, özellikle uçucu yağlar, flavonoidler, fenolik asitler, tanenler, kumarinler, organik asitler ve eser miktarda mineraller ile vitaminlerden oluşur (Üstü & Uğurlu, 2019; Dong ve ark., 2020; Katar ve ark., 2020; Ciocarlan ve ark., 2021). Uçucu yağlar, lavantanın en karakteristik bileşenlerini içerir ve bunlar arasında linalool (%20-45) ve linalil asetat (%25-50) en baskın olanlardır. Bu iki bileşen, lavantanın yatıştırıcı, antimikrobiyal ve stres azaltıcı etkilerinde önemli bir rol oynar. Linalool miktarının yüksekliği, uykusuzluk, huzursuzluk, stres, sabırsızlık ve yorgunluk üzerinde lavanta yağının pozitif etkisini arttırdığı bilinmektedir. Linalil asetat ise lavanta yağının değerini ve kalitesini ortaya koyan en önemli bileşendir. Bu

bileşen lavanta yağına, kendine has özelliklerini kazandırmakta ve yağın parfümeride, aromaterapide ve kozmetik sektöründe kullanımı açısından değerini arttırmaktadır (Hui ve ark., 2010; Sarker ve ark., 2012; Tisserand & Young, 2013; Sönmez ve ark., 2018). 1,8-sineol, borneol, kafur ve terpinen-4-ol gibi bileşenler de antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve solunum yollarını rahatlatıcı özellikler göstermektedir. Ayrıca lavanta yağındaki kafur oranı arttıkça haşereleri uzaklaştırma özelliğinde de artış olduğu bilinmektedir (Ayril, 1997; Cavanagh & Wilkinson, 2002; Zuzarte ve ark., 2012; Baydar, 2013; Üstü & Uğurlu, 2019).

Lavanta çiçeği flavonoidler açısından da zengindir ve bu bileşenler arasında apigenin, kaempferol ve luteolin dikkat çekmektedir. Flavonoidler, güçlü antioksidan özellikleriyle serbest radikalleri nötralize eder ve hücrel hasarı önlemeye yardımcı olur. Bunun yanı sıra, lavantada bulunan rosmarinik asit ve kafeik asit gibi fenolik asitler, antioksidan ve antimikrobiyal etkiler sergileyerek hem cilt sağlığını destekler hem de lavantanın terapötik özelliklerini güçlendirir. Tanenler ise özellikle sıkılaştırıcı ve yara iyileştirici etkiler sunarak cilt bakımında önemli bir yer tutar (Serrano ve ark., 2009; Costa ve ark., 2013; Algieri ve ark., 2016; Lopes ve ark., 2018; Dobros ve ark., 2022; Dolzhko ve ark., 2024).

Lavantanın kimyasal yapısında ayrıca kumarin türevleri (örneğin umbelliferon ve herniarin) bulunmakta olup, bu bileşenler lavantanın hoş kokusuna katkıda bulunmakla birlikte hafif bir düzeyde kanın pıhtılaşmasını önleyen özellikler de göstermektedir. Bunun yanında, lavanta çiçeği eser miktarda potasyum, kalsiyum, magnezyum ve demir gibi mineraller ile A ve C vitaminlerini içermektedir (Austin & Meyers, 1965; Mayadi ve ark., 2021).

### 1.3. Geleneksel ve Modern Kullanım Alanları

Lavantanın farmakolojik özellikleri, içerdiği kimyasal bileşenlerin biyolojik aktiviteleriyle yakından ilişkilidir ve bu özellikler tıbbi kullanım alanlarını genişletmiştir. Lavanta denilince ilk akla gelen etkisi güçlü bir yatıştırıcı, sakinleştirici ve stres giderici oluşudur. Antidepresan özelliği bulunan lavanta kaygıyı ve endişeyi gidermek, zihni sakinleştirmek ve ruh halini iyileştirmek için tercih edilmektedir (Friedland ve ark., 2021; Firoozei ve ark., 2021). Kageyama ve ark., (2012), fareler üzerinde lavanta ekstraktının antidepresan etkilerini gözlemlemek için yaptıkları deneyde, lavanta ekstraktının suni antidepresanlarla neredeyse eşdeğer bir düzeyde etki gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Aynı zamanda lavanta çok güçlü bir antibakteriyel etkiye sahiptir (Romeo ve ark., 2008; Sienkiewicz ve ark.,

2011). Lavantanın bir diğer etkisi ise vücuttaki inflamasyon ve ödemi azaltmaya yönelik güçlü bir antiinflamatuvar oluşudur (Algieri ve ark., 2016; Carrasco ve ark., 2016). Lavanta oksidatif stresi önlemek ve tersine çevirmek konusunda etkili bir antioksidandır (Woronuk ve ark., 2011; Hancianu ve ark., 2013; Silva ve ark., 2015). Sebai ve ark., (2013), lavantanın diyabet üzerindeki etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada esansiyel yağların subakut tedavisinin kan şekeri artışını önlemede ve antioksidan enzim aktivitelerindeki azalmaya karşı koruma sağlamada etkili olduğunu, lipit peroksidasyonunu (zararlı serbest radikal oluşumu) azaltırken, antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak vücudun savunma sistemini güçlendirdiğini ortaya koymuşlardır. Lavanta ayrıca antimikrobiyal ve antifungal etkilerinden dolayı yanık, kesik, sıyrık ve yaralarda kullanılmaktadır (Jianu ve ark., 2013; Mori ve ark., 2016; Ciocarlan ve ark., 2021). Lavanta uyku kalitesini iyileştirmek ve uykusuzluğu gidermek için seditatif özelliindedir (Afshar ve ark., 2015; Yıldırım ve ark., 2020). Lavantanın anti kanser etkisi üzerine yapılan çalışmalar ise göstermiştir ki lavanta yağı hem kanserli hücrelerin gelişimini engellemekte hem de kanser tedavisinde hastaların ruhsal sağlıklarına, uyku kalitelerine ve streslerine pozitif yönde etki etmektedir (Boehm ve ark., 2012; Zhao ve ark., 2017; Gezici, 2018). Antispazmodik, antihipertansif ve antiseptik etkileri de lavantanın bilinen özelliklerindedir (Azimova ve ark., 2011; Herraiz-Peñalver ve ark., 2013). Lavantanın bir diğer etkisi de kaşıntı ve böcek ısırıklarına iyi gelmesidir ayrıca yapılan çalışmalar lavantanın akarisit özellik sergileyerek akarlar ve keneler üzerinde doğal bir böcek ilacı olarak etki ettiğini de ortaya koymuştur (Cavanagh & Wilkinson, 2002; Adenubi ve ark., 2018).

Lavantanın farmakolojik özellikleri, yalnızca klinik araştırmalar ve tıbbi uygulamalarda değil, aynı zamanda halk arasında da yüzyıllardır farklı şekillerde kullanılmasına olanak tanımıştır. Bilimsel çalışmalarla desteklenen bu özellikler, lavantayı geleneksel tedavi yöntemlerinde ve günlük yaşamın bir parçası olarak vazgeçilmez bir bitki haline getirmiştir. Halk tıbbında lavantanın en çok uyku getirici, asabilik ve sinir yatıştırma etkilerinden istifade etmek için çay olarak veya yatmadan önce koklamak suretiyle kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca lavanta saç ve cilt bakımı için yıkama suyu olarak kullanılmıştır. Lavanta çiçekleri kaynatılarak lapa haline getirilip, yaraların üzerine kapatılarak, yara iyileşmesini desteklemek için tercih edilmiştir. Lavanta çayının balla tatlandırılarak içilmeye devam edilmesinin gaz sancularına ve mide ağrısına iyi geldiğine inanılmıştır. Lavantayı küçük

keseler içerisinde kıyafetlerin arasına ve sandıklara yerleştirmek ise güvelere karşı koruyucu olarak görülmüştür (Özer, 2017).

#### 1.4.Aromaterapide Lavantanın Yeri

Lavanta aromaterapi kavramının doğuşunda yer almış bir çiçektir. Ünlü Fransız biyokimyacı Renee- Maurice Gattefosse laboratuvarında yaptığı bir deney sırasında elini yakmış yanığın acısıyla elini yanında bulunan lavanta yağına daldırılmış ve sonrasında acının geçtiğini yanık izinin kalmadığını gözlemlemiştir. İşte bu olaydan sonra uçucu yağlar üzerinde daha fazla çalışan Renee- Maurice Gattefosse 1937 yılında literatürde ilk kez aromaterapi kavramını kullanmıştır (Lis-Balchin, 1997). Lavanta yağı aromaterapide en çok kullanılan yağlardan birisidir, küresel pazarda otuzdan fazla farklı türde lavanta yağı ve karışımının ticareti yapılmaktadır (Foster, 1992). Ayrıca dünyanın en çok ticareti yapılan on beş uçucu yağ bitkisinden biridir (Saeed ve ark., 2023). Lavanta uçucu yağı üretiminde elde edilen miktar, bitkinin türüne, yetiştirme koşullarına, hasat zamanı ve elde edilme yöntemine bağlı olarak farklılık gösterse de genel olarak, lavanta çiçeklerinden %1- 3 arasında uçucu yağ elde edilebilmektedir. Bu oran, 100 kg lavanta çiçeğinden yaklaşık 1 ila 3 litre yağ üretilebileceği anlamına gelir. Bununla birlikte, iklim koşulları, toprak özellikleri ve hasat edilen çiçeklerin tazeliği de uçucu yağ miktarını ve bileşimini önemli ölçüde etkiler. Örneğin, yüksek sıcaklık ve güneş ışığına maruz kalan bitkilerde uçucu yağ birikiminin arttığı, buna karşın uygun olmayan hasat tekniklerinin yağ verimini düşürdüğü belirtilmektedir (Çolak & Çelik, 2023; Anonim, 2024). Lavanta yağının eldesinde kullanılan yöntemler, yağın verimliliği, kimyasal stabilitesi ve saflığı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu yöntemler, bitkinin özelliklerine ve elde edilmek istenen yağın kullanım amacına göre seçilir. En yaygın yöntemlerin başında su buharı distilasyonu gelir. Bu yöntemde lavanta çiçekleri, buharın bitkisel dokulara nüfuz etmesiyle uçucu yağlarını serbest bırakır. Daha sonra buharlaşan bileşenler soğutularak yoğunlaştırılır ve suyla birlikte bir ayırıcıda ayrıştırılır. Su buharı distilasyonu, düşük sıcaklık koşullarında gerçekleştirilerek yağın bileşenlerini koruma avantajı sunar ve ticari ölçekte yaygın olarak tercih edilir. Modern bir yaklaşım olarak süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu, karbondioksit'in süperkritik bir akışkan olarak kullanıldığı bir tekniktir. Düşük sıcaklık ve yüksek basınç altında gerçekleştirilen bu işlem, çözücü kalıntıları içermeyen yüksek kaliteli yağlar elde edilmesine olanak tanır. Ancak yüksek maliyetli olması nedeniyle daha çok özel uygulamalarda ve araştırmalarda kullanılır. Solvent

ekstraksiyonu ise yağın bir çözücü içinde çözülerek ayrıştırıldığı bir yöntemdir. Çözücüden yağın ayrılması, çözücünün buharlaştırılması yoluyla sağlanır. Bu yöntem yüksek verim sunmakla birlikte, çözücü kalıntıları nedeniyle saflık gerektiren uygulamalar için sınırlamalar oluşturur ve daha çok kozmetik veya endüstriyel kullanımlar için tercih edilir. Alternatif bir yöntem olan soğuk presleme yöntemi de mevcut olmakla birlikte genelde tohum ve meyvelerden yağ eldesinde tercih edilmektedir (Da Porto ve ark., 2009; Danh ve ark., 2012; Zheljazkov ve ark., 2013; Filly ve ark., 2016; Schmidt, 2020). Taze çiçeklerden su buharı distilasyonu yöntemiyle elde edilen lavanta yağı ince bir kıvama, çiçeksi, hafif tatlı, taze ve bazen hafif meyvemsi, orta derece, üst-orta notalarda bir kokuya sahiptir. Genellikle renksiz veya hafif sarımsı bir rengi vardır (Demirezer ve ark., 2021). En çok yönlü ve faydalı yağlardan biri olan lavanta uçucu yağının geniş bir kullanım alanı vardır (Welsh, 1997). Zihinsel yorgunluk, stres ve kaygının giderilmesinde yastığa damlatılarak kullanılmak, dolaşım bozuklukları için banyo suyuna eklemek, hazımsızlık problemlerinde iştah kaybı, stres ve uykusuzlukta 1-2 damla kesme şeker veya bir fincan su ile dahili olarak kullanılması gibi çok çeşitli işlevleri ve kullanım yöntemleri vardır (Demirezer ve ark., 2021). Ayrıca sıklıkla masajla birlikte uygulanan lavanta yağı kasları gevşetmek, rahatlatmak, yorgunluğu gidermek ve kolik tedavisinde tercih edilmektedir (Duke, 1985). Tüm uçucu yağlarda olduğu gibi lavanta yağı kullanılırken de dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Yağ, tahriş olmuş veya hasarlı ciltle doğrudan temas ettirilmemeli ve alerji öyküsü olan kişiler lavanta yağı içeren uygulamalardan kaçınılmalıdır. Ayrıca, cildin hassas bölgelerinde, özellikle yüz gibi alanlarda, yağın taşıyıcı bir yağ ile seyreltilerek kullanılması önerilmektedir. Aşırı miktarda yağa maruz kalmak veya uzun süreli kullanımı, nöbet ya da bronkospastik bir rahatsızlık geçmişi olan kişiler olabileceğinden ekstra dikkatli gerçekleştirilmelidir. Dahili kullanımda iki damladan fazla kullanılmamalıdır. 12 yaş altı çocuklarda, hamile ve emziren kadınlarda dikkatli kullanılmalıdır. Araç kullanırken refleksleri olumsuz etkileyebileceği için kullanılmamalıdır (Valussi, 2005; Koulivand ve ark., 2013; Demirezer ve ark., 2021).

### **1.5. Gastronomi Dünyasında Lavanta: Lezzet ve Estetiğin Buluşması**

Lavanta tıbbi ve aromaterapik kullanımının yanında, gastronomi dünyasında da kendine özgü bir yer edinmiştir. Hoş kokusu ve hafif tatlımsı aroması, lavantayı mutfakta hem lezzet artırıcı hem de görsel bir şölenin

parçası haline getirmiştir. Bu bağlamda, lavantanın gastronomi alanındaki kullanımına yakından baktığımızda, yenilebilir bir çiçek olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Yenilebilir çiçekler, tüketimi için güvenli ve besin değeri taşıyan çiçeklerdir. Bu çiçekler, genellikle lezzet artırıcı, görsel cazibe sağlayıcı ve aromatik özelliklere sahip olarak kullanılır. Mutfak sanatlarında, salatalar, tatlılar, pastalar, soğuk büfe yemekleri, içecekler ve dondurma gibi çeşitli yemeklerde garnitür, renklendirici ve tatlandırıcı olarak tercih edilmektedir. Ayrıca, bazı likörlerin yapımında ve aromalı bitki çaylarının hazırlanmasında da kullanılmaktadır (Mlcek & Rop, 2011). Lavanta, özellikle dondurmalar ve sütlü tatlılarda yaygın olarak kullanılmasının yanı sıra, kendine has rengi ve sakinleştiren kokusu sebebiyle sıcak ve soğuk içeceklerin hazırlanmasında da tercih edilmektedir. Ayrıca, tabak süsleme sanatında önemli bir yer tutan lavanta, görsel ve aromatik etkileriyle yemeklere estetik bir dokunuş katmaktadır (Örnek, 2021). Lavantalı çörekler ve kekler, lavantalı bisküvi, lavantalı limonata, lavantalı tiramisü, lavanta şekeri ve lavantalı kamembert peyniri gibi tatlı tarifleri de literatürde yer almaktadır. Lavanta sirkesi de hem güzel kokusu hem de lavantanın sağlığa faydalı etkilerinden istifade edebilmek adına kullanılmaktadır. (Lis-Balchin, 2002; Georgiana ve ark., 2017). Lavantalı tarifler ayrıca lavanta turizmi yapılan bölgelerde turistlerin dikkatini çekmek ve isteklerini karşılamak adına da üretilmektedir. Özellikle ekonomik değeri yüksek olan lavanta balı üretimi bunun en güzel örneğidir (Akşap, 2018; Karakayacı ve ark., 2022). Ayrıca lavantalı lokum, lavantalı kahve, lavanta reçeli, lavantalı gözleme, lavanta muhallebisi ve lavanta çorbası da lavantanın kullanıldığı yiyecek ve içeceklerin arasındadır (Akşap, 2018)

## **2.Lavandula angustifolia'da (GERÇEK LAVANTA) DOKU KÜLTÜRÜ ÇALIŞMALARI**

Büyük ölçekli bitkisel üretimde doğal popülasyonların yoğun şekilde kullanılması, bu popülasyonların sürdürülebilirliğini tehlikeye atan önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir. Doğadan aşırı toplama ve doğal yaşam alanlarının tahribi, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve ekosistem dengesinin bozulmasına yol açmaktadır (İkincikarakaya ve ark., 2013; Deniz, 2019). Bu nedenle, bitkisel üretim süreçlerinde bitki iyileştirme ve değerli sekonder metabolitlerin üretimi için alternatif yöntemlerin geliştirilmesi giderek daha önemli hale gelmiştir. Biyoteknoloji tabanlı yaklaşımlar, bu bağlamda büyük bir potansiyele sahiptir. Verimli *in vitro* üretim tekniklerinin geliştirilmesi hem bitki genetik kaynaklarının korunması hem de üretim süreçlerinin



sürdürülebilir hale getirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bitki doku kültürü çalışmalarının temelini oluşturan bitki rejenerasyonu sürecinde; uygun eksplant seçimi, sterilizasyon protokolleri, besin ortamlarının optimizasyonu, bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı, kültür şartları, rejenere bitkilerin köklendirilmesi ve dış ortam adaptasyonu gibi unsurlar büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde, bu tekniklere yönelik mevcut literatürde yer alan araştırmalar incelenecek ve uygulamada karşılaşılan zorluklarla birlikte çözüm önerilerine yer verilecektir.

## 2.1. Uygun Eksplant Seçimi

*L. angustifolia* geleneksel tarım uygulamalarında generatif veya vejetatif yollarla çoğaltılmaktadır. Ancak tohumla üreme genellikle yavaştır ve bitkiler büyüme hızı ve uçucu yağ bileşimi açısından önemli ölçüde farklılık gösterir. Vejetatif üreme, genetik olarak homojen bireyler üretmek için gereklidir, ancak çelikle çoğaltma işlemi yavaş ve harcanan iş gücü yoğun olup, köklenme sıklıkla verimsizdir. İklim, su ihtiyacı ve hastalıklara duyarlılık gibi ek faktörler de uçucu yağların içeriğini ve bileşimini etkileyebilir (Chawla, 2009). Bu nedenle doku kültüründe doğru eksplant seçimi ile bitki rejenerasyonunu sağlamak mümkündür. Başlangıç materyali olarak tohumların kullanıldığı pek çok çalışma mevcuttur (Kirimer ve ark., 2017). Bunun yanında aksiller veya terminal tomurcuklardan çoğaltma ve adventif sürgünler veya somatik embriyoların oluşumu yoluyla çoğaltma (George & Debergh, 2008) olabileceği gibi antioksidan aktiviteleri saptamak amacıyla kalluslar da eksplant kaynağı olarak kullanılabilir (Mosafa, 2016).

### 2.1.1. Tohum Eksplantı ve Dormansi

*Lavandula angustifolia* 'nın geniş bir kullanım alanına sahip olması nedeniyle gerek konvensiyonel tarım gerekse bitki biyoteknolojisi uygulamalarında üretimine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak tohumlardaki dormansi, fide üretiminde karşılaşılan sorunlardan biridir. Dormansinin başlıca nedenleri arasında embriyoların yetersiz olgunlaşması yer alır, bu da morfolojik dormansiye yol açar. Ayrıca, tohum kabuğunun değişken geçirgenliğiyle fiziksel dormansi de tetiklenir. Bu nedenle, farklı araştırmacılar tohumların çimlenme engelini aşmak için çalışmalar yapmaktadır (Née ve ark., 2017). Miclea & Chifor (2018). *L. angustifolia* 'nın tohum dormansisini kırmak için 8 hafta boyunca 4°C'de soğuk uygulaması, 23°C'de 0,5% hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) çözeltisinde 24 saat muamele ve 4°C'de 24 saat boyunca 20 mg/100 ml Giberellik Asit (GA<sub>3</sub>) çözeltisinde bekletilme gibi

farklı yöntemler denemişlerdir. Dormansiyi kırmada en etkili yöntemin 4°C'de 24 saat boyunca 20 mg/100 ml GA<sub>3</sub> olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca 1/2 Murashige ve Skoog (MS) ortamı (Murashige & Skoog, 1962), çimlenme için en uygun ortam olarak belirlemişlerdir. Benzer şekilde Oliveira ve ark., (2019) *L. angustifolia* tohum dormansisini kırmak için hidrojen peroksit ön muamelesi sonrasında tohumların 2,5 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> içeren bir ortamda çimlendiğini gözlemişlerdir.

### 2.1.2.Eksplant Olarak Kallus Seçimi

*L. angustifolia*'nın antioksidan aktivitesini saptamak için eksplant kaynağı olarak yaprak kallusları kullanılabilir. Mosafa, (2016) kallusları eksplant kaynağı olarak kullandığı çalışmada farklı konsantrasyonlarda oksin ve sitokinin ile desteklenmiş MS ortamında antioksidan aktivitesini değerlendirmiştir. Araştırmanın sonunda antioksidan aktivite ile fenolik bileşikler, flavonoidler ve rosmarinik asit içeriği belirlenmiş, doku kültürü ile elde edilen lavanta bitkisinin doğal antioksidanların güçlü bir kaynağı olabileceğine vurgu yapılmıştır. Yine, Yahya ve ark., (2024) uçucu organik bileşikler açısından önemli bir kaynak olan *L. angustifolia* çoğaltmak amacıyla etkili bir *in vitro* çoğaltma protokolü tasarlamışlardır. *L. angustifolia* kallus kültürlerinin büyümesi için en uygun ortamın 1 ve 2 mg/L 6-Benzilaminopurin (BAP) içeren MS olduğunu tespit etmiş ve çalışma sonunda %98 oranında kallus oluşumu sağlanmıştır. Miclea & Chifor (2018) yaptıkları çalışmada kallus oluşumu için 3 mg/l BAP + 1,5 mg/l İndol Bütirik Asit (IBA) içeren MS ortamının en iyi ortam olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen kallusların üzerinden sürgün gelişimini ise, MS ortamına 1 veya 2 mg/L zeatin eklenmiş ortamda en yüksek seviyede gözlemişlerdir. Keykha ve ark., (2014) *L. angustifolia* bitkisinde, sekonder metabolit üretiminin artırılması amacıyla hücre kültürü çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada, iki farklı ışık koşulunda iki tip eksplant üzerinde gerçekleştirilen sekiz bitki büyüme düzenleyicisi içeren uygulamanın sonuçlarını incelemişlerdir. Maksimum kallus oluşumu hem taze hem de kuru ağırlık açısından, 2 mg/l Diklorofenoksiasetik Asit (2,4-D) ve 2 mg/l BAP ile desteklenmiş MS ortamında, karanlıkta yetiştirilen yaprak eksplantlarından elde etmişlerdir.

### 2.1.3.Mikroçoğaltım için Eksplant Seçimi

*In vitro* kültürler yoluyla yapılan tarımsal üretim aseksüel klonal üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu şekilde mikroçoğaltım yoluyla kitlesel üretim sağlanabilir. Elde edilen bitkiler hastalıklardan ve zararlılardan

arındırılmış bitkisel materyal elde edilmesinde önemlidir. Mikroçoğaltım yoluyla elde edilen bitkiler, fenotipik ve genotipik homojenite gösterir. Bunun yanında alışlagelmiş yöntemlerden daha kısa kültür süresi, zor üretilen türlerin daha kolay üretilmesi ve seçilen üstün genotiplerin kolay üretimi ve üretimde daha az anaç bitki kullanılması gibi pek çok avantajı da beraberinde getirdiğinden araştırmacılar mikroçoğaltım yöntemlerini sıklıkla tercih etmektedir (Mansuroğu & Gürel, 2001).

Falk ve ark., (2009) *L. angustifolia*'nın, mikroçoğaltımı için bir protokol geliştirilmiştir. Genç yapraklar sterilize edilmiş, keskin bir jilette yaralanmış ve karanlıkta 9  $\mu\text{M}$  Thidiazuron (TDZ) veya 2,4-Diklorofenoksiasetik Asit (2,4-D) içeren MS ortamında rejenerasyona alınmıştır. İki hafta sonra, yaralı bölgelerde kallus dokusu oluşmuştur. TDZ ile muamele edilen yapraklardan elde edilen kalluslardan iki ila dört hafta içinde birden fazla sürgün gelişmiştir. Sürgünler, yaklaşık 1 cm uzunluğa kadar büyüme ve gelişim sağlamak amacıyla 0,05  $\mu\text{M}$  Naftalen Asetik Asit (NAA) içeren büyüme ortamına (MS temel tuzları) aktarılmıştır sürgünlerin mikroçoğaltımları sağlanarak 400'den fazla lavanta bitkisi elde edilerek köklendirilmiştir.

*L. angustifolia*'yı geleneksel çoğaltma teknikleri, virüssüz ve genetik olarak uniform bitki materyali üretmek için yeterince verimli değildir. Bitkinin *in vitro* ortamda apikal ve aksiller tomurcukların uçlarından meristemler izole edilerek virüslerden arı bitkicikler oluşturulabilir. Mitrofanova ve ark., (2016) bu şekilde apikal ve aksiller tomurcukların uçlarından meristemler izole etmişlerdir. Bu eksplantların gelişimini başlatmak için büyüme düzenleyiciler içeren MS kültür ortamına yerleştirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca viral enfeksiyonun giderilmesi için 5-20 mg L<sup>-1</sup> Ribavirin kullanmışlardır. Meristem gelişimi kültüre alındıktan 6 gün sonra başlamıştır. En iyi ortam, düşük konsantrasyonlarda bitki büyüme düzenleyicileri içeren MS ortamı olmuştur. Çoklu sürgünlerin, 0,3 mg L<sup>-1</sup> Kinetin (KIN), 0,025 mg L<sup>-1</sup> NAA ve 0,25 mg L<sup>-1</sup> GA3 içeren MS ortamında geliştiği gözlenmiştir. Parkash & Singh, (2013) *L. angustifolia* türünün korunması amacıyla büyük ölçekli çoğaltımı için *in vitro* mikroçoğaltım protokolü geliştirmiştir. Gövde sürgün uçları kullanılarak farklı kombinasyonlarda BAP ve IBA içeren MS ortamına alınmıştır. Eksplantlar 2.0 mg/l BAP + 15 mg/l IBA içeren MS ortamının kitlesel üretim için en iyi mikroçoğaltım ortamı olduğu tespit edilmiştir. Kirimer ve ark., (2017)

çimlenen tohumların 30-35 günlük fidelerinden alınan kotiledon nodlarını, eksplant olarak kullanarak mikroçoğaltım yapmayı hedeflemişlerdir. 2 mg/L BAP içeren MS besin ortamında sekiz hafta boyunca kültüre ederek çoklu sürgünler elde etmeyi hedeflemiştir. Chaimae ve ark., (2020) *L. angustifolia*'nın 1 cm'lik nodları kullanılarak farklı BAP ve BAP+NAA'in farklı konsantrasyonlarıyla desteklenen MS ortamında yapılmıştır. Sonuçlar, 11.11  $\mu$ M BAP içeren MS ortamında ekplantların maksimum sürgün oluşturduğunu göstermiştir. 8.88  $\mu$ M BAP ve 2.68  $\mu$ M NAA içeren MS ortamının ise sürgün gelişimi için en etkili ortam olduğunu ortaya koymuştur. Şekerci ve ark., (2024) *L. angustifolia*'nın sürgün uçlarını çeşitli BAP konsantrasyonları (0, 0.5, 1 ve 2 mg/L) ile içeren MS ortamına yerleştirmiş ve buna 8 g/L agar eklemişlerdir. Araştırmacılar tüm ortamlara, 2 g/L aktif karbon (AC) eklenmiş ve eklenmemiş olarak çalışmayı tekrarlamışlardır.

Yegorova ve ark., (2019) *L. angustifolia*'nın beş farklı çeşidinin uzun süreli *in vitro* mikroçoğaltım çalışmalarında dokuz kez alt kültüre almışlardır. Meristem kültürü yapılan bu çeşitler morfogenez ve bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler bakımından incelenmiştir. Tüm çeşitlere ait meristemlerin kültüre alınması, çoklu sürgün oluşumuyla sonuçlanmıştır. Sürgün sayısının tüm çeşitlerde üçüncü alt kültüre kadar arttığı ve daha sonra azaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, lavantanın *in vitro* mikroçoğaltım yeteneğinin iyi olduğunu ve etkinliğinin hem çeşide hem de pasaj sayısına bağlı olduğunu göstermektedir. Şimşek ve ark., (2023) *L. angustifolia*'nın üç farklı çeşidinde uzun süreli klonal mikroçoğaltma sonrası genetik stabilitesini araştırmak için bir çalışma tasarlamıştır. Araştırmacılar, genetik stabiliteye RAPD ve ISSR markörleri kullanarak değerlendirmişlerdir. Araştırma materyali, *L. angustifolia*'nın üç çeşidi ile yapılmıştır. 6 ve on altı alt kültür sonrası elde edilen mikro sürgünler incelendiğinde sürgün sayısı ve uzunluğu, sürgün üzerindeki nod sayısı ve çoğaltma indeksi açısından anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Ayrıca morfolojik olarak da farklı yetiştirme süreleri sonunda incelenen üç çeşide ait mikro sürgünler arasında farklılık görülmediğini bildirmişlerdir. Klonal mikroçoğaltım kullanılarak 6 ve on altı subkültivasyon sonrası elde edilen mikro sürgünlerin genetik profilleri, orijinal lavanta kültürleriyle benzer bulunmuştur. Araştırmacılar, sonuç olarak, lavantanın uzun vadeli (en az on altı subkültivasyon) mikroçoğaltmasının bitkinin genetik stabilitesini koruduğunu ifade etmişlerdir.

## 2.2. Sterilizasyon

Bitki doku kültüründe kontaminasyon, bitki büyümesini olumsuz etkilediğinden, besin ortamının, araç-gereçlerin ve explantların sterilize edilmesi büyük önem taşır. Bitki materyalinin sterilizasyonunda farklı dezenfektanlar kullanılır. Uygun süre ve doz ayarlanmazsa, kontaminasyon gibi sorunlar ya da bitkilerde klorofilin parçalanması sonucu doku üzerinde nekroz meydana gelir. Bu durum, dokularda kısmi veya tam ölümle sonuçlanabilir. Lavanta kültürlerinin *in vitro* olarak başlatılması için, başlangıç eksplantlarının yüzey sterilizasyonuna tabi tutulması gereklidir. Literatür incelendiğinde en yaygın kullanılan eksplantların tohum ve gövde/kotiledon nodu, sürgün ucu, çelik gibi yeşil aksanın olduğu göze çarpmaktadır. *L. angustifolia* için en çok tercih edilen dezenfektanlar, ticari çamaşır suyu (%5 NaOCl), etil alkol (EtOH), civaklorür (HgCl<sub>2</sub>), Tween 20 gibi maddelerdir. Kirimer ve ark., (2017) *L. angustifolia* tohumlarını %5 çamaşır suyu (%5 NaOCl) ile 5 dakika muamele ederek ardından iki kez distile edilmiş steril su ile 3 × 5 dakika durulama yapmışlardır. Benzer şekilde Oliveira ve ark., (2019) *L. angustifolia* tohumlarını, %70 alkol ile 1 dakika ve %2,5 NaOCl çözeltisi ile 20 dakika sterile etmişlerdir. Do TienVinh ve ark., (2017) *L. angustifolia* tohumlarının %75 deterjan (javel) solüsyonunda 10 dakika süresince en iyi şekilde dezenfekte edildiğini tespit etmiştir. Yahya ve ark., (2024) eksplant kaynağı olarak *L. angustifolia*'nın nodlarını kullanmış ve birkaç dakika boyunca akan musluk suyunda temizlemiştir. Daha sonra nodlar, %70 EtOH içinde 1 dakika bekletilmiş ve ardından %20 NaOCl + %80 steril su içeren bir çözeltiye daldırılarak ara sıra karıştırmak suretiyle 15 dakika boyunca steril etmişlerdir. Sevgin & Ural (2023) çeliklerin yüzey sterilizasyonunda 30 saniye süreyle EtOH ile muamele ederek durulama yapmış sonrasında 15 dakika süre ile 10 damla Tween-20 içeren %20'lik NaOCl içerisinde yüzey sterilizasyonuna tabi tutarak durulamıştır. Kara & Baydar (2011) deneme alanından aldıkları örnekleri, 2-3 cm uzunluğunda gövde nodu ve sürgün ucu olarak ayırmışlar ve 30 dakika boyunca akan su altında yıkamışlardır. Eksplantlar 30 saniye %70 EtOH ile muamele etmişlerdir. Daha sonra %0.01 Tween-20 içeren %10 NaOCl çözeltisinde 10 saniye çalkalanmış ve ardından üç kez steril su ile durulamışlardır. Li ve ark., (2015) *L. angustifolia*'nın sürgün uçlarının sterilizasyonunda 15 dakika süreyle 0,1 % HgCl<sub>2</sub> kullanılmıştır. Bu sürede bitkiciklerin sağkalım oranı %83,3 ve kontaminasyon oranı ise %25 olmuştur. Şimşek ve ark., (2024) *L. angustifolia*'nın sürgün uçlarını sterilize etmek için on dakika boyunca

musluk suyu ile durulmuş, 4 dakika süreyle %70 EtOH ile muamele etmiştir. Araştırmacılar daha sonra %10 NaOCl çözeltilisine iki dakika süreyle sterilize edip, steril distile su ile üç kez özenle durulamışlardır.

### 2.3.Besin Ortamlarının Optimizasyonu

Literatür incelendiğinde *L. angustifolia*'nın *in vitro* ortamlarda çoğaltılması için yaygın olarak MS bazal besiyeri kullanılmaktadır (Al-Bakhit ve ark., 2007; de Bona ve ark., 2011; Andrys ve ark., 2017; Yegorova ve ark., 2019). Ancak bazı araştırmacılar makro besin düzeyleri azaltılmış  $\frac{1}{2}$  MS besiyerini (Dias ve ark., 2002; Hamza ve ark., 2011; Miclea & Chifor, 2018) ve  $\frac{1}{4}$  MS besiyerini (Khawar ve ark., 2006) tercih etmişlerdir. *Lavandula angustifolia*'nın rejenerasyonu için Linsmaier ve Skoog (LS) (Linsmaier & Skoog, 1965) besi ortamı gibi farklı besi ortamlarını tercih eden araştırmacılar da olmuştur (Wang ve ark., 2007; Oliveira ve ark., 2019).

### 2.4.Bitki Büyüme Düzenleyicileri

Oksin ve sitokinin *in vitro* kültürlerde en sık ihtiyaç duyulan iki bitki büyüme düzenleyicisidir. Ortamda bulunan oksin ve sitokinin konsantrasyonları *in vitro* büyümenin miktar ve çeşidini kontrol eder. *L. angustifolia*'nın doku kültürü çalışmalarında oksin ve sitokinin oranının optimize edilmesi önem arz etmektedir. Araştırmacılar farklı oksin ve sitokininleri (BAP, thidiazuron, zeatin, İndol-3-Asetik Asit (IAA), IBA, NAA, KIN, N6-(delta 2-İzopentenil)-adenin (2iP), 2,4-D, Picloram) optimize ederek lavanta rejenerasyon çalışmaları gerçekleştirmiştir (Hamza ve ark., 2011; Andrys ve ark., 2017; TienVinh ve ark., 2017; Kirimer ve ark., 2017; Miclea & Chifor, 2018; Meriç ve ark., 2019; Yahya ve ark., 2024; Ivanov ve ark., 2024).

### 2.5.Kültür Şartları

Doku kültüründe ortamın fiziksel hali, pH, ışık ve sıcaklığı rejenerasyon başarısını etkileyen önemli faktörlerdir. Aşağıda *L. angustifolia*'nın doku kültüründe rejenerasyonunu artıran bu faktörlere ilişkin çalışmalara yer verilmiştir.

#### 2.5.1.Ortamın Fiziksel Hali

Ortamın fiziksel hali katı ya da sıvı olması ya da jelleştirmede kullanılan polisakkaritler (Agar, phtagel) ve kullanılan dozları önemlidir. Araştırmacılar, *L. angustifolia*'nın *in vitro* rejenerasyon çalışmalarında jelleştirici olarak farklı oranlarda %0.6-0.8 agar kullanmayı tercih etmişlerdir.

Örneğin de Bona ve ark., (2011) %0.6 g/L, Kirimer ve ark., (2017) %0.65 g/L, El-Sharnouby (2022) % 0.7g/L agar kullanırken Kara & Baydar (2012) ve Keykha ve ark., (2014) %0.8 g/L agar kullanmayı tercih etmişlerdir. Bu araştırmacıların aksine Miclea & Chifor (2018) ise rejenerasyon çalışmalarında 5 g/L phytagel kullanmayı tercih etmiştir.

Araştırmacılar, *L. angustifolia*'nın *in vitro* çalışmalarında genel olarak karbon kaynağı olarak %3 sukroz (ağırlık/ hacim) kullanmışlardır (de Bona ve ark., 2011; Keykha ve ark., 2014; Sabzevar ve ark., 2015; TienVinh ve ark., 2017; Kirimer ve ark., 2017; Miclea & Chifor, 2018).

### 2.5.2.Ortamın pH Değeri

Araştırmacılar, *L. angustifolia*'nın *in vitro* çalışmalarında besin ortamının pH değerini genellikle 5.8 olarak kullanmışlardır (de Bona ve ark., 2011; Hamza ve ark., 2011; Miclea ve ark., 2020).

### 2.5.3. Işık Şiddeti

Işık kültür ortamının önemli faktörlerinden birisidir. Doku kültürü çalışmalarında ışığın şiddeti, gün içerisinde uygulama periyodu ve niteliği önemlidir. Literatür incelendiğinde *L. angustifolia*'nın *in vitro* rejenerasyon çalışmalarında, Kara, & Baydar (2011), 16 saat aydınlık/ 8 saat karanlık periyodunda 3000 Lux ışık şiddetinde, de Bona ve ark., (2011), 16 saatlik bir ışık periyodunda ve 10-20  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık şiddetinde, Keykha ve ark., (2014), 30  $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  ışık şiddeti ile 16/8 saat ve aydınlık karanlık periyodunda, TienVinh ve ark., (2017) günde 8 saat 33,3  $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  ışık şiddetinde, Kirimer ve ark., (2017) soğuk beyaz floresan ışık (4000 Lux) ile sağlanan 16 saatlik bir ışık fotoperiyodunda, Miclea ve ark., (2020) soğuk beyaz floresan lambalarla sağlanan 40  $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  ışık şiddetinde 18/6 saatlik ışık/karanlık döngüsü altında kültüre almışlardır.-

### 2.5.4.Sıcaklık

Bitkiler *in vitro*'da rejenere edilirken genellikle 20-30 °C arasında sabit sıcaklıkta tutulurlar. Literatür incelendiğinde *L. angustifolia* 20–25 °C sıcaklıkta (Miclea ve ark., 2020), 24 ± 1°C (Kirimer ve ark., 2017), 25 ± 1 °C (Keykha ve ark., 2014), 25°C ± 2°C (de Bona ve ark., 2011; Kara & Baydar, 2011), 26 ± 2°C (TienVinh ve ark., 2017) sıcaklık aralıklarında *in vitro*'da kültüre edildiği görülmektedir.

## 2.6.Rejenere Bitkilerin Köklenmesi ve Dış Ortama Adaptasyonu

Araştırmacılar, *L. angustifolia*'nın *in vitro*'da köklendirilmesine yönelik çalışmalarda, oksin olarak çoğunlukla IBA içeren MS besin ortamını kullanmışlardır (Mokhtarzadeh ve ark., 2011; Kirimer ve ark., 2017; Meriç ve ark., 2019; Şimşek ve ark., 2024). Şimşek ve ark., (2024) IBA içeren MS ortamına ilave olarak, 2 g/L aktif karbon (AC) eklemiştir. Bazı araştırmacıların oksin olarak NAA'de kullandığı görülmektedir. Örneğin Al-Bakhit ve ark., (2007) *in vitro*'da elde ettikleri sürgünleri, 0.4 mg/L NAA veya IBA içeren MS ortamında köklendirmiştir. de Bona ve ark., (2011) *L. angustifolia*'nın *in vitro* sürgünlerini 2 mg/L, 5 mg/L veya 10 mg/L NAA içeren MS ortamına alarak köklendirmeyi hedeflemişlerdir. 60 gün sonra köklenme yüzdesi, kök sayısı ve bitki başına en uzun kökün uzunluğu değerlendirilmişlerdir. Kök sayısı, uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Ancak NAA, köklenmeyi desteklemiş ve köklenme yüzdesi NAA konsantrasyonu arttıkça yükselmiştir. Kök uzunluğu, 5 mg/L NAA'ya kadar artış göstermiştir. Benzer şekilde Hamza ve ark., (2011) yaptığı çalışmada *L. angustifolia*'nın *in vitro* köklendirilmesinde ½ MS içeren besin ortamında NAA ve IBA'ı karşılaştırmıştır. 1 mg/L NAA içeren MS besin ortamında kök sayısı 21.25 adet iken; 2 mg/L IBA içeren MS besin ortamında bu oranın 11.86 adet olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar ancak oksin olarak NAA kullanıldığında bitki köklerin IBA'ya oranla köklerinin kısa kaldığını da ifade etmişlerdir. Miclea & Chifor (2018) ise tüm bu çalışmaların aksine *L. angustifolia* köklerinin herhangi bir oksine gerek duyulmaksızın MS kontrol ortamında oluştuğunu belirtmiştir. Benzer şekilde IBA kullanılmadan MS ortamında köklendirilen bitkilerin kırmızı ışık spektrumuna maruz bırakıldıklarında pek çok değişken bakımından olumlu sonuçlar verdiğini Rodrigues ve ark., (2020) yaptıkları çalışma ile ifade etmişlerdir. Araştırmacılar farklı konsantrasyonlarda IBA ve farklı ışık spektrumlarının *L. angustifolia*'nın *in vitro* köklenmesi üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Deneysel büyüme ortamında iki farklı IBA konsantrasyonunun (0 ve 0,1 mg/L) ve iki ışık spektrumunun (selüloz asetat filtreler kullanılarak mavi ve kırmızı) yanı sıra kontrol grubu (filtresiz) kombinasyonundan oluşmuştur. 30 gün sonunda yaşama yüzdesi, tomurcuk ve yaprak sayısı, sürgün uzunluğu, kök sayısı, en uzun kökün uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlığı değişkenleri değerlendirilmiştir. Tomurcuk, yaprak ve kök sayısı ile sürgün uzunluğu değişkenlerinde IBA konsantrasyonları ve ışık filtreleri arasında anlamlı bir etkileşim gözlemlenmiştir.



Doku kültürü çalışmalarında elde edilen bitkilerin dış koşullara adaptasyonu oldukça zordur. Bu süreçte bitkilerin büyüme alışkanlıkları, kök yapısı, çevre sıcaklığı, nem, toprak şablonu gibi hem *in vitro* hem de *ex vitro* koşullarda büyümeyi etkileyen faktörlerin anlaşılmasını gerektirir. Doku kültüründe yetişen bitkiler bu faktörlere karşı çok hassas olduğundan, bakım sırasında yapılacak en küçük bir ihmal bile zarar görmelerine ve ölmelerine yol açabilir. Hamza ve ark., (2011) köklendirilmiş sürgünlerin, torf + vermikülit + killi toprak (1:1:1 hacim oranında) karışımına dikildiğinde köklü sürgünlerin %90 ile en yüksek hayatta kalma oranına eriştiğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca sürgün uzunluğunda 12,71 cm'lik bir artışı sağladığını da ifade etmişlerdir. Mokhtarzadeh ve ark., (2011) *L. angustifolia*'nın doku kültürü teknikleri ile elde edilen köklü bitkicikleri, arazi koşullarına adapte edilirken hidroponik kültür, sterilize kum, kil, torf ve bunların karışımlarını kullanmışlardır. Böylece bitkicikleri dış ortama alıştırmışlar ve tarlaya aktarmışlardır. Araştırmacılar ayrıca köklendirmeden sonra bitkiciklerin saksılara alınması, adaptasyonu ve tarlaya aktarılma gibi basamakların çok önemli olduğunu vurgulamışlardır. Chifor (2018) *in vitro*'da köklendirdikleri *L. angustifolia*'nın bitkiciklerinin adaptasyonunda, torf:kum ve vermikülit:perlit:kum karışımını karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar torf:kum (1:2) karışımındaki köklü bitkiciklerin, vermikülit:perlit:kum (2:2:1) karışımındaki köklü bitkilere göre hayattta kalma oranının daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Miclea & Chifor (2018) *in vitro*'da köklendirdikleri *L. angustifolia*'nın bitkiciklerinin adaptasyonunda, torf:kum ve vermikülit:perlit:kum karışımını karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar torf:kum (1:2) karışımındaki köklü bitkiciklerin, vermikülit:perlit:kum (2:2:1) karışımındaki köklü bitkilere göre hayattta kalma oranının daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Şimşek ve ark., (2024) köklenen bitkicikleri torf:perlit (1/1) içeren saksılara alarak seraya başarıyla aktarmışlardır.

## KAYNAKÇA

- Acıbuca, V., & Budak, D.B. (2018). Dünya’da ve Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 33(1): 37-44.
- Adenubi, O.T., Ahmed, A.S., Fasina, F.O., McGaw, L.J., Eloff, J.N., & Naidoo, V. (2018). Pesticidal plants as a possible alternative to synthetic acaricides in tick control: A systematic review and meta-analysis. Industrial Crops and Products, 123: 779-806.
- Afshar, M.K., Moghadam, Z.B., Taghizadeh, Z., Bekhradi, R., Montazeri, A., & Mokhtari, P. (2015). Lavender fragrance essential oil and the quality of sleep in postpartum women. Iranian Red Crescent Medical Journal, 17(4): e25880.
- Akşap, Y. (2018). Gastronomik bir değer olarak lavanta. Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi, 2(1): 32-41.
- Al-Bakhit, A., Sawwan, J., & Al-Mahmoud, M. (2007). *In vitro* propagation of two lavandula species: *Lavandula angustifolia* and *Lavandula latifolia* L. Medica. Jordan Journal of Agricultural Sciences, 3(1): 16-25.
- Algieri, F., Rodriguez-Nogales, A., Vezza, T., Garrido-Mesa, J., Garrido-Mesa, N., Utrilla, M.P., ... & Galvez, J. (2016). Anti-inflammatory activity of hydroalcoholic extracts of *Lavandula dentata* L. and *Lavandula stoechas* L. Journal of ethnopharmacology, 190: 142-158.
- Andrys, D., Kulpa, D., Grzeszczuk, M., Bihun, M., & Dobrowolska, A. (2017). Antioxidant and antimicrobial activities of *Lavandula angustifolia* Mill. field-grown and propagated *in vitro*. Folia Horticulturae, 29(2): 161-180.
- Anonim (2024). Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı. (2020). Lavanta Tarımı ve Endüstrisi Fizibilite Raporu <https://baka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/lavanta-tarimi-ve-endustrisi.pdf> (Erişim Tarihi: 25.11.2024)
- Arslan, M., & Ekren, E. (2018). Mythos and opportunities of usage in landscape architecture of some medicinal and aromatic plants naturally growing in Turkey. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi, 8(3): 172-184.
- Arslan, N., Baydar, H., Kızıl, S., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., & Gümüşçü, A. (2015). Tıbbi aromatik bitkiler üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi.

- Aslanca, H. & Sarıbaş, R. (2011). Lavanta yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, (41): 1-4.
- Austin, D.J., & Meyers, M.B. (1965). The formation of 7-oxygenated coumarins in hydrangea and lavender. *Phytochemistry*, 4(2): 245-254.
- Ayral, M.N. (1997). *Lavandula stoechas ssp. stoechas* Bitkisinin Uçucu Yağının ve Uçucu Olmayan Organik Bileşenlerinin İncelenmesi ve Biyolojik Aktivitelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, İstanbul, 1-186.
- Azimova, S.S., Glushenkova, A.I., & Vinogradova, V.I. (Eds.). (2011). Lipids, lipophilic components and essential oils from plant sources. Springer Science & Business Media.
- Babanina, S.S., Yegorova, N.A., Stavtseva, I.V., & Abdurashitov, S.F. (2023). Genetic stability of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) plants obtained during long-term clonal micropropagation. *Russian Agricultural Sciences*, 49(2): 132-139.
- Basch, E., Foppa, I., Liebowitz, R., Nelson, J., Smith, M., Sollars, D., & Ulbricht, C. (2004). Lavender (*Lavandula angustifolia* Miller). *Journal of Herbal Pharmacotherapy*, 4(2): 63-78.
- Baydar, H. (2013). Tıbbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No:51, Isparta.
- Baydar, H. (2016). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 5. Baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 51 (ISBN: 975-7929-79-4).
- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Kızıl, O.A.S., & Telci, İ. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin arttırılması olanakları. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (2.baskı), İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Boehm, K., Büssing, A., & Ostermann, T. (2012). Aromatherapy as an adjuvant treatment in cancer care—a descriptive systematic review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 9(4): 503-518.
- Bozok, D. & Karaman, R. (2018). Isparta Lavantasının Kırsal Turizm Kapsamında Swot Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi: Kuyucak Köyü Örneği. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 8(2): 27-33.

- Boztas, G., Avcı, A.B., Arabacı, O., & Bayram, E. (2021). Tıbbi ve aromatik bitkilerin dünyadaki ve Türkiye'deki ekonomik durumu. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1): 27-33.
- Carrasco, A., Martinez-Gutierrez, R., Tomas, V., & Tudela, J. (2016). *Lavandula angustifolia* and *Lavandula latifolia* essential oils from Spain: Aromatic profile and bioactivities. *Planta Medica*, 82(01/02): 163-170.
- Castiglioni, A. (2019). *A history of medicine (Vol. 2)*: Routledge.
- Cavanagh, H.M.A., & Wilkinson, J. M. (2002). Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy research*, 16(4): 301-308.
- Chaimae, S., Hakima, S., Chaimae, R., Wafae, S., Lazraq, A., Lahsen, E.G., ... & Ghizlane, E. (2020). Improvement of germination rate and in vitro multiplication of *Lavandula angustifolia*. *Journal of Applied Biology & Biotechnology* Vol, 8(02): 52-57.
- Chawla, H.S. (2009). *Introduction to plant biotechnology*. 3rd ed. Enfield: Science Publishers.
- Ciocarlan, A., Lupascu, L., Aricu, A., Dragalin, I., Popescu, V., Geana, E.I., ... & Zinicovscaia, I. (2021). Chemical composition and assessment of antimicrobial activity of lavender essential oil and some by-products. *Plants*, 10(9): 1829.
- Costa, P., Gonçalves, S., Valentão, P., Andrade, P.B., & Romano, A. (2013). Accumulation of phenolic compounds in in vitro cultures and wild plants of *Lavandula viridis* L'Hér and their antioxidant and anticholinesterase potential. *Food and Chemical Toxicology*, 57: 69-74.
- Culpeper, N. (2014). *The English Physician*. University of Alabama Press.
- Çolak, İ.A., & Çelik, S.A. (2023). Determination of essential oil yields and composition lavender and lavandin cultivars (*Lavandula sp.*) cultivated in Tuzlukçu, Konya. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(3): 582-588.
- Da Porto, C., Decorti, D., & Kikic, I. (2009). Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food manufacturing: Comparison of three different extraction methods. *Food Chemistry*, 112(4): 1072-1078.
- Danh, L.T., Triet, N.D.A., Zhao, J., Mammucari, R., & Foster, N. (2012). Antioxidant activity, yield and chemical composition of lavender essential oil extracted by supercritical CO<sub>2</sub>. *The Journal of Supercritical Fluids*, 70: 27-34.

- de Bona, C.M., Biasi, L.A., Deschamps, C., & Reinhart, V. (2011). Enraizamento *in vitro* de *Lavandula angustifolia*. Current Agricultural Science and Technology, 17(3): 401-404.
- de Bona, C.M., Reinhart, V., Biasi, L.A., & Zanette, F. (2011). *Lavandula dentata* and *Lavandula angustifolia in vitro* organogenesis. Plant Cell Culture & Micropropagation, 7(2): 66-70.
- Demirezer, L.Ö., Ersöz, T., Saraçoğlu, İ., Şener, B., Köroğlu, A., & Yalçın, F.N., (2021). A'dan Z'ye Tıbbi Yağlar ve Aromatik Sular. İstanbul: HAYYKİTAP.
- Deniz, T. (2019). Turizm ve biyoçeşitlilik. Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi, 2(3): 323-339.
- Dias, M.C., Almeida, R., & Romano, A. (2002). Rapid clonal multiplication of *Lavandula viridis* L'Her through *in vitro* axillary shoot proliferation. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 68(1): 99-102.
- Dobros, N., Zawada, K.D., & Paradowska, K. (2022). Phytochemical profiling, antioxidant and anti-inflammatory activity of plants belonging to the *Lavandula* genus. Molecules, 28(1): 256-282.
- Dolzhko, D., Melnyk, N., Kruk, A., Granica, S., & Piwowarski, J. (2024). Traditional use of polar extracts from lavender flowers—systematic review of literature data. Prospects in Pharmaceutical Sciences, 22(3): 92-101.
- Dong, G., Bai, X., Aimila, A., Aisa, H. A., & Maiwulanjiang, M. (2020). Study on lavender essential oil chemical compositions by GC-MS and improved pGC. Molecules, 25(14): 3166-3174.
- Duke, J.A. (1985). CRC handbook of medicinal herbs. Boca Raton: CRC Press.
- El-Sharnouby, M.E. (2022). Tolerance limits of lavender plant (*Lavandula angustifolia* MILL) tissue cultures in response to abiotic stress. Pakistan Journal of Botany, 54(6): 2063-2068.
- Falk, L., Biswas, K., Boeckelmann, A., Lane, A., & Mahmoud, S. S. (2009). An efficient method for the micropropagation of lavenders: regeneration of a unique mutant. Journal of Essential Oil Research, 21(3): 225-228.
- Filly, A., Fabiano-Tixier, A.S., Louis, C., Fernandez, X., & Chemat, F. (2016). Water as a green solvent combined with different techniques for extraction of essential oil from lavender flowers. Comptes Rendus. Chimie, 19(6): 707-717.

- Firoozeei, T.S., Feizi, A., Rezaeizadeh, H., Zargaran, A., Roohafza, H. R., & Karimi, M. (2021). The antidepressant effects of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.): A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Complementary therapies in medicine*, 59: 1-13.
- Foster, S. (1992). *Herbal Renaissance*. [Rev. edition of *Herbal Bounty*, 1984.] Salt Lake City, UT: GibbsSmith.
- Friedland, K., Silani, G., Schuwald, A., Stockburger, C., Koch, E., Nöldner, M., & Müller, W.E. (2021). Neurotrophic properties of silexan, an essential oil from the flowers of lavender-preclinical evidence for antidepressant-like properties. *Pharmacopsychiatry*, 54(01): 37-46.
- George, E.F., Hall, M.A., & Klerk, G.J.D. (2008). Micropropagation: Uses and methods. In *Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1. The Background* (pp. 29-64). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Georgiana, P., Muste, S., Mureşan, C., Mureşan, A.E., Vlaic, R., Chic, S., Sturza, A. & Pop, A. (2017). Flavour compounds of *Lavandula angustifolia* L. to use in food preservation. *Hop and Medicinal Plants*, 23(1): 151–162.
- Gezici, S. (2018). Promising anticancer activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) essential oil through induction of both apoptosis and necrosis. *Annals of Phytomedicine*, 7(2): 38-45.
- Giray, F. H. (2018). An analysis of world lavender oil markets and lessons for Turkey. *Journal of essential oil bearing plants*, 21(6): 1612-1623.
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1): 145-151.
- Hamza, A.M., El-Kafie, A., Omaima, M., & Kasem, M.M. (2011). Direct micropropagation of English lavender (*Lavandula angustifolia* Munstead) plant. *Journal of Plant Production*, 2(1): 81-96.
- Hancianu, M., Cioanca, O., Mihasan, M., & Hritcu, L. (2013). Neuroprotective effects of inhaled lavender oil on scopolamine-induced dementia via anti-oxidative activities in rats. *Phytomedicine*, 20(5): 446-452.
- Herraziz-Peñalver, D., Cases, M.Á., Varela, F., Navarrete, P., Sánchez-Vioque, R., & Usano-Aleman, J. (2013). Chemical characterization of *Lavandula latifolia* Medik. essential oil from Spanish wild populations. *Biochemical systematics and ecology*, 46: 59-68.
- Hou, J. P. (1977). The development of Chinese herbal medicine and the Pent's ao. *The American Journal of Chinese Medicine*, 5(02): 117-122.

- Hui, L., He, L., Huan, L., XiaoLan, L., & AiGuo, Z. (2010). Chemical composition of lavender essential oil and its antioxidant activity and inhibition against rhinitis-related bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 4(4): 309-313.
- Ivanov, P.A., Khabarov, V.A., Nekrasova, D.A., Pivovarova, N.S., Whaley, A. K., & Povydysh, M. N. (2024). Features of growth and accumulation of polyphenolic compounds in callus cultures of *Lavandula angustifolia* Mill. *Russian Journal of Plant Physiology*, 71(3): 93-102
- İkincikarakaya, S.Ü., Beyaz, K.B., & Rezaei, F. (2013). Doğal kaynaklar ve tarım. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1): 104-109.
- Jianu, C., Pop, G., Gruia, A.T., & Horhat, F.G. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of lavender (*Lavandula angustifolia*) and lavandin (*Lavandula x intermedia*) grown in Western Romania. *International Journal Of Agriculture & Biology*, 15(4): 772-776.
- Kageyama, A., Ueno, T., Oshio, M., Masuda, H., Horiuchi, H., & Yokogoshi, H. (2012). Antidepressant-like effects of an aqueous extract of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) in rats. *Food Science and Technology Research*, 18(3): 473-479.
- Kara, N. & Baydar, H. (2011). Türkiye’de lavanta üretim merkezi olan Isparta ili Kuyucak yöresi lavantalarının (*Lavandula X Intermedia Emeric Ex Loisel.*) uçucu yağ özellikleri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4): 42-46.
- Kara, N. (2011). Uçucu Yağ Üretimine Uygun Lavanta (*Lavandula sp.*) Çeşitlerinin Belirlenmesi ve Mikroçoğaltım Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta.
- Kara, N., & Baydar, H. (2012). Effects of different explant sources on micropropagation in lavender (*Lavandula sp.*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(2): 250-255.
- Karakayacı, Z., Erkan, A., Demirbay, G. H., & Özdemir, N. S. (2022). Lavantanın ekonomik analizi: Konya ili örneği. *PROCEEDING BOOK*.
- Katar, D., Can, M., & Katar, N. (2020). Farklı lokasyonların lavandin (*Lavandula x intermedia Emeric ex Loisel.*)’de uçucu yağ oranı ve kimyasal kompozisyonu üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3): 546-553.

- Kazem, A. (2024). Economics of Producing Medicinal and Aromatic Plants. *International Journal of Modern Agriculture and Environment*, 4(1): 50-60.
- Keville, K., & Green, M. (2008). *Aromatherapy: A Complete Guide to the Healing Art [An Essential Oils Book]*. Crossing Press.
- Keykha, F., Khadem, A., Bagheri, A., Sharifi, A., & Ameri, M. (2014). Optimization of Lavender (*Lavandula angustifolia*) callus culture. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 24(2): 279-285.
- Khawar, K.M., Sağlam, Y.S., Özel, Ç.A., Öztürk, M., Şumlu, Ş., Sevimay, C.S., Özcan, S. (2006). *In vitro* somatic embryogenesis in Lavender (*Lavandula angustifolia* Miller) under different light intensities. "Agro Environ" Agricultural Constraints in the Soil Plant Atmosphere Continuum Proceedings of the International Symposium, 293-297.
- Kirimer, N., Mokhtarzadeh, S., Demirci, B., Goger, F., Khawar, K. M., & Demirci, F. (2017). Phytochemical profiling of volatile components of *Lavandula angustifolia* Miller propagated under in vitro conditions. *Industrial Crops and Products*, 96: 120-125.
- Koulivand, P. H., Khaleghi Ghadiri, M., & Gorji, A. (2013). Lavender and the nervous system. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013(1): 1-10.
- Li, K., Lei, Z., Hu, X., Sun, S., Li, S., & Zhang, Z. (2015). In vitro and in vivo bioactivities of aqueous and ethanol extracts from *Helicteres angustifolia* L. root. *Journal of ethnopharmacology*, 172: 61-69.
- Linsmaier, E. M., & Skoog, F. (1965). Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 18(1).
- Lis-Balchin, M. (1997). Essential oils and 'aromatherapy': their modern role in healing. *Journal of the royal society of health*, 117(5): 324-329.
- Lis-Balchin, M. (2002). *Lavender, The Genus Lavandula*, London: CRC Press.
- Lopes, C.L., Pereira, E., Soković, M., Carvalho, A.M., Barata, A.M., Lopes, V., ... & Ferreira, I.C. (2018). Phenolic composition and bioactivity of *Lavandula pedunculata* (Mill.) Cav. samples from different geographical origin. *Molecules*, 23(5): 1-19.
- Mansuroğlu, S., Gürel, E., & Özcan, S. (2001). *Bitki Biyoteknolojisi I: Mikroçoğaltım Konya, Türkiye: Selçuk Üniversitesi Yayınları*.
- Mason, J. (2014). *Growing and knowing lavender*. ACS Distance Education.



- Mavandi, P., Abbaszadeh, B., Emami Bistgani, Z., Barker, A.V., & Hashemi, M. (2021). Biomass, nutrient concentration and the essential oil composition of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) grown with organic fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 44(20): 3061-3071.
- Meriç, S., Tuman, C.B., Ayan, A., & Atak, Ç. (2019). Optimization of tissue culture media-inducing essential oil production of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(1): 85-99.
- Miclea, I., & Chifor, R. (2018). Germination, in vitro propagation and acclimatization in *Lavandula angustifolia*. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*. 75(2): 105-109.
- Miclea, I., Suhani, A., Zahan, M., & Bunea, A. (2020). Effect of jasmonic acid and salicylic acid on growth and biochemical composition of *in-vitro*-propagated *Lavandula angustifolia* Mill. *Agronomy*, 10(11): 1-14.
- Mitrofanova, I.V., Chirkov, S.N., Lesnikova-Sedoshenko, N.P., Chelombit, S.V., Zakubanskiy, A.V., Rabotyagov, V.D., & Mitrofanova, O.V. (2016, March). Micropropagation of *Lavandula angustifolia* Mill.'Record'and'Belyanka'. In IX International Symposium on *In Vitro* Culture and Horticultural Breeding 1187: 37-42.
- Mlcek, J. & Rop, O. (2011). Fresh Edible Flowers of Ornamental Plants-A New Source of Nutraceutical Foods. *Trends in Food Science & Technology*, 22(10): 561-569.
- Mokhtarzadeh, S., Hajyzadeh, M., Ahmad, H.A., & Khawar, K.M. (2011, October). The problems in acclimatisation of in vitro multiplied plants of *Lavandula angustifolia* Miller under field conditions. In V International Symposium on Acclimatization and Establishment of Micropropagated Plants 988: 71-76.
- Mori, H.M., Kawanami, H., Kawahata, H., & Aoki, M. (2016). Wound healing potential of lavender oil by acceleration of granulation and wound contraction through induction of TGF- $\beta$  in a rat model. *BMC complementary and alternative medicine*, 16: 1-11.
- Mosafa, N. (2016). The study of antioxidant properties of *Lavandula angustifolia* in tissue culture. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 28(4): 835-843.

- Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 15: 473–497.
- Née, G., Xiang, Y., & Soppe, W.J. (2017). The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. *Current opinion in plant biology*, 35: 8–14.
- Oliveira, R.C.D., Asmar, S.A., Silva, H.F.D.J., Morais, T.P.D., & Luz, J.M.Q. (2019). Regulators, culture media and types of lights *in vitro* lavender culture. *Ciência Rural*, 49(11): e20180966.
- Oskouie, A.A., Yekta, R.F., Tavirani, M.R., Kashani, M.S., & Goshadrou, F. (2018). *Lavandula angustifolia* effects on rat models of Alzheimer's disease through the investigation of serum metabolic features using NMR metabolomics. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 10(2): 83–92.
- Örnek, A. (2021). Gastronomi Araştırmaları: Yiyecek içecek sektöründe yenilebilir çiçekler ve mikro filizler. Konya, Türkiye: Çizgi Kitapevi
- Özer, M. (2017). Tabiat eczanesi: Şifalı bitkiler ansiklopedisi. İstanbul: Saray Yayın Dağıtım.
- Parkash, V., & Singh, H. (2013). *Lavandula angustifolia* L. (lavender): An important aromatic medicinal shrub and its *in vitro* micro-propagation for conservation. *Journal of Agricultural Technology*, 9(3): 91-702.
- Peterson, L. (2002). The Australian Lavender Industry: A Review of Oil Production and Related Products. Australian Government: Rural Industries Research and Development Corporation.
- Reichling, J., Schnitzler, P., Suschke, U., & Saller, R. (2009). Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties—an overview. *Forschende Komplementärmedizin/Research in Complementary Medicine*, 16(2): 79-90.
- Rodrigues, D.B., Radke, A.K., Sommer, L.R., Rosa, D.S.B.D., Schuch, M.W., & Assis, A.M.D. (2020). Quality of light and indolbutyric acid *in vitro* rooting of lavender. *Ornamental Horticulture*, 26: 89-94.
- Romeo, F.V., De Luca, S., Piscopo, A., & Poiana, M. (2008). Antimicrobial effect of some essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 20(4): 373-379.
- Sabzevar, T.S., Ghavidel, A.R. & Foroghian, S. (2015). The effect of phytohormones on Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) organogenesis. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3: 338–344.

- Saeed, F., Afzaal, M., Raza, M.A., Rasheed, A., Hussain, M., Nayik, G.A., & Ansari, M.J. (2023). Lavender essential oil: nutritional, compositional, and therapeutic insights. In *Essential Oils*. Academic Press.
- Sarker, L.S., Galata, M., Demissie, Z.A., & Mahmoud, S.S. (2012). Molecular cloning and functional characterization of borneol dehydrogenase from the glandular trichomes of *Lavandula x intermedia*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 528(2): 163-170.
- Schmidt, E. (2020). Production of essential oils: In *Handbook of essential oils*. CRC Press.
- Sebai, H., Selmi, S., Rtibi, K., Souli, A., Gharbi, N., & Sakly, M. (2013). Lavender (*Lavandula stoechas* L.) essential oils attenuate hyperglycemia and protect against oxidative stress in alloxan-induced diabetic rats. *Lipids in Health and Disease*, 12: 1-9.
- Serrano, J., Puupponen-Pimiä, R., Dauer, A., Aura, A.M., & Saura-Calixto, F. (2009). Tannins: current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. *Molecular Nutrition & Food research*, 53(S2): 310-329.
- Sevgin, N., & Ural, Y. (2023). Aktif kömür uygulamasının bazı lavanta çeşitlerinin *in vitro* doku kültürü ile çoğaltımı üzerine etkisi. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1): 32-40.
- Shabbara, H.M., & Taha, A.E. (2007). An economical study of the most important Egyptian aromatic plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(8): 747-756.
- Sienkiewicz, M., Lysakowska, M., Cieciewicz, J., Denys, P., & Kowalczyk, E. (2011). Antibacterial activity of thyme and lavender essential oils. *Medicinal chemistry*, 7(6): 674-689.
- Silva, G.L., Luft, C., Lunardelli, A., Amaral, R.H., Melo, D.A., Donadio, M.V., ... & Oliveria, J.R. (2015). Antioxidant, analgesic and anti-inflammatory effects of lavender essential oil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87: 1397-1408.
- Sönmez, Ç., Şimşek Soysal, A.Ö., Okkaoğlu, H., Karık, Ü., Taghiloofar, A.H., & Bayram, E. (2018). Determination of some yield and quality characteristics among individual plants of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) populations grown under mediterranean conditions in Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 50(6): 2285-2290.
- Stanev, S., Zagorcheva, T., & Atanassov, I. (2016). Lavender cultivation in Bulgaria-21 st century developments, breeding challenges and

- opportunities. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(4): 584–590.
- Şimşek, F. (2017). Paleolitik dönemde insan türleri. *Uluslararası Amisos Dergisi*, 2(3): 66-85.
- Şimşek, Ö., Dalda Şekerci, A., Isak, M.A., Bulut, F., İzgü, T., Tütüncü, M., & Dönmez, D. (2024). Optimizing micropropagation and rooting protocols for diverse lavender genotypes: A synergistic approach integrating machine learning techniques. *Horticultrae*, 10(1): 1-19.
- Thulesius, O. (1992). *Nicholas Culpeper: English physician and astrologer*. Springer.
- TienVinh, D., Hoa, M.T., Khai, P.C., & Van Minh, T. (2017). Micropropagation of lavender (*Lavandula angustifolia*). *Seeds*, 4: 7-11.
- Tisserand, R., & Young, R. (2013). *Essential oil safety: A guide for health care professionals*. Elsevier Health Sciences.
- Tyler, V.E. (2000). *Herbal medicine: From the past to the future*. *Public Health Nutrition*, 3(4a): 447-452.
- Uçankuş, H.T. (2000). *Bir insan ve uygarlık bilimi arkeoloji: tarih öncesi çağlardan Perslere kadar Anadolu*. Ankara: TC Kültür Bakanlığı.
- Üstü, Y., & Uğurlu, M. (2019). Lavantanın tıbbi kullanımı. *Ankara Medical Journal*, 19(2): 416-418.
- Valussi, M. (2005). *Il grande manuale dell'aromaterapia: Fondamenti di scienza degli oli essenziali*. Milano: Tecniche nuove.
- Wang, X., Jin, L., Li, M., Zhao, M., Zhao, H., & Xu, Y. (2007). Bioreactor culture and plant regeneration from cell clusters of the aromatic plant, *Lavandula angustifolia* 'Munstead'. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(5): 781-785.
- Weiss, E.A. (1997). *Essential Oil Crops*. New York, USA: CAB International.
- Welsh, C. (1997). Three essential oils for the medicine cabinet. *Alternative health practitioner*, 3(1): 11-15.
- Wiert, C. (2007). *Ethnopharmacology of medicinal plants: Asia and the Pacific*. Springer Science & Business Media.
- Woronuk, G., Demissie, Z., Rheault, M., & Mahmoud, S. (2011). Biosynthesis and therapeutic properties of *Lavandula* essential oil constituents. *Planta Medica*, 77(01): 7-15.
- Yahya, M.A., Tunali, F., Killi, D., & Sökmen, A. (2024). Phenolic profile and volatiles of *in vitro* propagated *Lavandula angustifolia* Mill. seedlings. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 1-18.

- Yegorova, N.A., Mitrofanova, I.V., Brailko, V.A., Grebennikova, O.A., Paliy, A.E., & Stavtseva, I.V. (2019). Morphogenetic, physiological, and biochemical features of *Lavandula angustifolia* at long-term micropropagation *in vitro*. *Russian Journal of Plant Physiology*, 66: 326-334.
- Yıldırım, D., Kocatepe, V., Can, G., Sulu, E., Akış, H., Şahin, G., & Aktay, E. (2020). The effect of lavender oil on sleep quality and vital signs in palliative care: A randomized clinical trial. *Complementary Medicine Research*, 27(5): 328-335.
- Zhao, Y., Chen, R., Wang, Y., Qing, C., Wang, W., & Yang, Y. (2017). *In vitro* and *in vivo* efficacy studies of *Lavender angustifolia* essential oil and its active constituents on the proliferation of human prostate cancer. *Integrative cancer therapies*, 16(2): 215-226.
- Zheljaskov, V.D., Astatkie, T., & Hristov, A.N. (2012). Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. *Industrial Crops and Products*, 36(1): 222-228.
- Zheljaskov, V.D., Cantrell, C.L., Astatkie, T., & Jeliaskova, E. (2013). Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition. *Journal of Oleo Science*, 62(4): 195-199.
- Zuzarte, M., Gonçalves, M.J., Cruz, M.T., Cavaleiro, C., Canhoto, J., Vaz, S., ... & Salgueiro, L. (2012). *Lavandula luisieri* essential oil as a source

### **BÖLÜM 3**

## **SENTETİK PESTİSİTLERİN TARIMSAL VERİMLİLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTE YERİ, ÖNEMİ VE GELECEĞİ ÜZERİNE ÇEVRECİ BİR YAKLAŞIM**

Doç. Dr. İbrahim KOÇ<sup>1</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583477>

---

<sup>1</sup>Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Mardin, Türkiye, [ibrahimkoc@artuklu.edu.tr](mailto:ibrahimkoc@artuklu.edu.tr) Orcid No: 0000-0003-0803-6801



## GİRİŞ

İnsanlar, bitkisel ve hayvansal besinlere gerek kendi yaşamları ve gerekse neslin devamı için zorunlu bir şekilde ihtiyaç duymaktadırlar. Bu ihtiyacı, Sarwar (2015) direkt ya da dolaylı bir şekilde tarımla sağlandığını ifade etmiştir. Tarım; bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretimi, depolanması, işlenmesi ve pazarlanması olarak ifade edilebilen ve gelişmişlik düzeylerine bağlı olmaksızın tüm ülkeler için stratejik öneme sahip olan önemli bir sektördür (Acıbuca ve ark., 2021). Tarım, insanlığın en eski tarihinden beri süre gelmiş ve her zaman hayati derecede önem arz etmiştir (Sarwar, 2015; Srivastav, 2020). Sağlıklı beslenme, yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için tarım oldukça büyük bir öneme sahiptir. (Soysal ve ark., 2022) İnsanlar, tarıma sadece beslenme amaçlı değil bir çok yaşamsal faaliyetlerini (ilaç, yakacak, giyecek, barınma vs) yerine getirmek için de ihtiyaç duymaktadır. Tarımı yapılan bitkiler, bazı mikroorganizmalar, nematodlar ve arthropodlar gibi zararlı ve hastalık etmenlerince saldırıya uğramaktadır. Bu zararın yanısıra, yabancı otlar ile mücadele ederek stress altına girmektedirler (Saladin ve Clément, 2005). Tarımsal faaliyetlerde, zararlı etmenler ile mücadele, sentetik pestisitlerin keşfine kadar kültürel yöntemlerle yapılmıyordu (Edwards, 1993). Sentetik pestisitler, günümüzde zararlı kontrol stratejilerinin yaygın bir parçası olarak kullanılmaktadır (Hussain ve ark., 2009). Bu kimyasallar, mahsül üretiminin artırılmasında kullanılan birkaç yenilikçi fikir içerisinde yer almaktadır (Srivastav, 2020). Yıllık pestisit kullanımı, Dünya çapında yaklaşık 2.5 milyon ton olarak tahmin edilmekte (Pimentel, 1995) ve özellikle son yıllarda gelişmekte olan ülkelerde bu miktarda artış görülmektedir (Moshi ve ark., 2015). Bu kimyasalların ilk zamanlarında bitki zararlılarına etkinliği o kadar göz alıcıydı ki, yaygın olarak ve çoğu zaman ayırım gözetmeksizin kullanılıyordu (Edwards, 1993). Gerek bu durumdan dolayı ve gerekse depolanması, bertarafı sırasında yapılan yanlışlıklar gibi durumlardan ötürü tarım arazileri olumsuz etkilenmekte (Pimentel ve ark., 1993), doğal kaynaklar, insanlar ve diğer canlılar için tehlike oluşturmaktadır (Macharia ve ark., 2009; Wood ve Goulson, 2017; Al-Ani ve ark., 2019; Deknock ve ark., 2019; İbadullayeva ve ark., 2019; Raza ve ark., 2019; Wołejko ve ark., 2020).

Tarımsal alanlar, insanlar aracılığı ile sentetik pestisitler gibi kimyasal girdilerin olduğu önemli ekolojik alanlardır (Güven ve Koç, 2020; Doğan ve ark., 2021). Bu alanlarda, yapılan pestisit uygulamaları ile sadece istenmeyen faktörler değil başta insan olmak üzere tüm paydaşlar olumsuz



etkilenmektedir. Örneğin; şeker kamışı çalışanlarında pestisitlerden kaynaklı deride yanma ve enfeksiyon oluşumu, solunum problemleri, göğüs ağrısı, astım, ishal, ateş, kanama, hipertansiyon, konvülsiyon, kramp, baş dönmesi, bulantı ve kusma gibi rahatsızlıklar görülmüştür (Raza ve ark., 2019). Ubuoh ve ark. (2012), kullandıkları herbisit glifosfat'ın, topraktaki mikrobiyal popülasyonda ciddi azalmalara yol açtığını bildirmişlerdir. Ilıkhan ve Koç (2020), laboratuvarında tarla dozunda kullandıkları demond® (insektisit)'un *Eisenia foetida*'nın verdikleri kokon sayısı, ağırlıkları ve kokonlardan çıkan birey sayısında olumsuz etki gösterdiğini saptamışlardır. Yardım ve Edwards (1998), domates (*Lycopersicon esculentum* L.) tarlasında kullandıkları trifluralin ve paraquat herbisitlerinin fungivor ve bakterivor nematodları olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Bazı pestisitlerin, güvenilirliği konusunda oluşan kaygılardan kaynaklı sürdürülebilir tarımda bu kimyasalların kullanılabilmesi sorgulanmaya başlamıştır (Balcı ve Durmuşoğlu, 2020). Her ne kadar ürün miktarında artışa katkı sunduğu görülse de/ düşünülse de verim, sürdürülebilirlik ve çevre bağlamında pestisit kullanımı tartışmaya açık bir mevzu olarak devam edecektir.

Bu kitap bölümü, “Tarla Bitkilerinde Verimlilik ve Sürdürülebilirlik” temelinde tarımda kullanılan sentetik pestisitlerin, verim ve sürdürülebilirlik ile birlikte çevrenin önemine dikkat çekme amacı ile hazırlanmıştır. Kitap bölümü, “Giriş”, “Pestisitlerin Tarihçesi ve Çeşitliliği”, “Verim ve Sürdürülebilirlikte Pestisitlerin Yeri”, “Pestisitlerin Amaç Dışı Etkileri”, “Sonuç ve Öneriler” ile “Kaynaklar” kısımlarından oluşmaktadır.

## 1. PESTİSİTLERİN TARİHÇESİ VE ÇEŞİTLİLİĞİ

Pestisitlerin, zararlılar ile mücadelede kullanılması yazının bulunmasından önceye dayanmaktadır (Akkuzu ve ark., 2001). Edwards (1993), bir eserinde arthropodları kontrol etmek ile ilgili olarak M.S. 70 yılında, Pliny'in arsenik kullanılmasını tavsiye ettiğini yazmıştır. Ayrıca, bakır asetoarsenit ve kurşun arsenat gibi inorganik kimyasalların da 20. yüzyılın başlarında, yaygın olarak kullanıldığına değinmiştir. Bununla birlikte, pestisitlerin etkili kullanılması 1939 yılında DDT'nin keşfi ile başlamıştır (Akkuzu ve ark., 2001).

Zararlılar ile mücadelede farklı türlerde pestisitler kullanılmaktadır (Mahmood ve ark., 2016; Umetsu ve Shirai, 2020). Sentetik pestisitler,

1940'larda organoklorlu ve organofosforlu insektisitlerin keşfi ve sentetik hormon bazlı herbisitlerin geliştirilmesiyle başlamıştır (Edwards, 1993).

Pestisitler, fiziksel, kimyasal ve özdeş özellikleri birbirinden farklı olan madde/maddelerin karışımından oluşmakta olup bu özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırma yöntemlerinden bir tanesi de Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından pestisitlerin toksisitesine göre yapılmış bir sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmada, pestisitler son derece tehlikeli, çok tehlikeli, orta derecede tehlikeli ve hafif tehlikeli olarak dört sınıfta gruplandırılmıştır (Yadav ve Devi, 2017; Kaur ve ark., 2019). Sezgen (2018), bitki koruma ürünlerinin gruplandırılması ile ilgili olarak Yıldırım (2012)'e atfen fiziksel özelliklerine, kimyasal yapılarına, uygulama tekniklerine ve biyolojik etkilerine göre sınıflandırıldıklarını bildirmiştir. Pestisitler, yapı, kalıcılık, toksisite ve çevresel etki bakımından büyük farklılıklar göstermektedir (Edwards, 1993). Pestisit pazarındaki hızlı büyüme, birçok pestisit formülasyonunun piyasaya sürülmesine yol açmıştır (Syafudin ve ark., 2021). 1960'larda organofosfat insektisitler, 1970'lerde karbamatlar ve 1980'lerde piretroidler piyasaya girmiştir. 1970'lerde ve 1980'lerde ise herbisitler ve fungusitler piyasaya sürülmüştür (Aktar ve ark., 2009).

## **2. VERİM VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTE PESTİSİTLERİN YERİ**

Tarımda, pestisitlerin kullanımı ile birlikte üretim alanları genişlemeye başlamış (Moshi ve ark., 2015), gıda üretiminde artış meydana gelmiştir (Forget ve ark., 1993; Carvalho, 2017).

Pestisitlerin Dünya çapındaki yıllık kullanımı, milyonlarca ton ile ifade edilebilir miktarlara ulaşmıştır (Edwards, 1993; Pimentel, 1995). Ülkeler bazında, bu kimyasalların pazarında %27 ile Amerika Birleşik Devletleri göze çarpmaktadır (Edwards, 1993). Zhang (2018), bir çalışmada, 2010-2014 yıllarını ölçü olarak ortalama yıllık pestisit kullanımının (kg/ha) sırası ile Japonya (18.94), Çin (10.45), Meksika (7.87), Brezilya (6.166), Almanya (5.123), Fransa (4.859), İngiltere (4.034), ABD (3.886) ve Hindistan (0.261) olduğunu belirlemiştir.

Pestisit kullanımı, küresel olarak artış gösterme eğilimindedir (Gyawali, 2018). Örneğin; Türkiye'de pestisit tüketiminin Özbek ve Fidan (2014)'ın bir araştırmasında 1979-2007 yılları arasında %270 düzeyinde arttığı bildirilmiştir. Büyüyen insan popülasyonu, bu artış üzerindeki baskıyı sürdürmektedir (Carvalho, 2017).

Edwards (1993), bir çalışmasında E.P.A. (Environmental Protection Agency)'nın 1989'daki raporuna değinerek pestisit pazarının milyarlarca dolar değerinde olduğunu izah etmiştir.

Çeşitli sebepler çerçevesinde, bu kimyasalların tarımda kullanımının faydalı olduğu yönünde yaklaşan bilimsel çalışmalar olduğu gibi olumsuz yaklaşan çalışmalarda mevcuttur. Örneğin; Umetsu ve Shirai (2020), son on yılda en az 105 kimyasal pestisit piyasa verildiğini ve bunların çoğunun insanlar ve çevre için güvenli olduğunu bildirmişlerdir. Cooper ve Dobson (2007), pestisitler ile ilgili artan mahsul ve hayvan verimi, azaltılmış angarya gibi tartışılmaz 26 birincil fayda ve 31 ikincil fayda olduğunu ifade etmiştir. Bu açıklama ile birlikte pestisitlerin su, toprak ve hava kalitesine etkilerinin yanısıra insanlar başta olmak üzere ve diğer tüm canlılar üzerinde olumsuz etkilerinin görüldüğünü bildiren tespitlerde vardır (Pimentel ve ark., 1993; Edwards, 1993; Casabé ve ark., 2007; Moshi ve ark., 2015; Özcan ve Tongur, 2019; Wołejko ve ark., 2020).

### **3. PESTİSİTLERİN AMAÇ DIŞI ETKİLERİ**

Pestisitlerin depolanması, aşırı miktarda ve kontrolsüz kullanılması, ilaçların bertarafı sırasında yapılan yanlışlıklar gibi durumlardan dolayı tarım arazileri ciddi derecede zarar görmekte (Pimentel ve ark., 1993), gıdalarda kimyasal kontaminasyon olabilmekte (Edwards, 1993; Bhardwaj ve Sharma, 2013; Güler ve Can, 2017), çevre kirlenmekte (Soyöz ve Özçelik, 2003; Casabé ve ark., 2007; Moshi ve ark., 2015; Özcan ve Tongur, 2019), doğal kaynaklar, insanlar ve diğer canlılar için tehlike oluşturmaktadır (Edwards, 1993; Pimentel ve ark., 1993; Fox ve Weersink, 1995; Delen ve ark., 2005; Macharia ve ark., 2009; Sánchez-Bayo, 2011; Bhardwaj ve Sharma, 2013; Desneux ve ark., 2007; Ansoar-Rodríguez ve ark., 2015; Deknock ve ark., 2019; İbadullayeva ve ark., 2019; Raza ve ark., 2019; Wołejko ve ark., 2020).

Zararlı yönetiminde kullanılan sentetik pestisitler, çevre üzerindeki potansiyel zararlı etkilerinden ötürü tartışmalı bir konu olarak kalmıştır (Yardim, 2002).

Bu kimyasallar, küresel gıda güvenliği bakımından kritik öneme sahip olmaya devam etseler de, özellikle sürdürülebilir tarım evrensel odaklı olduğundan dolayı istenmeyen etkileri göz ardı edilemez (Prashar ve Shah, 2016). Kainga ve ark. (2016) çalışmalarında pestisitlerin yanlış kullanımı senaryosunun, bilim adamları arasında endişe kaynağı olmaya devam ettiğini dile getirmiştir. Bu endişe ile ilgili, yapılan bir araştırmada pestisitlerin

%64'ünün yer altı sularını kirlettikleri saptanmıştır (Macharia ve ark., 2009). Deknock ve ark. (2019), Guayas nehir havzasının tatlı su ortamında yaptıkları analizlerde toplamda 26 pestisit ürünü belirlemiştir. Atasoy (2019), ülkemizde yaygın kullanılan ethalfluralin, dichlorvos, chlorpyrifos-etil, diflubenzuron ve fenbutatin oxide'i yer altı su kaynaklarında tespit etmiştir. ABD'de, pestisitlerden kaynaklı ekonomik ve çevresel kayıplardaki yeraltı suyu kirliliği payının 2.0 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir (Pimentel ve Burgess, 2014).

Pestisitler, toprak ortamında uzun süre kalma eğilimleri bakımından toprak sağlığını olumsuz etkilemektedirler. Biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir tarımsal üretimin sağlanması için toprak sağlığı yönetimi hayati öneme sahiptir (Prashar ve Shah, 2016). Bu bağlamda, yıpranmış topraklar gelişmiş ürün/tahıl üretimini sürdürme yeteneklerini kaybederler (Kalia ve Gosal, 2011). Örneğin; Güven ve Koç (2020), bir araştırmalarında Satellite 20 WP'nin toprak pH'sında artışa sebep olduğunu gözlemlemiştir. Yoloğlu (2015), tebukonazol ve thiram fungusitlerin toprağa etkilerine yönelik yaptığı bir araştırmada bu ürünlerin toprak kirliliğine sebep olduğunu bildirmiştir. Toprakta önemli vazifeleri bulunan toprak canlılarından nematodlar, bu kimyasallara karşı hassasiyet göstermektedir (Castro ve ark., 1991; Bohlen ve Edwards, 1994; Cowles ve Villani, 1994). Bu kimyasalların, yanlış uygulamalarından ötürü toprak ekosisteminin biyolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki denge bozulmaktadır (Algan ve Bilen, 2005). Kirlenen toprakların geri kazanımı çok zor olup, tekrardan oluşumu yüzyıllar sürebilir (Taşçıoğlu ve Aydın, 2017). Pestisit kalıntıları, toprak ortamının yanısıra kullanım yerlerine yakın hava ortamında da yaygın olarak bulunmaktadır (Haque ve Freed, 1974; Sitaramaraju ve ark., 2014).

Pestisitlerin hedef dışı etkilediği parametrelerden bir diğeri de canlılardır. Bu konu ile ilgili yapılmış örnek çalışmalardan bir tanesi Berber ve ark. (2004) tarafından yürütülmüştür. Bu araştırmada, sık kullanılan 9 adet ticari pestisit in çoğunun, *B. thuringiensis* var. *Israelensis* ve *B. sphaericus* 2362'in spor çimlenmesi ve larvasidal aktivitesine olumsuz etki gösterdiğini saptamışlardır. Koç ve Ilıkhan (2020)'ın yaptığı bir deneyde, granland®'in, *Eisenia fetida*'ya olumsuz etki gösterdiğini gözlemlemiştir. Özcan ve Tongur (2019) laboratuarda kullandıkları insektisit in *Lepidium sativum*'a çok toksik etki gösterdiğini tespit etmişlerdir. Rui (1998), triazophos insektisitinin balıklara yüksek toksisite etki gösterdiğini saptamıştır. Diafenthiuron'un Sazan balığına (*Cyprinus carpio* L.) etkileri ile ilgili Johnson ve ark.

(2016)'nın yaptığı araştırmada, tarla dozundan 10 kat daha düşük dozların 6 saat içinde balıkları öldürebildiğini saptamışlardır. McWilliam ve ark. (2014), kırmızı gagalı quelea'yı (*Quelea quelea*) kontrol etmek için kullanılan organophosphate fenthion (insektisit, avised, akarisit)'un suda yaşayan omurgasızları olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Cang ve ark. (2007), emamectin benzoate'ın keklikler için yüksek düzeyde zehirleyici olduğunu saptamışlardır. Sánchez-Bayo (2011), insektisitlerin küçük memeliler için çok zehirli ve popülasyonlarında önemli azalmalara neden olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışkan (2010), sentetik pestisitlerden tetrametrinin albino farelerin (*Mus musculus*) serum proteinlerinden  $\gamma$ -globulin'in miktarında azalmaya yol açtığını belirlemiştir. Pestisit uygulamaları, bitkilerin fizyolojisinde ve besin içeriğinde değişikliklere neden olabilir (Saladin ve Clément, 2005). Pestisitlerin, %47'sinin faydalı arthropodlar için çok zararlı olduğu yönünde bilimsel tespitler vardır (Macharia ve ark., 2009).

Pestisitlerin insanlara etkileri bağlamında, Dünya Sağlık Örgütü (WHO, DSÖ)'ne göre pestisitlerin %8'inin son derece tehlikeli, %25'inin kanserojen olduğunu ve %43'ünün de olası kanserojen maddeler olduğunu açıklamıştır (Macharia ve ark., 2009). Gelişmekte olan ülkelerde, pestisit kullanımı ile ilgili her yıl 25 milyon tarım işçisi bir zehirlenme olayı yaşamaktadır (Bhardwaj ve Sharma, 2013). Sharma ve ark. (2018), cypermethrin insektisitinin doğası gereği felaket olduğunu ve bugüne kadar ki zehirlenmelerde bir panzehirinin mevcut olmadığına dikkat çekmiştir. DSÖ, glyphosate herbisitinin yoğun kullanımı ile birlikte zaman içinde, yalnızca toprağı, yüzeyi ile yeraltı suyunu ve atmosferi değil, aynı zamanda çocuk bezlerini, yiyecekleri, tıbbi ürünleri de etkileyen gerçek bir küresel kirlilik yarattığını gün ışığına çıkarmıştır (Torretta ve ark., 2018).

Yoğun pestisit kullanımı ile birlikte, zehirlenmelerin olması, pestisit direncinin gelişmesi, balık ve yaban hayatı kayıpları, doğal düşmanların azalması, bal arısı kayıpları, tozlaşmanın azalması, mahsul ve ağaç kayıpları gibi dolaylı durumların yanısıra çevresel maliyetler de dikkate alındığında pestisitlerin maliyeti ile ilgili rakam değişecektir (Pimentel ve ark., 1993).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Sentetik pestisitler, ilk ortaya çıktığı andan zamanımıza ve muhtemelen yakın gelecek zamana kadar önemli bir tarımsal girdi olarak yerini muhafaza edeceği tahmin edilmektedir. Bu kimyasalların, hedef canlı dışında çevrenin tamamına etkide bulunduğu bilimsel çalışmalarla

kanıtlanmıştır. Bu bağlamda, kimyasal pestisitler genel anlamda tarımda istenmeyen ancak kullanılmak zorunda olan bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tarımsal faaliyetler icra edilirken, gerek verim ile sürdürülebilirlik ve gerekse korunması gereken bir çevrenin (toprak, su, hava, biyoçeşitlilik vs) birlikte ele alınması gerekmektedir. Yani, mevzu bahis konunun sağlıklı işleyebilmesi için herkesin hassasiyetle sorumluluk hisetmesi ve çalışması gerektiği bir konudur. Bu anlamda, bitki koruma faaliyetlerinde kimyasal pestisitlerin kullanımı, kesinlikle öncelikli olmamalıdır. Aktar ve ark. (2009)'nın çalışmalarında "az iyiyse, çok daha fazlası daha iyi olur" ifade ettiği gibi hareket edilmemelidir. Pestisit kullanım klavuzuna azami dikkat edilmelidir. Bitki koruma faaliyetlerinde, Entegre zararlı yönetimi (IPM) çerçevesinde hareket edilmelidir. Bu kimyasalların, zehir veya silah oldukları unutulmadan en son care ve çevreye zarar verebileceği kaygısı ile hareket edilmelidir.

## KAYNAKÇA

- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1): 1-12.
- Acıbuca, V., Doğan, S., & Doğan, Y. (2021). Midyat/Mardin ilçesinde tarımsal faaliyetlerin SWOT analizi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 11 (2): 173-179, 2022.
- Akkuzu, E., Ayberk, H., & Mol, T. (2001). Pestisit kullanımı ve faydalı arthropodlar üzerindeki etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 51(2): 85-90.
- AL-Ani, M. A., Hmoshi, R. M., Kanaan, I. A., & Thanoon, A. A. (2019). Effect of pesticides on soil microorganisms. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1294, No. 7, p. 072007). IOP Publishing.
- Algan, F. T. K., & Bilen, S. (2005). Toprak kirlenmesi ve biyolojik çevre. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1): 83-88.
- Ansoar-Rodríguez, Y., Christofolletti, C. A., Marcato, A. C., Correia, J. E., Bueno, O. C., Malaspina, O., & Fontanetti, C. S. (2015). Genotoxic potential of the insecticide imidacloprid in a non-target organism (*Oreochromis niloticus*-Pisces). *Journal of Environmental Protection*, 6(12):1360.
- Atasoy, A. (2019). Yeraltı sularında pestisit kirliliğinin pestisit özellikleri ve kullanım miktarları bakımından irdelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (368), 46-52.
- Sezgen, M. (2018). Birişik, N. (Edt.). *Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele. Bitki koruma ürünlerinin içeriği, yapisi ve formülasyon tipleri*. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Gıda ve Kontrol Müdürlüğü. 1. Basım Ankara. 336 sayfa. ISBN: 978-605-2207-13-0
- Bhardwaj, T., & Sharma, J. P. (2013). Impact of pesticides application in agricultural industry: An Indian scenario. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 4(8): 817-822.
- Bohlen, P.J., & Edwards, C.A. (1994). The response of nematode trophic groups to organic and inorganic nutrient inputs in agroecosystems. *Soil.Soc.Am. Special Publ.*, 35: 235-244.
- Cang, T., Zhao, X. P., Wu, C. X., Wu, S. G., Chen, L. P., Wang, Q., & Zhang, Z. H. (2007). Toxicity and safety evaluation of emamectin benzoate on four types of non-target organism. *Pesticides-Shenyang*, 46(7): 481.

- Carvalho, F. P. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food And Energy Security*, 6(2): 48-60.
- Casabé, N., Piola, L., Fuchs, J., Oneto, M. L., Pamparato, L., Basack, S., ... & Kesten, E. (2007). Ecotoxicological assessment of the effects of glyphosate and chlorpyrifos in an Argentine soya field. *Journal of Soils and Sediments*, 7(4): 232-239.
- Castro, C.E., McKinney, H.E., & Lux., S. (1991). Plant protection with inorganic ions. *JNematol.* 23(44): 409-413.
- Cowles, R.S., & Villani, M.G. (1994). Soil interactions with chemical insecticides and nematodes used for control of Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae. *J.EconEntomol.* 87(4):1014-1021.
- Cooper, J., & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Protection*, 26(9): 1337-1348.
- Çalışkan, M. (2010). Sentetik Piretroid Bir İnsektisit Olan Tetrametrinin Albino Fare (*Mus musculus*)'lerin Serum Proteinleri Üzerine Etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 65.
- Deknock, A., De Troyer, N., Houbraken, M., Dominguez-Granda, L., Nolivos, I., Van Echelpoel, W., ... & Goethals, P. (2019). Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Science of the Total Environment*, 646: 996-1008.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., & Burçak, A. (2005). Türkiye'de pestisit kullanımı, kalinti ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği*, 6.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81-106.
- Doğan, S., Eren, A., & Doğan, Y. (2021). II. Ürün mısır yetiştiriciliğinde farklı gübre kaynaklarının verim ve besin elementleri içeriğine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1): 722-731.
- Edwards, C. A. (1993). The impact of pesticides on the environment. In *The pesticide question* (pp. 13-46). Springer, Boston, MA.
- Fox, G., & Weersink, A. (1995). Damage control and increasing returns. *Amer. J. Agr. Econ.*, 77: 33-39.
- Forget, G., Goodman, T., & De Villiers, A. (1993). Impact of pesticide use on health in developing countries: proceedings of a symposium held in Ottawa, Canada, 17-20 Sept. 1990. IDRC, Ottawa, ON, CA.



- Güler, Ü. A., & Can, Ö. P. (2017). Kimyasal kontaminantların çevre sağlığı ve gıdalar üzerine etkileri. Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2(1): 170-195.
- Güven, A., & Koç, İ., (2020). Bazı pestisit uygulamalarından sonra toprakta hedef olmayan nematod, bakteri ve mikrofungus popülasyonlarının değişimi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 30(2): 252-265.
- Gyawali, K. (2018). Pesticide uses and its effects on public health and environment. Journal of Health Promotion, 6: 28-36.
- Haque, R., & Freed, V. H. (1974). Behavior of pesticides in the environment: "Environmental chemodynamics". In Residue Reviews (pp. 89-116). Springer, New York, NY.
- Hussain, S., Siddique, T., Saleem, M., Arshad, M., & Khalid, A. (2009). Impact of pesticides on soil microbial diversity, enzymes, and biochemical reactions. Advances in Agronomy, 102: 159-200.
- İbadullayeva, J., Jumaniyazova, K., Azimzadeh, S., Canıgür, S., & Esen, F. (2019). Çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri. Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi, 1(3): 52-58.
- Johnson, S., Preetha, G., Chandrasekaran, S., Kuttalam, S., & Jasmine, R. S. (2016). Selective toxicity of diafenthiuron to non-target organisms: honey bees, coccinellids, chelonus, earthworms, silkworms and fish. Journal of Plant Protection Research.
- Kainga, E. P., Miller, A. T., & Eipdi, T. (2016). Assessment of awareness of benefits and hazards posted by agricultural pesticides to farmers in selected communities of Bayelsa State, Nigeria. International Journal of Researcher in Agriculture and Forestry, 3(2): 32-40.
- Kalia, A., & Gosal, S. K. (2011). Effect of pesticide application on soil microorganisms. Archives of Agronomy and Soil Science, 57(6): 569-596.
- Kaur, R., Mavi, G. K., Raghav, S., & Khan, I. (2019). Pesticides classification and its impact on environment. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci, 8: 1889-1897.
- Koç, İ., & Ilıkhān, B. (2020). Some Biological Parameters of *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) in Pesticide-Applied Vermicompost. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(2): 367-378.
- Macharia, I. N., Mithā, M., & Waibel, H. (2009). Potential environmental impacts of pesticides use in the vegetable sub-sector in Kenya. African Journal of Horticultural Science, 2.

- Mahmood, I., Imadi, S.R., Shazadi, K., Gul, A., Hakeem, K.R. (2016). Effects of Pesticides on Environment. In: Hakeem K., Akhtar M., Abdullah S. (eds) Plant, Soil and Microbes. Springer, Cham.
- McWilliam, A. N., & Cheke, R. A. (2004). A review of the impacts of control operations against the red-billed quelea (*Quelea quelea*) on non-target organisms. Environmental Conservation, 31(2): 130-137.
- Moshi, D. J., Tarimo, T., Ndakidemi, P. A., & Munishi, L. K. (2015). Health risks of pesticides to non target species and ecosystem due to control of migrant pests in Tanzania.
- Özbek, F. Ş., & Fidan, H. (2014). Buğday üretiminde tarım ilaçları kullanımı: Konya ili örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 17(3): 13-18.
- Özcan, Z., & Tongur, S. (2019). Pestisitlerin toksisitesinin lepidium sativum test moduyla çevre ve insan sağlığı açısından değerlendirilmesi. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 2(4): 144-150.
- Pimentel, D., McLaughlin, L., Zepp, A., Lakitan, B., Kraus, T., Kleinman, P., ... & Selig, G. (1993). Environmental and economic effects of reducing pesticide use in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment, 46(1-4): 273-288.
- Pimentel, D. (1995). Amounts of pesticide reaching target pests: environmental impacts and ethics. Journal of agricultural and environmental ethics, 8(1): 17-29.
- Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. In Integrated pest management (pp. 47-71). Springer, Dordrecht.
- Prashar, P., & Shah, S. (2016). Impact of fertilizers and pesticides on soil microflora in agriculture. In Sustainable agriculture reviews (pp. 331-361). Springer, Cham.
- Raza, H. A., Amir, R. M., Idrees, M. A., Yasin, M., Yar, G., Farah, N., & Younus, M. N. (2019). Residual impact of pesticides on environment and health of sugarcane farmers in Punjab with special reference to integrated pest management. Journal Global Innovation Agriculture Social Science, 7(2): 79-84.
- Rui, C. L. G. R. C. (1998). Study on toxicity and safety evaluation of triazophos on three types of non-target organisms [J]. Pesticide Science and Administration, 2.

- Saladin, G., & Clément, C. (2005). Physiological side effects of pesticides on non-target plants. *Agriculture and soil pollution: new research*. Nova Science Publishers, Inc., New York, 53-86.
- Sánchez-Bayo, F. (2011). Impacts of agricultural pesticides on terrestrial ecosystems. *Ecological impacts of toxic chemicals*. Bentham Science Publishers Ltd, USA, 63-87.
- Sarwar, M. (2015). The killer chemicals as controller of agriculture insect pests: The conventional insecticides. *International Journal of Chemical and Biomolecular Science*, 1(3): 141-147.
- Sharma, A., Yadav, B., Rohatgi, S., & Yadav, B. (2018). Cypermethrin toxicity: a review., *Journal of Forensic Sciences & Criminal Investigation*, *J Forensic Sci & Criminal Inves* 9(4): JFSCI.MS.ID.555767.
- Soyöz, M., & Özçelik, N. (2003). Ziraî mücadelede kullanılan pestisitlerin sitogenetik etkileri. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 10(1).
- Soysal, S., Erman, M., Çığ, F., Toğay, N. (2022). Fertilizers for Organic Farming: A New Perspectives. Toğay, Y. ve Toğay, N. (Ed). *Organic Farming in Many Ways* (3-17. ss.).
- Srivastav, A. L. (2020). Chemical fertilizers and pesticides: Role in groundwater contamination. In *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation* (pp. 143-159). Butterworth-Heinemann.
- Sitaramaraju, S., Prasad, N. V. V. S. D., Reddy, V. C., & Narayana, E. (2014). Impact of pesticides used for crop production on the environment. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 3: 75-79.
- Syafudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-Onazi, W. A., ... & Al-Mohaimeed, A. M. (2021). Pesticides in drinking water-a review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2): 468.
- Taşçıoğlu, S., & Aydın, A. (2017). Tüm yönleriyle toprak bilimi ve toprak kirlenmesi. *Çağlayan Kitabevi ve Eğitim Çözümleri Ticaret A.Ş.* İstanbul.
- Torretta, V., Katsoyiannis, I. A., Viotti, P., & Rada, E. C. (2018). Critical review of the effects of glyphosate exposure to the environment and humans through the food supply chain. *Sustainability*, 10(4): 950.
- Ubuoh, E. A., Akhionbare, S. M. O., & Akhionbare, W. N. (2012). Effects of pesticide application on soil microbial spectrum: case study-fecolart

- demonstration farm, Owerri-West, Imo state, Nigeria. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 3(2): 34-39.
- Umetsu, N., & Shirai, Y. (2020). Development of novel pesticides in the 21st century. *Journal of Pesticide Science*, 45(2): 54-74.
- Wood, T. J., & Goulson, D. (2017). The environmental risks of neonicotinoid pesticides: a review of the evidence post 2013. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(21): 17285-17325.
- Wołęjko, E., Jabłońska-Trypuć, A., Wydro, U., Butarewicz, A., & Łozowicka, B. (2020). Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides—a review. *Applied Soil Ecology*, 147: 103356.
- Yadav, I. C., & Devi, N. L. (2017). Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environmental science and engineering*, 6: 140-158.
- Yardim, E. N., Edwards, C. A., 1998. The effects of chemical pest, disease and weed management practices on the trophic structure of nematode populations in tomato agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 7(2): 137-147.
- Yardim, E. N., Edwards, C. A., 2002. Effects of weed control practices on surfacedwelling arthropod predators in tomato agroecosystems. *Phytoparasitica*, 30(4): 379-386.
- Yoloğlu, E. (2015). Toprak Solucanları Üzerine Tebukonazol ve Thiramın Toksik Etkilerinin Alan Çalışması ile Değerlendirilmesi. *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1): 24-35.
- Zhang, W. (2018). Global pesticide use: Profile, trend, cost/benefit and more. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, 8(1): 1.



## **BÖLÜM 4**

# **BAKLAGİLLERDE MİKROELEMENT EKSİKLİKLERİNİN BİYOFORTİFİKASYON İLE GİDERİLMESİ**

Öğr. Gör. Dr. Hilal YILMAZ<sup>1\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583479>

---

<sup>1\*</sup> Kocaeli Üniversitesi, İzmit MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Programı, Kocaeli, Türkiye. [hilalayhanyilmaz@gmail.com](mailto:hilalayhanyilmaz@gmail.com) Orcid No: 0000-0001-9138-3382



## GİRİŞ

Küresel nüfus artışı, doğal kaynakların sınırlı kapasitesi ve çevresel değişimler, gıda güvenliği ve beslenme yetersizlikleri gibi kritik sorunları daha görünür hale getirmektedir (Pawlak ve Kołodziejczak, 2020; McLaughlin ve Kinzelbach, 2015; Mbow ve ark., 2020). Birleşmiş Milletler'e göre, dünya nüfusunun 2100 yılı itibarıyla 10.4 milyara ulaşması beklenirken (UN, 2022), bu durum yalnızca gıda talebini değil, aynı zamanda gıda üretiminin kalitesini de doğrudan etkileyecektir (Tian ve ark., 2016). Günümüzde, dünya genelinde 2 milyardan fazla insanın çeşitli mikro element eksikliklerinden muzdarip olduğu tahmin edilmektedir (Nieder ve ark., 2018). Bu durum, temel vitamin ve minerallerin eksikliğinden kaynaklanan, ancak dışarıdan gözlemlenmesi güç olan "gizli açlık" (hidden hunger) olarak adlandırılmaktadır. Gizli açlık, en sık demir, çinko, iyot, folik asit, A vitamini ve D vitamini eksiklikleri ile ilişkilendirilmektedir (Kennedy ve ark., 2003). Bu durum bireylerin yeterli kalori almasına rağmen, yaşam kalitesini ve sağlığını etkileyen ciddi bir beslenme sorunudur (Gödecke ve ark., 2018). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre, demir eksikliği kaynaklı anemi dünya genelinde 1,6 milyardan fazla insanı etkileyerek iş gücü kaybına, bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve bilişsel gelişim sorunlarına neden olmaktadır (McLean ve ark., 2009). Benzer şekilde, her yıl yaklaşık 800.000 ölüm çinko eksikliğiyle ilişkilidir ve bu ölümlerin %50'den fazlasını 5 yaş altı bebekler ve çocuklar oluşturmaktadır (Krebs ve ark., 2014). Mikro element eksikliklerinin oluşturduğu bu dramatik etkiler, özellikle kadınlar, çocuklar ve düşük gelirli topluluklar üzerinde daha belirgin bir şekilde hissedilmektedir (Di Gioia ve ark., 2019). Bu nedenle, gizli açlıkla mücadele; yalnızca bireylerin sağlık düzeyini yükseltmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda toplumların ekonomik kalkınmasını ve sosyal refahını artırmaya yönelik stratejik bir hedef olarak öne çıkmaktadır.

Tarım, gizli açlıkla mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle baklagiller, yüksek protein (%24.3-30.2), kompleks karbonhidrat (%55-70), diyet lifi, B vitaminleri başta olmak üzere çeşitli vitaminler, demir, çinko ve magnezyum gibi minerallerin yanı sıra, biyoaktif bileşenleriyle sağlık üzerinde çok yönlü olumlu etkiler sağlamaktadır (Grdeń and Jakubczyk, 2023; Yanni ve ark., 2023; Multescu ve ark., 2024). Ayrıca, nohut ve mercimek gibi baklagillerin A vitamini öncüsü olan  $\beta$ -karoten, lutein ve zeaksantin içerdiği de bilinmektedir (Margier ve ark., 2018).



Baklagillerin düzenli tüketiminin, tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, obezite ve bazı kanser türlerinin riskini azaltmada etkili olduğu bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır (Papandreou ve ark., 2019). Düşük glisemik indeks değerine sahip olan baklagiller, kan şekerinin düzenlenmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Obadi ve ark., 2024). Baklagillerin beslenmedeki önemi yalnızca makro besin öğeleriyle sınırlı değildir; aynı zamanda fitokimyasallar ve antioksidanlar açısından da zengin bir kaynak sunmaktadırlar (Banti ve Bajo, 2020). Bu bileşenler, inflamasyonu azaltarak ve bağışıklık sistemini güçlendirerek genel sağlık durumunu iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır (Bibi ve ark., 2024). Baklagiller, ekonomik açıdan da oldukça avantajlıdır; düşük maliyetleri sayesinde her sosyo-ekonomik gruptan bireyler için erişilebilir bir gıda kaynağı sunarlar (Foyer ve ark., 2016). Bunun yanı sıra, tarımda baklagillerin yetiştirilmesi, azot fiksasyonu yoluyla toprağın besin değerini artırarak kimyasal gübre kullanımını azaltmakta ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Soumare ve ark., 2020). Baklagillerin düşük su ve enerji gereksinimi, karbon ayak izini azaltmada önemli bir rol oynarken (Mrunalini ve ark., 2022), farklı iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayabilme yetenekleri, tarımsal çeşitliliği artırarak gıda güvenliğini sağlamada kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

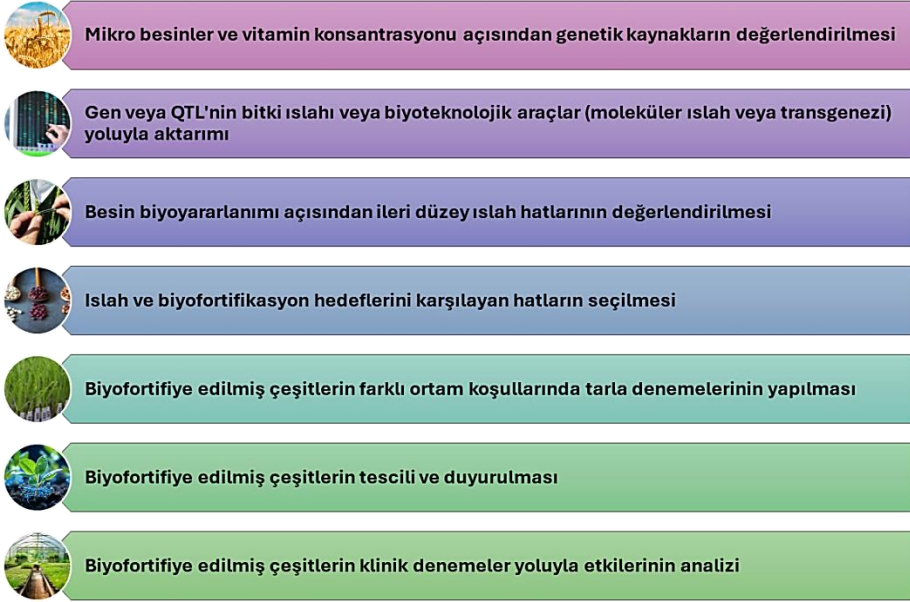
Demir ve çinko gibi mikro elementlerin baklagillerde biyofortifikasyon yoluyla zenginleştirilmesi, yalnızca bireylerin mikro besin ihtiyaçlarını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek çevresel etkilerin azaltılmasına da katkı sağlar (Kumar ve Pandey, 2020; Dhaliwal ve ark., 2021). Bu yenilikçi yaklaşım, gizli açlıkla mücadelede uzun vadeli ve etkili bir çözüm sunarken, toplumların sağlık ve refah düzeylerini artırma potansiyeline sahiptir (Bouis ve ark., 2020).

Bu doğrultuda, bu bölümde baklagillerin biyofortifikasyon yoluyla mikro element eksikliklerini gidermedeki rolü, gizli açlıkla mücadelenin önemi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının bu sürece katkıları ele alınmıştır. Yenilikçi yaklaşımlar ve tarımın dönüştürücü gücü, geleceğin gıda güvenliği politikalarına ışık tutmaktadır.

## **GENETİK BİYOFORTİFİKASYON**

Biyofortifikasyon, bitkisel ürünlerin besin değerini artırmak için genetik, biyoteknolojik ve agronomik yaklaşımların entegre bir şekilde kullanıldığı yenilikçi bir stratejidir (Bhardwaj ve ark., 2022). Genetik

biyofortifikasyon, bitkilerin genetik yapısında yapılan ıslah çalışmalarıyla mikro element konsantrasyonlarını artırmayı hedefleyen bir yaklaşımdır (Şekil 1). Bu yöntem, bitkilerin mineral alımını, taşınmasını ve depolanmasını düzenleyen genetik mekanizmaları kullanarak, mikro elementlerin biyoyararlanımını artırmayı amaçlamaktadır.



**Şekil 1.** Genetik biyofortifikasyon araştırmasının şematik diyagramı (Kumar ve ark., 2016)

Geleneksel besin takviyelerine kıyasla daha düşük maliyetli, sürdürülebilir ve geniş nüfus gruplarına ulaşabilen bu yöntem, mikro element eksikliklerinin giderilmesi için uzun vadeli ve etkili bir çözüm sunmaktadır (Sharma ve ark., 2017). Tahıllarda çinko (Zn) gibi mikro elementlerin biyoyararlanımını artırmak amacıyla buğday bitkilerindeki alım ve taşınma mekanizmalarının anlaşılması, biyofortifikasyon hedefleri açısından büyük önem taşımaktadır (Kamaral ve ark., 2022). Zn iyonlarının kök hücre zarından aktif taşıma sistemleri aracılığıyla alınması, ZIP (Zinc/Iron-regulated Transporter-like Protein) taşıyıcı ailesi gibi genetik mekanizmalar tarafından düzenlenmektedir (Colangelo ve Guerinet, 2006; Nie ve ark., 2019). Zn bulunabilirliğinin düşük olduğu durumlarda, bitkiler, topraktaki Zn'nin konsantrasyonunu ve hareketliliğini artırmak için mugineik asit (MA) gibi kompleksleştirici bileşikler salgılayarak bu elementi daha etkin bir şekilde alabilmektedir (Cakmak ve ark., 1994; Hopkins ve ark., 1998).

Ayrıca, NAS, NAAT ve DMAS genlerinin aktivasyonu ile nicotianamine (NA) ve 2'-Deoksimuglinik asit (DMA) gibi Zn kompleksleri üretilir ve bu kompleksler Zn'nin köklerden gövdeye taşınmasını kolaylaştırır (Du ve ark., 2018; Takahashi ve ark., 2003). Ancak ekili buğday türleri (*Triticum aestivum*), genellikle düşük Zn konsantrasyonlarına sahip olup Zn birikimi açısından sınırlı bir genetik varyasyon göstermektedir. Buna karşın, yabani ve ilkel buğday türleri, yüksek Zn konsantrasyonları ve geniş genetik çeşitlilik sunmaları nedeniyle genetik biyofortifikasyon için ideal genetik kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Örneğin, bir araştırmada yabani emmer buğdayı (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) koleksiyonları incelenmiş ve bu türün 14 ila 190 mg Zn kg<sup>-1</sup> arasında değişen dikkate değer Zn konsantrasyonlarına ve geniş bir genetik varyasyona sahip olduğu rapor edilmiştir (Cakmak, 2008). Bu sonuçlar, genetik biyofortifikasyon hedefleri için yabani türlerin genetik kaynak olarak önemini vurgulamaktadır.

Fasulye bitkisi, yüksek demir konsantrasyonu ve geniş genetik çeşitliliği sayesinde demir biyofortifikasyonu için etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Genetik çeşitliliği, demir içeriklerinin 10 mg/100 g seviyesine kadar artırılmasına olanak tanıyarak, bu alandaki biyofortifikasyon çalışmalarında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Ancak, fitik asit (PA) gibi inhibitör bileşiklerin varlığı, demir emilimini sınırlayan temel faktörlerden biridir. PA seviyelerinin azaltılması, demir emilimini artırarak biyofortifikasyon stratejilerinin etkinliğini yükseltebilir ve fasulyenin demir eksikliğiyle mücadelede daha sürdürülebilir bir çözüm sunmasını sağlayabilir (Petry ve ark., 2015). Transgenik teknikler, biyofortifikasyon alanında dikkat çekici başarılar elde etmiştir. Örneğin, yüksek lizin içeriğine sahip mısır, doymamış yağ asitleri artırılmış soya fasulyesi, provitamin A ve demir bakımından zenginleştirilmiş manyok ile provitamin A içeriği artırılmış altın pirinç bu tekniklerin önde gelen örneklerindedir (Zulfiqar ve ark., 2024). Pirinçte demir seviyelerini artırmaya yönelik çalışmalarda, nicotianamine aminotransferaz (Takahashi ve ark., 2001), demir taşıyıcı OsIRT1 (Lee ve An, 2009), nicotianamine sentaz 1 (OsNAS1) ve 2 (OsNAS2) (Zheng ve ark., 2010; Trijatmiko ve ark., 2016), soya fasulyesi ferritini (Vasconcelos ve ark., 2003) ve fasulye ferritini (Lucca ve ark., 2002) gibi genlerin ekspresyonunun demir biyoyararlanımını artırmada etkili olduğu görülmüştür.

Bu genetik mekanizmaların biyoteknolojik yaklaşımlarla optimize edilmesi, baklagil bitkilerinde çinko (Zn) ve demir (Fe) biyoyararlanımını artırmak için umut vadeden bir strateji sunmaktadır. Bu bağlamda genetik

biyofortifikasyon, mikro element eksikliklerinin giderilmesinde etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir ve sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla entegre edildiğinde, gıda güvenliğini sağlamada önemli katkılar sağlayabilir.

## TARIMSAL BİYOFORTİFİKASYON

Tarımsal biyofortifikasyon, inorganik gübre uygulamaları, topraktaki mikro besin maddelerinin çözünürlüğünün ve mobilitesinin artırılması, ara ekim ve ürün rotasyonu gibi stratejilerle desteklenerek bitkisel ürünlerin besin içeriğini artırmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Aynı zamanda, toprak mikroorganizmalarının aktivitelerinin teşvik edilmesi yoluyla, bitkilerde mikro besin maddelerinin konsantrasyonunun yükseltilmesi hedeflenmektedir (White ve Broadley, 2009). Agronomik biyofortifikasyon yöntemleri; tohum aşılama, tohum kaplama ve toprak ya da yaprak gübrelemesi gibi uygulamaları da içerir ve baklagillerde mikro element seviyelerini artırmada büyük bir potansiyele sahiptir. Bu yöntemler, özellikle toprak ve yaprak uygulamaları yoluyla bitkilerin besin alımını artırarak, tanelerdeki demir, çinko ve diğer mikro elementlerin birikimini teşvik etmektedir. Nohut, bezelye ve fasulye gibi baklagillerde yapılan sınırlı sayıda çalışma ve tahıllar üzerindeki daha geniş kapsamlı araştırmalar, agronomik biyofortifikasyonun uygulanabilirliğini net bir şekilde ortaya koymuştur (Garg ve ark., 2018).

Örneğin, selenyum (Se) gübresi uygulamalarının mercimek tohumlarında, patates yumrularında, çay yapraklarında ve bezelye tohumlarında Se konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiştir (Thavarajah ve ark., 2015; Hu ve ark., 2003; Smrkolj ve ark., 2006; Turakainen, 2007). Baklagillerde mikro element içeriğini artırmak amacıyla toprak ve yaprak uygulamaları, tohum aşılama ve farklı gübreleme yöntemlerinin incelendiği çalışmalar umut verici sonuçlar ortaya koymuştur (Joshi-Saha ve ark., 2022). Örneğin, nohut üzerinde yapılan bir çalışmada, çinko (Zn) ve üre kombinasyonlarının, yalnızca Zn uygulamasına kıyasla tanelerde Zn ve demir (Fe) birikimini artırdığı görülmüştür (Pal ve ark., 2019a). Benzer şekilde, Fe ve ürenin birlikte uygulanması, sadece Fe uygulamasına göre daha yüksek Zn ve Fe konsantrasyonları sağlamıştır (Pal ve ark., 2019b). Ayrıca, Zn ve Fe'nin nano formlarının yaprak gübreleme yöntemiyle uygulanmasının, mineral ve şelatlı formlara benzer şekilde tanelerde Zn ve Fe birikimini artırdığı ve yüksek verim potansiyeli sunduğu belirtilmiştir (Dhaliwal ve ark., 2021). Yaprak uygulamalarının, toprak uygulamalarına ve tohum aşılama yöntemlerine kıyasla Zn birikiminde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, genotipin bu etkinlik üzerinde önemli

bir rol oynadığı vurgulanmaktadır (Hidoto ve ark., 2017). Mercimek, bezelye, börülce ve maş fasulyesi gibi diğer baklagillerde yapılan çalışmalar, Zn ve diğer besin elementlerinin toprak ve yaprak gübrelemesi yoluyla birikiminin arttığını göstermektedir (Poblaciones ve Rengel, 2016; Haider ve ark., 2018, 2021; Silva ve ark., 2021). Bununla birlikte, toprak ve yaprak uygulamalarının etkisi, genotip, uygulama yöntemi ve besin elementinin formuna bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ancak inorganik gübre uygulamaları, her zaman sürdürülebilir bir yöntem olmayabilir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde artan üretim maliyetleri ve gübre erişilebilirliğindeki kısıtlamalar, bu yöntemlerin uygulanabilirliğini sınırlamaktadır.

Ayrıca, bazı inorganik gübrelere toksik ve faydalı seviyeler arasındaki dar marj, uygulama oranlarının dikkatlice kontrol edilmesini zorunlu hale getirmektedir. Bu durum, agronomik biyofortifikasyonun kullanımını sınırlayan temel faktörlerden biridir. Bununla birlikte, ara ekim, ürün rotasyonu ve toprak mikroorganizmalarının aktivitelerinin teşvik edilmesi gibi destekleyici yöntemlerle bu yaklaşımlar daha etkili hale getirilebilir.

Sonuç olarak, agronomik biyofortifikasyon, kısa vadede bitkisel ürünlerin mikro besin içeriğini artırmada etkili bir yöntemdir. Aynı zamanda, genetik biyofortifikasyon çalışmalarını destekleyen tamamlayıcı bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntemlerin geliştirilmesi hem tarımsal üretimi artırmak hem de gıda güvenliği ve beslenme yetersizlikleriyle mücadele etmek için önemli fırsatlar sunmaktadır.

## **SONUÇ**

Küresel nüfus artışı ve iklim değişikliği, gıda güvenliği ile beslenme yetersizlikleri gibi sorunların etkisini giderek artırmaktadır. Mikro element eksikliklerinden kaynaklanan gizli açlık, günümüzde milyarlarca insanı etkileyen ciddi bir halk sağlığı sorunu olarak ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve yenilikçi biyofortifikasyon stratejileri, mikro element eksikliklerini gidermek ve toplumların sağlık düzeyini iyileştirmek için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Baklagiller, yüksek besin değerleri, düşük maliyetleri ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen özellikleriyle gizli açlıkla mücadelede stratejik bir öneme sahiptir. Genetik biyofortifikasyon, demir ve çinko gibi mikro elementlerin bitkisel ürünlerdeki biyoyararlanımını artırarak uzun vadeli bir çözüm sunarken, agronomik biyofortifikasyon daha kısa vadede etkili

sonuçlar ortaya koymaktadır. Toprak ve yaprak gübrelemesi, mikroorganizmaların teŖviki ve yenilikçi nanoteknoloji uygulamaları gibi yöntemler, baklagillerin besin içeriğini artırmada umut verici sonuçlar sağlamaktadır. Bununla birlikte, genotip farklılıkları, uygulama yöntemleri ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi faktörler, biyofortifikasyon stratejilerinin etkinliğini Ŗekillendiren önemli unsurlar arasında yer almaktadır.

Biyofortifikasyon, gizli açlıkla mücadelede yalnızca tarımsal verimliliği artırmakla kalmayıp, toplumların sağlık, sosyal refah ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaŖmasına katkıda bulunan bütüncül bir yaklaŖım sunmaktadır. Genetik ve agronomik biyofortifikasyonun entegrasyonu, gelecek nesillerin gıda güvenliğini sağlamak ve mikro element eksikliklerini azaltmak için güçlü bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Gelecekte, biyofortifikasyon uygulamalarının yaygınlaŖması, yalnızca tarımsal üretim sistemlerini değil, küresel halk sağlığı politikalarını da dnŖtrme potansiyeline sahiptir.

**KAYNAKÇA**

- Banti, M., & Bajo, W. (2020). Review on nutritional importance and anti-nutritional factors of legumes. *Int. J. Food Sci. Nutr*, 9(13), 8-49.
- Bhardwaj, A. K., Chejara, S., Malik, K., Kumar, R., Kumar, A., & Yadav, R. K. (2022). Agronomic biofortification of food crops: An emerging opportunity for global food and nutritional security. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1055278.
- Bibi, I., Hussain, M. A., Bakkar, M. A. A., Jabbar, A., Khan, S., Amber, K., ... & Fatima, A. (2024). Harnessing the Health Benefits of Pulses (Fabaceae): Pulses (Fabaceae) Nutrient Contents & Phytochemical Composition. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 1-10.
- Bouis, H., Birol, E., Boy, E., Gannon, B. M., Haas, J. D., Low, J., ... & Welch, R. M. (2020). Food biofortification: reaping the benefits of science to overcome hidden hunger. In *October webinar on The Need for Agricultural Innovation to Sustainably Feed the World by 2050* (No. 69). Council for Agricultural Science and Technology (CAST).
- Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification?. *Plant and soil*, 302, 1-17.
- Cakmak, S., Gülüt, K. Y., Marschner, H., & Graham, R. D. (1994). Effect of zinc and iron deficiency on phytoalexin release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 17(1), 1-17.
- Colangelo, E. P., & Guerinot, M. L. (2006). Put the metal to the petal: metal uptake and transport throughout plants. *Current opinion in plant biology*, 9(3), 322-330.
- Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Shukla, A. K., Kaur, J., Verma, V., Singh, P., ... & Hossain, A. (2021). Enrichment of zinc and iron micronutrients in lentil (*Lens culinaris* Medik.) through biofortification. *Molecules*, 26(24), 7671.
- Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Shukla, A. K., Verma, V., Behera, S. K., Singh, P., ... & Hossain, A. (2021). Comparative efficiency of mineral, chelated and nano forms of zinc and iron for improvement of zinc and iron in chickpea (*Cicer arietinum* L.) through biofortification. *Agronomy*, 11(12), 2436.
- Di Gioia, F., Petropoulos, S. A., Ozores-Hampton, M., Morgan, K., & Roskopf, E. N. (2019). Zinc and iron agronomic biofortification of Brassicaceae microgreens. *Agronomy*, 9(11), 677.
- Du, X., Wang, H., He, J., Zhu, B., Guo, J., Hou, W., ... & Zhang, X. (2018). Identification of nicotianamine synthase genes in *Triticum monococcum*

- and their expression under different Fe and Zn concentrations. *Gene*, 672, 1-7.
- Foyer, C. H., Lam, H. M., Nguyen, H. T., Siddique, K. H., Varshney, R. K., Colmer, T. D., ... & Consideine, M. J. (2016). Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature plants*, 2(8), 1-10.
- Garg, M., Sharma, N., Sharma, S., Kapoor, P., Kumar, A., Chunduri, V., & Arora, P. (2018). Biofortified crops generated by breeding, agronomy, and transgenic approaches are improving lives of millions of people around the world. *Frontiers in Nutrition*, 5, 12.
- Gödecke, T., Stein, A. J., & Qaim, M. (2018). The global burden of chronic and hidden hunger: trends and determinants. *Global food security*, 17, 21-29.
- Grdeń, P., & Jakubczyk, A. (2023). Health benefits of legume seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(11), 5213-5220.
- Haider, M. U., Farooq, M., Nawaz, A., & Hussain, M. (2018). Foliage applied zinc ensures better growth, yield and grain biofortification of mungbean. *International Journal of Agriculture and Biology*, 20(12), 2817-2822.
- Haider, M. U., Hussain, M., Farooq, M., Ul-Allah, S., Ansari, M. J., Alwahibi, M. S., & Farooq, S. (2021). Zinc biofortification potential of diverse mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes under field conditions. *PLoS One*, 16(6), e0253085.
- Hidoto, L., Worku, W., Mohammed, H., & Bunyamin, T. (2017). Effects of zinc application strategy on zinc content and productivity of chickpea grown under zinc deficient soils. *Journal of soil science and plant nutrition*, 17(1), 112-126.
- Hopkins, B. G., Whitney, D. A., Lamond, R. E., & Jolley, V. D. (1998). Phytosiderophore release by sorghum, wheat, and corn under zinc deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 21(12), 2623-2637.
- Hu, Q., Xu, J., & Pang, G. (2003). Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(11), 3379-3381.
- Joshi-Saha, A., Sethy, S. K., Misra, G., Dixit, G. P., Srivastava, A. K., & Sarker, A. (2022). Biofortified legumes: Present scenario, possibilities and challenges. *Field Crops Research*, 279, 108467.
- Kamaral, C., Neate, S. M., Gunasinghe, N., Milham, P. J., Paterson, D. J., Kopittke, P. M., & Seneweera, S. (2022). Genetic biofortification of wheat with zinc: Opportunities to fine-tune zinc uptake, transport and grain loading. *Physiologia plantarum*, 174(1), e13612.



- Kennedy, G., Nantel, G., & Shetty, P. (2003). The scourge of "hidden hunger": global dimensions of micronutrient deficiencies. *Food Nutrition and Agriculture*, (32), 8-16.
- Krebs, N. F., Miller, L. V., & Michael Hambidge, K. (2014). Zinc deficiency in infants and children: a review of its complex and synergistic interactions. *Paediatrics and international child health*, 34(4), 279-288.
- Kumar, J., Gupta, D. S., Kumar, S., Gupta, S., & Singh, N. P. (2016). Current knowledge on genetic biofortification in lentil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(33), 6383-6396.
- Kumar, S., & Pandey, G. (2020). Biofortification of pulses and legumes to enhance nutrition. *Heliyon*, 6(3).
- Lee, S., & An, G. (2009). Over-expression of OsIRT1 leads to increased iron and zinc accumulations in rice. *Plant, cell & environment*, 32(4), 408-416.
- Lucca, P., Hurrell, R., & Potrykus, I. (2002). Fighting iron deficiency anemia with iron-rich rice. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(sup3), 184S-190S.
- Margier, M., Georgé, S., Hafnaoui, N., Remond, D., Nowicki, M., Du Chaffaut, L., ... & Reboul, E. (2018). Nutritional composition and bioactive content of legumes: Characterization of pulses frequently consumed in France and effect of the cooking method. *Nutrients*, 10(11), 1668.
- Mbow, C., Rosenzweig, C. E., Barioni, L. G., Benton, T. G., Herrero, M., Krishnapillai, M., ... & Diouf, A. A. (2020). *Food security* (No. GSFC-E-DAA-TN78913). IPCC.
- McLaughlin, D., & Kinzelbach, W. (2015). Food security and sustainable resource management. *Water Resources Research*, 51(7), 4966-4985.
- McLean, E., Cogswell, M., Egli, I., Wojdyla, D., & De Benoist, B. (2009). Worldwide prevalence of anaemia, WHO vitamin and mineral nutrition information system, 1993–2005. *Public health nutrition*, 12(4), 444-454.
- Mrunalini, K., Behera, B., Chandana, P., Patnaik, G. P., Modi, R. U., Saraswat, A., ... & Kumar, N. (2022). Legumes to reduce ecological footprints for climate-smart cropping systems. In *Advances in Legumes for Sustainable Intensification* (pp. 403-420). Academic Press.
- Multescu, M., Culetu, A., & Susman, I. E. (2024). Screening of the Nutritional Properties, Bioactive Components, and Antioxidant Properties in Legumes. *Foods*, 13(22), 3528.
- Nie, Z., Zhao, P., Shi, H., Wang, Y., Qin, S., & Liu, H. (2019). Nitrogen supply enhances zinc uptake and root-to-shoot translocation via up-

- regulating the expression of TaZIP3 and TaZIP 7 in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Plant and Soil*, 444, 501-517.
- Nieder, R., Benbi, D. K., Reichl, F. X., Nieder, R., Benbi, D. K., & Reichl, F. X. (2018). Microelements and their role in human health. *Soil components and human health*, 317-374.
- Obadi, M. O. M., & Xu, B. (2024). A review of the effects of physical processing techniques on the characteristics of legume starches and their application in low-glycemic index foods. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135124.
- Pal, V., Singh, G., & Dhaliwal, S. S. (2019a). Agronomic biofortification of chickpea with zinc and iron through application of zinc and urea. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(15), 1864-1877.
- Pal, V., Singh, G., & Dhaliwal, S. S. (2019b). Yield enhancement and biofortification of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grain with iron and zinc through foliar application of ferrous sulfate and urea. *Journal of Plant Nutrition*, 42(15), 1789-1802.
- Papandreou, C., Becerra-Tomás, N., Bulló, M., Martínez-González, M. Á., Corella, D., Estruch, R., ... & Salas-Salvadó, J. (2019). Legume consumption and risk of all-cause, cardiovascular, and cancer mortality in the Predimed study. *Clinical Nutrition*, 38(1), 348-356.
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability*, 12(13), 5488.
- Petry, N., Boy, E., Wirth, J. P., & Hurrell, R. F. (2015). The potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) as a vehicle for iron biofortification. *Nutrients*, 7(2), 1144-1173.
- Poblaciones, M. J., & Rengel, Z. (2016). Soil and foliar zinc biofortification in field pea (*Pisum sativum* L.): Grain accumulation and bioavailability in raw and cooked grains. *Food Chemistry*, 212, 427-433.
- Sharma, P., Aggarwal, P., & Kaur, A. (2017). Biofortification: A new approach to eradicate hidden hunger. *Food Reviews International*, 33(1), 1-21.
- Silva, V. M., Nardeli, A. J., de Carvalho Mendes, N. A., de Moura Rocha, M., Wilson, L., Young, S. D., ... & Dos Reis, A. R. (2021). Agronomic biofortification of cowpea with zinc: Variation in primary metabolism responses and grain nutritional quality among 29 diverse genotypes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 162, 378-387.

- Smrkolj, P., Germ, M., Kreft, I., & Stibilj, V. (2006). Respiratory potential and Se compounds in pea (*Pisum sativum* L.) plants grown from Se-enriched seeds. *Journal of Experimental Botany*, 57(14), 3595-3600.
- Soumare, A., Diedhiou, A. G., Thuita, M., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., Gopalakrishnan, S., & Kouisni, L. (2020). Exploiting biological nitrogen fixation: a route towards a sustainable agriculture. *Plants*, 9(8), 1011.
- Takahashi, M., Nakanishi, H., Kawasaki, S., Nishizawa, N. K., & Mori, S. (2001). Enhanced tolerance of rice to low iron availability in alkaline soils using barley nicotianamine aminotransferase genes. *Nature biotechnology*, 19(5), 466-469.
- Takahashi, M., Terada, Y., Nakai, I., Nakanishi, H., Yoshimura, E., Mori, S., & Nishizawa, N. K. (2003). Role of nicotianamine in the intracellular delivery of metals and plant reproductive development. *The Plant Cell*, 15(6), 1263-1280.
- Thavarajah, D., Thavarajah, P., Vial, E., Gebhardt, M., Lacher, C., Kumar, S., & Combs, G. F. (2015). Will selenium increase lentil (*Lens culinaris* Medik) yield and seed quality?. *Frontiers in Plant Science*, 6, 356.
- Tian, J., Bryksa, B. C., & Yada, R. Y. (2016). Feeding the world into the future—food and nutrition security: the role of food science and technology. *Frontiers in life science*, 9(3), 155-166.
- Trijatmiko, K. R., Dueñas, C., Tsakirpaloglou, N., Torrizo, L., Arines, F. M., Adeva, C., ... & Slamet-Loedin, I. H. (2016). Biofortified indica rice attains iron and zinc nutrition dietary targets in the field. *Scientific reports*, 6(1), 19792.
- Turakainen, M. Selenium and Its Effects on Growth, Yield and Tuber Quality in Potato. Academic Dissertation, Department of Applied Biology, University of Helsinki, Publication 30, Helsinki, Finland, 2007
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects 2022: Summary of Results*; UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3; United Nations: New York, NY, USA, 2022.
- Vasconcelos, M., Datta, K., Oliva, N., Khalekuzzaman, M., Torrizo, L., Krishnan, S., ... & Datta, S. K. (2003). Enhanced iron and zinc accumulation in transgenic rice with the ferritin gene. *Plant Science*, 164(3), 371-378.
- White, P. J., & Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets—iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New phytologist*, 182(1), 49-84.

- Yanni, A. E., Iakovidi, S., Vasilikopoulou, E., & Karathanos, V. T. (2023). Legumes: A Vehicle for Transition to Sustainability. *Nutrients*, 16(1), 98.
- Zheng, L., Cheng, Z., Ai, C., Jiang, X., Bei, X., Zheng, Y., ... & Shou, H. (2010). Nicotianamine, a novel enhancer of rice iron bioavailability to humans. *PLoS One*, 5(4), e10190.
- Zulfiqar, U., Khokhar, A., Maqsood, M. F., Shahbaz, M., Naz, N., Sara, M., ... & Ahmad, M. (2024). Genetic biofortification: advancing crop nutrition to tackle hidden hunger. *Functional & Integrative Genomics*, 24(2), 34.



## BÖLÜM 5

### SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMDA SU AYAK İZİ KAVRAMI

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa CERİTOĞLU<sup>1\*</sup>

Prof. Dr. Murat ERMAN<sup>2</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR<sup>3</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583483>

---

<sup>1</sup> \*Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.

ceritoglu@siirt.edu.tr Orcid No: 0000-0002-4138-4579

<sup>2</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa, Türkiye.

muraterman@uludag.edu.tr Orcid No: 0000-0002-1435-1982

<sup>3</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.

ozgeonder@siirt.edu.tr Orcid No: 0000-0002-4650-4998



## GİRİŞ

Dünyada hızla artan nüfus, küresel iklim değişiklikleri ve doğal kaynaklar üzerindeki baskılar, tarımsal üretimde sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Tarım sektörü hem doğal kaynaklar hem de ekosistem üzerindeki etkileri açısından kritik bir öneme sahiptir. Tarım sektörünün verimliliği ve dünyada gıda güvenliği açısından oynadığı kritik rolün devamlılığı açısından sürdürülebilir sistemlerin oluşturulması ve yaygınlaştırılması hayati bir önem taşımaktadır. Tarım sektörü, insanın sağlıklı ve dengeli beslenmesinde ve gıda güvenliği açısından oldukça büyük degree sahiptir (Doğan ve Doğan, 2020). Bu nedenle tarım; bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretimi, depolanması, işlenmesi ve pazarlanması olarak ifade edilebilen ve gelişmişlik düzeylerine bağlı olmaksızın tüm ülkeler için stratejik öneme sahip bir sektördür (Acıbuca ve ark., 2021).

Sürdürülebilir tarım, ekosistemlerin korunması ve tarımsal üretimin uzun vadede devam ettirilebilmesi için kaynakların etkin kullanımını ve çevresel etkilerin minimize edilmesini amaçlayan bir yaklaşımdır (Gomiero ve ark., 2011). Bu kapsamda, toprak verimliliğinin korunması, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi, su kaynaklarının etkin yönetimi ve kimyasal girdi kullanımının azaltılması temel prensipler arasında yer alır (Soysal ve ark., 2020). Sürdürülebilir tarım uygulamalarına örnek olarak, dönüşlü ekim sistemleri, organik tarım, entegre zararlı yönetimi ve hassas tarım teknikleri sayılabilir (Pretty ve Bharucha, 2014). Bu yöntemler, tarımsal üretimde ekonomik, sosyal ve çevresel dengeyi sağlamaya yönelik bir model sunar. Ancak, tarımsal üretimin bir numaralı bileşeni su mevcudiyetidir ve dünyada giderek azalan su kaynakları göz önüne alındığında suyun daha etkin kullanımını giderek önemi artan bir fenomen halini almıştır. Bu bağlamda, "su ayak izi" kavramı, tarımsal faaliyetlerin su kaynakları üzerindeki etkisini anlamak ve yönetmek için etkili bir aracı olarak ortaya çıkmıştır.

Su ayak izi, bir ürünün ya da hizmetin üretim sürecinde tüketilen toplam su miktarını ifade eder (Hoekstra ve Chapagain, 2009). Bu kavram, çoğu zaman mavi, yeşil ve gri su olmak üzere üç ana bileşene ayrılır. Mavi su, yüzey ve yeraltı su kaynaklarından tüketilen suyu, yeşil su, toprakta depolanan yağmur suyunu, gri su ise kirlenmiş ve yeniden kullanılabilir hale getirilmesi gereken su miktarını temsil eder (Lovarelli ve ark., 2016). Tarımsal üretim, bu bileşenlerin önemli bir bölümünü oluşturarak su ayak izinin küresel dağılımında öne çıkan bir sektördür. Su ayak izi analizleri, üretim süreçlerindeki zayıf noktaları belirleyerek su tasarrufu sağlayacak



stratejilerin geliştirilmesine olanak tanır. Bu yöntem, aynı zamanda tarımsal faaliyetlerin iklim değişikliğine uyum sağlaması ve gıda güvenliğinin sürdürülebilir hale getirilmesi için de kritik bir rol oynamaktadır (Deepa ve ark., 2021).

Bu derleme, tarımsal üretimde su ayak izinin ölçülmesi ve yönetilmesinin değerlendirilmesi ve gelecekteki pozisyonunun anlaşılması konularına açıklık getirmeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilir tarımı destekleyen stratejiler ve yenilikçi yaklaşımlar, geleceğin tarım politikalarının temel taşlarından biri olacaktır. Bu bağlamda, su ayak izi kavramı, hem tarımsal üreticiler hem de karar vericiler için vazgeçilmez bir rehber niteliği taşıyacaktır.

## **1. SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM**

Sürdürülebilir tarım, tanım itibariyle sürekli bir optimizasyon sürecinden geçme ihtiyacı duymuştur. Bu kavram ilk olarak 1987 yılında Brundtland Raporu'nun yayınlanmasından bu yana, sürdürülebilir kalkınma kavramıyla birlikte önem kazanmıştır (Tait ve Morris, 2000). MacRae ve ark. (1989), sürdürülebilir tarımı, tüm kaynakları korumak, israfı ve çevresel etkileri en aza indirmek, sorunları önlemek ve tarımsal ekosistem direncini, kendi kendini düzenlemeyi, evrimi ve herkesin beslenmesi ve doyumu için sürekli üretimi teşvik etmek için doğal süreçlerle birlikte çalışan yönetim prosedürleri olarak tanımlamıştır. Reganold ve ark. (1990), bir çiftliğin sürdürülebilir olması için yeterli miktarda yüksek kaliteli gıda üretmesi, kaynaklarını koruması ve hem çevresel açıdan güvenli hem de kârlı olması gerektiğini savunmuştur. Sürdürülebilir bir çiftlik, gübre gibi satın alınan malzemelere bağlı kalmak yerine, mümkün olduğunca faydalı doğal süreçlere ve çiftliğin kendisinden elde edilen yenilenebilir kaynaklara dayanacağını ifade etmiştir. Yine de benzer şekilde gerçekleştirilen tanımlardan kesin olarak herhangi biri üzerinde karar verildiği söylenemez (Velten ve ark., 2015).

Sürdürülebilir tarım konseptine duyulan ihtiyacın temelinde doğal kaynakların azalması veya toksisiteye maruz kalması, global gıda güvenliğinin alarm vermesi, iklim değişikliği ile mücadele, ekosistemlerin korunması ihtiyacı, ekonomik ve toplumsal katkılar gibi nedenler bulunmaktadır (Khan ve ark., 2021). Bu perspektiften bakıldığında sürdürülebilir tarım sistemlerinin başlıca hedefleri şu şekilde sıralanabilir:

- Doğal kaynakların verimli kullanımı
- Kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltmak
- Biyolojik çeşitliliği korumak ve artırmak
- Yerel üretim ve tüketimi desteklemek
- Üreticilerin sosyo-ekonomik düzeylerini iyileştirmek
- İklim değişikliğine uyum sağlamak ve bu yönde modern üretim tekniklerinin geliştirilmesini teşvik etmek
- Gıda israfının önüne geçerek gıda güvenliğini sağlamak
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak

Belirlenen bu başlıca hedeflerin her biri kritik bir öneme sahip olmakla birlikte yaşamın kaynağı olduğu gibi tarımın da birincil materyali sudur. Bir bölgede yetiştirilen ürün desenini, bölgenin verimliliğini ve gıda arzına katkısını belirleyen en önemli faktör bölgenin su mevcudiyeti ve sulama sistemlerinin akıbetidir (Pimentel ve ark., 1997; Marothia, 2003; Sauer ve ark., 2010; Pereira, 2017). Bu nedenle su kaynaklarını koruyucu sistemlerin kullanımı ve doğru yönetimi oldukça kritik bir öneme sahiptir. Su kaynaklarının etkin kullanımı ve doğru yönetimi için herhangi bir tarımsal ürünün üretiminden taşınmasına kadar gerçekleşen tüm süreçlerde kullanılan su miktarının hesaplanması, böylece sistemde tasarruf edilmesi gereken noktaların titizlikle tespit edilmesi gerekmektedir. Tarımsal üretimde su ayak izi üzerine gerçekleştirilen araştırmaların hız kazanmasının başlıca nedeni tam olarak bu sürecin doğru yönetilmesine katkı sağlamasıdır.

## **2. TARIMSAL ÜRETİMDE SANAL SU VE SU AYAK İZİ KAVRAMLARI**

Dünya genelinde su kaynakları bölgelere eşit oranda dağılmamasından dolayı kişi başına ortalama su miktarının doğru hesaplanması pek mümkün olmamakta ve bölgelere göre önemli farklılıklar göstermektedir. Türkiye açısından değerlendirildiğinde ise su potansiyeli ortalama 183 milyar m<sup>3</sup> olarak ifade edilmekte ve yıl sonuna kadar 190 milyar m<sup>3</sup> seviyesine çıkarılması hedeflenmektedir (DSİ, 2024). Öte yandan ülkemizde toplam 25 havzadan sağlanan toplam yararlanılan su miktarı ise 25 milyar m<sup>3</sup> olarak hesaplanmaktadır (DSİ, 2020). Birleşmiş Milletler Dünya Su Değerlendirme Programı (UNWWAP)'nda gerçekleştirilen değerlendirmelere göre Dünya genelinde kullanılan tatlı su kaynaklarının %70'i tarım, %20'si sanayi ve geri kalan %10'luk kısmın ise evsel kullanım yoluyla tüketilmektedir. Belirtilen oranlar gelişmiş ülkelerden az gelişmiş ülkelere değişkenlik göstermekte ve gelişmiş ülkelere faaliyetlerinin

artmasından dolayı tüketilen su miktarının daha fazla olması ile sonuçlanmaktadır. Dünya üzerindeki birçok az gelişmiş ülkenin toplam su tüketiminin %90'ından fazlası tarım sektöründe kullanılmaktadır (UNWWAP, 2014). Türkiye'de DSİ (2020) verilerine göre 57 milyar m<sup>3</sup>'lük tatlı su potansiyelinin 44 milyar m<sup>3</sup>'lük kısmı (%77) tarım sektöründe, geri kalan 13 milyar m<sup>3</sup>'lük kısmı (%23) ise sanayi ve evsel kullanıma ayrılmaktadır (Anonim, 2013, 2021a, 2021b).

Dünya'da su kaynaklarının azalma eğilimi göstermesi ülkeler arasında ithalat ve ihracat ürünlerinin üretim sürecinde harcanan su miktarlarının göz önünde bulundurulmasına yol açmıştır. Tam da bu kavramı açıklamak için, 1990'ların başında Tony Allan "sanal su" terimini ortaya atmıştır. Sanal su, bir mal veya hizmetin üretimi için harcanan toplam su miktarını ifade eder (Chapagain ve Hoekstra, 2003). Bir ürün ithalat veya ihracat kalemi olarak bir ülkeden başka bir ülkeye transfer edilirse süreçte kullanılan su miktarı göz önünde bulundurulurken sanal su ticareti yapılmış olur. Bu durum, su kıtlığı bulunan ülkelerde sanal su miktarı yüksek ürünleri üretmek yerine başka ülkelerden ithal etmesi durumunda ülkesinin su kaynaklarının korunmasına katkı sağlar. Tam aksi durumda ise yüksek su kaynaklarına sahip ülkeler sanal su miktarı fazla tarımsal ürünleri üreterek ihraç etmek suretiyle ülkenin su kaynaklarını katma değere dönüştürerek ekonomisini geliştirebilir (Hoekstra ve Hung, 2002)

Su ayak izi kavramı da üretim sürecindeki tüketilen su miktarına ışık tutmakla birlikte konuyu detaylandıran ve süreçlerdeki her bir basamak hakkında derinlemesine bilgi sahibi olunmasına olanak sağlar. Ayrıca, su ayak izi kavramı tüketiciler veya üreticiler tarafından kullanılan temiz suyun doğrudan ve dolaylı kullanımının da bir göstergesidir (Hoekstra ve ark., 2009). Sanal su bir ürünün üretim sürecinde kullanılan su miktarını belirtirken su ayak izi kavramı sadece miktarı değil, kullanılan suyun türünü (mavi, yeşil ve gri) ve ne zaman, nerede kullanıldığında ifade eder. Bu yüzden su ayak izi kavramı sanal su kavramına göre çok daha detaylı bilgi veren bir göstergedir (Şahin, 2018). Mavi su ayak izi bir malın üretim sürecinde kullanılan yeraltı ve yüzey sularının miktarını gösterirken, yeşil su ayak izi kullanılan yağmur suyu miktarını göstermektedir (Mekonnen ve Hoekstra 2010). Gri su ayak izi, bir ürünün, hizmetin veya insan faaliyetinin su kaynakları üzerindeki dolaylı etkisini ölçen bir göstergedir. Spesifik olarak, bir üretim sürecinde veya faaliyette kullanılan kirleticilerin seyreltilmesi için gereken temiz su miktarını

ifade eder. Başka bir deyişle, kirli suyun çevreye zarar vermeden doğaya geri kazandırılabilmesi için gereken su miktarını hesaplar (Hoekstra ve ark., 2009).

### 3. BİTKİSEL ÜRETİMDE SU AYAK İZİNİN AZALTILMASINA YÖNELİK UYGULAMALAR

Türkiye, 2022 yılında “İklim Şurası” başlığıyla düzenlenen panelde küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadelede atılacak somut adımlar kararlaştırılırken önemli konu başlıklarından biri tarımsal üretimde karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik olarak belirlendi (Anonim, 2022). İklim değişikliği ile birlikte gelen diğer kritik bir gündem ise su kaynaklarının azalması olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca raporda altı çizilen kritik konulardan birisi de su ayak izi kavramıdır. Özellikle tarla tarımında su kaynaklarının etkin kullanımına yönelik geleneksel ve modern tekniklerin kullanımı önem arz etmektedir. Bu hususta, bölge ekolojisine uygun rotasyon sistemlerinin oluşturulması (Yue ve ark., 2023), koruyucu toprak işleme yöntemlerinin geliştirilmesi (Chandra ve ark., 2023), iyi tarım uygulamaları (Borsato ve ark., 2018), etkin sulama sistemlerinin kullanımı (Chukalla ve ark., 2015) ve hassas tarım uygulamalarını içeren modern teknolojilerin kullanımı (Singh ve ark., 2022) öne çıkan konu başlıkları olarak göze çarpmaktadır.

Shrestha ve ark. (2013) yüksek mekânsal çözünürlükte yerel meteorolojik, agronomik ve sulama verilerini kullanarak Nepal’de dokuz ürünün (buğday, pirinç, mısır, darı, patates, şeker kamışı, mercimek, bakliyat, hardal tohumu ve sebze) üretimi için küresel WF standardına (Hoekstra vd., 2011) göre bir WFA gerçekleştirmiştir. Benzer şekilde, Chapagain ve Hoekstra (2011) pirinç üretimi için tatlı su kullanımını küresel düzeyde ölçmüştür. Bu amaçla yazarlar, yeraltı veya yüzey suyundan çekilen sulama suyu (mavi su) ve yağmur suyu (yeşil su) olmak üzere iki farklı kaynak arasında ayırım yapmış ve ayrıca tarımsal azot kullanımı nedeniyle kirlenen su hacmini hesaplamışlardır. Mekonnen ve Hoekstra (2010) ve Hoekstra (2011) tarımı yüksek bir mekansal çözünürlükte değerlendiren çok sayıda ürün ve sürecin su ayak izini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, ürünler arasında mısır bitkisinin en düşük su ayak izine (1222 m<sup>3</sup>/t), buğday bitkisinin ise en yüksek değere (1827 m<sup>3</sup>/t) sahip olduğu bildirilmiştir. Pirinç bitkisinin su ayak izi (1644 m<sup>3</sup>/t) ortalamaya yakın olarak tespit edilmiştir. Şeker bitkileri ve sebzeler sırasıyla 200 ve 300 m<sup>3</sup>/t olmak üzere düşük su ayak izi göstermiştir. Meyveler 1000 m<sup>3</sup>/t ve yağ bitkileri 2400 m<sup>3</sup>/t’a ulaşmıştır. Bakliyat, baharat ve sert kabuklu meyveler, sırasıyla 4000 ila 9000 m<sup>3</sup>/t

arasında değişen daha yüksek hacimlere ihtiyaç duymuştur. Ruini ve ark. (2013) makarna üretiminin su ayak izini hesaplamıştır. Sonuçlar en etkili aşamaların durum buğdayı yetiştirme (ortalama 1.644 dm<sup>3</sup>/kg makarna) ve pişirme (10 dm<sup>3</sup>/kg makarna) olduğunu göstermiştir. Özellikle, İtalya ve Türkiye'de üretilen makarnalarda su ayak izi sırasıyla 1.336 dm<sup>3</sup>/kg ve 2.847 dm<sup>3</sup>/kg arasında değişmiştir. Gri su ayak izi, ABD'de toplam su ayak izinin %72'si (yüksek mavi su ile dengelenmiştir) ile Türkiye'de %91'i arasında değişmiştir (Lovarelli ve ark., 2016).

Yue ve ark. (2023), 6 farklı rotasyon sistemini karşılaştırdıkları arazi çalışmasında bölgeye uygun ürün deseninin karbon ayak izi ve su ayak izini azaltıcı etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Chandra vd. (2022), farklı ekim yöntemleri ve gübreleme pratiklerinin etkilerini incelemişler ve uygulamalara bağlı olarak toprak karbonu ve sağlığı ile karbon ve su ayak izi üzerine olumlu sonuçlar ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Rahman ve ark. (2021) azaltılmış toprak işlemenin konvensiyonel yöntemlere kıyasla karbon tutumunu 10 kata kadar artırdığını, ayrıca koruyucu toprak işleme yöntemlerinin su ayak izinin azaltılmasına imkân sağladığını bildirmişlerdir. Nasser (2023) koruyucu toprak işlemenin buğday tarımında su ayak izini azaltırken ürün verimliliğini artırdığını rapor etmiştir. Jin ve ark. (2023), Çin'de 2018-2020 yılları arasında yürüttükleri arazi çalışmasında farklı ekim yöntemleri ve çeltik-kolza rotasyonu üzerine yürüttükleri araştırmada, kuru toprağa gerçekleştirilen ekimin su ayak izinin azaltılmasına katkı sağladığını belirlemişlerdir. Barsato ve ark. (2018), toprak işleme, rotasyon ve farklı gübre uygulamalarının gri su ayak izi üzerine etkilerini incelemiş, verimden ödün vermeden uygun toprak işleme yöntemleri sayesinde toprak kirliliğinin azaltılabileceğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, hassas tarım uygulamalarının gri su ayak izini azaltıcı etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

## SONUÇ

Sürdürülebilir tarımın sürekliliği için mutlak gerekli paydaşlar su kaynaklarının korunması, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması ve karbon salınımının azaltılması, toprak sağlığının ve biyolojik çeşitliliğin muhafazası olarak sıralanabilir. Tarımın ve yaşamın temelini oluşturan su kaynakları giderek artan bir öneme sahip olmakla birlikte hayati bir fenomen haline gelmektedir. Bu nedenle, tarımsal üretimin her aşamasında harcanan su miktarının hesaplanmasına ve uygun stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlayan su ayak izi kavramının göz önünde bulundurulması uygun su ve arazi yönetimi esaslarının temelini oluşturmaktadır. Öte yandan, sanal su

ticareti kapsamında ülke kaynaklarının dışa aktarımı veya diğer ülke kaynaklarından faydalanmak suretiyle gerçekleştirilen ithalat ürünlerinin bir denge kapsamında gerçekleştirilmesi açısından da su ayak izi üzerine planlamaların gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecek yıllarda herhangi bir ürünün hangi coğrafyada üretilmesinin su ayak izi bakımından daha avantajlı olduğuna yönelik planlamaların yapılması zaruri bir ihtiyaç haline gelecektir. Yapılan araştırmalar eşit verim alınabilmesine rağmen kullanılan su kaynakları arasındaki farklılıkların ortaya çıktığına işaret etmektedir. Su kaynaklarının daha etkin kullanımı açısından farklı bölgelerin su potansiyeline göre ürün desenlerinin net olarak ortaya konması yer altı zenginliklerinin muhafazasına ve bölge üreticilerinin kazancının artmasına imkân sağlayacaktır.

## KAYNAKÇA

- Acıbuca, V., Doğan, S., Doğan, Y. (2021). Midyat/Mardin ilçesinde tarımsal faaliyetlerin SWOT analizi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 11 (2): 173-179, 2022.
- Anonim. (2013). Devlet Su İşleri 2012 Faaliyet Raporu. Erişim tarihi 2022, erişim adresi <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/759>
- Anonim. (2021a). Devlet Su İşleri 2020 Faaliyet Raporu. Erişim tarihi 2022, erişim adresi <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/759>
- Anonim. (2021b). Su ve Atıksu İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim tarihi 2022, erişim adresi <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atıksu-Istatistikleri-2020-37197>
- Anonim. (2024). 2024 yılı Devlet Su İşleri koordinasyon toplantısı. <https://dsi.gov.tr/Haber/Detay/11317#:~:text=2024%20y%C4%B1%C4%B1%20i%C3%A7inde%20de%20C3%B6nemli,miktar%C4%B1n%C4%B1%2073%20milyon%20dekardan%2079>
- Borsato, E., Galindo, A., Tarolli, P., Sartori, L. & Marinello, F. (2018). Evaluation of the greywater footprint comparing the indirect effects of different agricultural practices. Sustainability, 10: 3992.
- Chandra, M. S., Naresh, R. K., Bhatt, R., Manisha, Gourkhede, P. H., Kumar, R., Kadam, P. V. & Gawdiya, S. (2023). Impact of tillage cum crop establishment methods and nutrient management strategies on wet rice (*Oryza sativa* L): crop productivity, water footprint, soil health and profitability in typic Ustochrept soils under semi-arid sub-tropical environment. Paddy and Water Environment, 21: 165-179.
- Chapagain, A. K. & Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products (Vol. 13). Delft, The Netherlands.
- Doğan, Y. & Doğan, S. (2020). Koronavirüs Pandemisi ve Türkiye’de Bitkisel Üretime Etkisi, Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi, 3(1), 56-78.
- Deepa, R., Anandhi, A. & Alhashim, R. (2021). Volumetric and impact-oriented water footprint of agricultural crops: A review. Ecological Indicators, 130: 108093.
- Gomiero, T., Pimentel, D. & Paoletti, M. G. (2011). Is there a need for a more sustainable agriculture? Critical reviews in plant sciences, 30(1-2): 6-23.

- Hoekstra, A. Y. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. Routledge.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A., Martinez-Aldaya, M. & Mekonnen, M. (2009). *Water footprint manual: State of the art*.
- Hoekstra, A. Y. & Hung, P. Q. (2002). *Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade*. Research Report Series No. 11, Delft, Netherlands.
- Jin, Z., Liao, W., Mu, Y., Li, Y. & Nie, L. (2023). *Integrated assessment of water footprint and energy production efficiency in different rice-rape rotation systems*. *Energy*, 266: 126535.
- Khan, N., Ray, R. L., Sargani, G. R., Ihtisham, M., Khayyam, M. & Ismail, S. (2021). *Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture*. *Sustainability*, 13(9): 4883.
- Lovarelli, D., Bacenetti, J. & Fiala, M. (2016). *Water Footprint of crop productions: A review*. *Science of the total environment*, 548: 236-251.
- MacRae, R. J., Hill, S. B., Henning, J. & Mehuys, G. R. (1989). *Agricultural science and sustainable agriculture: a review of the existing scientific barriers to sustainable food production and potential solutions*. *Biol. Agric. Hortic.*, 6: 173-219.
- Marothia, D. K. (2003). *Enhancing sustainable management of water resource in agriculture sector: the role of institutions*. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 58(3): 406-426.
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2010). *A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat*. *Hydrology and earth system sciences*, 14(7): 1259-1276.
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2011). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products*. *Hydrology and earth system sciences*, 15(5): 1577-1600.
- Nasseri, A. (2023). *Water footprint in wheat production under conservation tillage*. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(14): 3362-3374.
- Pereira, L. S. (2017). *Water, agriculture and food: challenges and issues*. *Water Resources Management*, 31(10): 2985-2999.
- Pimentel, D., Houser, J., Preiss, E., White, O., Fang, H., Mesnick, L., Barsky, T., Tariche, S., Schreck, J. & Alpert, S. (1997). *Water resources: agriculture, the environment, and society*. *BioScience*, 47(2): 97-106.



- Pretty, J. & Bharucha, Z. P. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Annals of botany*, 114(8): 1571-1596.
- Rahman, M., Aravindakshan, S., Hoque, M. A., Rahman, M. A., Gulandaz, A., Rahman, J. & Islam, T. (2021). Conservation tillage (CT) for climate-smart sustainable intensification: Assessing the impact of CT on soil organic carbon accumulation, greenhouse gas emission and water footprint of wheat cultivation in Bangladesh. *Environmental and Sustainability Indicators* 10: 100106.
- Reganold, J. P., Papendick, R. I. & Parr, J. F. (1990). Sustainable Agriculture. *Sci. Am.*, 262: 112-120.
- Sauer, T., Havlík, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Kindermann, G. & Obersteiner, M. (2010). Agriculture and resource availability in a changing world: The role of irrigation. *Water Resources Research*, 46: W06503.
- Shrestha, S., Pandey, V. P., Chanamai, C., & Ghosh, D. K. (2013). Green, blue and grey water footprints of primary crops production in Nepal. *Water resources management*, 27, 5223-5243.
- Singh, V. K., Rajanna, G. A., Paramesha, V. & Upadhyay, P. K. (2022). Agricultural water footprint and precision management. In: P. Kumar, A.K. Pandey, S.K. Singh, S.S., Sighn, V.K. Sighn (eds.) *Sustainable Agriculture Systems and Technologies*, John Wiley & Sons Ltd.
- Şahin, H. (2018). Su ayak izi kavramının sürdürülebilir su yönetimi çalışmalarında kullanılması. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Soysal, S., Uçar, U., Erman, M. (2020). Siirt ili ekolojik koşullarında DAP (Diamonyumfosfat) gübresi dozlarının nohut (*Cicer arietinum* L.)'un tane verimi ve bazı verim özelliklerine etkileri. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 834-842.
- Tait, J. & Morris, D. (2000). Sustainable development of agricultural systems: Competing objectives and critical limits. *Futures*, 32: 247-260.
- Velten, S., Leventon, J., Jager, N. & Newig, J. (2015). What is sustainable agriculture? A Systematic Review. *Sustainability*, 7(6): 7833-7865
- Yue, Q., Sheng, J., Cheng, K., Zhang, Y., Guo, Z. & Sun, G. (2023). Sustainability assessment on paddy-upland crop rotations by carbon, nitrogen and water footprint integrated analysis: A field scale investigation. *Journal of Environmental Management*, 339: 117879.

## BÖLÜM 6

### **BİTKİ GELŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ BAKTERİ UYGULAMALARININ ÇELTİKTE KULLANIM OLANAKLARININ İNCELENMESİ**

Doç. Dr. Fatih ÇİĞ<sup>1</sup>

Dr. Zeki ERDEN<sup>2\*</sup>

Yüksek Ziraat Mühendisi Çağdaş Can TOPRAK<sup>3</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Sıpan SOYSAL<sup>4</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583489>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye. fatih@siirt.edu.tr  
Orcid No: 0000-0002-4042-0566

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.  
zeki.erden@siirt.edut.tr Orcid No: 0000-0003-1613-7768

<sup>3</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.  
cagdascan.toprak@siirt.edu.tr Orcid No: 0000-0002-0951-7458

<sup>4</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.  
sipansoyosal@siirt.edut.tr Orcid No: 0000-0002-0840-6609



## GİRİŞ

Dünya genelinde temel bir gıda maddesi olarak büyük bir öneme sahip olan çeltik (*Oryza sativa* L.) hem besin içeriği hem de kültürel değeri bakımından tarım sektöründe önemli avantajlar ihtiva eden başlıca tahıl bitkileri arasında gösterilmektedir. Birçok ülke ekonomisinde merkezi bir rol oynayan çeltik bitkisi kırsal kesimde yaşayan birçok kişi için önemli bir gelir unsurudur. Biyo-çeşitliliğin korunmasına yardımcı olan çeltik bitkisinde sürdürülebilir üretim yöntemleri, su ve toprak yönetimi açısından önemlidir. Çeltik tarımında olumsuz çevresel etkilerin azaltılması ve ekosistemin korunması günümüzde önemli konuların başında gelmektedir. Sulu tarım koşullarında belirli yönetim stratejilerini gerektiren çeltik tarımında son yıllarda hastalık ve zararlılarla mücadele, stres yönetimi ile ürünün verim ve kalitesini arttırmaya yönelik çalışmalar ivme kazanmıştır. Bu doğrultuda kök gelişiminin teşviki, azot bağlama, hastalık ve zararlılara karşı koruma gibi faydaları olduğu bilinen Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakterilerin çeltik tarımında kullanım olanaklarının incelenmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Çünkü Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (Plant Growth-Promoting Bacteria, PGPB)' in çeltik tarımında kullanımının daha sürdürülebilir ve çevre dostu tarım uygulamalarının benimsenmesi açısından, verimliliği artırma, kimyasal gübre kullanımını azaltma ve hastalıklarla mücadele etme konusunda avantajlar sağladığı yadsınamaz bir gerçek olarak önümüze çıkmıştır. Bu açıdan bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin kullanımı bitki besleme ve maliyet azaltma açısından çok önemlidir (Doğan ve Çığ, 2023). Özellikle toprak kökenli bakterilerin, çeltik bitkisinin büyümesini ve verimliliğini artırmak için kullanımının çeşitli avantajlar sunduğu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Söz konusu bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin çeltik tarımında kullanım olanakları kapsamlı olarak ele alınmıştır.

### 1. BİTKİ GELİŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ BAKTERİLERİN ÇELTİKTE KULLANIMI

Çeltik, bazı kaynaklara göre, Uzak Doğu Asya'da nehirler ve derelere yakın, sulanabilir arazilerde organik yöntemlerle yetiştirilmeye başlanmış ve süreç içerisinde geleneksel tarım yöntemleriyle günümüze kadar ulaşmıştır (Gaikwad ve ark., 2021; Singh ve ark., 2022). İnsanlık tarihinin erken dönemlerinde yalnızca Asya kıtasında yetiştirilen çeltik, günümüzde neredeyse tüm dünyada yetiştiricilik alanı bulmuş ve geniş bir literatür birikimine konu olmuştur (Reshmi ve Nandini, 2018; Carcea, 2021).

Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (Plant Growth-Promoting Bacteria, PGPB), günümüzde tarımda sürdürülebilir bir yaklaşım olarak kullanılmaktadır. Çeltik üretiminde bu bakterilerin etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bitki büyümesini destekleme, stres dayanıklılığını artırma ve toprak kalitesini iyileştirme açısından önemli olduğu çok sayıda araştırma ile kanıtlanmıştır. Çeltik (*Oryza sativa*) gibi önemli tahıl bitkilerinde PGPB uygulamaları, verimlilik artışı, toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve çevresel stres faktörlerine dayanıklılık açısından büyük bir potansiyele sahip olduğu yürütülen araştırmalarla rapor edilmiştir. Ayrıca çeltikte *Rhizobium leguminosarum* bakterilerinin, çeşitli hastalıkları kontrol etmek için biyokontrol ajanı olarak başarıyla kullanımı rapor edilmiştir (Audipudi vd., 2017).

Yakın geçmişte yürütülen çok sayıda araştırmada bitki gelişimini teşvik edici bakteri (PGPB) uygulamalarının çeltik tarımında; azot fiksasyonu (Bhattacharyya ve Jha, 2012), fosfor ve diğer besin maddelerinin kullanılabilirliği (Adesemoye ve ark., 2009), bitki hormonları üretimi (Egamberdieva ve ark., 2017), abiyotik stress koşullarına dayanıklılık (Vessey, 2003) ve hastalık kontrolünde (Kloepper ve ark., 1980) kayda değer faydaları olduğu belirlenmiştir.

Çeltik tarımında PGPB kullanımının yaygınlaşmasıyla bitkide büyüme hızını artırarak, dane veriminin yükselttiği, gübre ve pestisit kullanımını azaltarak üretim maliyetlerini düşürdüğü, toprak sağlığını iyileştirerek çevresel kirliliği azalttığı belirlenmiştir (Glick., 2012).

Çeltik tarımında bakteri uygulamaları, bitki sağlığını iyileştirmek, verimi artırmak ve çevresel etkileri azaltmak amacıyla önemli bir rol oynamaktadır. Bakteriyel biyoteknoloji, bitkilerin hastalıklara karşı dirençlerini artırmak, besin maddelerini daha verimli kullanmalarını sağlamak ve stres koşullarına adaptasyonlarını desteklemek için kullanımı gittikçe yaygınlaşan fenomen konular arasındaki yerini almıştır.

PGPB'lerin çeltik tarımındaki potansiyel rolünün daha iyi anlaşılması için PGPB'lerin çeltik üzerindeki genel etkileri, çeltik tarımında kullanım olanaklarının, avantajlarının ve karşılaşılan zorlukların ayrı ayrı ele alınmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu doğrultuda PGPB'lerin çeltik tarımındaki potansiyel rolü dört alt başlıkta derlenmiştir.

### 1.1. PGPB' nin Çeltik Bitkisindeki Genel Etkileri

PGPB'lerin, bitki gelişimini destekleyen ve tarımsal verimliliği artıran önemli mikroorganizmalar olduğu bilinmektedir. Azot fikseri bakteriler, atmosferdeki azotu bitkilerin kullanabileceği formlara dönüştürerek toprak verimliliğini artırır. Fosfat çözücü bakteriler ise toprakta bulunupta çözünmeyen fosfatları çözerek bitkilerin fosfor alımını kolaylaştırmak suretiyle çeltik üretiminde önemli katkılar sağladığı rapor edilmiştir. *Azospirillum* ve *Bacillus* türleri, atmosferik azotu bitki tarafından kullanılabilir hale dönüştürürken fosfat çözünürlüğü ile bitkiye fosfor sağladığı belirtilmiştir (Bhattacharyya ve Jha, 2012). PGPB'ler, kök ve gövde büyümesini arttıran oksin ve sitokin gibi hormonlar üretmek suretiyle, özellikle *Bacillus subtilis* türlerinin söz konusu hormonları salgılayarak çeltikte verimi arttırdığı kaydedilmiştir (Egamberdieva ve ark., 2017). Hastalık kontrolü ve abiyotik stres toleransında önemli görevler üstlenen PGPB'ler, patojenlere karşı biyokontrol ajanı olarak işlev görmektedir. Ayrıca tuzluluk, kuraklık gibi çevresel streslere karşı bitki dayanıklılığını arttırdığı bildirilmiştir (Vessey, 2003).

### 1.2. PGPB'lerin Çeltik Tarımında Kullanım Olanakları

Çeltik tohumlarının bakterilerle kaplanması, kök-çevre etkileşimini hızlandırdığı belirtilmiştir (Lucy ve ark., 2004). Priming uygulamaları, tohum aşılama adıyla literatürde tanımlanmaktadır. PGPB'ler, toprak mikrobiyal çeşitliliğini arttırdığından toprağa uygulanmak suretiyle toprak düzenleyici olarak da kullanıldığı belirtilmiştir. (Adesemoye ve ark., 2009). Yürütülen araştırmalarda yapraklardan bakteriyel çözeltiler püskürtülebileceği kaydedilmiştir (Kloepper ve ark., 1980).

### 1.3. Çeltikte PGPB Kullanımının Avantajları

PGPB'ler, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak çevreye olan olumsuz etkileri en aza indirerek çevresel sürdürülebilirlik sağladığı düşünülmektedir. Çeltik tarımında bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin (PGPB) kullanımı, kimyasal gübre ve pestisitlere olan bağımlılığı azaltarak üretim maliyetlerini düşürdüğü, böylece çiftçilerin ekonomik sürdürülebilirliğini arttırdığı kaydedilmiştir (Çığ ve ark., 2023). Söz konusu bu yaklaşım, çevresel sürdürülebilirliği desteklerken, maliyet etkinliğini sağladığı ve toprak sağlığını iyileştirdiği düşünülmektedir. *Bacillus amyloliquefaciens* bakteri türleri, bitki büyümesini teşvik eden ve tuzluluk stresi altındaki bitkilerin büyüme parametrelerini iyileştiren bir türdür.

Özellikle, bu bakteri, çeltik gibi tuza toleranslı bitkilerde büyüme parametrelerini iyileştirdiği belirlenmiştir. Bu özellikleri sayesinde, PGPB'ler bitki büyümesini ve stres toleransını artırarak çeltik mahsulünün verimini ve kalitesini yükselttiği belirtilmiştir (Tan ve ark., 2016). Söz konusu bulgular, PGPB'lerin tarımda sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

Bazı PGPB'lerin çeltik bitkisi üzerine etki alanları ve elde edilen bulgular konunun anlaşılması bakımından yararlı olacağı düşünülmektedir. *Azotobacter chroococcum* azot bağlama yeteneği ve fitohormon üretimi ile topraktaki azot seviyelerini artırarak çeltik bitkisinin büyümesini teşvik ettiği rapor edilmiştir (Sönmez ve Demirci 2019). *Bacillus megaterium* fitohormon üretimi ve sitokinin üretimi ile çeltik bitkisinin verimini ve besin alımını arttırdığı kaydedilmiştir (Yalçın ve Işık 2020). Ayrıca *Paenibacillus polymyxa* bakterisinin fitohormon üretimi ve indol asetik asit (IAA) üretimi ile çeltik bitkisinin kök gelişimini teşvik ettiği belirtilmiştir (Yalçın ve Işık 2020).

Bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin, toprak mikrobiyal çeşitliliğini ve aktivitesini artırarak toprak sağlığını ve verimliliğini desteklediği, besin döngüsünü iyileştirdiği, toprak yapısını güçlendirdiği ve bitkilerin çevresel streslere karşı direncini arttırdığı bildirilmiştir. Özellikle, PGPB'lerin toprak enzim aktivitelerini ve agregat stabilitesini olumlu yönde etkilediği kaydedilmiştir (Etem ve Türkmen., 2023). *Serratia marcescens* fitohormon üretimi indol asetik asit (IAA) üretimi ile çeltik bitkisinin büyümesini desteklemektedir (Yalçın ve Işık 2020). *Rhizobium leguminosarum* bakterisi ise azot bağlama ve fitohormon üretimi ile çeltik bitkisinin büyümesini iyileştirdiği bildirilmiştir (Sönmez ve Demirci 2019).

#### 1.4. PGPB Uygulamalarında Karşılaşılan Zorluklar

Bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin (PGPB) tarımsal uygulamalarında karşılaşılan zorluklar, literatürde farklı açılardan ele alınmıştır. Ajijah ve ark., (2023), PGPB'lerin bitki yüzeylerini kolonize etme süreçlerini ve biyofilm oluşturma yeteneklerini vurgulamışlardır. Araştırmalarında, PGPB'lerin biyofilm oluşturma kapasitesinin, çevresel streslere karşı dirençlerini artırdığını ve bitki kökleriyle daha etkili etkileşimler kurmalarını sağladığını belirtmektedir. Bu perspektiften bakıldığında, PGPB'lerin spesifik toprak tipleri veya ekosistemlerle uyumu, biyofilm oluşturma yetenekleriyle doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla, PGPB'lerin etkinliğini artırmak için biyofilm oluşumunu teşvik eden

formülasyonların geliştirilmesi önerilmektedir. Depolama ve taşıma konusundaki zorluklar da literatürde ele alınmıştır. Bashan ve ark. (2014), mikrobiyal gübrelerin üretimden uygulamaya kadar olan süreçlerinde, bakterilerin canlılığını korumak için uygun depolama ve taşıma koşullarının sağlanmasının önemini vurgulamaktadır. Bu, mikrobiyal gübrelerin etkinliğini sürdürabilmesi için kritik bir faktördür. Çiftçiler arasında mikrobiyal gübrelerin kabulü ve farkındalığı konusunda ise Bhattacharyya ve Jha (2012), PGPB'lerin tarımsal uygulamalardaki potansiyel faydalarını ve bu konuda çiftçilerin bilinçlendirilmesinin gerekliliğini tartışmaktadır. Geleneksel gübreleme yöntemlerine alışkın olan çiftçilerin, mikrobiyal gübrelerin avantajları konusunda bilgilendirilmesi ve eğitilmesi, bu biyoteknolojik ürünlerin daha geniş çapta benimsenmesini sağlayabilir. Sonuç olarak, literatürde PGPB uygulamalarının etkinliğini artırmak için biyofilm oluşturma yeteneklerinin teşvik edilmesi, uygun depolama ve taşıma koşullarının sağlanması ve çiftçiler arasında farkındalığın artırılması gerektiği belirtilmektedir. Söz konusu bu faktörlerin her biri, PGPB'lerin tarımsal uygulamalardaki başarısını doğrudan etkilemektedir.

## SONUÇ

Çeltik (*Oryza sativa L.*) tarımında Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakterilerin (PGPB) kullanımı ile bitki büyümesini artırma, çevresel streslere karşı dayanıklılığı artırma ve toprak sağlığını iyileştirme gibi birçok fayda sağladığı araştırmalarla kanıtlanmıştır. Çeltik tarımında PGPB uygulamaları, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği desteklerken, verimliliği artırmaktadır. Ayrıca, bu bakteriler azot fiksasyonu ve fosfat çözünürlüğü gibi önemli besin maddelerinin bitki tarafından kullanılabilir hale gelmesine yardımcı olmaktadır. Makale, PGPB'lerin kullanımının sürdürülebilir tarım açısından büyük bir potansiyel sunduğunu ve bu biyoteknolojik ürünlerin tarıma entegrasyonunda karşılaşılan zorlukları göz ardı edilmemelidir.

Çeltik (*Oryza sativa*) gibi önemli tahıl bitkilerinde PGPB uygulamaları, verimlilik artışı, toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve çevresel stres faktörlerine dayanıklılığı açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin çeltik tarımında kullanımı, sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik eden önemli bir yenilik olarak değerlendirilmektedir. Daha fazla saha denemesi ve biyoteknolojik araştırmalar, spesifik çeltik türleri için en uygun PGPB türlerinin belirlenmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.



PGPB'lerin çeltikte kullanımı, kimyasal gübre kullanımını azaltırken sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlar. İleri araştırmalar, çeltikte kullanılan PGPB türlerinin belirli çevresel koşullardaki etkinliğini artırmaya odaklanmalıdır.

Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler, çeltik tarımında hem verimliliği artırma hem de çevre dostu uygulamalara katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Araştırma ve saha uygulamalarıyla bu yöntemlerin yaygınlaşması, sürdürülebilir çeltik tarımını destekleyeceği öngörülmektedir. İleri çalışmalar, PGPB türlerinin belirli çevresel koşullardaki etkilerinin detaylı bir şekilde araştırılmasını ve uygun kullanım stratejilerinin geliştirilmesini sağlamalıdır.

## KAYNAKÇA

- Audipudi, A.V., Chakicherla, B.V. & Subhash, J.B. (2017). Bacterial endophytes as biofertilizers and biocontrol agents for sustainable agriculture. *Biotech. Sustainability*, 223-247.
- Adesemoye, A. O., Torbert, H. A., & Kloepper, J. W. (2009). Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58(4), 921-929. <https://doi.org/10.1007/s00248-009-9531>
- Ajjah, N., Fiodor, A., Pandey, A. K., Rana, A., & Pranaw, K. (2023). Plant growth-promoting bacteria (PGPB) with biofilm-forming ability: a multifaceted agent for sustainable agriculture. *Diversity*, 15(1), 112.
- Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), 1327-1350. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>
- Baran, M., & Köse, Ö. D. E. (2023). Yayım Mikrobiyal Gübreler ve Kullanım Alanları. *International Congresses of Turkish Science and Technology Publishing*, 155-160.
- Bashan, Y., de-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, 378(1–2), 1–33.
- Çiğ, F., Erden, Z., Toprak, Ç. C., & Doğan, S. (2023). Organik Çeltik Tarimi Potansiyeli, Karşılaşılan Zorluklar Ve Sürdürülebilirliği: Türkiye Örneği. *Tarla Bitkilerinde Yetiştiricilik, Islah ve Yenilikçi Uygulamalar*, 1(1), 139-152.
- Doğan, S. ve Çiğ, F. (2023). 'Effects of chemical, organic and microbial fertilization on agronomical growth parameters, seed yield and chemical composition of chickpea', *Journal of Elementology*, 28(4), 949-970.
- Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Alqarawi, A. A., Abd\_Allah, E. F., & Hashem, A. (2017). Phytohormones and beneficial microbes: Essential components for plants to balance stress and fitness. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2104.
- Etem, F., & Türkmen, C. (2023). Humik Asit ve Mikrobiyal Gübre Uygulamalarının Toprak Biyokimyasal Özellikleri ve Agregat

- Stabilitesine Etkisi. *COMU Journal of Agriculture Faculty*, 11(2), 286-299.
- Gaikwad, K. B., Singh, N., Kaur, P., Rani, S., Babu H, P., & Singh, K. (2021). Deployment of wild relatives for genetic improvement in rice (*Oryza sativa*). *Plant Breeding*, 140(1), 23-52.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012(1), 963401.
- Kloepper, J. W., Leong, J., Teintze, M., & Schroth, M. N. (1980). Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*, 286(5776), 885-886. <https://doi.org/10.1038/286885a0>
- Reshmi, R., & Nandini, P. V. (2018). Medicinal properties of Njavara rice (*Oryza sativa* L.) cv. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 4(3), 239980.
- Singh, V. J., Bhowmick, P. K., Vinod, K. K., Krishnan, S. G., Nandakumar, S., Kumar, A., ... & Singh, A. K. (2022). Population structure of a worldwide collection of tropical japonica rice indicates limited geographic differentiation and shows promising genetic variability associated with new plant type. *Genes*, 13(3), 484.
- Sönmez, D., & Demirci, A. (2019). Bitkisel Üretimde Organik Tarımın Sürdürülebilirlik Üzerine Etkileri. *Journal of Agriculture and Forestry*, 19(4), 98-108.
- Tan, S., Gu, Y., Yang, C., Dong, Y., Mei, X., Shen, Q., & Xu, Y. (2016). *Bacillus amyloliquefaciens* T-5 may prevent *Ralstonia solanacearum* infection through competitive exclusion. *Biology and Fertility of Soils*, 52, 341-351.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Yalçın, N., & Işık, S. (2020). Bitkisel Üretimde İşletme Büyüklüğünün Ürün Verimi, Üretim Değeri ve Ürün Maliyeti Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 7(2), 56-70. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turkjans/article/1371682>

## BÖLÜM 7

### **BÜYÜME DÜZENLEYİCİ VE ANTİOKSİDAN OLARAK MELATONİN'İN ABİYOTİK STRESLERE MARUZ KALAN TAHİL BİTKİLERİNDE PRIMING UYGULAMALARI**

Doç. Dr. Fatih ÇİĞ<sup>1</sup>

Dr. Zeki ERDEN<sup>2</sup>

Yüksek Ziraat Mühendisi Çağdaş Can TOPRAK<sup>3\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583493>

---

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.  
fatih@siirt.edu.tr Orcid No: 0000-0002-4042-0566

<sup>2</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.  
zeki.erden@siirt.edu.tr Orcid No: 0000-0003-1613-7768

<sup>3\*</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.  
cagdascan.toprak@siirt.edu.tr Orcid No: 0000-0002-0951-7458



## GİRİŞ

Tarım sektörü ülke ekonomisinde önemli bir yere sahip olmakla birlikte, toplumların temel ihtiyaçlarının karşılanmasında hayati bir rol oynamaktadır (Ay, 2024). Tarıma dayalı ekonomilere sahip ülkelerde, gıda güvenliğini sağlamak ve beslenme ihtiyaçlarını karşılamak adına birim alandan elde edilen ürün miktarının artırılması kritik bir öneme sahiptir (Soysal ve Yılmaz, 2021). Dünya nüfusundaki hızlı artış ve iklim değişikliğinin etkileri, tarımsal üretim sistemlerinin daha yenilikçi ve profesyonel yöntemlerle ele alınmasını zorunlu kılmaktadır (Yılmaz ve Soysal, 2021). Çiftçilerin üretim süreçlerinde varlıklarını sürdürebilmeleri ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir tarım sisteminin oluşturulması için mevcut tarımsal yönetim ve üretim yaklaşımlarının yeniden yapılandırılması, modern teknolojilerin ve uygulamaların yaygınlaştırılması büyük bir gerekliliktir (Yılmaz ve ark., 2021; Soysal ve ark., 2022). Küresel iklim değişikliği, dünyada tarımsal üretimi etkilemekte olup, artan sıcaklık ekonomik öneme sahip olan bitkilerin üretimi ve ürünün kalitesini kısıtlayan en önemli stres faktörlerinden biridir (Doğan ve Doğan, 2023).

Melatonin, bitkilerde hem büyüme düzenleyici hem de antioksidan olarak görev yapan biyolojik bir molekül olduğu, bitki büyümesinde ve gelişiminde özellikle çeşitli abiyotik stres formlarından bitkilerin korunmasında farklı işlevlere sahip olduğu bilinmektedir (Yang ve ark., 2018). Günümüzde insanlarda uyku düzenlenmesiyle bilinse de, bitkilerdeki rolü bakımından stres yönetiminde giderek daha fazla dikkat çeken konular arasındaki yerini almıştır. Melatonin, özellikle abiyotik stres (kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklık, soğuk, ağır metal kirliliği gibi çevresel stresler) koşullarında tahıl bitkilerinin büyümesini desteklemek ve hayatta kalma şanslarını artırmak için önemli bir araç olduğu, yürütülen araştırmalarda rapor edilmiştir. Priming uygulamaları, bitkilerin çevresel streslere daha hazırlıklı hale gelmesini sağlamak için önceden belirli kimyasal, biyolojik veya fiziksel uygulamalara maruz bırakılmasıdır. Bu yaklaşım, bitkilerin stres durumlarında hızlı ve etkili bir savunma mekanizması geliştirmesine yardımcı olduğu, böylece büyüme ve verim kayıpları azaltıldığı kaydedilmiştir. Melatonin priming uygulamaları, tahıl bitkilerinde çevresel streslere karşı dayanıklılığı artırmak amacıyla kullanılan yenilikçi bir uygulamadır. Bu yöntem, melatoninin büyüme düzenleyici ve antioksidan özelliklerinden faydalanarak tahıl bitkilerinin stres koşullarına uyum sağlamasını ve sağlıklı bir şekilde gelişmesini desteklediği belirtilmiştir.

## **1. MELATONİN'İN BİYOSENTEZİ VE BİTKİLERDEKİ ROLÜ**

Abiyotik stresler arasında kuraklık, tuzluluk, ağır metaller, sıcaklık dalgalanmaları ve oksidatif stres, tahıl bitkilerinde ciddi üretim kayıplarına neden olmaktadır. Bu stres faktörlerinin bitki fizyolojisine etkilerini azaltmaya yönelik çözümler arasında, melatonin gibi biyomoleküllerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Melatonin, hem hayvanlarda hem de bitkilerde bulunan bir molekül olarak, biyolojik süreçlerin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bitkilerde melatonin, antioksidan özellikleri ve büyüme düzenleyici işlevleri sayesinde stres yanıtlarının modülasyonunda etkili bir ajan olarak ön plana çıktığı belirtilmiştir (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2019).

Melatonin, bitkilerde triptofan bazlı bir biyosentez yoluyla üretildiği rapor edilmiştir. Bu süreç, serotonin gibi maddelerin üretimini de içerir (Tan ve ark., 2012). Melatonin'in üretimi, bitkilerin çevresel koşullara verdiği yanıtlar çerçevesinde, genellikle stres faktörlerine maruz kalındığında artış göstermektedir. Melatonin'in ROS ve serbest radikalleri etkisiz hale getirerek oksidatif stresi azaltarak antioksidan işlevi gördüğü rapor edilmiştir (Li ve ark., 2016). Bitki hormonları (ör., absisik asit, giberellin, ve sitokinin) ile etkileşim içinde olarak büyüme süreçlerini düzenleyerek hormonal dengeyi sağladığı belirtilmiştir (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2020). Melatoninin söz konusu temel roller nedeniyle bitkiler tarafından oldukça hayati bir öneme sahip olduğu düşünülmektedir. Ayrıca melatonin aşılması bitkide çimlenme oranını, özelliklerini ve fide büyümesini arttırdığı belirlenmiştir (Muhammad ve ark., 2023).

## **2. TAHILLARDA MELATONİN'İN ABİYOTİK STRESLERE KARŞI ETKİLERİ**

Melatoninin kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek ortam sıcaklıkları, UV radyasyonu ve toksik bileşikler gibi abiyotik stres faktörlerinde kritik düzenleyici rolleri olduğu yürütülen araştırmalarda rapor edilmiştir (Okant ve Kaya, 2019; Bawa ve ark., 2020; Ahmad ve ark., 2021a, 2021b; Sezer ve ark., 2021)

Melatonin, antioksidan özellikleri ve hormon benzeri etkileri sayesinde, bitkilerin çevresel stres koşullarına adaptasyonunda kritik rol oynar. Melatonin, reaktif oksijen türlerini (ROS) temizleyerek oksidatif stresi azaltarak antioksidan enzimlerin (SOD, CAT, POD) aktivitesini artırarak

hücre içi dengeyi koruduğu yürütülen araştırmalarla desteklenmiştir. Bu nedenle, melatonin priming uygulamaları, tahıl bitkilerinde abiyotik streslerin yönetiminde yenilikçi ve çevre dostu bir strateji olarak giderek daha fazla kabul görmektedir. Bu doğrultuda abiyotik stres koşullarına karşı etkilerini ayrı ayrı ele almanın faydalı olacağı düşünülmektedir.

### **2.1. Kuraklık Stresi**

Kuraklık, tahıl bitkilerinde en yaygın ve yıkıcı abiyotik streslerden biridir. Melatonin, su kullanımı verimliliğini artırarak kuraklık stresine karşı bitkilerin dayanıklılığını artırdığı belirtilmiştir (Zhang ve ark., 2015). Ayrıca, kuraklık koşullarında lipid peroksidasyonunu azaltarak membran bütünlüğünü koruduğu rapor edilmiştir.

### **2.2. Tuzluluk Stresi**

Tuzluluk, osmotik stres ve iyon toksisitesi yoluyla bitkilerin metabolik süreçlerini bozar. Melatonin priming, prolin birikimini artırarak osmotik dengeyi sağlamada etkili bir rol oynadığı kaydedilmiştir (Hernández ve ark., 2021). Ayrıca, melatonin, sodyum ve potasyum homeostazını düzenleyerek iyon toksisitesini hafiflettiği bildirilmiştir.

### **2.3. Ağır Metal Stresi**

Tahıl bitkileri, toprakta bulunan ağır metallere (kadmiyum, arsenik vb.) olumsuz etkilendiği bilinmektedir. Melatonin uygulaması, ağır metal toksisitesini azaltmak için antioksidan enzim aktivitelerini artırarak, metal iyonlarının detoksifikasyonunu teşvik ettiği belirtilmiştir (Liang ve ark., 2020).

### **2.4. Isı ve Soğuk Stresi**

Melatonin, ekstrem sıcaklık koşullarına karşı bitki dayanıklılığını artırdığı kaydedilmiştir. Melatonin uygulamaları; soğuk stresine karşı, membran stabilitesini koruyarak lipid peroksidasyonunu önlediği, sıcaklık stresine karşı ise, termal şok proteinlerinin ekspresyonunu artırdığı rapor edilmiştir (Wang ve ark., 2017).

## **3. TAHIL BİTKİLERİNDE MELATONİN UYGULAMA ALANLARI**

Melatonin priming uygulamalarının tahıl bitkilerindeki etkilerini destekleyen bazı araştırmalarda kayda değer etkileri tespit edilmiştir. Buğdayda (*Triticum aestivum*) melatonin, kuraklık stresinde su kullanım



verimliliğini artırmıştır (Zhang ve ark., 2015). Pirinç bitkisinde (*Oryza sativa*) ağır metal stresi altında melatonin, prolin birikimini artırarak bitkilerin metabolik dengesini sağlamıştır (Liang ve ark., 2020). Mısırdaki (*Zea mays*) tuz stresine karşı melatonin, iyon dengesini düzenleyerek verim kaybını önlemiştir (Hernández ve ark., 2021).

Melantoninin söz konusu işlevleri nedeniyle, ürünün soğuğa, kuraklığa, sıcağa, kimyasal kirleticilere ve diğer abiyotik stres faktörlerine karşı toleransını artırmayı ve sonuç olarak ürün verimliliğini artırmayı amaçlayan agronomik uygulamalarda onu son derece kullanışlı hale getirdiği belirtilmiştir (Alharby ve Fahad, 2020; Li ve ark., 2021). Ayrıca, melatonin ile priming uygulamaları tohum çimlenmesini iyileştirerek kök büyümesini ve gelişimini uyardığı bildirilmiştir (Jiang ve ark., 2016; Abid ve ark., 2018).

## SONUÇ

Melatonin, bitkilerde çeşitli fizyolojik süreçleri düzenleyerek stres toleransını artırdığı, serbest radikal temizleyici olarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) dengelenmesine katkıda bulunduğu belirtilmiştir (Li ve ark., 2016). Ayrıca, melatonin, stres durumlarında bitkilerin hormonal dengesi koruyarak büyümeyi desteklemektedir. Bu özellikleri nedeniyle, abiyotik stres koşullarında melatonin priming uygulamaları, tahıl bitkilerinin dayanıklılığını artırmak için etkili bir strateji olarak kabul edilmektedir (Tan ve ark., 2012).

Abiyotik streslere karşı melatonin priming uygulamaları, bitki tohumlarının melatonin içeren çözeltilerle muamele edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, bitkilerin metabolik ve fizyolojik hazırlığını artırarak stres koşullarına karşı daha dirençli hale gelmelerini sağlamıştır (Wang ve ark., 2017). Kuraklık stresine maruz kalan buğday bitkilerinde melatonin uygulaması, su kullanım verimliliğini artırmış ve lipid peroksidasyonunu azaltmıştır (Zhang ve ark., 2015). Benzer şekilde, tuzluluk stresinde melatonin, prolin birikimini artırarak osmotik dengesi sağlamıştır (Hernández ve ark., 2021).

Melatonin priming uygulamaları buğday, arpa, pirinç ve mısır gibi temel tahıl bitkilerinde başarıyla uygulanmıştır. Bu uygulamalar, genellikle stres kaynaklı biyokimyasal bozuklukları hafifletmek ve verim kayıplarını en aza indirmek için kullanılır. Örneğin, pirinç bitkisinde ağır metal stresi altında melatonin uygulaması, antioksidan enzim aktivitelerini artırarak oksidatif hasarı azaltmıştır (Liang ve ark., 2020). Bu etkiler, melantoninin hem koruyucu hem de düzeltici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Melatonin priming, tahıl bitkilerinde abiyotik stres yönetimi için yenilikçi ve çevre dostu bir strateji olarak dikkat çekmektedir. Ancak, melatonin uygulamalarının farklı bitki türlerinde ve stres koşullarında optimize edilmesi gerekmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar, melatonin mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasına ve tarımda yaygın kullanımına katkıda bulunacaktır.

Melatoninin, abiyotik streslere karşı bitkisel dayanıklılığı artırmak için potansiyel bir biyoteknolojik araç olduğu düşünülmektedir. Tahıl ve baklagil bitkilerinde melatonin priming uygulamaları, özellikle iklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini azaltmada büyük bir umut vaat etmektedir.

## KAYNAKÇA

- Abid, M., Hakeem, A., Shao, Y., Liu, Y., Zahoor, R., Fan, Y., ve Dai, T. (2018). Tohum ozmotik aşılması buğdayda (*Triticum aestivum* L.) çimlenme sonrası kuraklık stresine karşı stres hafızasını harekete geçirir. Çevresel ve Deneysel Botanik, 145, 12-20.
- Ahmad, S., Cui, W., Kamran, M., Ahmad, I., Meng, X., Wu, X., Han, Q. (2021). Exogenous application of melatonin induces tolerance to salt stress by improving the photosynthetic efficiency and antioxidant defense system of maize seedling. Journal of Plant Growth Regulation, 40, 1270-1283.
- Ahmad, S., Muhammad, I., Wang, GY, Zeeshan, M., Yang, L., Ali, I., Zhou, XB (2021). Melatoninin iyileştirici etkisi, mısır fidelerinin büyümesini, fotosentetik özelliklerini ve yaprak ultra yapısını düzenleyerek kuraklığa toleransı iyileştirir. BMC Bitki Biyolojisi , 21 (1), 368.
- Alharby, HF ve Fahad, S. (2020). Melatonin uygulaması mısır çeşitlerinde kuraklığa dayanıklılık için biyokömür verimliliğini artırır: Fizyobiyokimyasal makinelerde değişiklikler. Tarım Dergisi , 112 (4), 2826-2847.
- Arnao, M. B., Hernández-Ruiz, J. (2019). Melatonin and its relationship to plant hormones. Annals of Botany, 121(2), 195-207.
- Arnao, M. B., Hernández-Ruiz, J. (2019). Melatonin and its relationship to plant hormones. Annals of Botany, 121(2), 195-207.
- Ay, Ş. (2024). An Empirical Analysis of the Relationship Between Agricultural Revenue and Tax Burden. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(4), 1127-1133.
- Bawa, G., Feng, L., Shi, J., Chen, G., Cheng, Y., Luo, J., Wang, X. (2020). Evidence that melatonin promotes soybean seedlings growth from low-temperature stress by mediating plant mineral elements and genes involved in the antioxidant pathway. Functional Plant Biology, 47(9), 815-824.
- Doğan, S, Doğan, Y. (2023). Yarı kurak iklim şartlarında ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde verim ve bazı kalite unsurlarının belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Derg. 2023, 27(3): 316-324.

- Hernández, J. A., Liang, D., Tan, D. X. (2021). Melatonin priming in plants: A potential approach to enhance abiotic stress tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 72(12), 4180-4194.
- Jiang, X., Li, H. ve Song, X. (2016). Melatonin ile tohum aşılamanın tuzluluk stresi altındaki mısırdaki tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkileri. *Pak J. Bot* , 48 (4), 1345-1352.
- Li, C., Tan, D. X., Liang, D., Zhang, B. (2016). The role of melatonin in salt stress responses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 107, 95-102.
- Li, Z., Su, X., Chen, Y., Fan, X., He, L., Guo, J., Yang, Q. (2021). Melatonin improves drought resistance in maize seedlings by enhancing the antioxidant system and regulating abscisic acid metabolism to maintain stomatal opening under PEG-induced drought. *Journal of Plant Biology*, 64, 299-312.
- Muhammad, I., Yang, L., Ahmad, S., Farooq, S., Khan, A., Muhammad, N., Zhou, X. B. (2023). Melatonin-priming enhances maize seedling drought tolerance by regulating the antioxidant defense system. *Plant Physiology*, 191(4), 2301-2315.
- Okant, M., Kaya, C. (2019). The role of endogenous nitric oxide in melatonin-improved tolerance to lead toxicity in maize plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 11864-11874.
- Sezer, İ., Kiremit, MS, Öztürk, E., Subrata, BAG, Osman, HM, Akay, H., & Arslan, H. (2021). Farklı toprak tuzluluk seviyelerinde tatlı mısır fidelerinin yaprak mineral içeriğini ve büyümesini iyileştirmede melatoninin rolü. *Scientia Horticulturae* , 288 , 110376.
- Soysal, S. ve Yılmaz, A. (2021) Mikorizal Fungusların (MF) Tarla Bitkilerinde Kullanımı. G. Bengisu (Ed) Akademik Perspektiften Tarım'a Bakış (173-192. ss.). Adıyaman; Turkey: İKSAD.
- Soysal, S., Erman, M., Çığ, F. (2022). Biyoremediasyon Çalışmalarında Bitki Gelişimini Teşvik Eden Kök Bakterilerinin Rolü. A. Yılmaz ve S. Soysal (Ed) Modern Tarım Uygulamaları (151-167. Ss.) Turkey: İKSAD.
- Tan, D. X., Reiter, R. J., Manchester, L. C. (2012). Melatonin as a master regulator of plant growth and development. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 31(5), 345-359. <https://doi.org/10.1080/07352689.2012.676038>
- Yang, X. L., Xu, H., Li, D., Gao, X., Li, T. L., & Wang, R. (2018). Effect of melatonin priming on photosynthetic capacity of tomato leaves under low-temperature stress. *Photosynthetica*, 56(3), 884-892.

- Wang, L., Zhao, Y., Reiter, R. J. (2017). Role of melatonin in the regulation of abiotic stress tolerance in plants. *Agriculture*, 7(3), 1-15.
- Yılmaz, A. ve Soysal, S. (2021) The Necessity of Autonomous Systems in Agriculture. A. Çelik, K. Bellitürk ve M.F. Baran (Ed) *Agricultural Researches Resourcebook* (301-322. ss.). Adıyaman; Turkey: İKSAD.
- Yılmaz, A., Soysal, S., Emiralioğlu, O., Yılmaz, H., Soydemir, H. E. ve Çiftçi, V. (2021a) Sürdürülebilir Tarımda Anıza Ekimin Önemi. M.F. Baran, K. Bellitürk ve A. Çelik (Ed) *Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları: Zorluklar ve Potansiyeller* (221-230. ss.). Adıyaman; Turkey: İKSAD.

## **BÖLÜM 8**

### **TARLA TARIMINDA VERİMLİLİK ARTIRICI YÖNTEMLER: YÜKSEK VERİMLİ TARIM UYGULAMALARI**

Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR<sup>1\*</sup>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14583497>

---

<sup>1\*</sup>Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye.  
ozgeonder@siirt.edu.tr Orcid No: 0000-0002-4650-4998



## GİRİŞ

Tarla tarımı, dünya genelindeki gıda üretiminin önemli bir bölümünü oluşturan ve kırsal ekonomilerin temel direklerinden biri olan bir tarım dalıdır. Nüfus artışı, iklim değişikliği, doğal kaynakların sınırlılığı ve tarıma ayrılan alanların daralması gibi faktörler, tarla tarımının verimliliğini artırmak için daha fazla çaba harcanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Soysal ve Erman, 2020). Tarla tarımındaki verimlilik, sadece üretimin sürdürülebilirliği açısından değil, aynı zamanda çevresel etkilerin yönetilmesi, doğal kaynakların korunması ve ekonomik sürdürülebilirlik için de büyük bir önem taşımaktadır (Uçar, 2019).

Tarımda verimlilik artışı, gıda güvenliğini sağlamanın yanı sıra çiftçilerin gelirlerini artırmayı, çevresel zararları azaltmayı ve gelecekteki gıda ihtiyaçlarını karşılamak için stratejik bir yaklaşım geliştirmeyi mümkün kılmaktadır. Tarla tarımında verimliliği artırmak için kullanılan yöntemler, teknoloji, bilimsel araştırmalar ve yenilikçi tarım uygulamalarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu yöntemler, girdi maliyetlerini düşürmeye, ürün verimini artırmaya ve ürün kalitesini iyileştirmeye yönelik çeşitli stratejiler içermektedir. Özellikle, modern sulama teknikleri, toprak işleme metotları, biyoteknoloji, bitki sağlığı yönetimi ve hassas tarım uygulamaları gibi teknolojik yenilikler, tarla tarımında verimliliği önemli ölçüde artırmıştır. Bu tür uygulamalar, çiftçilere daha verimli tarım yapma fırsatları sunarken, aynı zamanda ekosistem sağlığını korumaya yardımcı olmaktadır (Önder ve ark., 2023).

Hassas tarım uygulamaları, tarla tarımında verimliliği artırmanın en etkili yollarından biridir. Bu teknoloji, tarla alanındaki her bir noktayı detaylı bir şekilde analiz ederek, toprak nemi, sıcaklık, pH değeri gibi parametreleri gözlemleyip, bunlara göre özelleştirilmiş sulama ve gübreleme programları oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Böylece, gereksiz girdi kullanımının önüne geçilirken, ürün verimi de artmaktadır. Aynı zamanda, organik gübre ve biyolojik mücadele gibi çevre dostu yöntemler, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltarak toprak sağlığını korumaya yardımcı olmaktadır (Türker ve ark., 2015).

Verimliliği artırıcı yöntemlerin ekonomik faydaları da oldukça büyüktür. Daha az kaynak kullanımıyla daha yüksek verim elde etmek, çiftçilere maliyet avantajı sağlamak ve onları daha rekabetçi hale getirmektedir. Bu durum, gıda fiyatlarının stabilizasyonuna katkı sağlar ve



tarım sektörünün ekonomik kalkınmasına olumlu yansımaktadır (Gedik, 2023). Ayrıca, verimli tarım uygulamaları, doğal kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılması sayesinde çevreye olan olumsuz etkileri azaltmaktadır. Toprak erozyonu, su kirliliği ve biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi sorunlar, doğru tarım yöntemleri ile minimize edilebilmektedir.

Tarla tarımında verimliliği artırıcı yöntemlerin kullanılması, yalnızca gıda üretiminin artırılması için değil, aynı zamanda sürdürülebilir tarım pratiklerinin yaygınlaşması açısından da büyük önem taşımaktadır (Parlakay ve ark., 2015). Bu tür uygulamalar, hem ekonomik kazançları artırırken hem de çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltarak, daha sürdürülebilir bir tarım geleceği için önemli bir adım teşkil etmektedir. Tarla tarımındaki bu yenilikçi uygulamalar, gelecekteki gıda güvenliğini sağlama adına kritik bir rol oynayacaktır.

## **1. TARIMDA VERİMLİLİĞİ ARTIRAN TEMEL UNSURLAR**

Tarımda verimliliği artıran temel unsurlar, üretim süreçlerinin etkinliğini artırarak daha yüksek ve kaliteli ürün elde edilmesini sağlayan kritik faktörlerdir. Bu unsurlar, toprak yönetimi, sulama yönetimi, pest kontrolü, yeni tarım teknolojilerinin kullanımı ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını içermektedir (Uzun, 2009). Bu unsurların her biri, tarla tarımının verimli bir şekilde yürütülmesi ve sağlıklı bir ekosistemin korunması için gereklidir.

### **1.1. Toprak Yönetimi**

Tarla tarımında verimliliğin artırılmasında toprak yönetimi, en temel unsurlardan biridir. Toprağın sağlıklı bir şekilde işlenmesi, organik madde eklenmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması, verimliliği doğrudan etkileyen faktörlerdir. Organik gübrelerin kullanımı, toprağın su tutma kapasitesini artırırken, toprak yapısının iyileştirilmesine de yardımcı olmaktadır (Abacı, 2015). Ayrıca, toprak erozyonunu engellemek ve toprak verimliliğini sürdürülebilir bir şekilde korumak için doğru toprak işleme yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Toprağın aşırı işlenmesi veya yanlış toprak işleme yöntemleri, toprağın verimini düşürerek uzun vadede verim kayıplarına neden olabilir. Bu bağlamda, no-till (toprak işleme yapmama) ve minimum toprak işleme gibi yöntemler, toprağın yapısını bozmadan ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, toprak analizi yapılarak, toprakta eksik olan besin maddelerinin belirlenmesi ve doğru gübreleme stratejilerinin

uygulanması, verimliliği artırmak için kritik öneme sahiptir (Uçar ve Erman, 2020).

### **1.2. Sulama Yönetimi**

Sulama, tarla tarımında verimliliği artırmanın en önemli unsurlarından biridir. Su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde, suyun verimli bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Modern sulama teknikleri, suyun bitkilere doğru ve yeterli miktarda ulaşmasını sağlayarak, su israfını önler ve suyun verimli kullanımını mümkün kılmaktadır. Damla sulama ve yağmurlama sistemleri, suyun doğrudan bitki köklerine iletilmesini sağlayarak, suyun kaybını minimize etmekte ve daha az su ile daha yüksek verim elde edilmesine yardımcı olmaktadır (Attri ve ark., 2022). Ayrıca, sulama zamanlaması ve suyun pH seviyelerinin izlenmesi, bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişmesine katkı sağlamaktadır. Sulama yönetimi, aynı zamanda suyun verimli kullanımıyla çevresel etkilerin azaltılmasına ve tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

### **1.3. Pest Kontrolü**

Tarla tarımında zararlılar ve hastalıklar, verimi ciddi şekilde etkileyebilmektedir. Zararlıların ve hastalıkların etkili bir şekilde kontrol edilmesi, tarımsal verimliliğin korunması için gereklidir. Entegre zararlı yönetimi yaklaşımı, kimyasal ilaç kullanımını azaltarak sürdürülebilir bir pest kontrolü sağlamaktadır. Entegre zararlı yönetimi; biyolojik mücadele, kültürel önlemler, fiziksel yöntemler ve kimyasal kontrol yöntemlerinin bir arada kullanılmasıyla, zararlılarla etkili bir şekilde mücadele etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, biyolojik mücadele yöntemleri, zararlıları doğal düşmanlarıyla kontrol altına almayı hedeflemektedir (Popp ve ark., 2013). Bu yöntemler, çevre dostu olup, toprak sağlığını korumakta ve biyolojik çeşitliliği artırmaktadır. Kimyasal ilaçların aşırı kullanımından kaçınılması, hem çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olmakta hem de pestlerin ilaca karşı direnç geliştirmesini engellemektedir.

### **1.4. Yeni Tarım Teknolojilerinin Kullanımı ve Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları**

Tarımda verimliliği artıran diğer önemli bir unsur, yeni tarım teknolojilerinin benimsenmesidir. Modern tarım teknolojileri, çiftçilere daha verimli üretim yapma, girdileri optimize etme ve çevresel etkileri azaltma imkânı sunmaktadır. Sensörler, drone teknolojisi ve veri analiz sistemleri gibi

teknolojiler, tarla üzerindeki her türlü değişikliği izlemeye ve doğru müdahaleleri zamanında yapmaya olanak tanımaktadır (Khan ve ark., 2021). Ayrıca, sürdürülebilir tarım uygulamaları, çevreyi koruma ve doğal kaynakları etkin bir şekilde kullanma açısından büyük önem taşımaktadır. Bu uygulamalar, toprağın ve su kaynaklarının aşırı kullanılmasını engellerken, uzun vadede verimliliğin artırılmasına da katkı sağlamaktadır.

Tarımda verimliliği artırmak için toprak yönetimi, sulama yönetimi, pest kontrolü ve teknolojik yenilikler gibi unsurların doğru bir şekilde uygulanması, tarla tarımının verimli ve sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır (Pisante ve ark., 2012). Bu unsurların entegrasyonu, tarımsal üretimin artmasına, doğal kaynakların korunmasına ve çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Tarla tarımında verimliliği artıran bu temel unsurlar, çiftçilerin daha rekabetçi ve sürdürülebilir bir üretim yapmalarına olanak tanımaktadır.

## **2. YÜKSEK VERİMLİ TARIM UYGULAMALARI**

Tarla tarımında verimliliği artırmak için uygulanan yüksek verimli tarım yöntemleri, modern teknolojilerin yanı sıra geleneksel tarım bilgileriyle harmanlanarak elde edilen sonuçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemler, toprağın verimli kullanımını, suyun tasarruflu bir şekilde dağıtılmasını ve ürün çeşitliliğinin artırılmasını sağlamaktadır. Tarla tarımında uygulanan yüksek verimli tarım uygulamaları, girdi maliyetlerini azaltırken, çevresel etkileri minimuma indirmeye yönelik yenilikçi stratejiler sunmaktadır.

### **2.1. Dijital Tarım ve Akıllı Tarım Sistemleri**

Dijital tarım, tarla tarımında verimliliği artırmak için en önemli araçlardan biridir. Sensörler, uydu görüntüleme, drone teknolojisi ve veri analizi gibi modern teknolojiler, tarımda daha hassas ve bilgiye dayalı kararlar almayı mümkün kılmaktadır. Akıllı tarım sistemleri, toprak içeriği, sıcaklık, nem, pH değeri gibi parametreleri sürekli izleyerek, çiftçilere tarlalarının durumu hakkında gerçek zamanlı bilgi sunmaktadır. Bu veriler, çiftçilerin sulama, gübreleme ve pest kontrol gibi işlemleri daha doğru ve verimli bir şekilde yapmalarına olanak tanımaktadır. Akıllı tarım sistemleri, her tarla parçasının ihtiyaçlarını belirleyerek, girdilerin optimize edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede su, gübre ve diğer tarımsal girdiler daha verimli bir şekilde kullanılıp israf azalmakta ve çevresel etkiler en aza indirilmektedir (Önder ve Uçar, 2023).

Dijital tarımın temel unsurlarından biri de sensörler ve IoT (Internet of Things) cihazları kullanımınıdır. Bu cihazlar, tarla alanlarına yerleştirilen sensörler aracılığıyla toprak nemi, sıcaklık, hava koşulları gibi verileri sürekli olarak toplamaktadır. Bu veriler, dijital platformlarda işlenerek çiftçilere tarım süreçlerini optimize etme fırsatı sunmaktadır. Su ve gübre kullanımı, doğru şekilde yönetilip gereksiz harcamalar önlenmektedir. Ayrıca, IoT cihazları sayesinde tarlada oluşan herhangi bir anormallik anında tespit edilerek, hızlı bir şekilde müdahale edilebilmektedir (Dhal ve ark., 2024). Böylece hem verimlilik artırılmakta hem de çevresel etkiler minimize edilmektedir.

## 2.2. İleri Sulama Sistemleri

Sulama, tarla tarımında verimliliği artırmanın önemli bir unsuru olup, su kaynaklarının verimli kullanılması büyük bir öneme sahiptir. Geleneksel sulama yöntemleri genellikle suyun büyük kısmını israf ederken, ileri sulama sistemleri daha verimli ve tasarruflu bir su kullanımı sunmaktadır (Hedley ve ark., 2014). Bu sistemler, suyun doğru miktarda ve doğrudan bitkilerin köklerine ulaşmasını sağlamaktadır. Bu sayede su kaybı en aza indirilip ürünlerin sağlıklı bir şekilde büyümesi desteklenmektedir.

Damlama sulama sistemi, suyun doğrudan bitki köklerine verilmesini sağlayarak, suyun buharlaşmadan veya yüzeyden kaybolmadan toprağa ulaşmasını mümkün kılmaktadır. Bu yöntem, suyun tasarruflu kullanılmasını sağlayarak suyun bitkiler için en verimli şekilde dağılmasını temin etmektedir. Damlama sulama ayrıca, bitkiler arasındaki toprak yüzeyinin kuru kalmasına olanak tanır, bu da hastalıkların ve zararlılarının gelişimini engellemektedir (Bansal ve ark., 2021).

Diğer bir önemli ileri sulama teknolojisi ise yağmurlama sistemleridir. Bu sistem, tarla tarımında geniş alanlar için uygundur ve suyun bitkilere en verimli şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır. Yağmurlama sistemleri, suyun tarlada eşit bir şekilde dağılmasını sağlarken, toprak yüzeyinde su birikintilerinin oluşmasını engellemektedir (Li, 1998). Aynı zamanda bu yöntem, suyun buharlaşmadan doğrudan bitkilerle buluşmasını sağlayarak, verimliliği artırmaktadır.

Dijital tarım ve ileri sulama sistemleri, tarla tarımında verimliliği artırmaya yönelik en etkili uygulamalardan bazılarıdır. Bu yöntemler, su ve diğer kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlarken, aynı zamanda çevresel etkileri azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemektedir. Teknolojinin doğru bir şekilde entegrasyonu, tarımsal

üretimde yüksek verimliliği ve daha az kaynak tüketimini mümkün kılmaktadır.

### **2.3. Biyoteknoloji ve Genetik Islah**

Biyoteknoloji ve genetik mühendislik, tarla tarımında verimliliği artırmak için önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu alanlarda yapılan ilerlemeler, çevresel streslere dayanıklı, yüksek verimli ve su tüketimini minimize eden bitki türlerinin geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Genetik ıslah, bitkilerin çevresel koşullara uyum yeteneklerini artırarak, özellikle kuraklık, tuzluluk, hastalıklar ve zararlılar gibi etkenlere karşı dirençlerini güçlendirmektedir. Bu türler, tarımda kullanılan kimyasal gübre ve ilaçların miktarını azaltırken, aynı zamanda daha yüksek verim alınmasına olanak tanımaktadır (Padikasan ve ark., 2018). Örneğin, kuraklığa dayanıklı bitkiler, su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde daha sürdürülebilir üretim yapmayı sağlamaktadır. Ayrıca, hastalıklara ve zararlılara karşı dirençli bitkiler, pest kontrolünü biyolojik yöntemlerle sağlarken kimyasal ilaç kullanımını azaltarak çevresel etkilerin önüne geçmektedir. Bu yenilikçi yöntemler, tarla tarımında sürdürülebilir üretim uygulamalarının genişlemesine ve kaynak kullanımının optimize edilmesine büyük katkı sağlamaktadır.

### **2.4. Toprak Sağlığı ve Organik Tarım Uygulamaları**

Toprak sağlığı, tarla tarımında verimliliği sürdürülebilir kılmının temel unsurlarındandır. Toprağın verimli olabilmesi için organik tarım uygulamaları büyük önem taşır. Organik tarım, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını en aza indirerek, toprak sağlığını iyileştirmeyi ve biyoçeşitliliği korumayı amaçlamaktadır. Organik maddelerin toprakla buluşturulması, toprağın su tutma kapasitesini artırır, böylece bitkiler için suyun daha uzun süre erişilebilir olmasını sağlar. Bu uygulamalar, aynı zamanda toprağın yapısını güçlendirip, erozyonu engelleyerek doğal mikroorganizma aktivitesini desteklemektedir. Organik gübreler, kompostlar ve yeşil gübreleme gibi yöntemler, toprak verimliliğini artırarak, ekosistem dengesini korumakta ve uzun vadeli verimliliği güvence altına almaktadır (Biswas ve ark., 2014). Bu tür uygulamalar, sadece toprağın sağlığını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda çevreye duyarlı ve sürdürülebilir bir tarım pratiği oluşturarak, tarımsal üretimin çevresel etkilerini en aza indirmektedir.

### **3. TARLA TARIMINDA YÜKSEK VERİMLİLİĞİN EKONOMİK VE ÇEVRESEL YARARLARI**

Yüksek verimli tarım uygulamaları, sadece tarımda verimliliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel etkilerin azaltılmasına da önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Bu uygulamalar, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayarak çevresel tahribatı en aza indirmektedir. Verimlilik artırıcı yöntemler, hem ekonomik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir tarım pratiği oluşturur, bu da uzun vadeli tarımsal üretimi ve çevresel sağlığı güvence altına almaktadır.

#### **3.1. Ekonomik Yararlar**

Tarla tarımında verimliliğin artırılması, çiftçilerin maliyetlerini düşürmesine ve gelirlerini artırmasına olanak tanımaktadır. Tarımda kullanılan girdilerin azaltılması, üretim maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Özellikle su, gübre ve pestisitlerin daha verimli kullanılması, bu girdilere yönelik harcamaların önemli ölçüde düşmesini sağlamaktadır. Örneğin, damla sulama gibi ileri sulama teknolojileri, suyun doğrudan bitki köklerine verilmesini sağlayarak su israfını engellemekte ve su kullanımını optimize etmektedir. Bu da su maliyetlerini azaltırken, aynı zamanda üretimdeki verimliliği artırmaktadır (Gollin, 2010). Benzer şekilde, biyoteknolojik yöntemler ve genetik ıslah ile geliştirilen dayanıklı bitki çeşitleri, zararlılar ve hastalıklarla mücadelede kullanılan kimyasal ilaçların miktarını azaltmaktadır. Bu durum, ilaçlama maliyetlerini düşürürken, çiftçilerin sağlık ve çevre açısından daha güvenli üretim yapmalarını sağlamaktadır.

Daha düşük girdi maliyetleri ve daha yüksek ürün verimi, çiftçilerin kazançlarını artırmakta ve onların ekonomik olarak daha sürdürülebilir bir şekilde faaliyet göstermelerini sağlamaktadır. Bu tür yüksek verimli uygulamalar, küçük ve orta ölçekli çiftçiler için de ekonomik fırsatlar yaratır, çünkü bu uygulamalar genellikle daha az sermaye yatırımı ve daha düşük operasyonel maliyetler gerektirmektedir (Evenson ve ark., 1979). Aynı zamanda, üretim miktarının artması, pazar talebini karşılama da olumlu etkiler yaratır ve çiftçilerin rekabet gücünü artırmaktadır.

#### **3.2. Çevresel Yararlar**

Yüksek verimli tarım uygulamaları, çevresel sürdürülebilirliğe büyük katkılar sağlamaktadır. Bu uygulamalar, su ve enerji tasarrufu sağlayarak, ekosistemlerin korunmasına yardımcı olmaktadır. Su kaynaklarının verimli

kullanımı, sulama yöntemlerinin optimize edilmesi ve toprak sağlığının iyileştirilmesi, doğal su döngüsünü olumsuz etkilemeden tarımsal üretimi sürdürülebilir kılmaktadır. Modern sulama sistemleri ve dijital tarım teknolojileri, suyun doğru miktarda ve doğru zamanda bitkilerle buluşmasını sağlayarak su israfını minimize ederek su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunmaktadır (Saidakbarovich ve ark., 2021). Ayrıca, kimyasal gübre ve ilaç kullanımının azaltılması, çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır. Kimyasal ilaçlar ve gübreler, su kaynaklarını kirletme, toprak erozyonuna neden olma ve biyolojik çeşitliliği tehdit etme gibi olumsuz çevresel etkilere yol açabilmektedir (Wan ve ark., 2013).

Yüksek verimli tarım uygulamaları, bu tür girdilerin kullanımını azaltarak çevresel etkilerin en aza indirilmesini sağlamaktadır. Biyoteknolojik yöntemler ve entegre zararlı yönetimi gibi sürdürülebilir tarım uygulamaları, zararlılarla ve hastalıklarla mücadelede kimyasal ilaç kullanımını minimize eder ve böylece çevreye olan zararı azaltmaktadır (Barzman ve ark., 2015). Tarla tarımında yüksek verimli uygulamaların ekonomik ve çevresel yararları birbirini tamamlamaktadır. Bu uygulamalar, hem çiftçilerin maliyetlerini düşürür hem de çevresel kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayarak, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Bu şekilde, tarla tarımında verimlilik artışı, yalnızca gıda üretimini değil, aynı zamanda çevrenin korunmasını ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını da güvence altına almaktadır.

#### **4. GELECEK PERSPEKTİFİ: TARLA TARIMINDA VERİMLİLİK ARTIŞININ YÖNÜ**

Tarla tarımında verimlilik artışı, teknolojik gelişmeler ve yenilikçi tarım uygulamaları ile şekillenmeye devam etmektedir. Gelecekte, tarla tarımının sürdürülebilirliğini artıracak ve verimliliği daha da yükseltecek birçok yeni teknoloji devreye girecektir. Özellikle genetik mühendislik, yapay zeka, robot teknolojileri ve biyoteknolojik çözümler, tarım uygulamalarında daha geniş çapta kullanılmaya başlanacak ve bu alanlarda büyük bir dönüşüm yaşanacaktır (Perry ve ark., 2009). Bu gelişmeler, yalnızca üretim verimliliğini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda çevresel etkileri azaltarak tarımın sürdürülebilirliğini güçlendirecektir.

##### **4.1. Genetik Mühendislik ve Biyoteknolojik Çözümler**

Genetik mühendislik, tarla tarımındaki verimliliği artırma konusunda gelecekteki en önemli araçlardan biri olmaya devam edecektir. Genetik ıslah

yoluyla geliştirilen dayanıklı bitki türleri, çevresel streslere karşı daha dirençli hale gelecek ve daha az su ve gübre kullanarak daha yüksek verim alınabilecektir. Özellikle kuraklık, aşırı sıcaklık ve hastalıklara karşı dayanıklı bitkiler, tarımda kullanılan su ve kimyasal girdilerin miktarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği destekleyecektir (Mittler ve ark., 2010). Ayrıca, genetik mühendislik sayesinde, daha verimli ve besleyici ürünler elde edilerek, gıda güvenliği artırılabilir.

#### **4.2. Yapay Zeka ve Robot Teknolojileri**

Yapay zeka ve robot teknolojileri, tarla tarımında önemli bir rol oynayacaktır. Yapay zeka destekli tarım uygulamaları, çiftçilerin karar alma süreçlerini daha verimli hale getirerek, üretim sürecinde daha hassas müdahalelere olanak tanıyacaktır. Örneğin, yapay zeka tabanlı sistemler, bitki sağlığını izleyebilir, zararlıları tespit edebilir ve doğru zamanda müdahale edilmesini sağlayarak kimyasal ilaç kullanımını en aza indirebilir. Robotlar, toprak işleme, ekim, gübreleme ve hasat gibi işlemleri otomatikleştirerek iş gücü maliyetlerini düşürmekte ve üretim sürecini hızlandırmaktadır (Wakchaure ve ark., 2023). Bu da, çiftçilerin daha az kayıpla ve daha yüksek kazançla üretim yapmalarını sağlamaktadır.

#### **4.3. Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları**

Yüksek verimli tarım uygulamaları gelecekte sadece ekonomik faydalar sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda çevresel etkileri azaltarak sürdürülebilir tarımı teşvik edecektir. Akıllı sulama sistemleri, sensörler ve IoT teknolojileri sayesinde su kaynaklarının daha verimli kullanımı mümkün olacak ve su israfı azaltılacaktır (Dhanaraju ve ark., 2022). Ayrıca, tarımda kullanılan kimyasal girdilerin azaltılması ve biyolojik mücadele yöntemlerinin yaygınlaşması, toprağın sağlığını koruyarak biyoçeşitliliğin devamını sağlayacaktır.

Tarla tarımında verimlilik artışının geleceği, teknoloji ve inovasyonla şekillenecek ve daha sürdürülebilir bir tarım pratiği oluşturulacaktır. Bu gelişmeler, gıda güvenliğini güçlendirecek, üretim maliyetlerini düşürecek ve çevresel etkileri azaltarak daha verimli bir tarım sektörü yaratacaktır. Tarla tarımında yaşanacak bu dönüşüm, çiftçilere daha az kayıpla ve daha yüksek kazançla üretim yapabilme imkânı sunarken, aynı zamanda gezegenin kaynaklarının korunmasına da büyük katkı sağlayacaktır.



## SONUÇ

Tarla tarımında verimliliği artırıcı yöntemler, gıda üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Dünyadaki artan nüfus ve sınırlı doğal kaynaklar göz önüne alındığında, tarımsal üretimin verimli ve çevre dostu bir şekilde yapılması, hem ekonomik hem de çevresel açıdan büyük bir öneme sahiptir. Son yıllarda dijital tarım uygulamaları, ileri sulama teknolojileri, biyoteknoloji ve organik tarım gibi inovatif yöntemler, tarla tarımının verimliliğini artırırken çevresel etkilerin azaltılmasına da katkıda bulunmaktadır. Bu teknolojiler, çiftçilerin daha az kaynakla daha fazla üretim yapmalarını sağlayarak, hem gıda güvenliğini artırır hem de doğal kaynakların daha verimli kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Dijital tarım uygulamaları, sensörler ve yapay zeka teknolojileri sayesinde toprak, su ve hava koşullarını anlık olarak izleyebilmekte ve çiftçilerin daha doğru kararlar almasına yardımcı olmaktadır. Bu, su, gübre ve pestisit kullanımının optimize edilmesini sağlarken, üretim maliyetlerini azaltmaktadır. İleri sulama sistemleri, suyun israfını önleyerek verimli bir şekilde dağıtılmasını sağlamakta ve bu da su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, biyoteknolojik çözümler ve genetik mühendislik, daha dayanıklı ve verimli bitki çeşitlerinin geliştirilmesine olanak tanımakta, böylece tarımsal üretim daha sürdürülebilir hale gelmektedir.

Organik tarım uygulamaları ise toprak sağlığını iyileştirerek ekosistem dengesini koruyup, kimyasal girdilerin kullanımını azaltıp biyoçeşitliliği desteklemektedir. Bu uygulamalar, tarımsal üretimin çevresel etkilerini minimize ederken, daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir üretim süreci oluşturmaktadır. Gelecekte, bu yöntemlerin daha da yaygınlaşması ve geliştirilmesi, tarla tarımının sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli bir adım olacaktır. Tarla tarımındaki verimlilik artışı, sadece çiftçilerin ekonomik refahını artırmakla kalmayacak, aynı zamanda çevresel kaynakların korunmasına da katkı sağlayacaktır. Bu sayede, gelecek nesillere daha verimli, sürdürülebilir ve sağlıklı bir tarım sektörü bırakılabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Abacı, Z. T. (2015). Ardahan Tarımında Gelişmiş Teknolojilerin Uygulanabilirliği. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 5(1).
- Attri, M., Bharti, V., Ahmad Nesar, N., Mehta, S., Bochalya, R. S., Kumar Bansal, K., & Sandhu, R. (2022). Improved irrigation practices for higher agricultural productivity: A review. *Int. J. Environ. Clim. Chang*, 12, 51-61.
- Bansal, G., Mahajan, A., Verma, A., & Singh, D. B. (2021). A review on materialistic approach to drip irrigation system. *Materials Today: Proceedings*, 46, 10712-10717.
- Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., ... & Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for sustainable development*, 35, 1199-1215.
- Biswas, S., Ali, M. N., Goswami, R., & Chakraborty, S. (2014). Soil health sustainability and organic farming: A review. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 12(3-4), 237-243.
- Dhal, S., Wyatt, B. M., Mahanta, S., Bhattarai, N., Sharma, S., Rout, T., ... & Acharya, B. S. (2024). Internet of Things (IoT) in digital agriculture: An overview. *Agronomy Journal*, 116(3), 1144-1163.
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745.
- Evenson, R. E., Waggoner, P. E., & Ruttan, V. W. (1979). Economic benefits from research: An example from agriculture. *Science*, 205(4411), 1101-1107.
- Gedik, Y. (2023). Tarımsal pazarlama: Faydaları, zorlukları ve stratejileri üzerine kavramsal bir çerçeve. *Turizm Ekonomi ve İşletme Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 134-147.
- Gollin, D. (2010). Agricultural productivity and economic growth. *Handbook of agricultural economics*, 4, 3825-3866.
- Hedley, C. B., Knox, J. W., Raine, S. R., & Smith, R. (2014). Water: Advanced irrigation technologies.
- Khan, N., Ray, R. L., Sargani, G. R., Ihtisham, M., Khayyam, M., & Ismail, S. (2021). Current progress and future prospects of agriculture

- technology: Gateway to sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(9), 4883.
- Li, J. (1998). Modeling crop yield as affected by uniformity of sprinkler irrigation system. *Agricultural Water Management*, 38(2), 135-146.
- Mittler, R., & Blumwald, E. (2010). Genetic engineering for modern agriculture: challenges and perspectives. *Annual review of plant biology*, 61(1), 443-462.
- Önder, S., & Uçar, Ö. (2023). Dijital tarımın bitkisel üretime entegrasyonu. *Tarla Bitkilerinde Yetiştiricilik, Islah ve Yenilikçi Uygulamalar*, İksad Yayınevi, Ankara.
- Önder, S., Ersoy, L., & Doğan, Y. L. (2023). Yaprakları yenilen sebzelerde bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin kullanımı. *Tarımsal Bitki Biliminin Dinamikleri*, İKSAD Yayınevi, Ankara.
- Padikasan, I. A., Chinnannan, K., Kumar, S., & Subramaniyan, G. (2018). Agricultural biotechnology: engineering plants for improved productivity and quality. In *Omic Technologies and Bio-Engineering* (pp. 87-104). Academic Press.
- Parlakay, O., Çelik, A., & Kızıltuğ, T. (2015). Hatay ilinde tarımsal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 17-26.
- Perry, C., Steduto, P., Allen, R. G., & Burt, C. M. (2009). Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural water management*, 96(11), 1517-1524.
- Pisante, M., Stagnari, F., & Grant, C. A. (2012). Agricultural innovations for sustainable crop production intensification. *Italian Journal of Agronomy*, 7(4), 300-311.
- Popp, J., Pető, K., & Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for sustainable development*, 33, 243-255.
- Saidakbarovich, M. M. (2021). Use and Protection of Water Resources. *International Journal on Orange Technologies*, 3(3), 212-213.
- Soysal, S., & Erman, M. (2020). Investigation of the effects of microbiological and inorganic fertilizers on the yield, yield components and nodulation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in the ecological conditions of Siirt. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 649-670.
- Türker, U., Akdemir, B., Topakcı, M., Tekin, B., Aydın, İ. Ü. A., Özogul, G., & Evrenosoğlu, M. (2015). Hassas tarım teknolojilerindeki

- gelişmeler. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 295.
- Uçar, Ö. (2019). Nohut yetiştiriciliğinde organik madde içeren gübrelerin önemi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 3(1), 116-127.
- Uçar, Ö., & Erman, M. (2020). Farklı sıra arası mesafeleri, tavuk gübresi dozları ve tohum ön uygulamalarının nohut (*Cicer arietinum* L.)'un verim, verim öğeleri ve nodülasyonu üzerine etkileri. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 875-901.
- Uzun, A. (2009). Tarımsal Verimlilik ve Türkiye'deki Durum: Tarımsal Verimliliğin Artırılmasına Dönük Tedbirler Üzerine Bir İnceleme. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 24-40.
- Wakchaure, M., Patle, B. K., & Mahindrakar, A. K. (2023). Application of AI techniques and robotics in agriculture: A review. *Artificial Intelligence in the Life Sciences*, 3, 100057.
- Wan, N., Ji, X., Jiang, J., Qiao, H., & Huang, K. (2013). A methodological approach to assess the combined reduction of chemical pesticides and chemical fertilizers for low-carbon agriculture. *Ecological indicators*, 24, 344-352.





**ISBN: 978-625-378-138-5**