TÜRKİYE CUMHURİYETİ'NİN YÜZÜNCÜ YILI

Bitkisel Üretimde Yeni Teknolojiler

Editör
Rezzan Kasım
Mehmet Ufuk Kasım

BİDGE

BİDGE Yayınları

Bitkisel Üretimde Yeni Teknolojiler

Editör: Prof. Dr. Rezzan Kasım & Prof. Dr. Mehmet Ufuk Kasım

ISBN: 978-625-372-516-7

1. Baskı
Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL
Yayınlama Tarihi: 25.12.2024
BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374
Yayın hakları © BİDGE Yayınları
www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com
Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.
Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara

İçindekiler

Mikro Yeşillikler: Üretim Teknikleri ve Hasat Sonrası Muhafazası5

Mehmet Ufuk KASIM.....5

Rezzan KASIM 5

Yulaf Yetiştiriciliği ve Tarımı.....39

Mahir ÖZKURT 39

Berfin POLAT 39

Yasir TUFAN 39

Bazı Amerikan Asma Anaçlarında Tuz Stresine Karşı Bor/Molibden Uygulamasının Etkisi 79

Hatice BİLİR EKBİÇ 79

Mert İLHAN.....79

Maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.)'in *in Vitro* Kültüre Alınması Aşamasında Besin Ortamı İçerikleri ve Genotip Etkisi Üzerinde Çalışmalar.....109

Evrim OKUTAN 109

Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ.....109

Mehmet POLAT.....109

Okan SARITOPRAK 109

Hakan AKTAŞ 109

Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU 109

Hücre Çeperinin Güçlendirilmesi, Olgunlaşmanın Geciktirilmesi ve Antioksidan Kapasitenin Arttırmasında Kalsiyumun Rolü 163

Rezzan KASIM 163

Mehmet Ufuk KASIM.....163

How different doses of glutamine priming affect the germination parametres of garden cress (*Lepidium sativum* L.) under salt stress? 189

Ayse Gul NASIRCILAR 189

Kamile ULUKAPI 189

BÖLÜM I

Mikro Yeşillikler: Üretim Teknikleri ve Hasat Sonrası Muhafazası

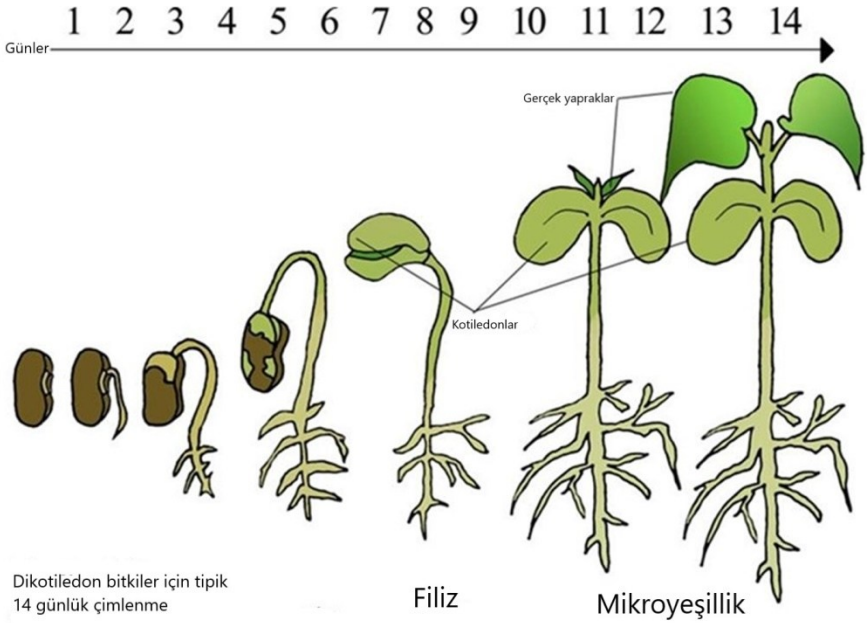
Mehmet Ufuk KASIM[1]
Rezzan KASIM[2]

Giriş

İnsan beslenmesinde her geçen gün farklı yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. Bunların birisi de mikro yeşilliklerdir. Yabani veya süs bitkileri de dahil olmak üzere sebze, ot veya tahıl tohumlarından üretilen mikro yeşilliklerin, tohum çimlenmesinden itibaren türlere bağlı olarak, 1-3 haftalık kısa ve bir üretim döngüsü vardır (Şekil 1)(Xiao & ark., 2012, Riggio & ark., 2019a). Bu ürünler kotiledonlar tamamen genişlediğinde ve ilk gerçek yaprak çifti çıktığında toprak seviyesinden hasat edilirler (Sun & ark., 2013). Tohum

[1] Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kocaeli/Türkiye, Orcid: 0000-0003-2976-7320, mukasim@kocaeli.edu.tr
[2] Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kocaeli/Türkiye, Orcid: 0000-0002-2279-4767, rkasim@kocaeli.edu.tr

çimlenmesinden itibaren farklı büyüme dönemlerine göre sürgün, mikro yeşillik ve bebek yeşillikler ismini alır (Şekil 2). Bu ürünlerin tamamı son zamanlarda yeni gastronomi trendlerinin içerisinde büyük bir popülerlik kazanmışlardır (Örnek, 2021).

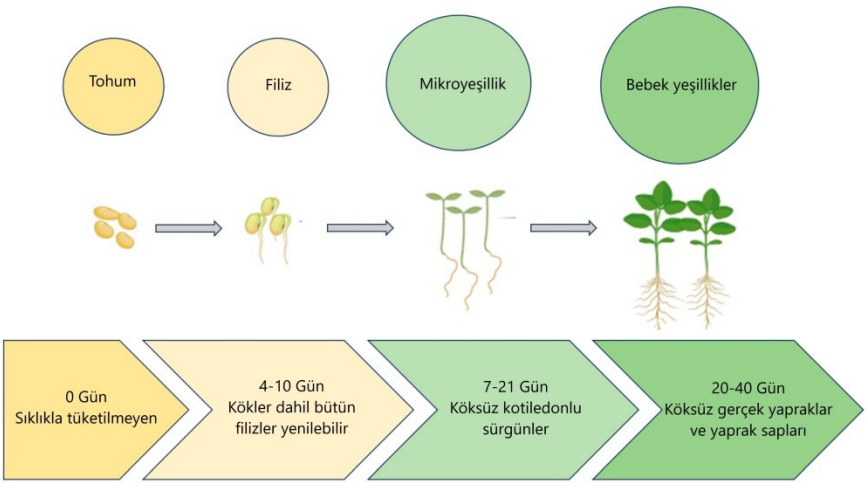


Şekil 1: Dikotiledon bitkilerde 14 günlük çimlenme süreci filiz ve mikro yeşillik aşamaları

(Riggio & ark., 2019a)

Mikro yeşilliklerin geleneksel tarım teknikleri ile üretilebilmesi yanısıra sera gibi kapalı mekanlarda ya da tam kontrollü kapalı bitki üretim mekanlarda da yetiştirilebilmektedir. Kapalı bitki üretim sistemlerinde aydınlatma dahil tüm iklimlendirme ve beslenme kontrollü olarak yapılabilmektedir (Karadağ & ark., 2020). Bu üretim tekniği sayesinde daha yoğun ve

kontrollü bir üretim gerçekleştirilebilirken, su ve gübre gibi temel üretim kaynaklarında da önemli tasarruf sağlanabilmektedir (Avgoustaki & Xydis, 2020). Mikro yeşillikler kapalı üretim sistemlerinde üretim için ideal ürünlerdir (Riggio & ark., 2019a). Mikro yeşillikler için üretim süresinin kısa olması ve yüksek piyasa değerleri, boylarının kısa olması nedeni ile çok katlı dikey tarıma uygun olması, kapalı bitki üretim sistemlerinde yetiştirilebilirliğini öne çıkarmaktadır (Wood, 2019, Karadağ & ark., 2020).



Şekil 2: Tohum çimlenmesinden itibaren farklı büyüme dönemlerine göre mikro ürünlerin isimlaendirilmasi

(Dubey & ark., 2024),

Mikro yeşilliklerin ilk olarak, 1980'li ve 1990'lı yıllarda lüks restoranlarda garnitür şeklinde kullanılmıştır (Ricks & ark., 2023). Son yirmi veya otuz yılda bir dizi yemeğin dokusunu, rengini, tadını, aromasını ve görsel çekiciliğini artırmak için popüler hale gelen mikro yeşillikler, yakın zamanda da sağlıklı beslenmeye katkı olarak

kullanılmaya başlanmıştır (Verlinden, 2020). Bunun en önemli nedeni, mikro yeşilliklerin olgun muadillerine kıyasla antioksidanlar, fenolikler ve vitaminler gibi işlevsel özelliklerin daha yüksek yoğunluklara sahip olmasıdır (Michell & ark., 2020; Mir & ark., 2017). Günümüzde restoran şefleri mikro yeşillikleri olağanüstü şekilleri, canlı renkleri, çarpıcı süsleme potansiyelleri, besinsel faydaları, yerel işletmelere destekleri, doğal çekicilikleri ve tabii ki lezzetli tatları için kullanırlar (Mp Seeds, 2024)

Mikro yeşillikler

Mikro yeşillikler, baklagiller, tahıllar, yağlı tohumlar, sebzeler ve otlar gibi birçok ürünün tohumlarından yetiştirilir (Verlinden, 2020) (Tablo 1). Tüketiciler için ilgi çekici olan önemli özellikler, mikro yeşilliklerin görünümü, dokusu, aroması, fitokimyasal bileşimi ve besin değeridir (Xiao & ark., 2015a). Yetiştirilen türlerin renk, doku ve görsel çeşitliliği çok sayıda varyasyonda kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

Tablo 1: Mikro yeşillik üretimde kullanılan bitki türleri ve familyaları

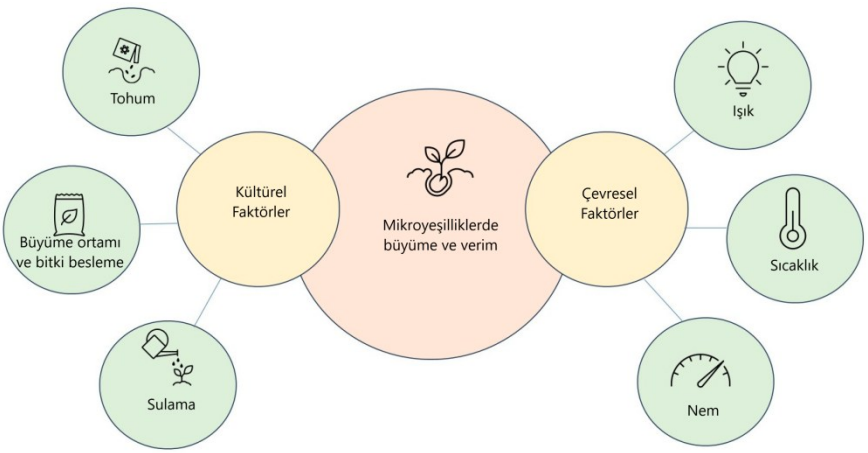
Ürün Grubu	Familya	Türler	İsim
Baklagiller	Fabaceae	*Cicer arietinum*	nohut
		Lens culinaris	mercimek
		Medicago sativa	yonca
		Trifolium repens	üçgül
		Vigna angularis	adzuki fasulyesi
		Vigna radiata	mung fasulyesi
Hububat	Poaceae	*Hordeum vulgare*	arpa
		Zea mays	mısır
		Avena sativa	yulaf
		Oryza sativa	pirinç
		Secale cereale	çavdar
		Triticum aestivum	buğday
		Zea mays	mısır
Sahte tahıllar	Amaranthaceae	*Amaranthus sp.*	amarant
		Chenopodium quinoa	kinoa

Ürün Grubu	Familya	Türler	İsim
	Polygonaceae	*Fagopyrum esculentum*	karabuğday
Yağlı tohumlar	Asteraceae	*Helianthus annuus*	ayçiçeği
	Linaceae	*Linum usitatissimum*	keten
	Pedaliaceae	*Sesamum indicum*	susam
Sebzeler ve otlar	Amaranthaceae	*Beta vulgaris*	pancar
		Spinacia oleracea	ıspanak
		Beta vulgaris var cicla	Pazı
	Alliaceae	*Allium cepa*	soğan
		Allium fistulosum	bahar soğanı
		Allium porrum	pırasa
		Allium schoenoprasum	Frenk soğanı
	Apiaceae	*Anethum graveolens*	dereotu
		Apium graveolens	kereviz
		Coriandrum sativum	kişniş
		Daucus carota subsp. *sativus*	havuç
		Foeniculum vulgare	rezene
		Petroselinum crispum	maydanoz
	Asteraceae	*Lactuca sativa*	marul
		Helianthus annuus	ayçiçeği
		Taraxacum officinale	Kara hindiba
	Brassicaceae	*Brassica juncea*	mor hardal
		Brassica oleracea, var. *alboglabra*	Çin lahanası
		Brassica oleracea var. *capitata*	Lahana
		Brassica oleracea var. *gongylodes*	mor alabaş
		Brassica oleracea var. *italica*	brokoli
		Brassica rapa var. *chinensis*	pak choi
		Brassica rapa var. *niposinica*	mizuna
		Brassica rapa var. *rapa*	şalgam
		Brassica rapa var. *rosularis*	tatsoi
		Eruca sativa	roka
		Lepidium bonariense	tere
		Nasturtium officinale	su teresi
		Raphanus raphanistrum subsp. *sativus*	daikon, küçük turp
	Cucurbitaceae	*Cucumis sativus*	hıyar
	Fabaceae	*Trigonella foenum-graecum*	çemen otu
		Pisum sativum	bahçe bezelyesi
		Pisum sativum var. saccharatum	kar bezelyesi
	Lamiaceae	*Melissa officinalis*	limon otu
		Mentha piperita	nane
		Ocimum basilicum	tatlı fesleğen
		Perilla frutescens	mor perilla
	Portulaceae	*Portulaca oleracea*	semizotu

(Turner & ark., 2020, Ebert, 2022,)

Mikro Yeşillik Üretimine Etki Eden Faktörler

Mikro yeşillikler kısa zaman dilimi içerisinde üretilebilen ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır. Kaliteli ve hızlı bir mikro yeşillik üretmek için ihtiyaç duyulan tüm faktörlerin optimize edilmesi gerekmektedir. Mikro yeşilik üretimine etki eden faktörler Şekil 3'te sunulmuştur. Bundan sonraki kısımlarda bu faktörler açıklanacaktır.



Şekil 3: Mikro yeşilliklerin büyümesini ve verimini etkileyen kültürel ve çevresel faktörler.

(Dubey & ark., 2024).

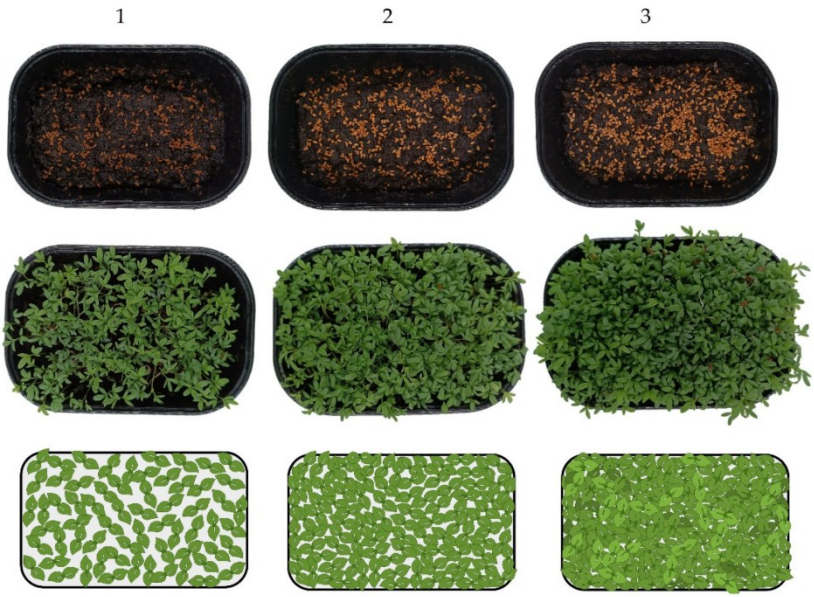
Tohum Yoğunluğu ve Kalitesi

Mikro yeşillik yetiştiriciliğinde yoğun bitki üretimi neden ile büyük miktarlarda tohum kullanılmakta ve önemli bir maliyet oluşturmaktadır. Bu nedenle tohumların çimlenme ve çıkış oranlarının yüksek olması, bununla birlikte hastalıklar bakımındanda ari olması gerekmektedir (Di Gioia & ark., 2015, Xiao & ark., 2015b). Aksi taktirde üretim sürecini olumsuz

etkileyebilmektedir. Tohumların ekim öncesi kimyasal olmayan bir yöntemle dezenfeksiyonu ve ön ıslatma uygulamaları da yapılması tavsiye edilmektedir (Kyriacou & ark., 2016, Turner & ark., 2020).

Mikro yeşillikler, sadece kotiledon yapraklar ve ilk gerçek yaprakların kısmen görüldüğü aşamada hasat edilmektedir. Bu nedenle normal bitkisel üretime göre daha sık ekim yapılması gerekir. Tohumların ekim yoğunluğu, ortalama tohum ağırlığı ve boyuna, tohum canlılığına (çimlenme oranına) sürgün gücüne bağlı olarak değişmektedir. Tohumların ekim sıklığı konusunda bir genelleme yapılacak olursa, tohum yoğunluğu, bezelye, nohut ve ayçiçeği gibi büyük tohumlu türlerde cm^2 başına 1 tohum, roka, tere, hardal gibi küçük tohumlu türlerde cm^2 başına 4 tohum arasında değişir (Di Gioia & ark., 2015).

Tohum yoğunluğunun artması, birim alandaki taze ürün verimini artırmaktadır (Kyriacou & ark., 2016, Thuong & Minh 2020). Ancak bu durumun başka olumsuz sonuçlarıda olabilmektedir. Artan ekim oranlarıyla birim alan başına taze verimde doğrusal bir artış gözlenirken, bireysel sürgün ağırlığında azalma gözlemlenmektedir (Murphy & ark., 2010, Signore & ark., 2024) (Şekil 4). Ayrıca verimi en üst seviyelere çıkarabilmek için ekim yoğunluğunu artırmak üretimde kullanılan tohum miktarını artırarak maliyeti yükseltecektir. Bununla beraber, aşırı bitki yoğunluğu ve istenmeyen şekilde uzamış sürgünler, sınırlı hava sirkülasyonuna neden olarak, mantar hastalıklarının gelişmesine neden olabilecektir (Kyriacou & ark., 2016).



Şekil 4: Terede bitki dağılımı ve yüzey kaplama durumu. Üst sıra—farklı yoğunluklarda ekim; orta sıra—sonuçta oluşan bitki örtüsü; alt sıra—bitki örtüsünün şematizasyonu: 1—zayıf (eksik kapama); 2—iyi (tam kapama); 3—aşırı kapama

(Signore & ark., 2024)

Biraz önce belirttiğimiz gibi tohum yoğunluğu ya da ekim sıklığı cm^2 başına bitki olarak ifade edilebildiği gibi m^2 başına gram tohum olarakta verilebilmektedir. Bu durumda da tohum boyutlarına göre farklılık arzetmektedir. Örneğin m^2'de 21 700 adet bitki yetiştirmek için fesleğende 48,5 g m^{-2}, pazıda 242 g m^{-2} ve rokada 45 g m^{-2} tohum kullanılması önerilmektedir (Bulgari & ark., 2017). Ekim sıklığı ile ilgili yapılan çalışmalar da devam etmektedir. Lerner & ark., (2024), roka mikro yeşillik üretiminde, bitki yoğunluğunun artmasının, sürgün kuru madde miktarı ve toplam çözünür kuru madde miktarını artırdığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada tüm

veriler değerlendirildiğinde dört ekim yoğunluğu (50, 100, 150 ve 200 g m^{-2}) içerisinde en iyi sonucun 150 g m^{-2} sıklıkta elde edildiğini bildirmişlerdir.

Tohum sıklığını belirlemede değişik yöntemler kullanılabilir. Ama en sonunda tohumlar gram olarak pazarlandıkları için pratik bir hesaplayıcı kullanmakta işleri kolaylaştırabilir. Yoğunluğu belirlemek için, Penn State Üniversitesi, mikro yeşilliklerin türüne, kullanılan tepsilerin boyutuna ve şekline bağlı olarak tohum miktarını hesaplayan bir hesaplayıcı oluşturmuştur. "Mikro Yeşillik Tohum Yoğunluğu Hesaplayıcısı (Microgreens Seed Density Calculator)" adı verilen bu hesaplayıcıya "https://extension.psu.edu/microgreens-seed-density-calculator" adresinden ulaşmak mümkündür (Moraru & ark., 2022).

Mikro Yeşillik Üretim Ortamları

Mikro yeşillikler hem topraklı hemde topraksız ortamlarda yetiştirilebilmektedir. Ancak sürecin hızlı olması ve hijyen koşullarının daha iyi yerine getilebilmesi nedeni ile topraksız üretim teknikleri daha yaygın olarak tercih edilmektedir. ABD'de mikro yeşillik üreten çiftliklerde yapılan bir survey çalışmasında, çiftliklerde yaygın olarak kullanılan ortam türleri arasında turba yosunu (%17,6), organik toprak (%15,3) ve hindistan cevizi lifinin (%14,2) yer aldığı, en yaygın katkı maddeleri arasında perlit (%31) ve vermikülitin (%19,3) kullanıldığı belirlenmiştir (Misra & Gibson 2021). Genellikle torf bazlı karışımlar, hidroponik büyüme ortamı olarak kullanılmaktadır (Di Gioia & ark., 2017a). Bununla beraber perlit (Işık & ark., 2020, Balik & ark., 2024), vermikülit (Lee & ark., 2004, Balik & ark., 2024) turba-perlit karışımı (Poudel & ark., 2023), hindistan cevizi lifi (coco peat) (Poudel & ark., 2023,

Thepsilvisut & ark., 2023, Zade & ark., 2023), kaya yünü (Rohmanna & Mulyawan, 2022, Zade & ark., 2023) gibi topraksız tarım ortamları da kullanılmaktadır. Bu geleneksel topraksız tarım ortamlarının dışında da farklı materyallerde de yetiştiricilik yapılabilmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda pamuk tekstil artıkları (Balik & ark., 2024, Di Gioia & ark., 2017a), jüt-kenaf lifi (Di Gioia & ark., 2017a), organic atık kompostu (Poudel & ark., 2023, Thepsilvisut & ark., 2023) kullanılmış mantar kompostu (Poudel & ark., 2023), filter kağıdı ve agril (Balik & ark., 2024) gibi ürünlerin de kullanıldığı görülmektedir.

Yetiştirme ortamlarının bireysel kullanımının yanı sıra karışım halinde kullanılabilmektedir. Pradeepa & ark. (2023), altı yetiştirme ortamını karşılaştırmıştır. Bunlar; toprak (%100), %60 hindistan cevizi torfu + %40 toprak, %60 vermikülit + %40 toprak, %60 solucan gübresi + %40 toprak, %60 çiftlik gübresi + %40 toprak ve %60 kümes hayvanı gübresi + %40 toprak ortamlarıdır. Tüm uygulamalarda kümes hayvanı gübresi + toprak (60:40) uygulamasının en iyi yetiştirme ortamı olarak kabul edildiği, ardından hindistan cevizi torfu + toprak (60:40), solucan gübresi + toprak (60:40) ve çiftlik gübresi + toprak (60:40) uygulamasının iyi kalitede amaranthus mikro yeşillikleri üretiminde maksimum verimi sağladığı bulunmuştur. Yine turba bazlı ortamlara alternatif ortamlar geliştirmek amacı ile Muchjajib & ark., (2015)'nın yaptıkları çalışmada, beş farklı türde (iki yöresel bitki, ıspanak, yaprak hardalı ve turp), kum, turba, hindistan cevizi lifi tozu, şeker kamışı filtre keki, solucan gübresi, hindistan cevizi lifi + turba (1:1), hindistan cevizi lifi + şeker kamışı filtre keki (1:1) ve hindistan cevizi lifi + solucan gübresi (1:1) ortamlarını incelemişlerdir. Çalışma

sonucunda ıspanakta maksimum mikro yeşillik verimi (5,17 kg m^{-2}), hindistan cevizi lifi + turba (1:1) ortamında, diğer türlerde ise hindistan cevizi lifi + şeker kamışı filtre keki (1:1) ortamında elde edilmiştir.

Sulama

Sulama suyunun kaynağı ve sulama yöntemi, taze ürünlerin gıda güvenliğinde önemli bir rol oynar. Mikro yeşillikler, avantaj ve zorlukları olan çeşitli sulama yöntemleri kullanılarak yetiştirilebilir (Dubey & ark., 2024). Mikro yeşilliklerin yetiştirilmesi için bol miktarda nötr ila hafif asidik su gerekir. (Turner & ark., 2020). Bununla beraber mikrobiyal içeriğe sahip olmaması gerekmektedir. Jongman & Korsten (2018), sulama sularında *Salmonella* ve *Campylobacter* türleri ve *Listeria monocytogenes* gibi patojenlerin bulunabileceğini bildirilmiştir. Özellikle geri dönüşümlü sulama yöntemlerinde daha fazla mikroorganizmaya rastlanmaktadır (Meador & ark., 2012).

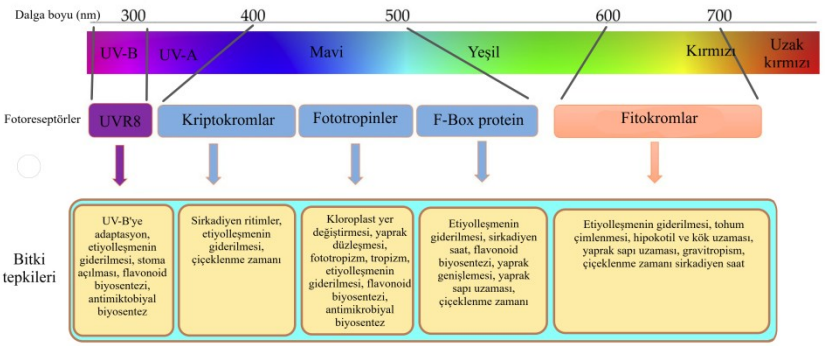
Bitkiler genel olarak üstten (yağmurlama) sulama yada dipten (damlama veya taşırma) sulama şeklinde sulanabilirler. Sulamanın sensörler vasıtası ile kontrol edilmesi, suyun verimli kullanılmasını da sağlamaktadır (Tavan & ark., 2021). Yağmurlama sulama, bitkilerde kirlenmeyi artırabileceği gibi topraksız tarım yetiştiriciliğine bitki besinlerinin de su ile verileceğinden dolayı uygun bir yöntem değildir. Genellikle sadece çimlenme aşamasında üstten sisleme sulama kullanılır, çimlenmeden sonra alttan sulamaya geçilmelidir (Treadwell & ark., 2020). Üstten yapılan sulamalarda bitkiler mikroorganizma kontaminasyonuna damla sulmaya göre daha fazla maruz kalırlar (Riggio & ark., 2019b). Ayrıca yağmurlama sulama hava nemini yükselterek fitopatojenlerin

etkinliğini artırabilirler (Müller & ark., 2016, Velásquez & ark., 2018). Yetiştirilen bitkilerdeki fitopatojenlerin yanısıra, insan sağlığını etkileyen patojenlerde önemlidir. Özellikle *Escherichia coli* O157:H7 aşılanmış tohumların kullanıldığı mikro yeşillik üretiminde, önemli ölçüde *E.coli*'nin hayatta kaldığı ve çoğaldığı, hidroponik üretim sisteminde ise daha yüksek bir seviyeye ulaştığı belirlenmiştir (Xiao & ark., 2015b). Üstten sulama yöntemlerinde alttan sulama yöntemlerine göre bulaşma riski daha fazladır (Park & ark., 2012). Bu nedenle ürüne *E.coli* bulaşmasına neden olacak kaynaklara dikkat etmek gerekmektedir. Özellikle sulama suyu kaynağı bu bakımdan önemlidir (Misra & Gibson 2021).

Işık

Işık, çimlenmeden vejetatif morfolojiye, üreme aktivitesinden, çiçeklenme başlangıcına ve sirkadiyen ritimlerin uyumuna kadar bitki büyümesinin ve gelişiminin hemen hemen her yönünü etkilemektedir (Şekil 5)(Galvão ve Fankhauser, 2015, Dubey & ark., 2024). Gerek doğal ışık olan güneş, gerekse yapay aydınlatma sistemleri oldukça karmaşık bileşenlere sahiptir. Bu karmaşık yapı içerisindeki ışık kalitesi, yoğunluğu ve süresindeki değişiklikler; anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal düzeylerde tepkilere neden olur ve böylece bitki morfolojisi ve işleyişini etkiler (Haliapas & ark., 2008). Bu karmaşık ışık ortamına yanıt olarak bitkiler, ışık sinyalini izlemek ve bitki davranışlarını düzenlemek için belirli dalga boyuna duyarlı birden fazla fotoreseptör kullanırlar (Mawphlang ve Kharshiing, 2017). Bununla birlikte bitkilerde klorofiller, karotenoidler ve antosiyaninler yüksek bitkilerde bulunan üç önemli ışık emici pigmenttir. Bitkiler fotosentetik aktivite için 400 ila 700 nm aralığındaki ışık dalga boylarını

(fotosentetik aktif radyasyonu) kullanırlar (Davis ve Burns, 2016). Bitkilerde klorofil a'nın emilim zirveleri 430 ve 665 nm'de iken, klorofil b'nin emilim zirveleri 453 ve 642 nm'dedir. Karotenoidler mavi ışık bölgesini güçlü bir şekilde emer, maksimum emilim 448 ve 452 nm'de olur (Zheng & ark., 2019). Antosiyaninler ise, kloroplastlar tarafından emilecek olan aşırı radyasyonu emerek fotoinhibisyon ve fotohasarı önlemektedir (Takahashi ve Badger, 2011). Özellikle ultraviyole radyasyonuna bağlı fotohasarı engellemek için bitkiler antosiyanin sentezini artırmaktadırlar (Guo & ark., 2008, Li & ark., 2020). Buda antosiyanin pigmenti bulunanan kırmızı-mor ürünler için önem kazanmaktadır. Bu ürünlerin yetiştiği ortam mavi-mor dalga boyu yada ultraviyole ışığın olmaması renklenmede sorunlara neden olmaktadır (Goto & ark., 2016, Wei & ark., 2023).



Şekil 5: Farklı ışık spektrumları altında bitki tepkilerinden sorumlu farklı bitki reseptörleri

(Paik & Huq, 2019, Dubey & ark., 2024)

Mikro yeşillikler yılın her döneminde piyasaya sürülebilir olması gereken ürünlerdir. Çünkü depolama süreleri çok kısa ve dondurma, konserve gibi yöntemlere uygun değildir. Bu nedenle yıl

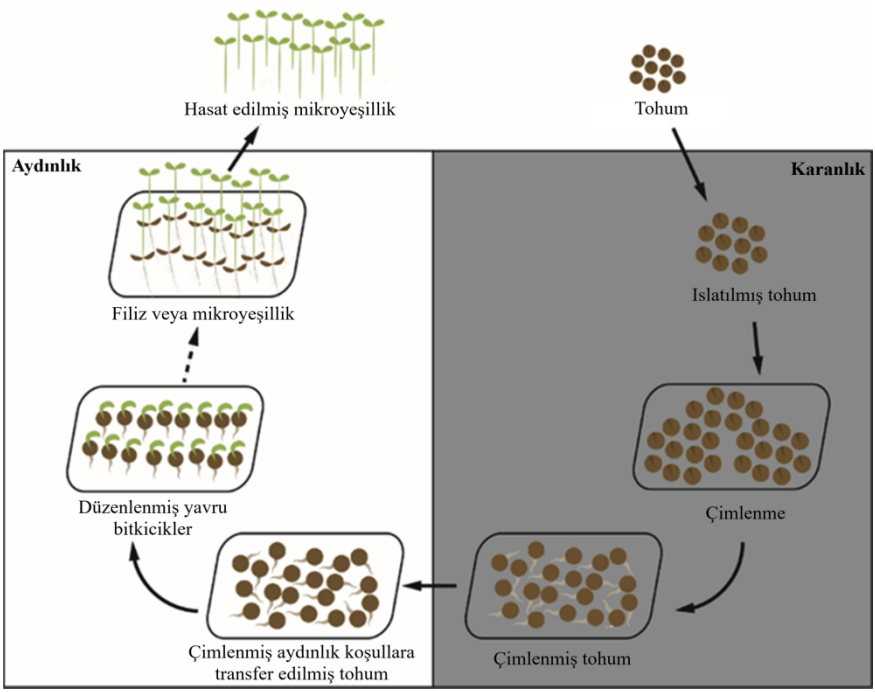
boyu üretilebilecek mekanlarda yetiştirilmesi gerekmektedir. Bu mekanlar ya seralar yada tamamen kapalı mekanlardır. Seralarda yetiştiricilikte özellikle dönem dönem ışık yetersizliği olmaktadır. Bu durumda da üretimdeki verimliliği artırmak, büyüme sürelerini hızlandırmak ve kaliteyi artırmak için ek aydınlatma (yani güneş ışığına ek aydınlatma) kullanır. Seralar, yüksek basınçlı sodyum (YBS) ve ışık yayan diyotlar (LED'ler) dahil olmak üzere birden fazla ek aydınlatma türü arasından seçim yapabilir. YBS aydınlatması en yaygın ek aydınlatma türüdür, LED'ler ise YPS aydınlatmasıyla birlikte veya ona alternatif olarak kullanılmaktadır (Katzin & ark., 2021).

Kapalı alanlarda yapılan üretimde ise tamamen yapay aydınlatma yapılmaktadır. Bu alanlardaki aydınlatmada seralardaki ek aydınlatmadan farklı olarak LED lambalar kullanılmaktadır. LED aydınlatmaların, geleneksel aydınlatma sistemlerine (floresan ışık, halojenür metal, yüksek basınçlı katı ve akkor) kıyasla birçok avantajları vardır. Bunlar arasında uzun çalışma ömrü, nispeten daha düşük ısı emisyonu, yüksek fotosentetik aktif radyasyon verimliliği, küçük boyut ve spektral kompozisyonun kontrolü sayılabilir. (Toscano & ark., 2021).

Kapalı bitki üretim tesislerinde kullanılacak ışık miktarı konusunda yapılan çalışmalar olmakla beraber bu tür çalışmaların artırılması gerektiği bildirilmektedir (Dubey & ark., 2024). Mikro filiz ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda fotosentetik foton akısı yoğunluğu, brokoli için 70 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (Gao & ark., 2021), çikori, yeşil mizuna, radish, alfalfa, kadife çiçeği ve french marigold and horoz ibiğinde 340 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ (Orlando & ark., 2022), alabaş, hardal, kırmızı pak choi ve tatsoide 330-440 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$

(Samuolienė & ark., 2013), yaprak lahanasında 848 µmol m^{-2} s^{-1} (Silva & ark., 2025) olarak tavsiye edilmektedir. Burada verilen sadece dört çalışmadaki farklılığın oldukça ekstrem seviyelerde olması, bu çalışmaların artırılmasını gerektirmektedir. Bunun nedenlerinden birisi de kullanılan dalga boylarının (renklerinin) farklı olmasıdır. Genellikle kırmızı, mavi beyaz ve uzak kırmızı renkler tercih edilirken (Ying & ark., 2021, Gudžinskaitė & ark., 2024, Samuolienė & ark., 2013), yeşil ve ultraviyole ışığında kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Kong & Zheng 2020, Orlando & ark., 2022, Ying & ark., 2020).

Mikro yeşillik üretiminde aydınlık ve karanlık periyotlarda önem taşımaktadır. Tohumdan çimlenme aşamasına kadar karanlık koşullarda gerçekleştirilebilirken, çimlenmenin ardından ışıklı ortama alınması gerekmektedir (Şekil 6). Bu durum hem pigmentlerin sentezi için hemde fitokimyasalların oluşumu için gereklidir. Ayrıca enerji tasarrufu da sağlamaktadır (Zhang & ark., 2020)



Şekil 6: Filiz ve mikro yeşilliklerin günümüzdeki üretim yöntemleri (Zhang & ark., 2020)

Sıcaklık

Mikro yeşillik yetiştiriciliğinde kullanılan türlerin önemli bir kısmı serin iklim koşullarına adapte olmuş türlerdir. Bu nedenle ekonomik bir yetiştiricilik yaparken yüksek sıcaklıkların tercih edilmediği görülmektedir. Genel bir aralık olarak 17-25°C sıcaklık aralıklarının kullanıldığı görülmektedir (Abaajeh & ark., 2023, Dubey & ark., 2024). Bununla birlikte, gece gündüz periyotlarında da 4-5°C'lik sıcaklık farklılıklarıda uygulandığı gibi (Gerovac & ark., 2016, Turner & ark., 2020, Kumar & ark., 2024), tek sıcaklık uygulamaları da bulunmaktadır (Toscano & ark., 2021).

Bitki Besleme

Genel olarak mikro yeşilliklerin gübreye ihtiyacı yoktur (Treadwell & ark., 2020). Mikro yeşillik olarak yetiştirilen çoğu ürün çok az gübre ister veya hiç gübre istemez. Çünkü tohum genç bitki için yeterli besini sağlayabilir. Mikro havuç, dereotu ve kereviz gibi büyüme süresi uzun olan bazı türlerde tepsi tabanına uygulanan hafif bir gübreleme faydalı olmaktadır (Di Gioia & ark., 2017b). Hardal ve pazı gibi çabuk çimlenen ve büyüyen yeşilliklerde tohumda bulunan besin kaynakları hızla tüketildiği için hafif bir gübreleme gerekebilir. Bu durumda, mikro yeşillik bulunan tepsiler yaklaşık 80 ppm azot içeren besin solüsyonunda 30 saniye yüzdürülebilir (Treadwell & ark., 2020)

Mikro yeşilliklerin üretiminde üreticiler gübreleme yapmak yerine üretici firma tarafından besin ilave edilmiş üretim ortamlarını kullanmayı tercih etmektedirler (Dubey & ark., 2024). Genellikle turba bu amaçla kullanılır ve tipik olarak azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve magnezyumun (Mg) dengeli bir karışımını ve temel eser elementleri içerir. Bu besin içeriği optimum mikro yeşillik gelişimini desteklemektedir. Kullanılan diğer ortamlarda da ortamın orjininden kaynaklanan ilave besinler olabilir. Vermikülit, bitkiler için faydalı olan ilave magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca) ve demir (Fe) sağlar. Perlit, potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) içerir. Buna karşılık, agril, pamuklu tekstil ve filtre kağıdı genellikle bitkilere önemli mineral besinleri sağlamaz (Balik & ark., 2024)

Düzenli bir gübreleme yapmak gerekirse, bitkiler için gerekli tüm besinleri içeren bir solusyon hazırlanması gerekir. Bitkilerin büyümeleri ve gelişmeleri için hem makro hem de mikro besinlere ihtiyaçları vardır. Topraksız tarım tekniğinde, özellikle inorganik

gübrelerden hazırlanan besin solüsyonu bitkilerin kök bölgesine verilir. 1938 yılında Hoagland ve Arnon tarafından geliştirilen ve Hoagland solüsyonu olarak bilinen besin solusyonu, bitki büyümesi için gerekli tüm besinleri sağlamaktadır (Rajan & ark., 2019)

Mikro yeşilliklerin insan beslenmesinde normal ürünler göre daha etkili olabilirler. Tüketicilerin diyetten yeterince alamadıkları ürünleri de mikro yeşilliklerde artırarak, içeriksel olarakta zenginleştirmek mümkündür. Örneğin, tüketicilere yeni diyet iyot kaynağı olarak mikro yeşillik üretmek isteyen D'Imperio & ark. (2024), topraksız tarım tekniğinde üç farklı iyot (0, 1,5 ve 3 mg L^{-1}) konsantrasyonu kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, kontrol uygulamasına göre, 1,5 ve 3 mg L^{-1} iyot içeren uygulamalar bitkilerde iyot seviyeleri sırasıyla 4,5 ve 14 kat daha artmıştır

Hasat ve Muhafaza

Mikro yeşillikler ilk gerçek yaprak aşamasına ulaştıklarında, genellikle yaklaşık 5-6 cm boyuna olduklarında hasada hazır hale gelirler. Tohum ekiminden hasada kadar geçen süre ürüne göre 7 ila 21 gün arasında değişebilir (Treadwell & ark., 2020). Mikro yeşillikler, tek fidelerin yükseklikleri 3-9 cm olduğunda yetiştirme ortamı çizgisinin hemen üzerinden kesilmesiyle hasat edilir (Şekil 7). Yenilebilir kısım, tek gövde, kotiledon yaprakları ve sıklıkla ortaya çıkan ilk gerçek yapraklardan oluşur. Bazı durumlarda, küçük ve yumuşak olduklarında, kotiledonlara bağlı kalan tohumların kabukları da yenilebilir olarak kabul edilebilir (Di Gioia & Santamaria,2015).

Küçük tepsilerdeki üretim muhtemelen makas ya da bıçakla yapılabilir. Elle küçük tepsilerde yapılan hasat, üretim döngüsünün

çok zaman alan bir parçasıdır ve yetiştiriciler tarafından genellikle büyük bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Tohum matı tipi üretim sistemi, hızlı ve kolay bir hasat sağladığı için daha fazla tercih edilir. Hasat için elektrikli bıçak kullanılabilir, matlar elle alınabilir, dikey olarak tutulabilir, böylece kesilen mikro yeşillikler mattan temiz bir hasat kabına düşebilirler (Treadwell & ark., 2020)

Mikro yeşillikler hasat edildiğinde yüksek solunum hızına sahiptirler (Chandra & ark., 2012). Bu nedenle hasat sonrası ömürleri oldukça kısadır. Mikro yeşilliklerin 5°C ve altındaki sıcaklıklarda saklanması gerekmektedir. (Kou & ark., 2013, Xiao &

Şekil 7: Mikro yeşillikler köklerin üstünden, toprak seviyesinden birkaç santim yukarıdan hasat edilir

(Abaajeh & ark., 2023)

ark., 2014). Eğer soğuk zincir kullanılmazsa mikro yeşilliklerin raf ömrü ortam sıcaklığında en fazla 3 ila 5 gün ile sınırlı kalmaktadır (Mir & ark., 2017), Ancak, hasat edilen herhangi bir yapraklı yeşilliği ortam sıcaklığında saklamak akıllıca olmaz. Hasat edilen mikro yeşillikler, kaliteyi korumak için soğukta tutulmalıdır. Üşüme zararına dayanıklı mikro yeşillikler 1°C'ye kadar düşük sıcaklıkta

tutulabilir (Berba & Uchanski, 2012). Mikro yeşillikler 0°C'nin altında tutulursa hızla donar ve önemli fiziksel hasara uğrarlar. Çeşit ve depolama koşullarına bağlı olarak kalite 14 günden fazla korunabilir. Mikro yeşilliklerin maksimum raf ömrü, onları hala büyüme ortamında kökleri varken pazarlandığında elde edilir (Turner & ark., 2020). Hasat edilen ürünlerde yıkama, klorlu suyla yıkama, ozonlu suyla yıkama, yüzey kaplama uygulamaları da yapılabilmektedir (Zhang & ark., 2021)

Yüksek su içeriği ve hızlı solunum yapan ürünler oldukları için mikro yeşillikler ağırlık kaybederler. Ağırlık kaybını azaltmak için yüksek nem, uygun modifiye atmosfer paketleme (MAP) düşük sıcaklık kombinasyonu; solunum oranlarını düşürmek, nem kaybını önlemek için kullanılmaktadır (Ghoora & Srividya, 2020, Patil & ark., 2024).

Sonuç

Mikro yeşillik üretimi, özellikle ABD'de yaygın olarak yapılan ve Ülkemizde de yeni yeni tüketim alanları bulan bir yetiştirme tekniğidir. Özellikle çiğ olarak tüketilmesi ve besinsel içeriğinin normal ürünlere göre daha yüksek olması, bu ürünlerin önemini artırmaktadır. Üretiminin 3-5 hafta gibi kısa sürelerde tamamlanması, kapalı ve tam kontrollü ortamlarda üretilmesi, iklime bağlı kalmadan yetiştirilebilmesi, yıl boyu piyasaya arzının sağlanabilmesi gibi önemli avantajlara sahiptirler. Gastronomi sektöründeki ilerlemeler ve popülerliğin artması da bu ürünlerin tercih edilebilirliğini artıracaktır. Ayrıca dünya üzerinde bu alanda yapılan bilimsel çalışmaların da son yıllarda oldukça artması, bunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu alandaki üretimlerin yanı

sıra üretim kitlerinin geliştirilmesi ve evsel üretime sunulması da gelecek dönemlerde olası ticari hareketler olarak karşımıza çıkabilir.

Kaynaklar

Abaajeh, A. R., Kingston, C. E., & Harty, M. (2023). Environmental factors influencing the growth and pathogenicity of microgreens bound for the market: a review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, *38*, e12.

Avgoustaki, D. D., & Xydis, G. (2020). Plant factories in the water-food-energy Nexus era: A systematic bibliographical review. *Food Security*, *2*(2), 253-268.

Balik, S., Dasgan, H. Y., Ikiz, B., & Gruda, N. S. (2024). The Performance of Growing-Media-Shaped Microgreens: The Growth, Yield, and Nutrient Profiles of Broccoli, Red Beet, and Black Radish. *Horticulturae*, *10*(12), 1289.

Berba, K. J., & Uchanski, M. E. (2012). Postharvest physiology of microgreens. *Journal of Young Investigators*, 24, 1–5.

Bulgari, R., Baldi, A., Ferrante, A., & Lenzi, A. (2017). Yield and quality of basil, Swiss chard, and rocket microgreens grown in a hydroponic system. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *45*(2), 119-129.

Chandra, D., Kim, J. G., & Kim, Y. P. (2012). Changes in microbial population and quality of microgreens treated with different sanitizers and packaging films. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *53*, 32-40.

Davis, P. A., & Burns, C. (2016). Photobiology in protected horticulture. *Food and Energy Security*, *5*(4), 223-238.

D'Imperio, M., Bonelli, L., Mininni, C., Renna, M., Montesano, F. F., Parente, A., & Serio, F. (2024). Soilless cultivation

systems to produce tailored microgreens for specific nutritional needs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *104*(6), 3371-3380.)

Di Gioia, F., Mininni,C. & Santamaria, P. (2015). *How to grow microgreens.,* In: Di Gioia, F., Santamaria, P. (Eds.), Microgreens. Novel Fresh and Functional Food to Explore all the Value of Biodiversity, p: 51-80, Bari, Italy. ISBN: 978-88-909289-3-2.

Di Gioia, F., & Santamaria, P. (2015) The nutritional properties of microgreens. In: Di Gioia F, Santamaria P (eds) Novel Fresh and Functional Food to Explore all the Value of Biodiversity, p: 41-47, Bari, Italy. ISBN: 978-88-909289-3-2.

Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., & Serio, F. (2017a). Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the production of rapini (Brassica rapa L.) microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(4), 1212-1219.

Di Gioia, F., Renna, M., & Santamaria, P. (2017b). Sprouts, microgreens and "baby leaf" vegetables. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*, 403-432.

Dubey, S., Harbourne, N., Harty, M., Hurley, D., & Elliott-Kingston, C. (2024). Microgreens Production: Exploiting Environmental and Cultural Factors for Enhanced Agronomical Benefits. *Plants*, *13*(18), 2631.

Ebert, A. W. (2022). Sprouts and microgreens—Novel food sources for healthy diets. *Plants*, *11*(4), 571.

Galvão, V. C., & Fankhauser, C. (2015). Sensing the light environment in plants: photoreceptors and early signaling steps. *Current opinion in neurobiology*, *34*, 46-53.

Gao, M., He, R., Shi, R., Zhang, Y., Song, S., Su, W., & Liu, H. (2021). Differential effects of low light intensity on broccoli microgreens growth and phytochemicals. *Agronomy*, *11*(3), 537.

Gerovac, J. R., Craver, J. K., Boldt, J. K., & Lopez, R. G. (2016). Light intensity and quality from sole-source light-emitting diodes impact growth, morphology, and nutrient content of Brassica microgreens. *HortScience*, *51*(5), 497-503.

Ghoora, M. D., & Srividya, N. (2020). Effect of packaging and coating technique on postharvest quality and shelf life of Raphanus sativus L. and Hibiscus sabdariffa L. microgreens. *Foods*, *9*(5), 653.

Goto, E., Hayashi, K., Furuyama, S., Hikosaka, S., & Ishigami, Y. (2016). Effect of UV light on phytochemical accumulation and expression of anthocyanin biosynthesis genes in red leaf lettuce. In *VIII International Symposium on Light in Horticulture 1134* (pp. 179-186).

Gudžinskaitė, I., Laužikė, K., Pukalskas, A., & Samuolienė, G. (2024). The Effect of Light Intensity during Cultivation and Postharvest Storage on Mustard and Kale Microgreen Quality. *Antioxidants*, *13*(9), 1075.

Guo, J., Han, W., & Wang, M. (2008). Ultraviolet and environmental stresses involved in the induction and regulation of anthocyanin biosynthesis: a review. *African Journal of Biotechnology*, *7*(25).

Haliapas, S., Yupsanis, T. A., Syros, T. D., Kofidis, G., & Economou, A. S. (2008). Petunia× hybrida during transition to flowering as affected by light intensity and quality treatments. *Acta Physiologiae Plantarum*, *30*, 807-815.

Işık, H., Topalcengiz, Z., Güner, S., & Aksoy, A. (2020). Generic and Shiga toxin-producing Escherichia coli (O157: H7) contamination of lettuce and radish microgreens grown in peat moss and perlite. *Food Control*, *111*, 107079.

Jongman, M., & Korsten, L. (2018). Irrigation water quality and microbial safety of leafy greens in different vegetable production systems: A review. *Food Reviews International*, *34*(4), 308-328.

Karadağ, Ş., Kasım, M. U., & Kasım, R. (2020). Kapalı Bitkisel Üretim Sistemleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, *2*(4), 30-38.

Katzin, D., Marcelis, L. F., & van Mourik, S. (2021). Energy savings in greenhouses by transition from high-pressure sodium to LED lighting. *Applied Energy*, *281*, 116019.

Kong, Y., & Zheng, Y. (2020). Growth and morphology responses to narrow-band blue light and its co-action with low-level UVB or green light: A comparison with red light in four microgreen species. *Environmental and Experimental Botany*, *178*, 104189.

Kou, L., Luo, Y., Yang, T., Xiao, Z., Turner, E. R., Lester, G. E., ... & Camp, M. J. (2013). Postharvest biology, quality and shelf life of buckwheat microgreens. *LWT-Food Science and Technology*, *51*(1), 73-78.

Kumar, A., Singh, N., & Joshi, R. (2024). Deciphering the metabolic signatures of Trigonella microgreens as a function of photoperiod and temperature using targeted compound analysis and non-targeted UHPLC-QTOF-IMS based approach. *Food Research International*, *176*, 113834.

Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., ... & Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in food science & technology*, *57*, 103-115.)

Lee, J. S., Pill, W. G., Cobb, B. B., & Olszewski, M. (2004). Seed treatments to advance greenhouse establishment of beet and chard microgreens. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *79*(4), 565-570.

Lerner, B. L., Strassburger, A. S., & Schäfer, G. (2024). Cultivation of arugula microgreens: seed densities and electrical conductivity of nutrient solution in two growing seasons. *Bragantia*, *83*, e20230183.)

Li, W., Tan, L., Zou, Y., Tan, X., Huang, J., Chen, W., & Tang, Q. (2020). The effects of ultraviolet A/B treatments on anthocyanin accumulation and gene expression in dark-purple tea cultivar 'Ziyan'(Camellia sinensis). *Molecules*, *25*(2), 354.

Mawphlang, O. I., & Kharshiing, E. V. (2017). Photoreceptor mediated plant growth responses: implications for photoreceptor engineering toward improved performance in crops. *Frontiers in plant science*, *8*, 1181.

Meador, D. P., Fisher, P. R., Harmon, P. F., Peres, N. A., Teplitski, M., & Guy, C. L. (2012). Survey of physical, chemical, and microbial water quality in greenhouse and nursery irrigation water. *HortTechnology*, *22*(6), 778-786.

Michell, K. A., Isweiri, H., Newman, S. E., Bunning, M., Bellows, L. L., Dinges, M. M., ... & Johnson, S. A. (2020). Microgreens: Consumer sensory perception and acceptance of an emerging functional food crop. *Journal of food science*, *85*(4), 926-935.

Mir, S. A., Shah, M. A., & Mir, M. M. (2017). Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(12), 2730-2736.

Misra, G., & Gibson, K. E. (2021). Characterization of Microgreen Growing Operations and Associated Food Safety Practices. *Food Protection Trends*, *41*(1).

Moraru, P. I., Rusu, T., & Mintas, O. S. (2022). Trial protocol for evaluating platforms for growing microgreens in hydroponic conditions. *Foods*, *11*(9), 1327.

Mp Seeds. (2024). Mastering the Art of Microgreens: A Comprehensive Guide to Preparing, Cooking, and Savoring Nature's Tiny Powerhouses. (10/12/2024 tarihinde https://mpseeds.eu/how-to-prepare-cook-and-eat-microgreens#:~:text=Microgreens%20offer%20a%20delightful%20burst,earthy%20to%20spicy%20and%20peppery adresinden ulaşılmıştır)

Muchjajib, U., Muchjajib, S., Suknikom, S., & Butsai, J. (2015). Evaluation of organic media alternatives for the production of microgreens in Thailand. In *XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014), Acta Hortic.1102:157–162.*

Murphy, C. J., Llort, K. F., & Pill, W. G. (2010). Factors affecting the growth of microgreen table beet. *International journal of vegetable science*, *16*(3), 253-266.

Müller, M. E., Koszinski, S., Bangs, D. E., Wehrhan, M., Ulrich, A., Verch, G., & Brenning, A. (2016). Crop biomass and humidity related factors reflect the spatial distribution of phytopathogenic Fusarium fungi and their mycotoxins in heterogeneous fields and landscapes. *Precision Agriculture*, *17*, 698-720.

Orlando, M., Trivellini, A., Incrocci, L., Ferrante, A., & Mensuali, A. (2022). The inclusion of green light in a red and blue light background impact the growth and functional quality of vegetable and flower microgreen species. *Horticulturae*, *8*(3), 217.

Örnek, A. (2021). Yiyecek İçecek Sektöründe Yenilebilir Çiçekler ve Mikro Filizler. Oğan, Y. (ed.) *Gastronomi Araştırmaları*, 103-109. Çizgi Kitabevi ISBN: 978-605-196-691-5

Paik, I., & Huq, E. (2019). Plant photoreceptors: Multi-functional sensory proteins and their signaling networks. In *Seminars in cell & developmental biology* (Vol. 92, pp. 114-121). Academic Press.

Park, S., Szonyi, B., Gautam, R., Nightingale, K., Anciso, J., & Ivanek, R. (2012). Risk factors for microbial contamination in fruits and vegetables at the preharvest level: a systematic review. *Journal of food protection*, *75*(11), 2055-2081.

Patil, M., Sharma, S., Sridhar, K., Anurag, R. K., Grover, K., Dharni, K., ... & Sharma, M. (2024). Effect of postharvest treatments and storage temperature on the physiological, nutritional, and shelf-life of broccoli (Brassica oleracea) microgreens. *Scientia Horticulturae*, *327*, 112805.

Poudel, P., Duenas, A. E., & Di Gioia, F. (2023). Organic waste compost and spent mushroom compost as potential growing media components for the sustainable production of microgreens. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1229157.

Pradeepa, P. P., Maurya, D., Bhati, D., Harendra, Jatav, V., & Kumar, P. (2023). Impact of different growing media on growth, productivity and storability of red amaranthus microgreens. Annals of Biology 39 (2): 305-309, 2023

Rajan, P., Lada, R. R., & MacDonald, M. T. (2019). Advancement in indoor vertical farming for microgreen production. *American Journal of Plant Sciences*, *10*(08), 1397.

Ricks, J., Secor, W., & Campbell, B. L. (2023). Consumer Preference for Microgreens in the Presence of LED Lights and Information Treatments. *HortScience*, *58*(3), 327-332.

Riggio, G. M., Wang, Q., Kniel, K. E., & Gibson, K. E. (2019a). Microgreens-A review of food safety considerations along

the farm to fork continuum. *International journal of food microbiology*, *290*, 76-85.

Riggio, G. M., Jones, S. L., & Gibson, K. E. (2019b). Risk of human pathogen internalization in leafy vegetables during lab-scale hydroponic cultivation. *Horticulturae*, *5*(1), 25.

Rohmanna, N. A., & Mulyawan, R. (2022). The effect of growing media on the vitamin C and chlorophyll content of gelinggang microgreen. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1005, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.

Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Jankauskienė, J., Viršilė, A., Sirtautas, R., Novičkovas, A., ... & Duchovskis, P. (2013). LED irradiance level affects growth and nutritional quality of Brassica microgreens. *Central European Journal of Biology*, *8*, 1241-1249.

Signore, A., Somma, A., Leoni, B., & Santamaria, P. (2024). Optimising Sowing Density for Microgreens Production in Rapini, Kale and Cress. *Horticulturae*, *10*(3), 274.

Silva, J. B. M., Dantas, T., da Silva Binotti, F. F., Scalon, S. D. P. Q., Costa, E., Vendruscolo, E. P., ... & da Silva, G. P. V. (2025). Different photosynthetic photon flux intensities and substrates in the biofortification of phytochemicals in kale microgreen. *South African Journal of Botany*, *76*, 12-20.

Sun, J., Xiao, Z., Lin, L. Z., Lester, G. E., Wang, Q., Harnly, J. M., & Chen, P. (2013). Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMS n. *Journal of agricultural and food chemistry*, *61*(46), 10960-10970.

Takahashi, S., & Badger, M. R. (2011). Photoprotection in plants: a new light on photosystem II damage. *Trends in plant science*, *16*(1), 53-60.

Tavan, M., Wee, B., Brodie, G., Fuentes, S., Pang, A., & Gupta, D. (2021). Optimizing sensor-based irrigation management in a soilless vertical farm for growing microgreens. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*, 622720.

Thepsilvisut, O., Sukree, N., Chutimanukul, P., Athinuwat, D., Chuaboon, W., Poomipan, P., ... & Ehara, H. (2023). Efficacy of Agricultural and Food Wastes as the Growing Media for Sunflower and Water Spinach Microgreens Production. *Horticulturae*, *9*(8), 876.

Thuong, V. T., & Minh, H. G. (2020). Effects of growing substrates and seed density on yield and quality of radish (Raphanus sativus) microgreens. *Research on Crops*, *21*(3), 579-586.

Toscano, S., Cavallaro, V., Ferrante, A., Romano, D., & Patané, C. (2021). Effects of different light spectra on final biomass production and nutritional quality of two microgreens. *Plants*, *10*(8), 1584.

Treadwell, D., Hochmuth, R., Landrum, L., & Laughlin, W. (2020). Microgreens: a new specialty crop: HS1164, rev. 9/2020. *Edis*, *2020*(5).

Turner, E. R., Luo, Y., & Buchanan, R. L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of food science*, *85*(4), 870-882.

Velásquez, A. C., Castroverde, C. D. M., & He, S. Y. (2018). Plant–pathogen warfare under changing climate conditions. *Current biology*, *28*(10), R619-R634.

Verlinden, S. (2020). Microgreens: Definitions, product types, and production practices. *Horticultural reviews*, *47*, 85-124.

Wei, Z., Yang, H., Shi, J., Duan, Y., Wu, W., Lyu, L., & Li, W. (2023). Effects of different light wavelengths on fruit quality and gene expression of anthocyanin biosynthesis in blueberry (Vaccinium corymbosm). *Cells*, *12*(9), 1225.

Wood, L. (2019). Worldwide indoor farming market outlook 2019–2024-The decrease in cultivable land is driving growth. *Research and Markets*. (09/12/2024 tarihinde https://www.globenewswire.com/news-release/2019/04/10/1801787/0/en/Worldwide-Indoor-Farming-Market-Outlook-2019-2024-The-Decrease-in-Cultivable-Land-is-Driving-Growth.html adresinden ulaşılmıştır)

Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of agricultural and Food Chemistry*, *60*(31), 7644-7651.

Xiao, Z., Luo, Y., Lester, G. E., Kou, L., Yang, T., & Wang, Q. (2014). Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment. *LWT-Food Science and Technology*, *55*(2), 551-558.

Xiao, Z., Lester, G. E., Park, E., Saftner, R. A., Luo, Y., & Wang, Q. (2015a). Evaluation and correlation of sensory attributes

and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology*, *110*, 140-148.

Xiao, Z., Bauchan, G., Nichols-Russell, L., Luo, Y., Wang, Q., & Nou, X. (2015b). Proliferation of Escherichia coli 0157: H7 in Soil-Substitute and Hydroponic Microgreen Production Systems. *Journal of food protection*, *78*(10), 1785-1790.

Ying, Q., Kong, Y., & Zheng, Y. (2020). Growth and appearance quality of four microgreen species under light-emitting diode lights with different spectral combinations. *HortScience*, *55*(9), 1399-1405.

Ying, Q., Jones-Baumgardt, C., Zheng, Y., & Bozzo, G. (2021). The proportion of blue light from light-emitting diodes alters microgreen phytochemical profiles in a species-specific manner. *HortScience*, *56*(1), 13-20.

Zade, S., Rai, I., & Wijana, G. (2023). Pengaruh Jenis Sumber Nutrisi dan Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Hasil Microgreen Brokoli (Brassica oleracea var. italica Planck). *Agrotrop : Journal On Agriculture Science, 13*(2), 312-325. doi:10.24843/AJoAS.2023.v13.i02.p14

Zhang, X., Bian, Z., Yuan, X., Chen, X., & Lu, C. (2020). A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Trends in food science & technology*, *99*, 203-216)

Zhang, Y., Xiao, Z., Ager, E., Kong, L., & Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, *1*(1), 58-66.

Zheng, L., He, H., & Song, W. (2019). Application of light-emitting diodes and the effect of light quality on horticultural crops: A review. *HortScience*, *54*(10), 1656-1661.

BÖLÜM II

Yulaf Yetiştiriciliği ve Tarımı

Mahir ÖZKURT[1]
Berfin POLAT[2]
Yasir TUFAN[3]

Giriş

Dünyada artan nüfus ile birlikte sosyokültürel yapıdaki değişimlerin sonucu olarak ihtiyaçların artması beraberinde tarım ürünlerine olan talepte de artış sağlamaktadır. FAO'nun yayınladığı raporda, 2050 yılında dünya nüfusunun şu anki nüfusa göre yaklaşık %34 daha çok olacağı ve toplam nüfusun 9,1 milyara ulaşacağı belirtilmektedir. Dolayısıyla 2050 yılına

[1] Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Biimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş/Türkiye, 0000-0003-0058-3026, m.ozkurt@alparslan.edu.tr
[2] Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Biimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş/Türkiye, 0009-0000-3753-053X, Pberfim.49@gmail.com
[3] Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Biimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş/Türkiye, 0000-0002-0897-9466, y.tufan@alparslan.edu.tr

gelindiğinde dünya nüfusu beslenmek için şu an ki gıda üretiminin yaklaşık %70 oranında artış göstermesi gerektiği öngörülmektedir (Yıldırım, 2020). Doğal kaynakların gelecek nesillere yetmemesi endişesi tarım sektörü dâhil tüm sektörlerde yaşanmaktadır (Hurma, 2014). Üretimde birim alan başına verimlilik hem artan nüfusu beslemek hem de çiftçilerin gelir düzeyini yükseltmek açısından giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Metin, Kubas, Hurma ve Erbay, 2003). Tüketim toplumu, artan gıda ihtiyacını karşılamak için, maksimum verim ve en kaliteli ürün elde etmek için birim alana düşen tarım arazisine ihtiyaç duymaktadır. Tarımsal verimliliği ve kaliteyi kontrol eden en önemli faktörlerin başında bitkinin beslenmesi olduğu bilinmektedir. Topraktaki besin maddelerinin oranları verim kalitesini etkiler. Kalıcı tarım arazilerinde toprak besin açısından çok fakir olacak ve bunun sonucunda verimsiz olacaktır. Bu nedenle üreticiler, toprağı gübrelemek, zararlılarla mücadele etmek, sulama ve toprağı daha verimli hale getirmek için tarımsal faaliyetlerde bulunurlar. Bu faaliyetler arasında gübreleme her zaman bir öncelik olmaya devam etmektedir.

Gübreleme diğer tüm ürünlerde olduğu gibi tahıllarda da verim artışı konusunda çok önemli bir yer tutmaktadır. Tarım ürünleri arasında tahıllar yerleşik hayata geçişten günümüze kadar hayati öneme sahiptir. Diğer tarım ürünlerinde olduğu gibi tahıllarda bitki beslenmesi konusu; bitki verimde rol oynayan önemli bir faktördür. Tahıllar, buğdaygiller (*Gramineae*) familyasında yer almakla beraber, kültür bitkileri içerisinde üretim ve kullanım alanı bakımından önemlidir. Tahıl türleri epeyce geniş ekotip, tür ve çeşit zenginliğine sahip

olmasından ötürü adaptasyon yetenekleri fazlaca olmakla beraber, aynı zamanda insan beslenmesinde önemli bir mercilere sahip olduğundan, öteki kültür bitkilerine kıyasla fazlaca öne çıkmaktadır (Gençtan ve ark., 2010). Bir tahıl ürünü olan yulaf da son yıllarda tarımsal üretimde özellikle tahıllar arasında hem insanlar için hem de hayvan besi öğesi olarak tüketilmesi açıdan önemli bir yere sahiptir.

Çok uzun dönemlerden bu yana yulaf insan gıdası, hayvan yemi ve tıbbi amaçlı olarak kullanılan bir tahıl bitkisidir. Yulafın kavuzlu ve kavuzsuz tipleri bulunmaktadır (Batalova ve ark., 2016). Özellikle Türk toplumunun tarımında oldukça eski bir geçmişi olan yulaf Selçuklu ve Osmanlı İmparatorluğu'nda atların çevik ve kuvvetli olması için kullanılması amacıyla geniş tarım alanlarında yetiştirilmekteydi. Bunun yanı sıra hayvanlarda bir de yağlandırmadan sütün yağ oranını artması nedeniyle de süt hayvanlarının beslenmesinde de kullanılmaktaydı. Ayrıca yulafın hem yeşil ot olarak hem de sap, saman ve kavuzların yem değeri diğer tahıl bitkilerine göre daha yüksektir (Topal ve ark., 2015).

Geçmişte hayvan yemi olarak kullanılan yulafın günümüzde ise tüketiciler açısından sağlıklı ve güvenilir gıdaların hayat standartlarını yükselttiği bilinmektedir. Bu sebeple, üreticiler de sağlıklı ve tabii ürünleri üretme konusunda çalışmalara devam etmektedir. Zengin lif içeriğine sahip olmasının yanı sıra yapısındaki betaglukan miktarı ile bu bitki ön plana çıkmıştır. Özellikle ekmek yapımında, besinsel özelliklerini iyileştirici bileşeninden dolayı oldukça önemlidir (Yaver ve Ertaş, 2014; Sobayoğlu, 2017). Yulafta kalite

kriterleri; insanlarda sağlıklı beslenmede kullanmak amacıyla protein, besinsel lif ve beta-glukan oranı yüksek, yağ ve kavuz oranı düşük olmalıdır (Sabandüzen ve Akçura, 2017). Hayvan beslenmesinde ise protein, yağ, nişasta ve betaglukan oranı yüksek, kavuz oranı düşük olmalıdır.

Yulaf, *Avena* cinsi içerinde yer almakla beraber, bu tür içerisinde otuz beş farklı çeşit bulunmuş olduğu görülmektedir. Yulaf birinci yüzyılda kültüre alınmış rağmen, Avrupa'da 5. yüzyılda üretimine başlanmıştır (Karaman vd., 2020). Yulaf kromozom sayıları gereğince diploid, tetraploid ve hexaploid olarak gruplandırılmış olmaktadır. Kültürü yapılan *Avena sativa* ve *Avena byzantina* hexaploid (2n=42) grup içerisinde yer alır. Kendine döllenen bir cins olarak tanımlanmış olsa da fakat genotip ve çevre şartlarına kıyasla az da olsa yabancı döllenebilme özelliği gösterir (%1-2). Bu sebeple genetik varyasyonlar oluşabilmektedir (Vilaró vd., 2004). Ülkemizde, beyaz yulaf (*Avena sativa L.)* ve kırmızı yulafın (*Avena byzantina Koch*.) önemli gen merkezlerinden birisi olmakta olup, form ve çeşit açısından fazlasıyla zengindir (Kün, 1988). Dünya'da yulaf takribî olarak 9,5 milyon ha ekim alanına, 22,5 milyon ton üretime ve 236 kg/da verime sahip olduğu tespit edilmiştir. Yulaf üretiminin takribî olarak %25'ini Avrupa Birliği, %24'ünü Rusya, %12'sini Kanada, %8,5'ini Avustralya ve %5,5'ini de Çin karşılamaktadır. Ülkemizde de yulaf 137 655 ha alanda, 365 000 ton tarımı ve 266 kg/da verime sahiptir. Aynı zamanda ülkemizde de yulaf tarımı bir önceki seneye (276 000 ton) kıyasla %32,2 ölçeklerinde artış göstermiş olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda kişi başına yaklaşık olarak yulaf tüketimi 2021 yılında 1,4 kg olarak saptanmıştır.

Yulaf dane, saman, yeşil yem, insan besini ve endüstri hammaddesi açısından fazlaca yaygın bir kullanım alanına sahip olmuştur. Tahıllar içerisinde mısırdan sonra içeriğinde en fazla yağ içeriği barındıran yulaf, sahip olduğu yüksek enerji açısından hayvan beslemede tercih ediliyor, aynı zamanda kavuzları sayesinde hayvanın rumeninde topaklaşma oluşmaz ve sindirimi de kolaylaştırır. Tanelerinde bulunan avenin maddesi aracılığı ile hayvanların kas yapılarının ve genç organizmaların gelişiminin artırılmasında, süt üretiminin 2 hızlandırılmasın da aynı zamanda da kanatlılarda civciv ölümlerinin azaltılmasında fazlaca etki göstermektedir (Yılmaz, 1996).

Günümüzde yulafın insan beslenmesinde önemi sürekli artış göstermiş olduğu saptanmıştır. Yulaf tanesinin yüz gramında 58.7 g karbonhidrat, 14 g protein, 1 g'a yakın oligosakkarit ve şeker, 1.2 g doymuş yağ, 2.2 g tekli doymamış ve 25 g çoklu doymamış yağ ile 9 g diyet lifi bulunmaktadır (Gulvady vd., 2013). Yulafın yapısında bulundurduğu β-glukan, diyet lifleri ve avenin maddelerinden ötürü günlük diyetlerde bulundurulmuş, çeşitli hastalıkları (diabet, obezite, kolestrol, kanser, kardiyovasküler, kanser vb.) önlemiş olduğu görülmüştür. (Yaver ve Ertaş, 2013). Nitekim bu amaçla özellikle ekmek, bisküvi, probiyotik içecekler, bebek maması ve yulaf gevreği yapımında sıklıkla kullanılmış olmaktadır (Karaman vd., 2020). Dünyada yulaf yetiştiriciliği en yaygın kuzey yarım kürede 40-55 enlemleri arasında yoğunlaşmış olmaktadır. Serin iklim tahılları arasında yulaf, en fazla iklim isteklerine sahip cinstir.

Aynı zamanda, başaklanmaya dek hava sıcaklığının 15°C'yi geçmeyen yüksek nem içeriği açısından bölgeleri istenmiştir. Kışları kar örtüsü barındırmayan ve çokça soğuk geçen bölgelerde soğuk zararı görülmektedir. Yıllık yağışı miktarı ortalama 750 mm olan kıyı kesimleri en cazip alanlardır. Yulafın iklim faktörlerinden oldukça fazla etkilenmesi kültürünün yayılmasını çokça etki etmiştir. Yulafın kış olanaklarına tolerans sağlayabilmesi açısından kışlık hat ve çeşitlerin belirlenmesi amacıyla, diğer tahıl cinsleri ile rekabet etmesinde yararlı olacağı öngörülmektedir (Peltonen-Sainio vd., 2009; Erbaş, 2012). Günümüz şartlarında yulafın gıda ürünlerinde çokça alan da yer alması ve daha sağlıklı ürünler üretimi yapılabilmesi için fazla sayıda çalışma yürütülmüştür. Yulafın farklı amaçlarla kullanılması fazlalaştıkça, çeşitli iklim şartlarına uygun yüksek verimli çeşitlerinin belirlenebilmesi amacıyla aynı zamanda çiftçilerimize tanıtımı yapılması, ülkemizde yulaf tarımının fazlalaşmasına olanak sağlayacağı öngörülmüştür. Bu amaçla geliştirilen çeşitlerin ve hatların çeşitli ekolojilerde denemeye alınarak tarımsal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla oldukça önemlidir.

Yulafın Bitkisel Özellikleri

Yulaf, Poaceae (tahıl) familyasının Avena cinsine ait bir bitkidir. Avena cinsinde yer alan yulaf türleri, dünya genelinde farklı coğrafyalarda farklı ekolojik koşullarda yetişebilen çeşitli ekotiplere sahiptir. Yulafın en yaygın iki türü, *Avena sativa* (beyaz yulaf) ve *Avena byzantina* (kırmızı yulaf) olup, bunlar farklı adaptasyon özellikleri ve kullanımlarına göre farklılık göstermektedir.

Avena sativa (Beyaz Yulaf): En yaygın olarak bilinen yulaf türüdür ve gıda endüstrisi için temel bir hammaddedir. Bu tür, özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da yaygın olarak yetiştirilir. Beyaz yulaf, yüksek verimli ve besleyici özellikleriyle dikkat çeker.

Avena byzantina (Kırmızı Yulaf): Kırmızı yulaf, beyaz yulafa göre daha az yaygın olsa da bazı iklim koşullarına daha dayanıklıdır ve daha az sulama gereksinimi duyar.

Yulaf türleri arasında, iklim ve toprak koşullarına göre belirli morfolojik ve genetik farklılıklar gözlemlenebilir. Yulaf, temel olarak diploid, tetraploid ve hexaploid kromozom sayılarına sahip olmak üzere farklı ploiditlere sahip olabilir. Avena sativa hexaploid (2n=42) bir tür olarak kendine döllenme özelliği gösterse de, genetik çeşitliliği artıran yabancı döllenme oranı (%1-2) gözlemlenebilir (Vilaró vd., 2004). Bu da yulafın çevresel stres koşullarına dayanıklılığını artıran bir faktör olarak kabul edilmektedir.

Yulaf, geniş yaprakları, güçlü kök sistemi ve uzun başakları ile tanınır. Yulaf bitkisinin morfolojik özellikleri, onun adaptasyon yeteneği ve çevreye uyumu hakkında önemli bilgiler sunar.

Yulafın kök sistemi, genellikle sert yapıdadır ve bu, bitkinin su ve besin maddelerini verimli bir şekilde almasını sağlar. Kökler, su ve besin maddeleri açısından sınırlı bölgelerde bile bitkinin hayatta kalmasına yardımcı olan derinlere iner. Bu

kök yapısı, yulafı kuraklık koşullarına karşı toleranslı hale getirir (Aper et al., 2016).

Yulafın gövdesi, genellikle silindirik şekildedir ve çoğu zaman ince ama güçlüdür. Saplar genellikle yeşil renkte olup, üst kısmı başaklanma aşamasında uzar. Bu yapısı, yulafın rüzgarlı bölgelerde dahi stabil bir şekilde büyümesini sağlar. Aynı zamanda bu özellik, bitkinin dayanıklılığını artırır ve erozyon kontrolüne katkı sağlar.

Yulaf yaprakları uzun, ince ve düz olup, paralel damar yapısına sahiptir. Yaprakların genişliği genellikle 2-4 cm arasındadır ve uzunlukları 25-50 cm arasında değişir. Yapraklar, fotosentez için önemli bir alan sağlamakta olup, yulaf bitkisinin büyüme döneminde büyük bir enerji üretir. Yaprakların üst yüzeyinde ince tüyler bulunur, bu da bitkinin su kaybını kontrol altında tutmasına yardımcı olur.

Yulaf başağı, genellikle uzun ve salkım şeklindedir. Başaklar, birkaç yüz tane küçük ve hafif dane içerir. Yulaf taneleri oval veya yuvarlak şekildedir ve her bir tane ince bir kabukla çevrilidir. Bu kavuz, yulafın doğal çevresel faktörlerden korunmasını sağlar. Yulaf başakları, genellikle yaz başında olgunlaşır ve tanenin olgunlaşma süreci, iklim koşullarına bağlı olarak değişir.

Yulaf, çevresel streslere karşı gösterdiği genetik ve fizyolojik tepkilerle dikkat çeker. Bu özellikler, yulafın geniş bir coğrafyada yetişebilmesini ve farklı iklim koşullarına uyum sağlamasını mümkün kılar.

Yulaf, genetik varyasyon açısından zengin bir bitkidir. Yulafın kromozom yapısı, 2n=42'ye kadar farklılık gösterebilir. Bu durum, farklı iklim koşullarına adaptasyon yeteneğini artırmakta ve yulafın çeşitlerinin geniş bir ekotip grubuna sahip olmasına olanak tanımaktadır (Vilaró vd., 2004). Ayrıca, genetik çeşitlilik, hastalıklara karşı direnç ve verim artışı gibi tarımsal özelliklerin geliştirilmesinde önemli bir faktördür.

Yulaf, serin iklimlerde yetişen bir tahıl olmasına rağmen, sıcakta da tolerans gösterebilir. Bu durum, yulafın su stresine karşı dayanıklı olmasını sağlar. Yulaf, susuzluk koşullarında suyun buharlaşmasını minimize edebilmek için stomalarındaki açılmaları kontrol altında tutar ve bu sayede su kaybını azaltır (Jones ve ark., 2018). Bunun yanı sıra, yulafın toprakta düşük besin seviyelerine adapte olabilmesi, verimli tarım yapılmasına olanak tanır.

Yulaf, esasen kendine döllenen bir bitki olarak tanımlanabilir. Ancak çevresel faktörler, yabancı döllenmeyi etkileyebilir. Özellikle rüzgar ve böcek faaliyetleri, yulaf başaklarının döllenmesini sağlamakta önemli bir rol oynar. Yabancı döllenme oranı, yulafın genetik çeşitliliğini artıran bir faktördür ve bu da bitkinin çevresel koşullara uyum yeteneğini artırır.

Yem Bitkisi Olarak Değerlendirilmesi

Yulaf, dünya çapında büyük bir üretim kapasitesine sahip olup, özellikle kuzey yarımkürenin soğuk iklimlerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Avrupa, Kuzey Amerika ve

Avustralya, yulaf üretiminde önde gelen bölgeler arasında yer alır. ABD, Kanada ve Rusya gibi ülkelerde yulaf, geniş tarım alanlarına sahip olup, bu ülkelerde yulafın yem olarak kullanımı oldukça yaygındır. Avrupa Birliği ülkeleri ise yulafı besi hayvanları ve süt inekleri için yüksek kaliteli yem olarak kullanmaktadır (Bennett et al., 2018). Bu ülkelerde yulaf, hayvanların büyüme hızını artırmak, süt verimini iyileştirmek ve et kalitesini yükseltmek amacıyla beslenme diyetlerine entegre edilmektedir.

Yulaf, hayvancılıkla uğraşan birçok ülkede yaygın bir yem kaynağı olmasına rağmen, Türkiye'de henüz potansiyelinin tam olarak kullanıldığı söylenemez. Türkiye, özellikle İç Anadolu ve Marmara bölgelerinde yulaf üretimi yapan bir ülkedir ve yulaf ekili alanları giderek artmaktadır. Ancak Türkiye'de yulafın yem olarak kullanım oranı, henüz diğer tahıllara kıyasla daha düşüktür. Yulaf, özellikle süt inekleri ve besi hayvanları için daha çok saman ve yeşil yem olarak kullanılmakta olup, besi hayvanlarının büyüme hızını ve süt verimini artıran bir yem kaynağı olarak kullanılmaktadır (Siddique et al., 2001). Ancak, yulafın yem olarak kullanımı ve üretimi artırılabilir ve bu potansiyel, özellikle hayvancılık sektöründe verimliliği artırmak için değerlendirilebilir.

Türkiye'de, yulafın özellikle süt ineklerinin beslenmesindeki rolü artmaktadır. Yulaf, süt verimini iyileştirme ve sütün kalitesini artırma konusunda etkili olabilmektedir. Bu durum, yulafın protein ve lif içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yulafın yem olarak

kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalar, yulafın süt üretimini artırmaya yönelik olumlu etkilerini ortaya koymaktadır (Hamid et al., 2019). Ayrıca, Türkiye'de yerli yulaf çeşitlerinin gelişimi ve bunların yem bitkisi olarak adaptasyonu ile ilgili çalışmalar da hız kazanmıştır.

Yulaf, yüksek lif içeriği, besleyici değeri ve düşük alerjenik özellikleri nedeniyle hayvan yemlerinde sıklıkla tercih edilmektedir. Yulaf, özellikle rumen sağlığını destekleyen bir yem kaynağıdır. Rumen mikroorganizmalarının faaliyetlerini düzenler ve sindirilebilirliği yüksek karbonhidratlar içerir. Bu özellikleri sayesinde yulaf, sığır ve koyun gibi büyükbaş hayvanların sindirim sistemlerini destekler ve onların besin maddelerini daha verimli bir şekilde kullanmalarını sağlar (Umar et al., 2016).

Yulafın sağlık üzerinde olumlu etkileri, özellikle içerdiği betaglukan ve çözünebilen liflerden kaynaklanmaktadır. Yulafın bu özellikleri, özellikle süt verimi üzerinde etkili olabilir. Araştırmalar, yulafın süt verimini artırmaya yönelik etkilerini göstermektedir. Bunun yanı sıra, yulafın koyun ve sığır gibi hayvanlarda et üretimini desteklediği ve etin kalitesini artırdığı da literatürde yer almaktadır (Siddique et al., 2001; Marschner, 2012).

Yulafın hayvan yemindeki rolü, besi hayvanlarının büyüme hızını iyileştirmede, süt ve et verimini artırmada ve genel hayvan sağlığını desteklemede önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle taze ot olarak kullanıldığında, yüksek protein içeriğiyle yulaf, hayvanların beslenme ihtiyaçlarını karşılamada

önemli bir kaynaktır. Yulafın yem olarak kullanımı, bu nedenle sadece verimliliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda hayvansal ürünlerin kalitesini de iyileştirir (Zhao et al., 2020).

Yulaf, hayvanlar için yem olarak yetiştirildiğinde, hasat zamanı özellikle besin değerinin korunması açısından büyük önem taşır. Yulafın yem olarak kullanımı için uygun hasat zamanı, bitkinin büyüme evresine ve yetiştirme amacına bağlı olarak değişir. Çiftlik hayvanlarına yem olarak sunulacak yulaf, genellikle erken çiçeklenme veya başaklanma dönemi öncesinde hasat edilir. Bu dönemde yulaf, yüksek protein içeriği ve sindirilebilirliği ile besleyici bir yem kaynağıdır (Zhao et al., 2020).

Erken hasat, taze ot olarak yulafın kullanılmasında yaygın bir uygulamadır. Yulafın hasat edilme zamanı, özellikle sapın olgunlaşmamış olduğu döneme denk gelmelidir, çünkü bu dönemde bitkinin lif içeriği optimal seviyededir. Bunun yanı sıra, protein oranı yüksek olup, enerji içeriği de beslenme açısından faydalıdır. Genellikle bitki başaklanmaya başlamadan önce hasat edilen yulaf, hayvanlara verildiğinde yüksek sindirilebilirlik ve besin değeri sunar. Bu dönemde toplanan yulaf, daha az lignin ve hücre duvarı içeriğiyle daha iyi sindirilir (Marschner, 2012).

Yulaf, hayvancılık sektörü için önemli bir yem bitkisi kaynağıdır. Yulafın yem olarak kullanımı, hayvanların büyüme ve süt verimi üzerinde olumlu etkiler sağlamakta ve hayvansal ürünlerin kalitesini artırmaktadır. Yulafın doğru zamanda hasat edilmesi ve uygun şekillerde kullanılması, hayvan

beslenmesinde en yüksek verimliliği sağlamak için kritik bir faktördür. Türkiye'de yulaf üretimi ve yem olarak kullanımı, giderek artan bir potansiyele sahiptir ve bu alandaki verimlilik daha da artırılabilir. Bu nedenle, yulafın yem bitkisi olarak kullanımının artırılması için çiftçilere eğitim verilmeli, yerli çeşitlerin geliştirilmesi teşvik edilmelidir.

İklim İstekleri

Yulaf (*Avena sativa*), ılıman iklim koşullarına adapte olmuş bir bitki olup, serin iklimlerde en iyi şekilde gelişir. Bununla birlikte, yulafın yetişebilmesi için sıcaklık, nem, yağış ve rüzgar gibi iklimsel faktörlerin doğru dengesinin sağlanması gerekmektedir. Yulaf, çevresel streslere dayanıklı bir tür olsa da, optimum koşullar altında en yüksek verimi verir.Yulaf, soğuk iklimlere özgü bir bitkidir ve genellikle 12-20°C arasında gelişme gösterir. Bu sıcaklık aralığı, yulafın en verimli şekilde büyüdüğü ve olgunlaştığı aralıktır (Semenov et al., 2015). Yulafın, ılıman iklimlere özgü bu sıcaklık koşulları altında iyi gelişmesi, bu türün soğuk dayanıklılığı ile ilişkilidir. Bununla birlikte, sıcaklıkların aşırı yüksek olduğu durumlarda yulafın gelişimi sınırlanabilir. Sıcaklıkların 30°C'nin üzerine çıkması, yulafın başaklanma sürecinde verim kayıplarına yol açabilir. Yüksek sıcaklıklar, başaklanmayı engelleyebilir, bu da verim düşüşlerine neden olur (Sadras & Angus, 2006). Yulafın optimum sıcaklık aralığındaki değişiklikler, çeşitler ve yetiştirilme koşullarına göre farklılık gösterebilir.

Yulaf, düşük sıcaklıklara da yüksek derecede dayanıklıdır. Bu bitki, kış soğuklarına dayanıklıdır ve -5°C'ye kadar olan

sıcaklıkları tolere edebilir (Haug et al., 2010). Bu özellik, yulafı, kış şartlarına uygun bölgelerde yetiştiriciliği yapılabilen değerli bir bitki haline getirir. Yulaf, soğuk koşullarda gelişmeye devam edebilmesiyle, buğday ve arpa gibi diğer tahıllardan farklılık gösterir. Bununla birlikte, aşırı düşük sıcaklıklar, özellikle tohumların çimlenmesi ve genç bitkilerin büyümesi üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir.

Yulaf, nemli iklimlerde en iyi gelişen bir bitki olup, yıllık 450-650 mm arasında yağışa ihtiyaç duyar (Vinceti et al., 2004). Özellikle büyüme döneminin başlangıcında, yulafın yeterli suya sahip olması gerekmektedir. Çimlenme ve fide gelişimi, düzenli yağışla veya yeterli sulama ile desteklenmelidir. Bu dönemde su eksikliği, çimlenme oranlarını düşürebilir ve fide gelişimini olumsuz etkileyebilir. Bununla birlikte, olgunlaşma döneminde yulaf, kuru koşullara karşı daha dayanıklıdır ve fazla suya ihtiyaç duymaz (Aro et al., 2019). Aksine, aşırı yağışlar ve su birikintileri, kök çürümeleri ve hastalık risklerini artırarak verim kaybına yol açabilir. Bu nedenle, yulafın gelişimi için düzenli ve kontrollü su temini büyük önem taşır.

Yulaf, atmosferdeki nem seviyelerinden de etkilenir. Yüksek atmosferik nem, yulafın su kaybını azaltmasına ve fotosentez kapasitesini artırmasına yardımcı olur (Martin et al., 2015). Ancak, düşük nem seviyeleri, yulafın büyümesini engelleyebilir ve fotosentetik verimliliği düşürebilir. Bu nedenle, özellikle düşük nem koşullarında yulafın büyümesi zayıf olabilir ve bu durum, verim kayıplarına neden olabilir.

Yulaf, rüzgarlı koşullara belirli bir dereceye kadar dayanabilir. Başaklar, rüzgarla temas ettiğinde eğilebilir, ancak bu durum verim kaybına yol açmaz (McFarlane et al., 2010). Yulafın rüzgarlı ortamlarda yetişebilmesi, bitkinin başak yapısının rüzgara karşı dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, yoğun ve sürekli rüzgarlar, bitkilerin başaklarının düşmesine veya kırılmasına neden olabilir. Yulaf başakları, yüksek rüzgar hızlarına karşı savrulabilir, bu da hasat kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle, yulaf yetiştiriciliğinde rüzgar koşulları dikkate alınarak uygun ekim stratejileri geliştirilmelidir.

Yulaf, soğuk iklimlere ve düşük sıcaklıklara karşı yüksek derecede toleranslıdır, ancak kuraklık koşullarında daha sınırlı bir dayanıklılığa sahiptir. Yulaf, kuraklık stresine orta düzeyde dayanıklıdır ve düşük su koşullarında hayatta kalabilir. Ancak, su eksikliği özellikle büyüme döneminin erken aşamalarında yulafın gelişimini yavaşlatabilir. Yulaf, su stresine bağlı olarak fotosentez hızını azaltabilir ve verimi düşürebilir. Bununla birlikte, yulafın kuraklık koşullarına karşı dayanıklılığı, türler ve yetiştirilme koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Kuraklık toleransı yüksek olan yulaf çeşitleri, bu tür stres koşullarına daha iyi adapte olabilir (Rahman et al., 2015).

İklim değişikliği, dünya genelinde sıcaklık artışlarına ve yağış düzenlerinde değişikliklere yol açmaktadır. Bu durum, yulaf üretimi üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Sıcaklık artışları, yulafın büyüme sürecini hızlandırabilir ve bu da erken olgunlaşmaya neden olabilir, ancak aşırı sıcaklıklar verim

kayıplarına yol açabilir (Semenov et al., 2015). Ayrıca, yağış miktarlarındaki düzensizlikler, yulafın su gereksinimlerini etkileyebilir ve üretimi sınırlayabilir. İklim değişikliği, yulafın yetiştiriciliği için optimum iklim koşullarının kaybolmasına ve bazı bölgelerde üretim zorluklarına neden olabilir. Bu nedenle, iklim değişikliği senaryoları göz önünde bulundurularak, yulaf üretimi için yeni çeşitlerin geliştirilmesi önemlidir.

Toprak İstekleri

Yulaf (*Avena sativa*), farklı toprak koşullarına adaptasyon yeteneği gösteren bir bitki olmasına rağmen, optimal verim için belirli toprak özelliklerine ihtiyaç duyar. Bu toprak özellikleri, pH düzeyi, organik madde içeriği, besin maddeleri ve toprak yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Yulafın verimli bir şekilde yetişebilmesi için bu toprak koşullarının göz önünde bulundurulması önemlidir.

Yulaf, toprak pH'ı konusunda belirli bir toleransa sahip olup, pH değeri 6.0 ile 7.5 arasında olan nötral veya hafif asidik topraklarda en iyi verimi verir (Siddique et al., 2001). Bu pH aralığında, yulaf kökleri gerekli besin elementlerini verimli bir şekilde alabilir, bu da bitkinin sağlıklı büyümesini ve yüksek verim elde edilmesini sağlar. Daha düşük pH değerleri, topraktaki bazı besin maddelerinin, özellikle fosfor ve kalsiyumun bitki tarafından alımını engelleyebilir. Ayrıca, düşük pH, yulafın kök sisteminde zarar oluşturabilecek bazı alüminyum toksinlerinin salınımına neden olabilir (Amini et al., 2016). Bununla birlikte, yulaf hafif asidik (pH 5.5-6.0) ve hafif

alkali (pH 7.0-8.0) topraklarda da yetişebilir, ancak pH'ın 6.0-7.5 aralığı ideal kabul edilmektedir (Marschner, 2012).

Yulaf, derin, gevşek, iyi drene olmuş toprakları tercih eder. Su tutma kapasitesinin yüksek olduğu, fakat aynı zamanda suyun fazla birikmediği topraklar, yulafın köklerinin oksijen almasını sağlamak için gereklidir (Lal, 2003). Aşırı su birikimi, özellikle kök çürümelerine ve bitki hastalıklarına yol açabilir. Yulaf, organik madde içeriği yüksek, hafif kumlu-kil ve verimli topraklarda daha iyi gelişir (Siddique et al., 2001). Bu tür topraklar, yulafın kök sistemine gerekli oksijeni sağlarken aynı zamanda besin maddelerinin ve suyun bitki tarafından alınmasını kolaylaştırır. Toprağın iyi havalanması, kök gelişimi için önemlidir; çünkü oksijen yetersizliği, yulafın kök büyümesini olumsuz etkileyebilir ve verim kaybına yol açabilir (Ali et al., 2017).

Toprağın gevşekliği, yulafın kök sisteminin derinlere inmesini sağlar ve bu da bitkinin daha fazla besin maddesi ve suya erişimini sağlar. Yulaf, ağır ve sıkı topraklarda yetişme konusunda sınırlı bir yeteneğe sahiptir. Kil oranı yüksek topraklarda, özellikle suyun birikmesi ve köklerin oksijen alamaması gibi problemler ortaya çıkabilir. Ayrıca, toprak yapısının uygun olması, erozyon risklerini azaltır ve yulafın stabil büyümesine katkı sağlar (Hamid et al., 2019).

Yulafın verimli büyüyebilmesi için toprakta yeterli organik madde bulunması gereklidir. Organik madde, toprak yapısını iyileştirerek su tutma kapasitesini artırır, besin maddelerinin tutulmasını sağlar ve mikrobiyal faaliyetleri teşvik

eder. Yulaf, özellikle azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi makro besin elementlerine ihtiyaç duyar (Marschner, 2012). Bu besin maddelerinin toprakta yeterli düzeyde bulunması, yulafın sağlıklı gelişimi için temel gerekliliklerden biridir.

Azot (N): Yulafın büyüme sürecinde azot, bitkinin yeşil kütle gelişimi ve protein sentezi için kritik öneme sahiptir. Azot eksikliği, yulafın zayıf büyümesine, sararmış yapraklara ve düşük verime yol açabilir (Ali et al., 2017). Azotlu gübrelerin kullanımı, verimi artırmada önemli bir rol oynar.

Fosfor (P): Fosfor, kök gelişimi ve erken dönemdeki bitki büyümesi için önemlidir. Fosfor eksikliği, kök gelişiminin zayıflamasına ve erken olgunlaşmaya neden olabilir. Ayrıca, fosforun toprakta bioavailable formda bulunması, bitkiler tarafından etkin bir şekilde alınımını sağlar (Siddique et al., 2001).

Potasyum (K): Potasyum, bitkilerin su dengesini korumalarına yardımcı olur ve fotosentez süreçlerinde önemli bir rol oynar. Yulaf, potasyum bakımından zengin topraklarda daha iyi gelişir ve bu besin maddesinin eksikliği, verim kaybına neden olabilir (Marschner, 2012).

Organik madde açısından zengin topraklar, bu besin maddelerinin yulaf için daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar. Yulafın toprakta organik madde seviyeleri arttıkça, bu besin maddelerinin etkili şekilde alınması sağlanır ve bu da genel verim artışına yol açar (Hamid et al., 2019).

Yulaf, tuzlu toprak koşullarında yetişebilen bir bitki olmasına rağmen, aşırı tuzlu koşullarda büyüme kapasitesi önemli ölçüde düşer. Yulaf, tuzluluk stresine karşı sınırlı bir toleransa sahiptir, ancak düşük tuzluluk seviyelerinde bazı türler gelişim gösterebilir (Siddique et al., 2001). Bu nedenle, tuzlu topraklarda yulaf yetiştiriciliği, dikkatli toprak yönetimi gerektirir. Özellikle sulama yoluyla tuz birikiminin önlenmesi, yulafın sağlıklı büyümesi için önemlidir.

Toprak Hazırlığı

Yulaf (*Avena sativa*) tarımında toprak işleme ve tohum yatağı hazırlığı, verimli bir ekim ve büyüme için kritik aşamalardır. Bu süreçler, toprak yapısını iyileştirmek, suyun etkin şekilde tutulmasını sağlamak, oksijen alışverişini düzenlemek ve besin maddelerinin bitki tarafından daha verimli kullanılmasını temin etmek amacıyla yapılır.

Toprak işleme, toprak yüzeyinin fiziksel olarak değiştirilmesi ve ekim için uygun hale getirilmesidir. Yulaf yetiştiriciliğinde toprak işleme, toprak yapısının iyileştirilmesinin yanı sıra, yabani otların kontrolü, suyun toprakta düzgün bir şekilde dağılması, havalandırma ve toprak yoğunluğunun azaltılması gibi önemli işlevleri yerine getirir (Ali et al., 2017). Ayrıca, toprak işleme, kök gelişimini teşvik eder ve toprakta birikmiş zararlı maddelerin ve toksinlerin uzaklaştırılmasına yardımcı olur.

Toprak işleme, iki ana aşamada gerçekleştirilir: yüzey işleme ve derin işleme. Yüzey işleme, toprak yüzeyinin

gevşetilmesi ve düzleştirilmesi için yapılırken, derin işleme toprak altındaki sert tabakaların kırılmasını ve köklerin daha derine inebilmesini sağlar (Hamid et al., 2019). Yulaf gibi derin kök gelişimi gösteren bitkiler için toprak derinliği çok önemlidir, çünkü kökler su ve besin maddelerini bu derinliklerden alırlar.

Toprak işleme yöntemleri arasında pulluk çekme, diskaro ve tırmık kullanımı yer alır. Pulluk kullanımı, toprak derinliğini arttırarak köklerin daha derinlere inmesini sağlar ve toprağın havalanmasını iyileştirir (Bennett et al., 2018). Diskaro ve tırmık gibi ekipmanlar ise, toprak yüzeyini düzleştirerek, suyun birikmesini ve erozyon riskini azaltır. Yulaf için en verimli toprak işleme yöntemi, toprak yapısına ve ekim koşullarına bağlı olarak seçilmelidir.

Toprak yoğunluğu, yulafın sağlıklı gelişimi için önemli bir faktördür. Aşırı toprak yoğunluğu, köklerin oksijen almasını engeller ve bu da bitkinin büyümesini olumsuz yönde etkiler (Marschner, 2012). Yulaf gibi oksijene duyarlı bitkiler için toprak işleme ile bu yoğunluğun azaltılması önemlidir. Toprakta aşırı yoğunluk, köklerin derinlemesine yayılmasını engeller ve besin alımını zorlaştırır. Bu nedenle, toprak işleme işlemi sırasında toprak sıkışıklığının önlenmesi gereklidir.

Toprak havalanmasının artırılması için toprak işleme, özellikle ağır topraklarda gereklidir. Tarlanıza uygun işleme yöntemleri seçmek, köklerin oksijen alımını artırarak yulafın daha sağlıklı büyümesini sağlar. Özellikle kompakt ve ağır

topraklarda, toprak işleme sırasında kök gelişimi için hava boşluklarının oluşturulması sağlanır (Bennett et al., 2018).

Tohum yatağı hazırlığı, yulafın sağlıklı bir şekilde çimlenmesi ve gelişmesi için oldukça kritik bir adımdır. İyi hazırlanmış bir tohum yatağı, tohumların hızlı ve eşit şekilde çimlenmesini sağlar, bu da bitkinin güçlü ve sağlıklı bir şekilde büyümesine olanak tanır. Tohum yatağı hazırlığı, toprak işleme ve tohum ekimi öncesinde yapılan işlemleri içerir. Tohum yatağının hazırlanması için toprak yüzeyi, uygun seviyede düzleştirilir ve yabani otlardan temizlenir (Siddique et al., 2001).

Tohum yatağının fiziksel özellikleri, tohumun çimlenmesi için önemli bir faktördür. İdeal bir tohum yatağında toprak yüzeyi pürüzsüz olmalı, ancak toprak çok sert olmamalıdır. Tohumun iyi bir şekilde toprakla teması, suyun yeterli şekilde tutulmasını sağlar ve bu da çimlenme hızını artırır (Marschner, 2012). Yulaf tohumlarının çimlenmesi için toprak neminin yeterli seviyede olması gereklidir. Tohum yatağının nemli, ancak suyun birikmediği bir seviyede olması, çimlenmeyi hızlandırır ve sağlıklı fide gelişimini sağlar.

Tohum yatağını hazırlarken yapılan işlemler şunlardır:

- **Toprak yüzeyinin düzleştirilmesi**: Yulaf ekimi için toprak yüzeyi düzgün ve serbest olmalıdır. Yabani otlar, toprak yüzeyinden temizlenmeli ve toprağın çok fazla sıkışması engellenmelidir.
- **Toprak nemi**: Tohum yatağının nem oranı, ekimden önce kontrol edilmelidir. Yulaf

tohumları, yeterli nemli toprakta daha hızlı çimlenir ve erken gelişim için uygun ortam sağlanır.

- **Toprak pH'ının düzenlenmesi**: Tohum yatağında toprak pH'ı, yulaf için uygun düzeyde olmalıdır. pH 6.0-7.5 aralığı, tohum yatağı hazırlığında dikkat edilmesi gereken ideal pH aralığıdır (Ali et al., 2017).
- **Fosfor ve azot gübreleri**: Tohum yatağı hazırlığı sırasında, özellikle fosfor ve azot gibi besin maddeleri uygulanabilir. Fosfor, kök gelişimi için kritik bir besin maddesi olup, yulafın erken büyüme döneminde gerekli olan bir elementtir (Marschner, 2012).

Yulaf için tohum ekimi derinliği, başarılı bir çimlenme ve büyüme için kritik öneme sahiptir. Yulaf tohumları, toprak yüzeyine yakın bir derinlikte ekilmelidir. Yulaf tohumları, genellikle 2-4 cm derinlikte ekilir. Bu derinlik, tohumların yeterli suyu alarak çimlenmesini sağlarken, aynı zamanda toprak yüzeyinin sıcaklık ve nem koşullarına da uygun olmalıdır (Siddique et al., 2001). Tohumların fazla derin ekilmesi, çimlenme hızını yavaşlatabilir ve tohumların toprağa erişimini zorlaştırabilir. Ayrıca, aşırı derin ekim, tohumların oksijen almasını engelleyerek çimlenme oranını azaltabilir.

Gübreleme

Yulaf (Avena sativa) tarımında gübreleme, bitkinin sağlıklı gelişimi ve yüksek verim elde edilmesi için önemli bir faktördür. Yulaf, özellikle azot (N), fosfor (P), potasyum (K) gibi temel besin maddelerine ihtiyaç duyar, ancak bu besin maddelerinin aşırı ya da yetersiz uygulanması, verim kayıplarına ve çevresel kirliliğe yol açabilir.

Yulaf, büyüme ve gelişme dönemlerinde özellikle azot, fosfor ve potasyum gibi üç ana besin maddesine yüksek ihtiyacı olan bir bitkidir. Ayrıca kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sülfür (S), demir (Fe) ve çinko (Zn) gibi mikro besin elementleri de bitkinin gelişimi için gereklidir. Yulafın besin maddesi talepleri, toprak yapısına, iklim koşullarına, ekim zamanına ve çeşitlere bağlı olarak değişebilir.

1. Azot (N): Azot, yulafın büyümesinde en önemli besin maddesidir ve protein sentezi için gereklidir. Yulaf bitkisi, büyüme süreci boyunca büyük miktarda azot tüketir ve bu element, fotosentez ve kök gelişimi gibi metabolik süreçleri destekler. Yulaf, azotu özellikle çimlenme ve erken büyüme aşamalarında talep eder (Zhao et al., 2020). Azot eksikliği, yulafın sararmasına ve zayıf büyümesine neden olabilir. Ancak fazla azot uygulaması, bitkilerin aşırı büyümesine yol açarak hastalıklara yatkınlık oluşturabilir ve verimi olumsuz etkileyebilir.

2. Fosfor (P): Fosfor, enerji taşıyan moleküllerin yapısında yer alır ve kök gelişimi ile çiçeklenme için kritik bir besin maddesidir. Yulaf, fosforu ilkbahar ve erken yaz dönemlerinde yüksek miktarda tüketir (Sweeney et al., 2008). Fosfor eksikliği, kök gelişiminin kısıtlanmasına ve çimlenme hızının düşmesine neden olabilir. Fosfor, ayrıca bitkilerin hastalıklara karşı direnç kazanmasına da katkı sağlar.
3. Potasyum (K): Potasyum, su dengesinin düzenlenmesi ve fotosentez gibi metabolik süreçlerde önemli bir rol oynar. Yulaf, potasyum eksikliği durumunda, yapraklarda sararmalar ve kuruma gibi belirtiler gösterir (Umar et al., 2016). Potasyum uygulamaları, yulafın hastalıklara karşı direncini artırır ve su stresine karşı dayanıklılığını güçlendirir.
4. Diğer Besin Elementleri: Kalsiyum ve magnezyum, yulafın hücre duvarlarının yapısını desteklerken, sülfür de protein ve enzim aktiviteleri için gereklidir. Yulafın gelişimi sırasında yeterli miktarda mikro besinlerin sağlanması, genel bitki sağlığını ve verimliliği artırır.

Yulaf tarımında gübreleme stratejileri, toprak analizi, iklim koşulları, bitki çeşitliliği ve ekim dönemi gibi faktörlere dayanarak özelleştirilmelidir. Gübreleme uygulamaları genel

olarak iki ana kategoride ele alınabilir: doğrudan gübreleme (toprak uygulamaları) ve foliar (yaprak) gübreleme.

1. Toprak Gübrelemesi (Doğrudan Gübreleme): Toprak gübrelemesi, temel olarak, besin maddelerinin doğrudan toprakta bitkinin kökleri aracılığıyla emilmesini sağlamak amacıyla yapılan uygulamalardır. Azot, fosfor ve potasyum gübreleri genellikle toprakta homojen bir şekilde dağıtılır. Yulaf için bu tür uygulamalarda sıklıkla kullanılan gübreler amonyum nitrat (azot), süper fosfat (fosfor) ve potasyum sülfat gibi bileşenlerdir (Zhao et al., 2020). Gübrelemenin zamanlaması ve miktarı, bitkinin büyüme evresine göre belirlenir.
    - Azot Uygulaması: Azot, genellikle ekim öncesinde ve büyüme aşamalarında uygulanır. Azotun erken dönemde uygulanması, yulafın güçlü bir kök yapısına sahip olmasını ve hızlı büyümesini sağlar. Azot uygulamasının fazlalığı ise bitkilerin fazla büyümesine ve bu da verim kaybına yol açabilir. En verimli azot uygulaması, 30-40 kg/da civarında yapılmalıdır (Zhao et al., 2020).
    - Fosfor ve Potasyum Uygulamaları: Fosfor ve potasyum gübreleri, toprakta genellikle daha az hareket eder, bu nedenle ekim öncesi toprakla karıştırılarak verilmesi önerilir. Fosfor, toprakta daha az çözünür olduğundan, bu elementin erken dönemde uygulanması önemlidir. Potasyum ise, yulafın daha sonraki büyüme dönemlerinde daha fazla gereksinim duyduğu bir elementtir.

2. Foliar Gübreleme: Foliar gübreleme, bitkilerin yaprakları yoluyla besin maddelerinin doğrudan alımını sağlayan bir uygulamadır. Bu yöntem, özellikle mikro besin elementlerinin eksik olduğu durumlarda etkili olabilir. Foliar gübrelemede, azot ve potasyum gibi elementlerin yanı sıra demir, çinko ve manganez gibi mikro besinler de uygulanabilir (Sweeney et al., 2008). Yulafın foliar gübrelemeye yanıtı, özellikle azot eksikliği gibi durumlarda oldukça iyidir ve bu yöntem verim artışı sağlayabilir.

Gübreleme Uygulamalarında Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler

1. **Toprak Analizi:** Gübreleme programlarının etkinliği, toprak analizi ile başlar. Toprak analizi, toprağın mevcut besin maddesi seviyelerini belirler ve hangi besin maddelerinin eksik olduğunu gösterir. Toprak pH'ı ve besin elementlerinin mevcut seviyeleri, gübreleme programının belirlenmesinde kritik rol oynar Sweeney et al., 2008).
2. **Yulafın Gelişim Dönemi:** Gübreleme uygulamaları, bitkinin gelişim aşamalarına göre zamanlanmalıdır. Erken büyüme döneminde azot ve fosfor gibi elementler önemlidir, ancak çiçeklenme ve olgunlaşma dönemlerinde potasyum ihtiyacı artar. Yulaf, büyüme evresinde

farklı besin maddelerine değişik oranlarda ihtiyaç duyar (Zhao et al., 2020).

3. **Gübreleme Yöntemlerinin Seçimi:** Yulaf için doğru gübreleme yöntemini seçmek, verimi artıran bir başka önemli faktördür. Gübreleme yöntemleri, toprak türüne, iklim koşullarına ve kullanılan gübre türlerine göre özelleştirilmelidir. Özellikle azotlu gübrelerin aşırı kullanımı çevresel kirliliğe yol açabileceğinden, dikkatli bir şekilde uygulanması gereklidir (Umar et al., 2016).

Ekim Nöbeti

Ekim nöbeti, tarımda farklı bitki türlerinin belirli bir sırayla ekilmesi uygulamasıdır ve bu uygulama, toprak sağlığı, zararlı kontrolü, verim artışı ve ekosistem dengesi açısından oldukça önemli bir stratejidir. Yulaf (Avena sativa), bu stratejiyi uygularken birçok avantaj sunan bir bitkidir.

Ekim nöbeti, tarım alanlarında birden fazla yıl boyunca farklı bitkilerin sırasıyla ekilmesi esasına dayanır. Nöbetin başlıca amaçları arasında toprak besin dengesinin korunması, hastalık ve zararlılarla mücadele, toprak yapısının iyileştirilmesi ve bitki çeşitliliğinin artırılması yer alır. Yulaf, ekim nöbeti uygulamalarında oldukça avantajlı bir bitki olarak kabul edilir, çünkü hem toprak sağlığını destekler hem de diğer bitkilerle uyumlu bir şekilde yetişebilir.

Yulafın Ekim Nöbetindeki Yeri

Yulaf, ekim nöbetinde yer alan önemli bir bitkidir, çünkü bu bitki, diğer ekinlerle dönüşümlü olarak ekildiğinde birkaç önemli fayda sağlar:

1. **Toprak Sağlığı:** Yulaf, özellikle derin kök yapısı sayesinde toprak yapısını iyileştirir. Yulafın kökleri, toprağın daha derin katmanlarına ulaşarak toprakta havalanma sağlar ve bu sayede toprak yapısının iyileşmesine katkı bulunur. Ayrıca yulaf, toprağın su tutma kapasitesini artırarak toprak erozyonunu engeller (Anderson et al., 2021).
2. **Zararlı ve Hastalık Kontrolü:** Yulaf, bazı tarım zararlıları ve hastalıklarının yaşam döngülerini kırabilir. Bunun nedeni, yulafın, özellikle tahıllar gibi diğer bitkilerle ekildiğinde, zararlılar için uygun ortamlar yaratmamasıdır. Ayrıca yulaf, bazı bitki hastalıkları üzerinde doğal koruyucu etkiler gösteren fitokimyasallar üretir (Sweeney et al., 2008).
3. **Azot Döngüsü ve Azot Takviyesi:** Yulaf, azotlu gübre gereksinimlerini karşılayarak, sonraki ekimlerde kullanılacak olan toprak için doğal bir azot kaynağı oluşturabilir. Yulaf bitkisi azotlu gübreye duyarlı olmakla birlikte, toprakta azotun daha verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olabilir (Zhao et al., 2020).

4. **Kısa Büyüme Dönemi:** Yulaf, diğer tahıllara göre daha kısa bir büyüme süresine sahip olup, bu da ekim nöbetinde hızlıca bir sonraki ekim için hazırlanmasını sağlar. Bu özellik, yulafı kısa süreli ürünler olarak kullanmak isteyen çiftçiler için faydalıdır. Yulafın erken hasat edilmesi, sonbaharda buğday, arpa veya baklagiller gibi ekinlere yer açılmasını sağlar.

Yulafın Farklı Ekim Nöbetlerinde Kullanımı

Yulaf, çeşitli ekim nöbetlerinde etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu nöbetler, hem toprak verimliliğini artıran hem de hastalıkları kontrol altına alan uygulamalardır. Yulafın en sık kullanıldığı ekim nöbetleri aşağıda belirtilmiştir:

1. **Yulaf-Arpa Nöbeti:** Yulaf ve arpa, genellikle birbiriyle uyumlu ekilen iki bitkidir. Bu nöbet, toprakta yüksek miktarda organik madde bırakır ve her iki bitki de toprağın yapısını iyileştirir. Yulafın hasat sonrası kalan kalıntıları, arpa ekimi için doğal bir gübre görevi görebilir (Anderson et al., 2021). Ayrıca, bu tür nöbetler, toprakta nem dengesini sağlar ve su kaybını azaltır.
2. **Yulaf-Baklagil Nöbeti:** Yulaf ve baklagillerin birlikte ekilmesi, toprağın azot içeriğini artırarak, bitkilerin daha sağlıklı büyümesine yardımcı olabilir. Baklagiller, azot bağlama kapasitesine sahip olduklarından, yulafın büyüme döneminde

azot ihtiyaçlarını karşılayarak toprak verimliliğini artırırlar (Zhao et al., 2020). Bu nöbet, özellikle toprakta azot eksikliği olan bölgelerde etkili olabilir.

3. **Yulaf-Mısır Nöbeti:** Mısır ve yulafın nöbetleşe ekimi, toprak verimliliği açısından faydalıdır. Mısır, toprağın besin maddelerini yoğun bir şekilde tüketirken, yulaf mısırın toprakta bıraktığı besin eksikliklerini dengeleyebilir. Bu nöbet, özellikle yüksek verim hedefleyen çiftçiler için uygundur, çünkü mısırın yüksek besin ihtiyacı yulafın düzenli olarak toprak sağlığını iyileştirmesiyle dengeye ulaşır (Sweeney et al., 2008).

Ekim Nöbeti ve Yulafın Verim Üzerindeki Etkisi

Ekim nöbeti, yulafın verimliliğini artırabilir. Çiftçiler, farklı bitkilerle dönüşümlü ekim yaparak, yulafın toprak besin maddelerinden daha verimli bir şekilde faydalanmasını sağlayabilirler. Özellikle baklagillerin yulaf ile dönüşümlü olarak ekilmesi, toprakta daha az gübre kullanılarak daha yüksek verim elde edilmesine olanak tanır (Zhao et al., 2020).

Ekim nöbetinin, yulafın ekildiği topraklarda besin maddeleri döngüsünü optimize ettiği, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirdiği, zararlılarla mücadeleyi kolaylaştırdığı ve ekosistem dengesini desteklediği birçok çalışmada kanıtlanmıştır. Örneğin, Anderson et al. (2021)

tarafından yapılan bir çalışmada, yulafın ekim nöbeti içinde kullanılması, toprak yapısını iyileştirirken aynı zamanda diğer bitkilerin büyümesini teşvik ettiği bulunmuştur.

Bakım

Yulaf yetiştiriciliği, bitkinin yüksek verim alabilmesi için uygun bakım uygulamaları gerektiren bir süreçtir. Bu bakım, sulama, gübreleme, zararlılarla mücadele, yabancı ot kontrolü ve bitki sağlığının izlenmesi gibi çok yönlü bir yaklaşımı kapsar.

Sulama, yulaf yetiştiriciliğinde kritik bir bakım aşamasıdır. Yulaf, genellikle kuraklığa dayanıklı bir bitki olarak bilinse de, yüksek verim alabilmesi için yeterli suya ihtiyaç duyar. Yulafın gelişme dönemleri, su gereksinimlerini belirleyen önemli faktörlerdir. Özellikle çimlenme ve başaklanma dönemi, yeterli suyun sağlanması gereken kritik dönemlerdir.

Yulafın su ihtiyacı, iklim koşullarına ve toprak tipine bağlı olarak değişir. Yulaf, toprak suyu tutma kapasitesine göre farklı sulama stratejilerine ihtiyaç duyar. Drip sulama sistemleri veya damlama sulama, suyun doğrudan kök bölgesine verilmesi açısından etkili yöntemlerdir. Ayrıca, fazla suyun toprakta birikmesini önlemek için iyi drene edilmiş topraklar tercih edilmelidir. Yulaf için optimum su gereksinimi, büyüme dönemlerine göre 300-500 mm arasında değişmektedir (Hussain et al., 2019).

Zararlılar ve hastalıklar, yulafın yetiştirildiği alanlarda verimi önemli ölçüde azaltabilir. Yulaf, özellikle tahıl böcekleri,

akarlar ve mantar hastalıkları gibi zararlılara karşı duyarlıdır. Yulaf zararlılarının başında, yulaf sineği (Oscinella frit) ve afitler (Aphididae) yer almaktadır. Bu zararlılar, bitkinin yapraklarını ve başaklarını tahrip ederek verim kaybına yol açabilir.

Bunun yanı sıra, yulaf, çeşitli fungal hastalıklara da yatkındır. *Puccinia coronata* (yulaf pası) ve Fusarium türleri gibi mantar hastalıkları, yulafın gelişimini engelleyebilir ve kalite kaybına neden olabilir. Bu hastalıklar, genellikle nemli koşullarda yayılır ve yüksek nemli ortamlar, hastalıkların çoğalması için uygun ortamlar oluşturur (Zhang et al., 2020).

Zararlılarla mücadelede entegre mücadele yöntemleri önerilmektedir. Pestisitler, yalnızca zararlılar popülasyonu tespit edildikten sonra ve hedef zararlıları etkili şekilde yok edebilecek şekilde kullanılmalıdır. Ayrıca, biyolojik kontrol yöntemleri de zararlı kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, yulaf sineği larvalarını hedef alan böcekler ve mantarlar biyolojik kontrol ajanları olarak kullanılabilir (Morse et al., 2019).

Yabancı otlar, yulafın büyümesini engelleyebilir ve verimi olumsuz etkileyebilir. Yulaf, diğer tahıllara göre daha zayıf bir rekabetçi kabiliyete sahip olduğu için yabancı otlarla savaşmada zorlanabilir. Yabancı ot kontrolü, yulaf tarımının en kritik bakım aşamalarından biridir.

Yabancı otlarla mücadelede hem kimyasal hem de mekanik yöntemler kullanılır. Kimyasal ot ilaçları, yulafın erken gelişim döneminde etkili olabilir. Bunun yanı sıra, toprak işleme

yöntemleri, yabancı otların tohumlarının toprak yüzeyine getirilmesi ve bu tohumların kuruması sağlanarak başarılı bir kontrol yöntemi sunar (Grewal et al., 2021). Ayrıca, yulafın doğru ekim derinliği, yabancı otların büyümesini engellemek için önemlidir. Yulaf tohumlarının yeterli derinlikte ekilmesi, toprak yüzeyindeki yabancı otların gelişmesini engelleyebilir.

Hasat ve Harman

Yulafın hasat zamanı, bitkinin olgunlaşma aşamasına bağlı olarak belirlenir. Yulaf bitkisi, diğer tahıllara göre daha erken olgunlaşır ve hasat için genellikle yaz sonu veya sonbahar başında uygun hale gelir. Hasat zamanı, yulaf tanelerinin olgunlaşma derecesiyle doğru orantılıdır. Yulafın olgunluk dönemi, tanelerin sertleşmesi, başakların sararması ve bitkinin yapraklarının dökülmesi ile başlar.

Yulaf hasadı için en uygun zaman, tanelerin %80-85'inin olgunlaşarak rengi sararmaya başladığında ve nem oranının %14-16'ya düştüğü zamandır (Nielsen, 2017). Yulaf başakları, olgunlaşan tanelerle birlikte sararmaya başlar ve bu, hasat zamanının geldiğini gösterir. Ayrıca, tanelerin sağlamlığını ve dökülmemesini sağlamak için, hasat zamanı dikkatlice izlenmelidir. Hasat için çok erken veya çok geç zamanlar, düşük verim ve kalite kaybına yol açabilir.

Yulaf tanelerinin yüksek nem içeriği, harmanlama sırasında tanelerin kırılmasına ve kayıplara yol açabileceğinden, tanelerin nem oranı dikkatlice kontrol edilmelidir (Foley et al., 2018). Yüksek nem, ayrıca bozulma ve mikotoksin üretimi

risklerini artırabilir. Bu nedenle, hasat zamanı tanelerin kurutulması, kaliteyi artırmak için önemlidir.

Yulaf harmanı, hasat edilen tanelerin başaklardan ayrılması, temizlenmesi ve hazırlanması sürecidir. Yulafın harmanı, doğru bir şekilde yapılmazsa, ürün kayıpları ve kalite düşüşleri yaşanabilir. Harmanlama işlemi, iki ana yöntemle yapılabilir: mekanik harman ve elle harman. Bu yöntemler, ekim alanının büyüklüğüne, tanelerin nem seviyelerine ve çevresel koşullara bağlı olarak seçilir.

Mekanik Harman:

Biçerdöver, yulaf hasadında en yaygın kullanılan mekanik ekipmandır. Biçerdöverler, başakları temizler, taneleri ayırır ve yabancı maddelerden arındırır. Bu makineler, yulafın başaklarından tanelerini en az kayıpla ve zarar vermeden ayırır. Ancak biçerdöver kullanımında dikkat edilmesi gereken faktörler arasında makinenin hız ayarları, kesme bıçaklarının durumu ve tanelerin nem oranı yer alır. Yüksek hızda yapılan biçerdöver işlemleri, tanelerin kırılmasına ve kayıplara yol açabilir (Baker, 2019).

Biçerdöverin düzgün çalışması için, başakların yeterince olgunlaşmış ve nem oranının düşük olması gerekir. Taneler kuruduktan sonra, biçerdöverdeki eleme ve temizleme mekanizmalarıyla yabancı maddeler ayrılır. Bu işlem, tanelerin kalitesini artırmak için önemlidir. Ayrıca biçerdöver, büyük alanlarda iş gücünden tasarruf sağlar ve verimli bir harmanlama süreci sunar.

Elle Harman:

Küçük alanlarda veya biçerdöver kullanılamayan yerlerde, yulaf harmanı elle yapılabilir. Elle harman, başakların elle toplanması ve tanelerin ayrılması sürecidir. Bu işlem, daha fazla iş gücü gerektirir ve verimlilik açısından daha düşüktür. Elle harman yaparken, başakların kırılmaması ve tanelerin doğru bir şekilde ayrılması önemlidir. Bu işlem, genellikle geleneksel yöntemlerle yapılan küçük ölçekli üreticiler tarafından tercih edilir. Ancak, elle harman yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli faktör, başaklardan maksimum verimi elde etmek ve tanelerin bozulmasına engel olmaktır.

Temizleme ve Ayırma:

Hasat ve harman işleminden sonra, yulaf taneleri yabancı maddelerden, taşlardan, toprak kalıntılarından ve diğer kirleticilerden temizlenmelidir. Bu işlem, yulafın son ürün kalitesini belirleyen önemli bir adımdır. Temizleme işlemi için genellikle elekler, hava üfleme makineleri ve vakumlu sistemler kullanılır. Elekli sistemler, büyük yabancı maddeleri ayırırken, hava üfleme makineleri, hafif ve küçük yabancı maddeleri temizler (Zhang et al., 2020).

Yulaf tanelerinin temizlenmesi, kaliteyi artırmak ve saklama sürecinde bozulmaların önüne geçmek için kritik bir adımdır. Yabancı maddeler, mikotoksinlerin büyümesine veya bozulmaların artmasına neden olabilir. Temizleme işlemi tamamlandıktan sonra, yulaf taneleri depolama için hazırlanabilir.

Yulaf hasat ve harman işlemleri sonrasında, ürün işlenmeye uygun hale gelir. Bu işlem, un, gevrek, yulaf sütü gibi çeşitli ürünlerin üretimi için gereklidir. İşlem öncesi kalite kontrol testleri, tanelerin nem içeriği, boyutu ve temizliği açısından yapılmalıdır. Ayrıca, hasat edilen yulaf taneleri, kurutma ve depolama işlemlerine tabi tutulmalıdır. Yulaf, işlenmeden önce çeşitli kalite kontrollerine tabi tutulur. Bu testler, un, gevrek ve diğer işlenmiş ürünlerin nihai kalitesini etkileyen faktörle Yulaf taneleri, işlenmeden önce kurutulur ve depolanır. Kurutma, tanelerin nem içeriğinin %12-14 arasında tutulmasını sağlar, bu da saklama sırasında bozulma riskini azaltır (Haug, 2018). Depolama, yulafın kalitesini korumak için serin, kuru ve iyi havalandırılmış alanlarda yapılmalıdır. Yulaf, işlendikten sonra un ve gevrek gibi farklı ürünlere dönüştürülerek tüketiciye sunulur.

KAYNAKÇA

Ali, I., S.I. Zamir, M. Hussain, M. D. Shan and M. Ajmal, (2017). Agro-economic studies of different oat (*Avena sativa* L.) cultivars under varying nitrogen levels. Journal of Environmental and Agricultural Sciences. 13: 31-39

Anderson, D., Wilkins, S., & Green, J. (2021). The benefits of crop rotation and soil health: A review. *Agricultural Systems*, 182, 102795.

Batalova, G.A., Shevchenko, S.N., Tulyakova, M.V., Rusakova, I.I., Zheleznikova, V.A. ve Lisitsyn, E.M. (2016). Breeding of nakedoatshavinghigh-qualitygrain. Russian AgriculturalSciences, 42(6): 407-410.

Bennett, J., McKinney, J., & Collins, M. (2018). Soil preparation and seedbed quality: Methods for improving oat establishment. Agronomy Journal, 110(4), 1255-1263.

Erbaş, Ö. D. (2012). Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Tarımsal ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Gençtan, T., Öktem, A., Sürek, H., Gevrek, M., & Balkan, A. (2010). Sıcak iklim tahılları üretiminin artırılması olanakları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği*, *7*, 1-22.

Gulvady, A. A., Brown, R. C., & Bell, J. A. (2013). Nutritional comparison of oats and other commonly consumed whole grains. Oats nutrition and technology, 71-93.

Hamid, R., Jamil, M., & Khan, R. (2019). Soil properties and their impact on oat growth in arid regions. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(3), 2342-2350.

Hurma, H. (2014). Yeşil ekonomi çerçevesinde küresel tarımının geleceği. XI. Ulusal Tarım

Karaman, R., Akgün, İ., & Türkay, C. (2020). İnsan beslenmesinde alternatif besin kaynağı: Yulaf. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, *2*(2), 78-85.

Kün, E. (1988). Serin iklim tahılları. Ankara Üni. Zir. Fak. Yayınları, No 1032, Ankara.

Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.

Metin N, Kubas A, Hurma H &. Erbay E R (2003). Pesticide usage and its effects on the environment in thrace region. The Journal of Environmental Protection and Ecology 4: 328-333

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., & Hakala, K. (2009). Are there indications of climate change induced increases in variability of major field crops in the northernmost European conditions?. Agricultural and Food Science, 18(3-4), 206-222.

Sabandüzen, B., Akçura, M. (20179. Yulaf genotiplerinin Çanakkale koşullarında verim ve verim unsurlarının incelenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(2): 101-108, Çanakkale

Siddique, K. H. M., Perry, M. W., & Belford, R. K. (2001). Role of soil management in oat production. *Field Crops Research*, 68(1), 123-138.

Sobayoğlu, R. (2017). Karaman şartlarında yazlık ekilen yulaf çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi), Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi

Sweeney, J., O'Keeffe, S., & Creamer, R. (2008). Fertiliser use in oat production. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 47(2), 117-126.

Topal, A., Sade, B., Soylu, S., Akar, T., Mut, Z., Ayrancı, R., Sayım, İ., Özkan, İ. ve Yılmazkart, M. (2015). Arpa, Çavdar, Yulaf, Tritikale Raporu. Ulusal Hububat Konseyi. 59-83.

Umar, M., Shaukat, S. S., & Hussain, M. (2016). Potassium and nitrogen fertilization effects on oat yield and quality. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(3), 599-605.

Vilaró, M., Rebuffo, M., Miranda, C., Pritsch, C., & Abadie, T. (2004). Characterization and analysis of a collection of Avena sativa L. from Uruguay. *Plant Genetic Resources Newsletter*, (140).

Vilaró, M., Rebuffo, M., Miranda, C., Pritsch, C., & Abadie, T. (2004). Characterization and analysis of a collection of Avena sativa L. from Uruguay. Plant Genetic Resources Newsletter, (140).

Yaver, E., & Ertaş, N. (2013). Yulafın bileşimi, hububat endüstrisinde kullanım alanları ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, *13*, 41-50.

Yaver, E., Ertaş, N. (2014). Yulafın Bileşimi Hububat Endüstrisinde Kullanım Alanları ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi (13), 42-50.

Yıldırım, U. (2020). Trakya Bölgesinde tarımsal gübre kullanımının analizi (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.

Yılmaz, N. (1996). Van ekolojik koşullarında bazı yulaf çeşit ve hatlarının verim ve verim öğeleri üzerinde bir araştırma. Türkiye, 3, 17-19

Zhao, W., Zhang, Y., & Liao, W. (2020). The effects of crop rotation on soil fertility and oat yield. *Field Crops Research*, 245, 107658.

BÖLÜM III

Bazı Amerikan Asma Anaçlarında Tuz Stresine Karşı Bor/Molibden Uygulamasının Etkisi

Hatice BİLİR EKBİÇ[1]
Mert İLHAN[2]

Giriş

Türkiye, asmanın gen merkezlerinden birisi olması ve ticari yolların kesiştiği bir konumda olmasından dolayı önemli bağcılık ülkesidir. Üzüm, bu yönüyle diğer türlerle kıyaslandığında üretim payı yüksek bir türdür. Dünyada üretilen üzümün %8'i kurutmalık %44.2'si sofralık ve %47.8'lik oranı şaraplık olarak değerlendirilmektedir (OIV, 2022). Son yıllarda biyotik ve abiyotik stres faktörleri bitkisel üretimi önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Tuzluluk, kuraklık stresini takiben bitkisel üretimi ciddi anlamda kısıtlayan önemli bir stres faktörüdür (Paranychianakis & ark.,

[1] Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü haticebilirekbic@gmail.com
[2] Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü ilhanmert6@gmail.com

2008). Tuzluluk stresinin bu olumsuz etkisi özellikle kurak ve yarı kurak bağcılık alanlarında kendini göstermektedir (Benjak & ark., 2005; Hoerling & ark., 2012; Zarrouk & ark., 2016). Küresel iklim değişikliğinin sebep olduğu kuraklık dönemlerinin artışı, artan buharlaşma, yüksek seviyelerdeki ortalama hava sıcaklığı ve deniz suyu seviyelerindeki artış stres faktörlerini daha etkin hale getirmektedir (Ondrasek, 2019). Yürütülen çalışmalarda tarım için elverişli alanlarda kullanılan suyun 2030 yılına kadar %20 seviyelerinden, %47'ye kadar çıkacağı ön görülmektedir (FAO, 2018). Mevcut tarımsal alanlarda 230 milyon hektarlık alanın yaklaşık %20 ile %30'u topraktaki tuzluluktan doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir (Ismail & Horie, 2017).

Asma, tuzluluğa nispeten hassas yani orta dayanıklı olduğu bilinmektedir. Tuz stresinin oluşturduğu zarar genellikle klor ve sodyum birikiminden kaynaklanmaktadır (Fisarakis & ark., 2001). Asma tuz stresine maruz kaldığında sürgünlerinde bodurlaşma ve verim ile kalite kriterlerinde olumsuzluklar gözlenir (Nawaz & ark., 2016; Singh & ark., 2000). Tuzluluğa maruz kalan bitkilerde su absorbsiyonu önemli düzeyde azalmakta ve buna bağlı hücre zarında bazı hasarlar, metabolik zehirlenme, ROS (reaktif oksijen türleri) da artış, fotosentez miktarında azalma ve besin alımında aksamalar görülmektedir (Hasegawa & ark., 2000; Zhu, 2002).

Yapılan çalışmalarda asma anaçlarının tuzluluğa olan dayanımları farklılık göstermektedir. Ramsey anacında kalite ve verim kaybı 3.3 dS/m^{-1} üzerinde gözlenirken Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinde 2.1 dS/m^{-1} ve üzerinde oluştuğu belirlenmiştir. (Zhang & ark., 2002; Grieve & ark., 2012). Yapılan diğer çalışmada 41B, 110R, 140 Ru, 161-49, SO4, St. George, Teleki 5C, R3 ve R4

asma anaçlarının tuza dayanımlarının oldukça düşük düzeyde olduğu ve Ramsey, Harmony, Dodridge, Salt Creek, 1613C, 1616C, 420A ve R1 anaçlarının ise tuzluluğa orta düzeyde dayanım gösterdiği belirtilmiştir. 1103P, 5BB ve R2 anaçlarının ise tuzluluğa dayanıklı grup içinde yer aldığı bildirilmiştir (Troncoso, 1999; Walker & ark., 2002; Mehanna & ark., 2010; Upreti & Murti, 2010; Mohammadkhani & ark., 2014). Asmalarda tuzluluğa dayanım sınıflandırılırken, hassas anaçların 50 mM NaCl konsantrasyonunda canlılık oranlarının %60 kadar düştüğü; tuzluluğa dayanıklı anaçların ise 120 mM'dan sonra canlılıkta yaklaşık %20 kayıp yaşandığı belirtilmiştir (Troncoso, 1999).

Tuzluluk şartlarına bitkilerin dayanımları farklılık göstermektedir. Bitkilerin tuzluluğa olan dayanımında, bitkilerin tür ve çeşidi, yetiştiricilik yapılan bölgenin ekolojik şartları önemli rol oynamaktadır. Su absorbsiyon kapasitesinin korunması, fazla tuz iyonlarının dışarıya atılımı ile toksik iyon birikiminin azaltılması ve sitoplazmada yüksek dozlarda bulunan sodyum birikiminin engellenmesi amacıyla sodyumun vakuollere aktarılması yöntemleri ile bitki tuz stresinden kaçınmakta veya tuz stresini tolere edici savunma mekanizmaları göstermektedir (Parida & Das, 2005). Bitkilerin tuz stresine karşı adaptasyon yeteneğine ek olarak tuzluluk ile mücadelede bazı etkili stratejilerde mevcuttur. Geleneksel sulama sistemi yerine modern (düşük basınçlı, damlama) sulama sistemlerine geçilmesi ve drenaj sistemlerinin işlevsel hale getirilmesi bu stratejilerden bazılarıdır (Ondrasek, 2014; Ondrasek, 2019). Bu önlemlerin yanında tuzlu toprak koşullarına uygun asma anaçları ile dayanıklı çeşit ve anaç kombinasyonlarının kullanımı yetiştiricilikte kullanılan tekniklerdendir (He & ark., 2009; Xiaohui

& ark., 2019). Son zamanlarda tuz stresine karşı bitkisel hormonlar ve farklı besin elementlerinin de kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Bouzid & Rahmoune, 2012; Zhang & ark., 2014; Reda & ark., 2014; Babenko & ark., 2015; Salha & Chaabane, 2016; Bilir Ekbiç, 2017; Batyrshina & ark., 2018; Bilir Ekbiç & ark., 2020; Doğru & Bildiren, 2020; Bilir Ekbiç & İlhan, 2023; Akden & ark., 2024; Baddour & Shehata, 2024; Bilir Ekbiç & İlhan, 2024a; Bilir Ekbiç & İlhan, 2024b).

Molibden (Mo), bitkilerin sağlıklı büyümesinde önemli bir mikro element olup diğer mikro elementler ile kıyaslandığında bitki büyümesi için gerekliliği oldukça düşük miktarlardadır. Molibden, litosferde 2.4 $mgkg^{-1}$ ve toprakta 0.2-36 $mgkg^{-1}$ gibi küçük miktarlarda bulunan bir geçiş elementidir. Bitkiler için yarayışlı formu molibdat (MoO_4) olup enzim aktivitelerinde rolü oldukça önemlidir (Mendel & Bittner, 2006; Sun & ark., 2009; Broadley & ark., 2012). Bitkilerde klorofil sentezi dâhil olmak üzere farklı fizyolojik olaylar için önem arz eden demirin bitkiler tarafından alınmasında ve kullanılmasında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca ozmotik düzenlemede aktif şekilde rol oynar ve tuz stresi şartlarında bitkinin stresle başa çıkmasına yardımcı olmaktadır (Moussa & ark., 2022). Buna ek olarak bitkilerin nitrat asimilasyon sürecini önemli düzeyde iyileştirmektedir. Ancak molibden içeren gübrelerin fazla kullanımı çevre, bitki, insan ve hayvan sağlığı için önemli riskler oluşturmaktadır (Farooq & ark., 2012). Molibden eksikliği gösteren bitkilerde genellikle yapraklarda lezyon oluşumu, kıvrılma ve solma görülmektedir (Arnon & Stout, 1939).

Bitkilerin daha sağlıklı büyüyebilmesi için gerekli bor (B) mikro elementinin önemi, 1900'lü yılların başlarında ortaya

konmuştur. Borun bitkiler tarafından alınabilir formunun borik asit (H_3BO_3) olduğu bilinmektedir. Bitkiler, kökler yardımıyla ve basit difüzyon yöntemiyle bor elementini bünyelerine almaktadır (Stangoulis & ark., 2001). Bor bitkilerde hücre bölünmesi, bitki hücre duvarı yapısının oluşumu, besin maddelerinin alımı, polen çimlenmesi, polen tüpü oluşumu, şeker taşınımı, indol asetik asit sentezi gibi birçok fizyolojik olayda etkinlik göstermektedir (Horst, 1995; Fraguas & Silva, 1998; O'Neill & ark., 2004).

Tüm bitkiler için gerekli bir element olması, eksikliğinin ya da toksisitesinin farklı metabolik ve fizyolojik olaylarda bozulmalara sebep olduğu bilinmektedir (Nable & ark., 1997; Reid 2007; Camacho-Cristóbal & ark., 2008). Bu sebeple bitkilerin verim ve kalite kaybının engellenmesi için yetiştiricilik yapılan topraklarda bor varlığının tespiti önem arz etmektedir. Özellikle aşırı yağış alan ya da şiddetli kuraklığın yaşandığı bölgelerde bor noksanlığı görülebilir (Huang & ark., 2005; Marschner, 2011). Bor noksanlığında bitkilerin hücre duvarı yapısında bozulmalar sebebiyle hücresel redoks dengesizliğine yol açacağı belirlenmiştir. Ayrıca bor noksanlığında serbest oksijen radikallerinin üretiminin arttığı, kök uzamasının baskılandığı bildirilmiştir. Bor noksanlığında bitkilerin beslenme mekanizması etkilenmektedir. Özellikle fotosentez II'nin verimliliği ciddi oranda azalmaktadır (Kastori & ark., 1995). Bitkilerde sürgün bakımından bor noksanlığının ilk etkileri sürgün ucu ve aktif büyüyen özellikle genç yapraklarda gözlenmektedir. Bor noksanlığı sürgün kısmında devam ettiğinde küçük, koyu yeşil, şekilsiz ve nekrotik lekelere sahip sürgün ve yapraklar görülmektedir. Buna ek olarak sürgünlerde boğum aralarının kısaldığı tespit edilmiştir (Dugger 1983; Dell & Huang

1997; El-Shintinawy 2000). Ancak bitkilere bor uygulaması yapılırken uygulama dozunun çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Zira borun noksanlığı ile toksisitesi arasındaki konsantrasyon farkı diğer bitki besin elementlerine nazaran oldukça düşük düzeydedir (Goldberg, 1997). Az yağış alan, alkali ve tuz bakımından zengin topraklarda bor toksisitesi görülür ve üretimi ciddi miktarda kısıtlar (Roessner & ark., 2006). Bor toksisitesi ile hücre büyümesinde azalma, hücre duvarı genişlemesinin baskılanması, klorofil sentezini etkileyerek beslenmenin azalması, lignin ve suberin içeriğinin azalması ile karşılaşılabilmektedir (Nable & ark., 1997; Donghua & ark., 2000; Reid, 2007).

Yapılan bazı çalışmalarda bor tuz stresinin olumsuz etkisinin hafifletilmesinde kullanıldığına yönelik bazı farklı türlerde çalışmalar yer almaktadır (Reda & ark., 2014; Doğru & Bildiren, 2020; Bilir Ekbiç & İlhan, 2023; Akden & ark., 2024) ve molibdenin (Bouzid & Rahmoune, 2012; Zhang & ark., 2014; Babenko & ark., 2015; Salha & Chaabane, 2016; Batyrshina & ark., 2018; Baddour & Shehata, 2024 . Yapılan bu çalışmada ise tuz stresinin bazı asma anaçlarına olan olumsuz etkisinin hafifletilmesinde bor ve molibden içeren gübre kombinasyonunun etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bağcılıkta kurak koşullara adaptasyonu yüksek ve kuvvetli gelişen 140 Ru ve nematoda dayanımı yüksek ve kuvvetli geliştiği bilinen Ramsey asma anaçlarının çelikleri deneme materyali olarak kullanılmıştır. Odunsu çelikler budama zamanında Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Deneme aşamasına kadar +4 C°'de ki soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Denemede

odunsu çelikler 2 gözlü ve dip gözleri köreltilerek dikime hazır hale getirilmiştir. Dikime hazır hale getirilen çeliklerin dikimi içinde tarım perliti bulunan dikim tavasında gerçekleştirilmiştir. Çeliklerin dikiminden sonra bitkiler Eichhorn & Lorenz (1977)'in belirttiği asma gelişim aşamalarından 13. aşamaya gelene kadar tarla kapasitesinde sulama yapılmıştır. Sulama için tuzsuz su skalasındaki yer alan su kullanılmıştır. Denemede tuz uygulaması yapılırken asma için verim ve kaliteyi azalttığı bilinen 5120 ppm (8 ds/m) değeri dikkate alınmıştır (Neja & ark., 1978; Kök, 2012; Bilir Ekbiç & ark., 2020). Tuz çeliklere 8 hafta süresince 1 hafta tuzlu ve takip eden hafta tuzsuz olacak şekilde düzenlenmiştir. Bor-Molibden uygulaması bitkilere 250 mg/100L dozunda verilmiştir. Gübre olarak bor (%3 suda çözünür) ve molibden içeren (%5 suda çözünür) ürünü (Agri-Mobo Plus) kullanılmıştır. Uygulama yapraklara püskürtme şeklinde verilmiş olup gübrenin yaprakta uzun süre muhafaza edilip emiliminin tam sağlanıp yayılımının artırılması amacı ile çözelti içerisine 1-2 damla Tween-20 (Merck, CAS 9005-64-5) damlatılmıştır.

Deneme sonrasında bitkilerde tuzlu koşullarda bor+molibdenin etkinliğinin belirlenmesi amacıyla sürgünün orta kısmından dijital kumpasla sürgün çapı (mm) ve sürgün uzunluğu (cm) belirlenmiştir. Bitkilerin sürgün yaş ve kuru ağırlıkları ±0.001 g hassasiyetindeki terazide (Radwag WTB200) ölçülmüştür. Sürgün örnekleri etüvde (Memmert UN55) 65 C°' de 72 saat bekletilerek sürgün kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Sürgünlerde boğum ve yaprak sayıları 'adet' olarak belirlenirken yaprak alanının tespiti için örnek alınan yapraklar tarandıktan sonra 'Digimizer 4.0' programı ile cm^2 cinsinden hesaplama gerçekleştirilmiştir. Uygulamaların

köklere etkisinin belirlenmesi amacıyla kök uzunluğu ‘cm’, kök sayısı ‘adet’ cinsinden belirlenmiştir. Kök yaş ve kök kuru ağırlıkları ±0.001 g hassasiyetindeki terazide (Radwag WTB200) ölçülmüştür. Kök kuru ağırlıkları elde edilirken sürgün kuru ağırlığında uygulanan yöntem kullanılmıştır. Sürgün ve kök tolerans oranları (STO, KTO) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

TO: Tx/To, Tx: Belli konsantrasyonda NaCl uygulanmış bitkilerin sürgün-kök kuru ağırlıkları (g), To: NaCl uygulanmamış (kontrol) bitkilerin sürgün-kök kuru ağırlıkları (g).

Sürgünlerin orta yapraklarından alınan 0.3 gramlık yaprak örnekleri eşit şekilde kesilmiştir. Parçalanan yapraklar içinde 15 ml saf su bulunan cam deney tüplerine aktarılmıştır. Bu uygulamayı takiben örnekler yörüngesel çalkalayıcıda (Biosan PSU-10i) 24 saat boyunca 100 rpm hızda çalkalanmıştır. Çalkalama işlemi bittikten sonra EC metre (HANNA HI 99300) yardımı ile ölçülen değer, EC_1 olarak belirlenmiştir. Daha sonra aynı örnekler oda sıcaklığında 1 gün bekletilerek, EC_2 değeri tespit edilmiştir. Sonrasında iyon akışının belirlenmesi için EC_1/EC_2 x 100 formülünden yararlanılmıştır (Özden & ark., 2009). Bitkilerin klorofil içeriği SPAD-metre (SPAD-502) ile belirlenmiştir. Bitkilerden alınan yaprak örnekleri 6 saat saf suda bekletildikten sonra hassas terazi yardımıyla yaprak turgor ağırlığı tespit edilmiştir. Yaprak oransal su kapsamı için bitkilerden alınan yaprak örneklerinin yaş, kuru ve turgor ağırlıklarından yararlanılmıştır. Yaprak kuru örneğinin elde edilmesi için yaprak örnekleri etüvde (Memmert UN55) 65 C°’de 24 saat bekletilmiştir. Ölçümler yapıldıktan sonra aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

(YOSK) (%): [(YA- KA) ÷ (TA - KA) x 100], YA: Yaprak yaş ağırlığı, KA: Yaprak kuru ağırlığı, TA: Yaprak turgor ağırlığı

Zararlanma derecesi için Barroso ve Alvarez (1997)'in çilek bitkisi için oluşturduğu skaladan yararlanılmıştır. Bu skalaya göre tuzdan etkilenmeyen bitkiler '0 derece', yaprak uçlarındaki hafif kuruma ve nekroza sahip bitkiler '1 derece', yaprağın %50'sinden fazlasında zarar görülmüş ise '2 derece' ve bitkinin ölümüne sebep olan nekrozlar ise '3 derece' olarak belirtilmiştir.

Bulgular

Sürgün Gelişim Bulguları

B+Mo gübresinin tuzlu koşullarda 140 Ru ve Ramsey asma anacı çeliklerinde sürgün gelişimine olan etkisi Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Çalışmada incelemeye alınan sürgün gelişim özelliklerinden klorofil içeriği dışındaki tüm özellik değerlerinin Ramsey anacında 140 Ru anacına göre daha yüksek belirlendiği ve bu farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Sürgün çapı bakımından uygulamaların etkisi önemli olmayıp anaç ve uygulama interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İnteraksiyon bulgularına göre yüksek sürgün çapları, Ramsey anacının 2.50 mm ve 2.47 mm değerleriyle sırasıyla kontrol ve B+Mo uygulamalarından elde edilmiştir. 140 Ru anacının B+Mo uygulamasına olan tepkisi çok belirgin bulunmamış olup kontrol uygulamasıyla aynı istatistiki grup içinde yer almıştır. Çalışmanın sürgün uzunluğu bulgularına göre uygulamaların belirgin etkisi olmamış ancak anaçx(B+Mo) interaksiyonu önemli bulunmuştur. İnteraksiyon sonuçlarına göre en yüksek sürgün uzunluğu değerlerinin Ramsey anacında saptandığı, her iki anaçta da gübre

uygulamasıyla sürgün uzunluğunda bir miktar uzama elde edildiği ancak yine de aynı istatistiki grup içinde yer aldığı gözlenmiştir. Sürgün yaş ve kuru ağırlığı bulgularına göre interaksiyonun önemli olduğu ve yüksek değerlerin Ramsey anacının kontrol (2.96 g) ve B+Mo (3.36 g) uygulamalarından elde edildiği saptanmıştır. 140 Ru anacında da uygulamanın belirgin etkisi tespit edilememiştir. Sürgünlerin kuru ağırlığı incelendiğinde ise Ramsey anacının B+Mo uygulamasından 1.09 g ile en yüksek değeri gösterdiği belirlenmiştir. Bu uygulamayı sırasıyla 0.97 g değeriyle Ramsey anacının kontrol uygulaması, 0.24 g ile 140 Ru anacının kontrol uygulaması ve 0.14 g ile 140 Ru anacının B+Mo uygulaması izlemiştir. Boğum ve yaprak sayısı bakımından Ramsey anacının 140 Ru anacına göre daha olumlu sonuçlar gösterdiği belirlenmiş olup interaksiyon sonuçlarına göre daha yüksek boğum sayılarının Ramsey anacının kontrol ve B+Mo uygulamasından; en fazla yaprağın ise 7.33 adet ile Ramsey anacına B+Mo uygulamasından elde edildiği saptanmıştır. Yaprak alanı ve klorofil içeriği özelliklerinde B+Mo uygulaması kontrole göre belirgin etki göstermiş olup diğer özelliklerde gözlendiği gibi tuzlu koşullarda Ramsey anacının 140 Ru anacına göre tuzlu koşullarda gübre uygulamasına tepkisinin daha olumlu olduğu belirlenmiştir. Yaprak alanı bakımından interaksiyon bulguları değerlendirildiğinde en yüksek yaprak alanı değerinin 36.03 cm^2 ile Ramsey anacının B+Mo uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. En küçük yapraklar ise aynı istatistiki grup içinde yer alan 140 Ru anacının kontrol ve B+Mo uygulamasından elde edilmiştir. Klorofil içeriği bakımından B+Mo uygulamasının etkili olduğu belirlenmiş olup bu etki interaksiyon sonuçlarında da kendini göstermiştir. İnteraksiyon

bulgularına göre en yüksek klorofil içeriği 21.06 mgg^{-1} değeri ile 140 Ru anacına B+Mo uygulamasından elde edilmiştir. Diğer tüm uygulamalar ise aynı istatistiki grup içinde yer alarak bu uygulamayı takip etmiştir. Bu çalışmada tuzlu koşullarda B+Mo uygulamalarının sürgün gelişimi üzerine etkisi Ramsey anacında 140 Ru anacına göre daha belirgin bulunmuştur. Elde edilen farklılık interaksiyon verilerine göre anlamlı bulunmasına karşın çok büyük sürgün gelişimini de sağlamadığı belirlenmiştir.

Tablo 1. Tuzlu koşullarda Ramsey ve 140 Ru anaçlarında B+Mo uygulamasının sürgün gelişim parametrelerine etkisi

Anaç	*SÇ*	*SU*	SYA	*SKA*
Ramsey	2.48 a	14.86 a	3.16 a	1.03 a
140 Ru	1.66 b	6.38 b	0.6 b	0.19 b
$LSD_{\%5}$	0.14	1.28	0.41	0.07
Uygulama				
Kontrol	2.13	11.09	1.83	0.612
B+Mo	2.01	10.16	1.93	0.621
$LSD_{\%5}$	Ö. D	Ö. D	Ö. D	Ö. D
Anaçx Uygulama				
RamseyxKontrol	2.50 a	14.01 a	2.96 a	0.97 b
Ramseyx(B+Mo)	2.47 a	15.72 a	3.36 a	1.09 a
140 RuxKontrol	1.76 c	6.31 b	0.69 b	0.24 c
140 Rux(B+Mo)	1.53 c	6.46 b	0.51 b	0.14 d
$LSD_{\%5}$	0.19	1.82	0.58	0.010

SÇ: Sürgün çapı, SU: Sürgün uzunluğu, SYA: Sürgün yaş ağırlığı, SKA: Sürgün kuru ağırlığı

Tablo 2. Tuzlu koşullarda Ramsey ve 140 Ru anaçlarında B+Mo uygulamasının sürgün gelişim parametrelerine etkisi

Anaç	*BS*	YS	YA	*Kİ*
Ramsey	8.00 a	7.16 a	29.06 a	18.28
140 Ru	5.33 b	5.50 b	15.16 b	19.28
$LSD_{\%5}$	1.01	0.76	3.53	Ö. D
Uygulama				
Kontrol	6.83	6.50	18.76 b	17.91 b
B+Mo	6.50	6.16	25.46 a	19.65 a
$LSD_{\%5}$	Ö. D	Ö. D	3.53	1.41
Anaçx Uygulama				
RamseyxKontrol	8.00 a	7.00 ab	22.10 b	18.33 b
Ramseyx(B+Mo)	8.00 a	7.33 a	36.03 a	18.23 b
140 RuxKontrol	5.66 b	6.00 bc	15.43 c	17.50 b
140 Rux(B+Mo)	5.00 b	5.00 c	14.90 c	21.06 a
$LSD_{\%5}$	1.43	1.08	5.00	1.99

BS: Boğum sayısı, YS: Yaprak sayısı, YA: Yaprak alanı, Kİ: Klorofil içeriği

Kök Gelişim Bulguları

Tuzlu koşullarda B+Mo uygulamasının Ramsey ve 140 Ru anacı çeliklerinde kök gelişim parametreleri üzerine etkisi Tablo 3'te gösterilmiştir. Kök sayısı özelliğinin genel ortalama sonuçlarına göre anaçların ve anaç x uygulama interaksiyonunun etkisinin önemli olduğu uygulamaların ise istatistiki olarak etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Anaç genel ortalamasına göre 8 adet kök sayısı ile Ramsey anacının daha çok kök bulundurduğu belirlenmiştir. İnteraksiyon bulgularına göre en fazla kök sayısı 8 adet ile Ramsey anacının kontrol ve B+Mo uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Kök uzunluğu genel ortalamalarına göre Ramsey anacı 16.83 cm ile 140 Ru anacına göre ve 15.72 cm ile B+Mo uygulamasının ise kontrol uygulamasına göre daha uzun

kökler oluşturduğu belirlenmiştir. İnteraksiyon bulgularına göre en uzun kökler 18.62 cm ile Ramsey anacına B+Mo uygulamasından elde edilmiştir. Diğer özelliklerde gözlendiği gibi kök uzunluğu bakımından da en kısa kökler aynı istatistiki grup içinde yer alan 140 Ru anacının her iki uygulamasından elde edilmiştir. Kök yaş ve kuru ağırlığı da birbirine benzer sonuçlar göstermiştir. Her iki özellik içinde Ramsey anacı değerleri daha yüksek bulunmuş olup interaksiyona göre Ramsey anacına B+Mo uygulamasıyla sırasıyla 2.33 g ve 0.40 g ile en yüksek kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı değerleri elde edilmiştir.

Tablo 3. Tuzlu koşullarda Ramsey ve 140 Ru anaçlarında B+Mo uygulamasının kök gelişim parametrelerine etkisi

Anaç	*KS*	KU	KYA	KKA
Ramsey	8.00 a	16.83 a	2.13 a	0.38 a
140 Ru	4.16 b	12.65 b	1.08 b	0.23 b
$LSD_{\%5}$	0.76	1.35	0.13	0.09
Uygulama				
B+Mo				
Kontrol	6.00	13.76 b	1.50 b	0.31
Gübre^{+}	6.16	15.72 a	1.71 a	0.31
$LSD_{\%5}$	Ö. D	1.35	0.13	Ö. D
Anaç x Uygulama				
Ramsey x Kontrol	8.00 a	15.05 b	1.93 b	0.37 ab
Ramsey x (B+Mo)	8.00 a	18.62 a	2.33 a	0.40 a
140 Ru x Kontrol	4.00 b	12.47 c	1.07 c	0.24 bc
140 Ru x (B+Mo)	4.33 b	12.82 c	1.09 c	0.23 c
$LSD_{\%5}$	1.08	1.91	0.19	0.13

KS: Kök sayısı, KU: Kök uzunluğu, KYA: Kök yaş ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı,

Fizyolojik Parametre Bulguları

Tuzlu koşullarda B+Mo uygulamasının Ramsey ve 140 Ru anacı çeliklerinde fizyolojik parametreleri üzerine etkisi Tablo 4'de gösterilmiştir. Fizyolojik parametrelerden olan iyon akışı üzerine tuzlu koşullarda B+Mo uygulamasının etkisi anaç ve anaçxuygulama bakımından istatistiki anlamda önemli bulunmuştur. Anaç genel ortalamasına göre 140 Ru anacında iyon akışı değeri % 81.10 değeri ile Ramsey anacına göre daha yüksek belirlenmiştir. Anaç x uygulama interaksiyonu bakımından da 140 Ru anacının kontrol (% 86) ve B+Mo uygulamasında (% 76.20) Ramsey anacına göre daha yüksek iyon akışı değerleri belirlenmiş olup bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada her iki anaç üzerine B+Mo uygulamasının sürgün ve kök tolerans oranları üzerine bir miktar olumlu farklılık belirlenmiş ancak bu farklılık istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Yaprak oransal su kapsamı bakımından anaç ve anaçxuygulama önemli bulunmuştur. Bu özellik bakımından anaç genel ortalama bulgusuna göre 140 Ru anacının yaprak oransal su kapsamı % 83.23 değeriyle Ramsey anacına göre daha yüksek belirlenmiştir. İnteraksiyon bakımından ise en yüksek yaprak oransal su kapsamı % 86.56 değeriyle 140 Ru anacının kontrol uygulamasında saptanmış olup bu uygulamayı %79.90 değeriyle aynı anacın B+Mo uygulaması izlemiştir. Zararlanma derecesi bakımından uygulamanın genel etkisi önemli bulunmazken anaç ve anaçxuygulama interaksiyonunun belirgin etkisi saptanmıştır. Bu açıdan en belirgin etkinin 140 Ru anacında tespit edildiği gözlenmiştir. İnteraksiyon verilerine göre en yüksek zararlanma 140 Ru anacının kontrol uygulamasında belirlenirken en

düşük zararlanma ise Ramsey anacının kontrol uygulamasında saptanmıştır.

Tablo 4. Tuzlu koşullarda Ramsey ve 140 Ru anaçlarında B+Mo uygulamasının fizyolojik parametreler üzerine etkisi

Anaç	*İA*	*STO*	KTO	YOSK	ZD
Ramsey	47.26 b	1.05	1.02	75.38 b	0.90
140 Ru	81.10 a	0.99	0.96	83.23 a	1.30
$LSD_{\%5}$	10.37	Ö. D	Ö. D	7.56	0.17
Uygulama					
Kontrol	66.71	1.00	1.00	82.81 a	1.08
B+Mo	61.65	1.05	0.99	75.80 a	1.13
$LSD_{\%5}$	Ö. D	Ö. D	Ö. D	Ö. D	Ö. D
Anaç x Uygulama					
Ramsey x Kontrol	47.43 b	1.00	1.00	79.09 ab	0.70 c
Ramsey x(B+Mo)	47.10 b	1.10	1.05	71.70 b	1.10 b
140 Ru x Kontrol	86.00 a	1.00	1.00	86.56 a	1.47 a
140 Ru x(B+Mo)	76.20 a	0.99	0.93	79.90 ab	1.17 b
$LSD_{\%5}$	14.67	Ö. D	Ö. D	10.70	0.24

İA: İyon akışı, STO: Sürgün tolerans oranı, KTO: Kök tolerans oranı, YOSK: Yaprak oransal su kapsamı, ZD: Zarar derecesi

Tartışma

Bitkilerde şeker taşınımı, hücre duvarı yapısının oluşturulması, karbonhidrat, RNA, Indol asetik asit ve fenol metabolizmalarının oluşturulması, solunum ile biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde bor elementinin önemli etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Lukaszewski & Blevins, 1996). Bitki metabolizmasında gerekli olduğu bilinen borun optimum ile toksisiteye neden olan dozları birbirine oldukça yakınlık gösterebilmektedir. Çalışmada bor ile kullanılan molibden (Mo) ise bitkilerin azot metabolizmasında rol

oynayan nitrat redüktaz ve nitrojenazın bir bileşeni olup bitkilerde fosfor ve kükürt metabolizmasında da etkilidir (Mulder 1948; Mendel & Hansch 2002; Liu & ark., 2010). Bitkilerin tuzluluğa olan toleransı yapısındaki Na^+ birikimini sınırlamasına ve sitozoldeki K^+ konsantrasyonunu muhafaza edebilmesine bağlıdır. Bu şekilde sağlanan yüksek K^+/Na^+ oranı tuz toleransının temel belirleyicisi olarak belirtilmektedir (Cuin & Shabala, 2007; Munns & Tester 2008). Mo uygulanması, stres koşulları altında ABA'nın biyosentezini olumlu etkilemekte ve ABA aracılığıyla GhNHX1 geninin ifade seviyesinin düzenleyerek $Na^{+'}$nın bitkiden atılmasını sağladığı belirtilmektedir (Xiong & ark. 2001; Sun & ark. 2009). Her iki mikro elementin de K/Na oranını bitki için uygun hale getirdiği ve bitkilerin fotosentez oranı ve ürünü üzerine etki ederek bitkilerin soğuk, tuzluluk ve kuraklık gibi çevresel streslere dayanımında olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Zakhurul & ark., 2000; Zhang ve ark., 2012).

Çalışmada tuz uygulaması yapılan kontrol bitkilerinde gözlenen sürgün gelişimindeki azalma tuz stresinin olumsuz etkisinden kaynaklanmakta olup farklı araştırmacıların asmada yürüttükleri çalışmalarda da benzer sonuçlar bildirilmiştir (Çetin & ark., 2011; Demirtaş, 2018; Bilir Ekbiç & ark., 2021; Bilir Ekbiç & ark., 2022). Çalışmada tuzlu koşullarda bor ve molibdenin birlikte uygulanmasıyla elde edilen sürgün gelişimindeki bir miktar iyileşme Sotiropoulos & ark. (2005)'nın kivide ve Neocleous ve Vasilakis (2008)'in ahududu bitkisi üzerinde bor uygulandığı çalışmalarda da tespit edilmiştir. Ersöz (2009), 1616 C anacında tuzlu koşullarda borun olumlu etkisini bildirmiş olup 5 BB, 41 B, 99 R, 110 R ve 1103 P anaçlarında ise bor uygulamasıyla sürgün kuru ağırlığında

azalma belirlemiştir. Akden & ark. (2024)'nın kokulu üzümün tuzluluğa olan dayanımı üzerine bor uygulamalarının etkisinin denendiği araştırmada da 0.5 ve 1 mM borik asit dozlarının sürgün gelişimi üzerine olumlu katkısının olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada kök gelişim özellikleri her iki anaç için de bor ve molibden uygulamasıyla olumlu etkilenmiştir. Molibden, nitrat reduktaz enzimiyle nitrik oksit miktarını etkileyerek ana kök, yan kök, kök tüyü ve kılcal kök gelişimini olumlu etkilediği belirtilmektedir (Correa-Aragunde & ark., 2006; Liao & ark., 2012; Sun & ark., 2015; Sun & ark., 2016). Molibden uygulamasıyla elde edilen kök gelişiminde ki iyileşme sayesinde bitki besin maddelerinin alımı ve tuzluluktan kaynaklı su eksikliğinin giderilmesi sağlanabilmekte ve bu sayede bitkinin tuz stresine tolerans gösterdiği gözlenmektedir. Molibden uygulamasıyla bitkilerin çevresel streslere olan toleranslarındaki artış bazı araştırıcılar tarafından da bildirilmiştir (Sun & ark., 2015).

Sonuç ve Öneriler

Tuzluluk, bitkilerin büyümesi, gelişimi ve verimi üzerine olumsuz etkisi bulunan kuraklık stresinden sonra ikinci derecede önemli çevresel stres faktörüdür. Tuzluluk bağ alanlarının çoğunu etkilemekte olup insan ve iklim değişikliği nedenleriyle de etkisi giderek artış göstermektedir. Tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerin tuz stresine olan dayanımlarının artırılması bu açıdan büyük önem taşımaktadır. Dünya gıda ihtiyacının karşılanması amacıyla yürütülen yoğun tarımla beraber özellikle bitkilerde mikro element eksikliklerinde ise belirgin artışın olduğu dikkat çekmektedir. Bu çalışmada tuz stresi koşullarının bitkilerin gelişimi, verimi ve kalite parametreleri üzerine olan olumsuz etkisinin hafifletilmesinde bazı

çalışmalarda da önerilen bor ve molibden elementleri bir arada kullanılmıştır. Denemede kullanılan iki anaç içinde bor ve molibden uygulamasının sürgün ve kök gelişimi ile tuz stresine dayanım bakımından incelenen fizyolojik karakterler üzerine belli bir miktar etkisinin bulunduğu saptanmıştır. İleriye yönelik olarak daha geniş çeşit-anaç kombinasyonları ve farklı gübre dozlarıyla çalışmanın genişletilmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

Akden, S., Bilir Ekbic, H. & İlhan, M. (2024). Effect of Boric Acid in In Vitro Conditions on the Salt Tolerance of Fox Grapes (Vitis Labrusca L.). *Applied Fruit Science,* 66:1891–1898. Doi: 10.1007/s10341-024-01182-w.

Arnon, D. I. & Stout, P. R. (1939). Molybdenum as an essential element for higher plants. *Plant physiology, 14*(3), 599.

Babenko, O. N., Brychkova, G., Sagi, M., & Alikulov, Z. A. (2015). Molybdenum application enhances adaptation of crested wheatgrass to salinity stress. *Acta physiologiae plantarum*, *37*, 1-13. Doi: 10.1007/s11738-014-1757-8

Baddour, A. G., & Shehata, A. G. (2024). Response of Soybean to Gypsum and Compost as Diluents of Salt Stress under Using Cobalt and Molybdenum. *Egyptian Journal of Soil Science*, *64*(1), 299-311.

Barroso, M. M., & Alvarez, C. E. (1997). Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. *Scientia horticulturae*, *71*(3-4), 177-188.

Batyrshina, Z., Yergaliyev, T. M., Nurbekova, Z., Moldakimova, N. A., Masalimov, Z. K., Sagi, M., & Omarov, R. T. (2018). Differential influence of molybdenum and tungsten on the growth of barley seedlings and the activity of aldehyde oxidase under salinity. *Journal of plant physiology*, *228*, 189-196. Doi: /10.1016/j.jplph.2018.06.009

Benjak, A., Ercisli, S., Vokurka, A., Maletic, E. & Pejic, I. (2005). Genetic relationships among grapevine cultivars native to Croatia, Greece and Turkey. *Vitis, 44*(2), 73-77.

Bilir Ekbiç H., Akbulut, Ş. & Özenç, D. B. (2022). Tuzlu koşullarda yetiştirilen 41b Amerikan asma anacı çeliklerinin gelişimi üzerine fındık zurufu ve çay atığı kompostu karışımlarının etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, *11*(1), 1-8. Doi: 10.29278/azd.953887

Bilir Ekbiç H., Uyar, H. & Erdem, H. (2021). Salinity tolerance of commonly grown grape cultivars. *Fresenius Environ Bull 30*(4):3335–3342.

Bilir Ekbiç, H. & İlhan, M. (2023). Bağcılık Çalışmaları: Geleneksel ve Modern Yaklaşımlar, Bölüm 3: In vitro tuz stresi altındaki ramsey asma anacı üzerine farklı borik asit dozlarının etkisi.

Bilir Ekbiç, H. & İlhan, M. (2024a). Effect of different salicylic acid doses on Kober 5 BB grapevine rootstock in vitro drought stress conditions. *Applied Fruit Science*, *66*(2), 649-656. Doi: /10.1007/s10341-023-00997-3

Bilir Ekbiç, H. & İlhan, M. (2024b). Farklı Asma Anaçlarının Tuz Stresine Dayanımları Üzerine Solucan Gübresinin Etkisinin Belirlenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *39*(1), 56-67. Doi: /10.36846/CJAFS.2024.133

Bilir Ekbiç, H. (2017). Effects of different salicylic acid doses on salt tolerance of American vine rootstocks. Bangladesh Journal of Botany. 46(2):639-645.

Bilir Ekbiç, H., Ozcan, N. & Erdem, H. (2020). Impacts of salicylic acid treatments on salt resistance of some American grapevine rootstocks. *Fresenius Environmental Bulletin., 20*(2): 685-692.

Bouzid, S. & Rahmoune, C. (2012). Enhancement of saline water for irrigation of Phaseolus vulgaris L. species in presence of molybdenum. *Procedia Engineering*, *33*, 168-173.

Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z. & Zhao, F. (2012). Function of nutrients: micronutrients. In *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (pp. 191-248). Akademik baskı. Doi: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00007-8

Camacho-Cristóbal, J. J., Rexach, J. & González-Fontes, A. (2008). Boron in plants: deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology, 50(*10), 1247-1255. Doi: 10.1111/j.1744-7909.2008.00742.x

Correa-Aragunde, N., Graziano, Magdalena., Chevalier, C. & Lamattina, L. (2006). Nitric oxide modulates the expression of cell cycle regulatory genes during lateral root formation in tomato. *Journal of Experimental Botany*, *57*(3): 581-588. Doi: 10.1093/jxb/erj045

Cuin, T. A., & Shabala, S. (2007). Compatible solutes reduce ROS-induced potassium efflux in Arabidopsis roots. *Plant, cell & environment*, *30*(7), 875-885.

Çetin, E., Toy, D., Adar, M. & Baydar, N. G. (2014). Tuz Stresinin in Vitro Koşullarda Bazı Amerikan Asma Anaçlarında Sürgün Gelişimi ve Prolin Miktarları Üzerine Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *15*(1), 1-7.

Dell, B., & Huang, L. (1997). Physiological response of plants to low boron. *Plant and soil*, *193*, 103-120.

Demirtaş, G. (2018). Bazı üzüm çeşitlerinin (Vitis vinifera L.) farklı konsantrasyonlardaki tuz stresine (NaCl) tolerans sınırlarının belirlenmesi. (Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Türkiye).

Doğru, A., & Bildiren, Ş. (2020). Tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde foliar bor uygulamalarının neden olduğu fizyolojik ve biyokimyasal değişimler. *Journal of Boron*, *5*(2), 100-107. Doi: 10.30728/boron.654920

Donghua, L., Jiang, W., Zhang, L. & Lufang, L. I. (2000). Effects of boron ions on root growth and cell division of broadbean (Vicia faba L.). *Israel Journal of Plant Sciences*, *48*(1), 47-51.

Dugger, W. M. (1983). Boron in plant metabolism. A. Läuchli, R.L. Bieleski (Ed.), *Encyclopedia of Plant Physiology. New Series. Volume 15 B. Inorganic Plant Nutrition* (626-650). Berlin: Springer-Verlag.

Eichhorn, K. W. & Lorenz, D. H. (1977). Phaenologische entwicklungsstadien der rebe. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, *29*.

El-Shintinawy, F. (2000). Structural and functional damage caused by boron deficiency in sunflower leaves. *Photosynthetica*, *36*, 565-573.

Ersöz, S. (2009). *Asma anaçlarında (Vitis sp.) bor ve tuz stresine tolerans mekanizmalarının stresle ilgili fizyolojik parametreler ve antioksidan enzimlerle belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Türkiye).

FAO (2018). The future of food and agriculture: alternative pathways to 2050. (10.10.2024, https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2c6bd7b4-181e-4117-a90d-32a1bda8b27c/content adresinden ulaşılmıştır).

Farooq, M., Wahid, A. & Siddique, K. H. (2012). Micronutrient application through seed treatments: a review. *Journal of soil science and plant nutrition*, *12*(1), 125-142.

Fisarakis, I., Chartzoulakis, K. & Stavrakas, D. (2001). Response of Sultana vines (V. vinifera L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agricultural water management*, *51*(1), 13-27. Doi: 10.1016/S0378-3774(01)00115-9

Fraguas, J. C. & Silva, U. J. (1998). Nutrition of grapevines in tropical regions. *tropical regions inform Agropccuiario*, *19*(194), 70-75.

Goldberg, S. (1997). Reactions of boron with soils. *Plant and soil*, *193*, 35-48.

Grieve, C. M., Grattan, S. R. & Maas, E. V. (2012). Plant salt tolerance. *ASCE manual and reports on engineering practice*, *71*, 405-459.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., & Bohnert, H. J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual review of plant biology*, *51*(1), 463-499.

He, Y., Zhu, Z., Yang, J., Ni, X. & Zhu, B. (2009). Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes

activity. *Environmental and Experimental Botany*, *66*(2), 270-278. Doi: 10.1016/j.envexpbot.2009.02.007

Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X., Zhang, T., & Pegion, P. (2012). On the increased frequency of Mediterranean drought. *Journal of climate*, *25*(6), 2146-2161. Doi: 10.1175/JCLI-D-11-00296.1

Horst, M. (1995). Mineral nutrition of higher plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, *17*, 393-393.

Huang, L., Ye, Z., Bell, R. W., & Dell, B. (2005). Boron nutrition and chilling tolerance of warm climate crop species. *Annals of botany*, *96*(5), 755-767. Doi: 10.1093/aob/mci228

Ismail, A. M. & Horie, T. (2017). Genomics, physiology, and molecular breeding approaches for improving salt tolerance. *Annual review of plant biology*, *68*(1), 405-434. Doi: /10.1146/annurev-arplant-042916-040936

Kastori, R., Plesničar, M., Panković, D., & Sakač, Z. (1995). Photosynthesis, chlorophyll fluorescence and soluble carbohydrates in sunflower leaves as affected by boron deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, *18*(9), 1751-1763. Doi: /10.1080/01904169509365021

Kök, D. (2012). Farklı salisilik asit dozlarının asma anaçlarının tuzluluğa dayanımı üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *9*(2), 32-40.

Liao W., Huang G., Yu J. & Zhang M. (2012). Nitric oxide and hydrogen peroxide alleviate drought stress in marigold explants and promote its adventitious root development. *Plant Physiology and Biochemistry, 58*: 6–15.

Lukaszewski, K. M. & Blevins, D. G. (1996). Root growth inhibition in boron-deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. *Plant physiology*, *112*(3), 1135-1140.

Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Akademik Baskı.

Mehanna, H. T., Fayed, T. A. & Rashedy, A. A. (2010). Response of two grapevine rootstocks to some salt tolerance treatments under saline water conditions. *J. Hort. Sci. & Ornamen. Plants*, *2*(2), 93-106.

Mendel, R. R. & Bittner, F. (2006). Cell biology of molybdenum. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, *1763*(7), 621-635. Doi: /10.1016/j.bbamcr.2006.03.013

Mohammadkhani, N., Heidari, R., Abbaspour, N. & Rahmani, F. (2014). Evaluation of salinity effects on ionic balance and compatible solute contents in nine grape (Vitis L.) genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, *37*(11), 1817-1836. Doi: /10.1080/01904167.2014.911886

Moussa, M. G., Sun, X., Ismael, M. A., Elyamine, A. M., Rana, M. S., Syaifudin, M. & Hu, C. (2022). Molybdenum-induced effects on grain yield, macro–micro-nutrient uptake, and allocation in Mo-inefficient winter wheat. *Journal of Plant Growth Regulation*, *41*(4), 1516-1531.

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, *59*(1), 651-681.

Nable, R.O., Bañuelos, G.S. & Paul J.G. (1997). Boron toxicity. *Plant and Soil,* 193, 181-198.

Nawaz, M. F., Gul, S., Tanvir, M. A., Akhtar, J., Chaudary, S. & Ahmad, I. (2016). Influence of NaCl-salinity on Pb-uptake behavior and growth of River Red gum tree (Eucalyptus camaldulensis Dehnh.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *40*(3), 425-432.

Neja, R. A., Ayers, R. S. & Kasimatis, A. N. (1978). *Salinity appraisal of soil and water for successful production of grapes*. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California.

Neocleous, D., & Vasilakakis, M. (2008). Effects of boron and salinity on red raspberry in vitro. *International journal of fruit science*, *8*(3), 216-225. Doi: /10.1080/15538360802529807

OIV (2022). Statistical report on world vitiviniculture. (30.09.2024, https://www.oiv.int/what-we-do/global-report?oiv adresinden ulaşılmıştır).

Ondrasek, G. (2019). Irrigation in Agroecosystems; IntechOpen: London, UK.

Ondrasek, G., Rengel, Z., Petosic, D. & Filipovic, V. (2014). Land and water management strategies for the improvement of crop production. In *Emerging technologies and management of crop stress tolerance* (pp. 291-313). Akademik baskı.

O'Neill, M. A., Ishii, T., Albersheim, P. & Darvill, A. G. (2004). Rhamnogalacturonan II: structure and function of a borate

cross-linked cell wall pectic polysaccharide. *Annu. Rev. Plant Biol.*, *55*(1), 109-139.

Özden, M., Demirel, U. & Kahraman, A. (2009). Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (Vitis vinifera L.) exposed to oxidative stress by H2O2. *Scientia Horticulturae*, *119*(2), 163-168. Doi: /10.1016/j.scienta.2008.07.031

Paranychianakis, N. V. & Angelakis, A. N. (2008). The effect of water stress and rootstock on the development of leaf injuries in grapevines irrigated with saline effluent. *Agricultural water management*, *95*(4), 375-382. Doi: /10.1016/j.agwat.2007.10.019

Parida, A. K. & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, *60*(3), 324-349. Doi: /10.1016/j.ecoenv.2004.06.010

Reda, F., Abdelhamid, MT ve El-Lethy, SR (2014). Vicia faba L.'nin tuzluluk stresine karşı toleransını iyileştirmede Zn ve B'nin rolü. *Orta Doğu Tarım Dergisi* , *3* , 707-714.

Reid, R. (2007). Update on boron toxicity and tolerance in plants. *Advances in plant and animal boron nutrition*, *1*, 83-90.

Roessner, U., Patterson, J. H., Forbes, M. G., Fincher, G. B., Langridge, P. & Bacic, A. (2006). An investigation of boron toxicity in barley using metabolomics. *Plant physiology*, *142*(3), 1087-1101. Doi: 10.1104/pp.106.084053

Salha, B., & Chaabane, R. (2016). Effect of molybdenum and nitrogen on Phaseolus vulgaris L., Cicer arietinum L. and Lens

culinaris M. seedlings grown under salt stress. *International Journal of Biosciences*, *8*(6), 34-42.

Singh, S. K., Sharma, H. C., Goswami, A. M., Datta, S. P. & Singh, S. P. (2000). In vitro growth and leaf composition of grapevine cultivars as affected by sodium chloride. *Biologia plantarum*, *43*, 283-286.

Sotiropoulos, T. E., Therios, I. N. & Dimassi, K. N. (2005). Uptake of boron by kiwifruit plants under various levels of shading and salinity. *Journal of Plant Nutrition*, *27*(11), 1979-1989. Doi: /10.1081/PLN-200030091

Stangoulis, J. C., Reid, R. J., Brown, P. H. & Graham, R. D. (2001). Kinetic analysis of boron transport in Chara. *Planta*, *213*, 142-146.

Sun H., Bi Y., Tao J., Huang S., Hou M., Xue R., Liang, Z., Gu, P., Yoneyama, K., Xie, X., Shen, Q., Xu, G. & Zhang, Y. (2016). Strigolactones are required for nitric oxide to induce root elongation in response to nitrogen-and phosphate-deficiency in rice. *Plant Cell Environ. 39:* 1473–1484. Doi: 10.1111/pce.12709

Sun H., Jiao L., Song W., Tao J., Huang S., Si C., Hou, M., Xu, G. & Zhang, Y. (2015). Nitric oxide generated by nitrate reductase increases nitrogen uptake capacity by inducing lateral root formation and inorganic nitrogen uptake under partial nitrate nutrition in rice. *J. Exp. Bot. 66*: 2449–2459. 10.1093/jxb/erv030

Sun, X., Hu, C., Tan, Q., Liu, J. & Liu, H. (2009). Effects of molybdenum on expression of cold-responsive genes in abscisic acid (ABA)-dependent and ABA-independent pathways in winter wheat

under low-temperature stress. *Annals of Botany*, *104*(2), 345-356. Doi: 10.1093/aob/mcp133

Troncoso, A., Matte, C., Cantos, M. & Lavee, S. (1999). Evaluation of Salt Tolerance of in vitro Grown Grapevine Rootstock Varieties. *Vitis, 38*(2): 55-60.

Upreti, K. K., & Murti, G. S. R. (2010). Response of grape rootstocks to salinity: changes in root growth, polyamines and abscisic acid. *Biologia Plantarum*, *54*, 730-734.

Walker, R. R., Blackmore, D. H., Clingeleffer, P. R., & Correll, R. L. (2002). Rootstock effects on salt tolerance of irrigated field-grown grapevines (Vitis vinifera L. cv. Sultana).: 1. Yield and vigour inter-relationships. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *8*(1), 3-14.

Xiaohui, F., Kai, G., Ce, Y., Jinsong, L., Huanyu, C., & Xiaojing, L. (2019). Growth and fruit production of tomato grafted onto wolfberry (Lycium chinense) rootstock in saline soil. *Scientia Horticulturae*, *255*, 298-305. Doi: /10.1016/j.scienta.2019.05.028

Xiong, L., Ishitani, M., Lee, H. & Zhu, J.K. (2001). The Arabidopsis LOS5/ABA3 Locus Encodes a Molybdenum Cofactor Sulfurase and Modulates Cold Stress– and Osmotic Stress–Responsive Gene Expression. *The Plant Cell, 13*: 2063–2083.

Zakhurul, I., Vernichenko, I. V., Obukhovskaya, L. V., & Osipova, L. V. (2000). Influence of nitrogen, molybdenum, and zinc on the drought resistance of spring wheat. *Russian Agricultural Sciences*, *4*, 1-5.

Zarrouk, O., Costa, J. M., Francisco, R., Lopes, C., & Chaves, M. M. (2015). Drought and water management in Mediterranean vineyards. *Grapevine in a changing environment: a molecular and ecophysiological perspective*, 38-67. Doi: / 10.1002/9781118735985.ch3

Zhang, M., Hu, C., Sun, X., Zhao, X., Tan, Q., Zhang, Y. & Li, N. (2014). Molybdenum affects photosynthesis and ionic homeostasis of Chinese cabbage under salinity stress. *Communications in soil science and plant analysis*, *45*(20), 2660-2672. Doi: /doi/full/10.1080/00103624.2014.941855

Zhang, M., Hu, C., Zhao, X., Tan, Q., Sun, X., Cao, A., ... & Zhang, Y. (2012). Molybdenum improves antioxidant and osmotic-adjustment ability against salt stress in Chinese cabbage (Brassica campestris L. ssp. Pekinensis). *Plant and soil*, *355*, 375-383. Doi: 10.1007/s11104-011-1109-z

Zhang, X., Walker, R. R., Stevens, R. M., & Prior, L. D. (2002). Yield-salinity relationships of different grapevine (Vitis vinifera L.) scion-rootstock combinations. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *8*(3), 150-156.

Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual review of plant biology*, *53*(1), 247-273. Doi: 10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329

BÖLÜM IV

Maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.)'in *in Vitro* Kültüre Alınması Aşamasında Besin Ortamı İçerikleri ve Genotip Etkisi Üzerinde Çalışmalar

Evrim OKUTAN[1]
Ebru AKYÜZ ÇAĞDAŞ[2]
Mehmet POLAT[3]
Okan SARITOPRAK[4]
Hakan AKTAŞ[5]
Ş. Şebnem ELLİALTIOĞLU[6]

1.Giriş

Maviyemiş (*Vaccinium corymbosum*), kuzey yarımkürede yetiştiriciliği yaygınlaşmış olan üzümsü meyvelerden biridir ve çok yıllık yaprak döken çalıların *Ericaceae* ailesine aittir (Zhao & ark.,

[1] Zir. Müh., HAS BIOTECH Araştırma Geliştirme Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş., Antalya, ORCID:0009-0000-7996-5371, evrimokutan@gmail.com
[2] Dr., HAS BIOTECH Araştırma Geliştirme Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş., Antalya, ORCID:0000-0003-1630-807X, ebruakyuz88@gmail.com
[3] Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, ORCID:0000-0002-2415-4229, mehmetpolat@isparta.edu.tr
[4] Mol. Bio., HAS BIOTECH Araştırma Geliştirme Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş., Antalya, ORCID:0009-0005-8106-8799, okansaritoprak@topraktohum.com.tr
[5] Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Isparta, ORCID:0000-0001-8280-5758, hakanaktas@isparta.edu.tr
[6] Prof. Dr., DOQUTECH ACADEMY Ltd. Şti., Ankara Üniversitesi Teknokent, Gölbaşı-Ankara, ORCID:0000-0002-3851-466X, ellialti@agri.ankara.edu.tr

2011). Dünya'da başta ABD ve Kanada olmak üzere Peru, İspanya, İsveç, Polonya, Almanya, Litvanya, Hollanda ve Meksika gibi ülkelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir (FAO, 2023). Diğer meyve türleriyle karşılaştırıldığında maviyemiş yetiştiriciliğinin nispeten kısa sayılabilecek ve sadece yüz yıla yakın bir geçmişi vardır (Stribley & Read, 1976). Maviyemiş (likapa) besin değerleri açısından çok zengin, diyetlerde ihtiyaç duyulan mineral ve vitaminleri karşılayan, lezzetli ve albenisi yüksek bir üründür. Maviyemiş (*Vaccinium* sp.) türlerinde antioksidan aktiviteye sahip polifenollerin bolca bulunması ve mor rengi veren 'delfinidin' türevleri önemli antioksidanlardır (You & ark., 2011; Zheng & ark., 2015). Maviyemişte mavi-mor renk oluşumunu sağlayan antosiyaninlerden delfinidin'in yanı sıra malvidin, petunidin ve peonidin de insan sağlığı açısından güçlü savunma bileşikleridir (Pertuzatti & ark., 2016). Maviyemiş meyvelerindeki toplam polifenol içeriğinin yarısından fazlasını antosiyaninler oluşturmaktadır (Kuntz & ark., 2017). Anti kanserojen niteliği öne çıkan maviyemişin insanlar için en sağlıklı beş gıdadan biri olduğu bildirilmektedir (Li & ark., 2018). Bu nedenle maviyemiş, dünya çapındaki meyve yetiştiricileri tarafından artan bir ilgi ile yetiştirilen en umut verici ürünlerden biri olarak görülmektedir (Brazelton, 2013). Yetiştiriciliği her geçen gün artmakta olan maviyemiş üretimi dünyada 900 bin ton civarına yaklaşmış olup ABD, Kanada ve Peru, ilk üç sıradaki üretici ülkelerdir (Anonim, 2022a).

Türkiye'de Karadeniz bölgesinde kuvvetli asidik topraklarda doğal olarak yetişen maviyemiş türleri bulunmaktadır. *Vaccinium vitis-idea*, *V. uliginosum*, *V. arctostaphyllos* bunlardan bazılarıdır (Anonim, 2015). Maviyemiş Türkiye'de artan bir ilgi ve tüketimde

de artışa sahip olmakla birlikte ürünün önemli bir bölümü, başta Peru olmak üzere yurtdışından ithal edilen meyveler ile karşılanmaktadır. Sağlık açısından çok yararlı olan maviyemiş meyvesi birim alandan oldukça yüksek gelir getirebilmektedir. Ticareti yabancı çeşitlere ait fidanlarla yapılan maviyemişlerde günümüzde en önemli üretim Karadeniz Bölgesi'nde ve Rize ilinde yoğunlaşmıştır. Ancak farklı ekolojilere uyumlu çeşitlerin kullanımı ile Akdeniz ve Marmara gibi farklı bölgelerde de yetiştiriciliği yapılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte yabancı çeşitlere ait fidanların ülkemizde üretimi yoluyla ya da doğrudan ithal fidanlarla bahçe tesisi yapılmakta olsa da ihtiyacın karşılanmasında sorunlar mevcuttur. Türkiye'de 2019 yılı sonu itibariyle 1055 dekar alanda 443 ton maviyemiş üretilmiş olup bu değer 2022 yılında 6613 da alanda 4305 ton'a yükselmiştir (Anonim, 2022b). Bununla birlikte yerli üretimi sınırlı miktarda olduğundan ve yurt dışından ithalatı yapıldığından, halen pahalı ürünler grubunda görülmektedir.

Kültürü yapılan yabancı çeşitler yüksek boylu maviyemiş (*V. corymbosum*), alçak boylu maviyemiş (*V. angustifolium*) ve tavşangözü maviyemiş (*V. ashei*) türlerine ait olup yurtdışından ithal edilen çeşitlerin introdüksiyon çalışmalarının yapılmasının ardından üretimlerine geçilmektedir. Maviyemiş bitkisi çalı formunda ve çok yıllık bir bitkidir. Kışın yaprağını döken bu bitkinin ekonomik ömrü 35-40 yıl arasındadır. Anavatanı Amerika kıtası olan bu üç türün dışında pek çok *Vaccinium* türü Kuzey Amerika, Avrupa, Japonya ve Yeni Zelanda'da doğal olarak yetişmekte olup Antarktika ve Avustralya dışındaki kıtaların doğal bitkileridir (Vander Kloet, 1988; Ballington, 2001; Debnath, 2006). Ülkemizde Karadeniz Bölgesi'nde kuvvetli asidik topraklarda doğal olarak yetişen türleri

bulunmaktadır. *V. myrtillus* (Avrupa maviyemişi), yabani olarak yetişmekte ve ormanlık alanlarda bulunmaktadır (Nestby & ark., 2011). Karadeniz Bölgesi'nde yetişenler asidik topraklara adapte olmakla beraber, ülkemizde Kaz Dağları çevresinde bulunan *V. myrtillus* ekotiplerinin hafif alkali (pH 5.9 - 7.3) topraklarda yetiştiği ve yüksek pH'lara uyumlu oldukları görülmektedir (Bilgin & ark., 2020). Anadolu, *Vaccinium* türlerinin doğada bulunduğu bir coğrafya olduğu halde, günümüzde yurt dışından getirilen iri meyveli, ıslah edilmiş ve kaliteli ticari çeşitlere ait fidanların satıldığı, üretimin çoğunlukla anlaşmalı ve kontrol altında olduğu çeşitlerle yapıldığı, talebin karşılanamadığı ve ithalat yapılan bir alan olarak maviyemiş piyasasında, henüz ticari bir yerli maviyemiş çeşidi bulunmamaktadır.

Biyoteknolojik ıslah, geleneksel yöntemlerin yanında *in vitro* tekniklerin veya moleküler uygulamaların dahil edilmesiyle gerçekleştirilen entegre bir modern ıslah sürecini ifade etmek suretiyle son yıllarda literatüre girmiştir. Önceki on yıllarda sadece araştırma yapan kuruluş ve üniversitelerde uygulanan teknikler iken, günümüzde özel sektörde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede ıslah çalışmaları hız kazanmış, rekabet için kullanımları zorunlu hale gelmiştir. Meyve türlerinde 10-12 yıl civarında sonuç alınabilen ıslah çalışmaları mutasyon ve *in vitro* tekniklerin birlikte kullanımıyla yarıdan az bir sürede hedefe ulaşabilmektedir. Oluşacak genetik varyasyon, ıslah çalışmaları için önemli bir kaynak oluşturma potansiyeline sahiptir. Has Biotech Co. olarak maviyemiş ıslahında başlatılan proje kapsamında *in vitro* mutasyon ıslahı tekniğiyle genetik varyasyon oluşturmak, abiyotik faktörlerin yetiştiriciliği sınırlandırıcı etkilerine karşı dayanımı yüksek yeni

çeşitler geliştirmek en önemli hedeflerimiz arasında gelmektedir. Bu kapsamda öncelikle farklı genotipler için uygun *in vitro* çoğaltım sisteminin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, maviyemişin mikroçoğaltımı üzerinde planlanmış ve ilk kültüre alma aşamasının optimizasyonu konusuna odaklanmıştır.

Maviyemişin çoğaltımı için geleneksel yöntemler zaman alıcıdır ve seri üretimi ciddi şekilde engelleyen mevsimsel gelişme dönemleri ile sınırlıdır. Mikro çoğaltım homojen ve kitlesel üretimi için etkili bir sistem sağlar (Meiners & ark., 2007). Klasik yöntemlerle fidelerin yetiştirilmesiyle karşılaştırıldığında *in vitro* kültüre alma işlemi zamandan tasarruf sağladığı gibi bitkinin yetiştirildiği koşulların kontrol edilmesini mümkün kılar. Bilindiği gibi mikrobiyal patojenler, bitkilerin vejetatif çoğalması sırasında yeni çoğaltılan üretim materyaline aktarılabilme riski barındırır. Ayrıca geleneksel çoğaltma yöntemleri, çoğaltma katsayısı açısından da çok verimli değildir. Bu sınırlamalar; sağlıklı, patojen içermeyen bitkisel materyal kullanımı olanağı sağlayan *in vitro* teknikler kullanılarak aşılabilir (Tsao & ark., 2000; O'Herlihy & ark., 2003). Doku kültürüyle çoğaltım yöntemleri, ayrıca ihtiyaç duyulduğu durumlarda virüsten ari bitkilerin elde edilerek çoğaltılmasını sağlayan bir tekniktir (Ostrolucká & ark., 2004). Günümüzde *in vitro* çoğaltım sistemleri, birçok bitki türünde çok çeşitli alanlarda geniş bir kullanım alanına sahiptir (Kuo & ark., 2015; Zhang & ark., 2016).

Maviyemiş (blueberry) türünde vegetatif bitki çoğaltımı ve fidan gereksinimini karşılamak üzere en etkili çoğaltma sistemi doku kültürüyle mikroçoğaltımdır. Bu yolla bol miktarda ve hızla yeni bitkiler elde edilebildiğinden maviyemişte *in vitro* çoğaltım son 30

yılda önemli gelişme kaydetmiştir (Nickerson, 1978; Lyrene, 1980; Wolfe & ark., 1986; Fukui & ark., 1991; Isutsa & ark., 1994; Gonzalez & ark., 2000). Ayrıca geleneksel yöntemlerle çoğaltılmış bitkiler, doku kültürüyle çoğaltılmış maviyemiş bitkileri ile karşılaştırıldığında; *in vitro* yöntemlerle çoğaltılan bitkilerin daha fazla meyve üretim performansına sahip olduğu bulunmuştur (El-Shiekh & ark., 1996). Doku kültürü koşullarında köklenme kapasitesi de odun çeliklerine göre daha yüksek olmaktadır (Lyrene, 1981). *Vaccinium* maviyemişlerinin doku kültürü konusundaki ilk uygulamaları, büyüme düzenleyicileri eklemeden White'ın ortamında rizom parçaları yetiştirilmesiyle başlatılmıştır (Barker & Collins, 1963). Yüksek boylu ve yarı yüksek maviyemiş çeşitleri için doku kültürü ile mikroçoğaltım, yeni nesil uygulamalar da ilave edilerek günümüzde rutin olarak kullanılmaktadır (Zhao & ark., 2011; Akyüz Çağdaş, 2023). Maviyemişte mikroçoğaltım için test edilen yedi besin ortamı arasında en iyi sürgün gelişimi 'Bluecrop' çeşidinde Lloyd ve McCown'ın odunsu bitki ortamı (WPM) (Lloyd & McCown, 1980)'ndan elde edildiğinden beri (Wolfe & ark., 1983), çoğu araştırmacı maviyemiş mikro çoğaltımı için bazal ortam olarak WPM bileşimini kullanmıştır (Chandler & Draper, 1986; Fukui & ark., 1991; Reed & Abdelnour-Esquivel, 1991; Isutsa & ark., 1994; Gonzalez & ark., 2000). İlerleyen yıllarda da yine WPM ortam bileşiminin maviyemiş *in vitro* kültür yöntemiyle çoğaltılması için tercih edildiği, bu formülasyonun odunsu meyve türleri için geliştirilen dengeli ve *Vaccinium* türleri için elverişli bir bileşime sahip olduğu belirtilmektedir (Song & Sink, 2006; Litwińczuk &Wadas, 2008; Ružić & ark., 2012; Fan vd., 2017; Schuchovski, 2019; Georgieva & Kondakova, 2021). Debnath & Goyani (2020)

ve Correria & ark., (2023)'nin incelemeleri, mikroçoğaltım ve geleneksel çoğaltma yöntemlerini ve bunların *Vaccinium* türlerinde morfolojik farklılaşma üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için kritik bilgiler sunmaktadır. Buna göre maviyemişe ait *in vitro* çoğaltım çalışmalarında kullanılan temel besin ortamlarının WPM (Woody Plant Medium; Lloyd & McCown, 1980), MSM (Murashige ve Skoog Medium; Murashige & Skoog, 1962), MBM-C (Modified Basal Medium for Cranberry (Debnath, 2001) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yarı kuvvette WPM ortamı ile yarı kuvvette MS ortamı ile bir arada kullanılması veya Anderson'ın Rhododendron ortamının (AN; Anderson, 1975) tercih edilmesi gibi alternatif yaklaşımlar da literatürde yer almaktadır (Zimmerman & Broome, 1980; Tetsumura & ark., 2008; Gajdošová & ark., 2009; Singh & ark., 2012; Fan & ark., 2017). Nitekim Türkiye'de daha önce *Vaccinium* doku kültürü konusunda yapılan çalışmalarda da AN, MS, WPM temel besin ortamlarının kullanıldığı görülmektedir (Yıldız, 2016; Cüce & Sökmen, 2017; Zalt & ark., 2024). Wang & ark. (2023)'nın WPM bileşimindeki NH_4NO_3 yerine $(NH_4)_2SO_4$ kullanması ve $Ca(NO_3)_2$ yanı sıra bir başka nitrat içeren bileşik olan KNO_3 ilave etmesiyle modifiye ettiği M-WPM ortamlarının maviyemiş *in vitro* gelişimi üzerinde çok daha etkili olduğu bulunmuştur.

DKW olarak kısaltılan Driver–Kuniyuki Juglans ortamı, 1984 yılında ceviz için geliştirilmiş ve cevizin *in vitro* kültüre alınmasında başarıyla kullanılmıştır (Driver & Kuniyuki, 1984). Bunun ardından birçok odunsu bitkinin doku kültürü ile çoğaltılmasında elverişli bulunmuştur. Mineral tuzlar bakımından oldukça zengin bir ortam olan DKW, K_2SO_4 içeriği ve NO_3 içeriğinin zengin oluşu ile dikkati çekmektedir. ½ WPM ve ½ DKW tuzlarını içeren ortam, aralarında

Vaccinium'un da bulunduğu *Actaea, Anemone, Arbutus, Betula, Fothergilla, Heuchera, Hydrangea, Kalmia, Liquidambar, Nandina, Pieris, Rhododendron, Ribes, Syringa* odunsu türlerinde *in vitro* çoğaltım çalışmaları için kullanılmıştır (Caton, 2008). Bununla birlikte *V. corymbosum* doku kültüründe doğrudan temel besin ortamı olarak DKW kullanılan bir literatüre rastlanmamıştır. Li & ark. (2021), maviyemişin akrabası bir yabani tür olan *V. arboreum* türünün *in vitro* çoğaltım çalışmalarında DKW ortamı ile birlikte LP (Long ve Preece ortamı) ve WPM bileşimlerini kullanmışlardır.

Genotip, bitki doku kültürlerinde başarıyı etkileyen faktörler arasında ilk sırayı almaktadır. Kültüre alınan türlerin farklı genotipleri in vitro koşullarda farklı yanıtlar verebildiğinden, her çeşit için başlangıçta bir optimizasyon aşamasına ihtiyaç duyulabilmektedir (Kırbay & ark., 2023). Maviyemiş de, doku kültürü ile çoğaltım söz konusu olduğunda genotip bazında aynı koşullarda farklı sonuçlar verebilen bir türdür. Nitekim Reed & Abdelnour (1991), klonal germplazm kaynaklarına ait 22 tür ve 44 çeşit ile temsil edilen 96 *Vaccinium* bitkisinde *in vitro* çoğaltım çalışması ile uygun Zeatin dozunu belirlemek üzere yaptıkları çalışmada 96 bitkinin 89'unda %60'ın üzerinde başarı elde edildiğini, diğerlerinde ise çoğaltım çalışmalarına cevap alınamadığını bildirmişlerdir. Yavorska & ark. (2016) ise, farklı olgunlaşma dönemlerine sahip meyveleri olan beş maviyemiş çeşidinde *in vitro* çoğaltım yaptıkları çalışmalarında çeşitler bazında en iyi sonuç veren 2iP dozunun farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Akyüz Çağdaş (2024) da, O'Neal ve Misty maviyemiş çeşitlerinde yaptığı *in vitro* biyoreaktör ile çoğaltım

çalışmalarında O'Neal çeşidinde çoğaltım katsayısını 5.74, Misty çeşidinde 2.79 olarak bulmuştur.

Has Biotech Co. ıslah hedefi olan maviyemişte *in vitro* mutasyon ıslahı yöntemiyle abiyotik stres koşullarına toleransı yüksek yerli çeşit geliştirmek ve elit materyalden kısa süre içinde hızlı vegetatif çoğaltım yapmak amacıyla, iki farklı ticari yüksek boylu maviyemiş (high-bush blueberry) çeşidi Duke ve O'Neal'in doku kültürüyle çoğaltımında ilk gelişme aşamasının optimizasyonu üzerinde çalışılmıştır. WPM, OM, AN ve MS besin ortamlarından başka DKW ortamının da maviyemişin *in vitro* kültüre alınması aşamasında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

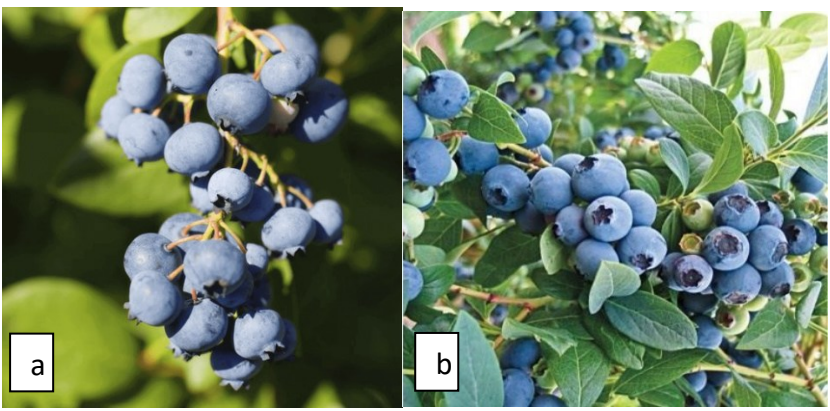
2. Materyal ve Yöntem

Maviyemişte *in vitro* mikroçoğaltım optimizasyonu çalışmaları, TÜBİTAK TEYDEB-7210364 numaralı proje kapsamında 2021-2023 yılları arasında Antalya'daki Has Biotech Araştırma Geliştirme Tarım Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ne ait doku kültürü laboratuvarı ve seralarında gerçekleştirilmiştir.

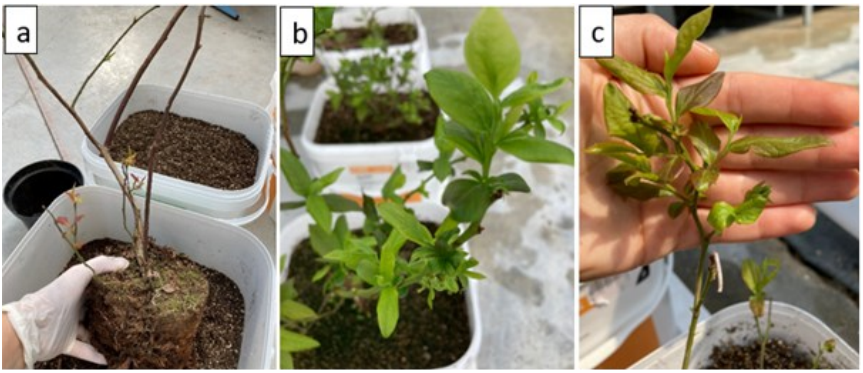
Maviyemiş bitkisel materyali olarak, çalışmanın farklı aşamalarında *Vaccinium corymbosum* L. Duke ve O'Neal çeşitleri kullanılmıştır. Duke maviyemiş çeşidi, kuzey çeşididir. Farklı iklim koşullarına adaptasyonu iyidir. İlkbaharda geç çiçeklenmesi ve ilkbahar geç donlarından daha az zarar görme özelliği sayesinde tercih edilmektedir. -15 ^{o}C'ye kadar (bazı kaynaklarda -29 ^{o}C) kış soğuklarına rahatlıkla dayanmaktadır. Orta irilikteki meyvesi soluk, açık mavi renkte, gevrek dokulu ve hafif mayhoş tatlıdır (Anonim, 2024a, b). O'Neal maviyemiş çeşidi, erkenci bir güney çeşidi olup soğuklama ihtiyacı 400 saattir. Meyveleri güney, sıcak bölgelerde

nisan sonu-mayıs ayında olgunlaşmaktadır. Koyu mavi, iri meyvelere sahiptir (Anonim, 2024c), (Şekil 1).

Maviyemiş fidanları temin edilerek işletme seralarında gölgelendirme altına yerleştirilmişlerdir. Bitkilerin hastalıklardan ve thrips, afid vb. zararlılardan ari bir ortamda yetiştirilmesi amacıyla, serada 40 mesh böcek tülü, sarı ve mavi yapışkan tuzak, kimyasal mücadele vs. gibi uygulamalar yapılmıştır. Projede kullanılacak *V. corymbosum* bitkileri saksılarda yetiştirilmiş olup, toprak pH'sının 4.5-5 arasında olmasına dikkat edilmiştir. EC:1.2, pH:7.01 olan sulama suyunun pH'sı 5.2'ye ayarlanarak saksı toprağının kurumamasına özen gösterilmiş, sulamaları yapılmıştır. Sulama suyu pH'sı nitrik asit ile pH metre kullanılarak ayarlanmıştır. Şekil 2'de serada yetiştirilen Duke maviyemiş bitkileri görülmektedir.



Şekil 1. Duke (a) ve O'Neal maviyemiş (blueberry) çeşitlerine ait meyve görüntüleri.



Şekil 2. Duke maviyemiş bitkilerinin Nisan ayında büyük saksılara aktarımı, b ve c. Gelişmekte olan fidanlar.

Bir yaşındaki genç dalların koltuklarında bulunan gözler, birer boğum olacak şekilde henüz sürmeden çalışma süresince ilkbaharda veya sonbaharda toplanarak kültüre alınmıştır. Birkaç aşama halinde yapılan denemelerin yapıldığı aylar ilgili kısımlarda belirtilmiştir. Çalışmanın ilk aşamaları Duke çeşidiyle yapılmış, III. deneme itibariyle O'Neal çeşidi de kullanılmaya başlanmıştır.

2.1. Genel Doku Kültürü Koşulları

Doku kültürü uygulamalarının tümü aseptik koşullar altında yapılmış, bunun için HEPA filtreli laminar flow kabin kullanılmıştır. Kullanılan bistüri bıçağı ve pensler önceden otoklavda steril edilmiş ve dikim işlemi sırasında da %96'lık etil alkole batırılıp cam boncuklu sterilizatör kullanılarak steril koşulların devamı sağlanmıştır. Besin ortamı olarak öncelikle MS (Murashige ve Skoog, 1962) veya WPM (Woody Plant Medium; Lloyd &McCown, 1981), kullanılmış, ancak daha sonra Anderson's Ortamı (AN; Rhododendron Ortamı; Anderson, 1984), Olive Medium (OM; Rugini, 1984) ve ardından DKW (Juglans Medium; Driver &

Kuniyuki, 1984) temel ortam bileşimleri de denemelerde yer almıştır. Çalışmanın farklı aşamalarında kullanılan temel besin ortamı reçetelerine göre mineral tuzların ve vitaminlerin cins ve dozları Tablo 1'de verilmiştir. Bitki besin ortamlarının hazırlanmasında, ticari olarak kullanım dozlarına göre ayarlanmış hazır besin ortamları kullanılmıştır (PhytoTech). AN besin ortamına 800 mg L^{-1} adenin hemisülfat, 100 mg L^{-1} Myo-inositol ve 40 mg L^{-1} thiamin hidroklorür sonradan ilave edilmiştir. Besin ortamı bileşimlerinin belirlenmesinde Tsuda & ark. (2014), Tang & ark. (2017), ülkemizde yapılan bir lisansüstü çalışmasından elde edilen veriler (Yıldız, 2016) ve kapsamlı bir literatür taramasından (Akyüz Çağdaş, 2024) faydalanılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan besin ortamlarına ait bileşenler ve kullanım miktarları

Bileşenler	**MS (mg L^{-}**	**DKW (mg L^{-}**	**WPM (mg L^{-}**	**AN (mg L^{-}**	**OM (mg**
Amonyum nitrat (NH_4NO_3)	1650	1416	400	400	412
Kalsiyum klorür ($CaCl_2$)	332.2	112.5	72.5	332.2	332.1
Magnezyum sülfat ($MgSO_4$)	180.7	361.49	180.7	180.7	732.5
Potasyum nitrat (KNO_3)	1900	0	0	480	1100
Monopotasyum fosfat (KH_2PO_4)	170	265	170	0	340
Potasyum sülfat (K_2SO_4)	0	1559	990	0	0
Kalsiyum nitrat ($Ca(NO_3)_2$)	0	1367	386	0	416.9
Potasyum klorür (KCl)					500
Monosodyum fosfat (NaH_2PO_4)	0	0	0	330.6	0
Disodyum EDTA dihidrat ($Na_2EDTA.2H_2O$)	37.26	45.4	37.3	74.5	37.5
Demir sülfat heptahidrat ($FeSO_4.7H_2O$)	27.8	33.8	27.85	55.7	27.8

Kobalt klorür hekzahidrat ($CoCl_2.6H_2O$)	0.025	0	0	0.025	0.025
Bakır sülfat pentahidrat ($CuSO_4.5H_2O$)	0.025	0.25	0.25	0.025	0.25
Potasyum iyodür (KI)	0.83	0	0	0.3	0.83
Borik asit (H_3BO_3)	6.2	4.8	6.2	6.2	12.4
Mangan sülfat monohidrat ($MnSO_4.H_2O$)	16.9	33.5	22.3	16.9	16.9
Sodyum molibdat dihidrat ($Na_2MoO_4.2H_2O$)	0.25	0.39	0.25	0.25	0.25
Çinko sülfat heptahidrat ($ZnSO_4.7H_2O$)	8.6	0	8.6	8.6	14.3
Çinko nitrat hekzahidrat ($Zn(NO_3)_2.6H_2O$)	0	17	0	0	0
Nikel sülfat hekzahidrat ($NiSO_4.6H_2O$)	0	0.005	0	0	0
Glisin	2	2	2	0	2
Myo-inositol	100	100	100	0	100
Pridoksin hidroklorür	0.5	0	0.5	0	0.5
Tiyamin hidroklorür	0.1	2	1	0	0.5
Nikotinik asit	0.5	1	0.5	0	5
D-Biotin	0	0	0	0	0.05
Folik asit	0	0	0	0	0.5
Besin ortamlarının kullanım miktarı (g L^{-1})	4.43	5.32	2.41	1.89	4.05

Ortamların hazırlığında bidistile su kullanılmıştır. Farklı deneme başlıkları altında besin ortamlarına ilave edilen maddeler değişiklik göstermiş olup ayrıca açıklama yapılmıştır. Besin ortamına denemelere göre farklılık gösteren büyüme düzenleyici maddeler katıldıktan sonra; %2.5-3 oranında sakkaroz (sukroz) (Sigma) ve %0.7 oranında agar (Merck) ilave edilerek ortam pH'sı,

pH seviyelerinin etkisinin incelendiği deneme aşamasına göre 4.5, 5.0 veya 5.5'a ayarlanmıştır. pH'nın ayarlanmasında 1 N NaOH veya HCl çözeltilerinden ihtiyaca göre birkaç damla kullanılmıştır. Bütün bileşenler bir sıcak plakalı manyetik karıştırıcı üzerinde çözündürülmüştür. Besin ortamları 500 mL'lik otoklavlanabilir şişeler içerisinde otoklavlandıktan sonra daha önceden steril edilen 20 mm çapında ve 120 mm uzunluğundaki cam tüplere steril kabin içerisinde 10'ar mL, cam kavanozlara ise 40'ar mL olacak şekilde dağıtılmıştır. Ortamların otoklavda sterilizasyonu, 1.2 atmosfer basınç altında, 121 ^{o}C sıcaklıkta 20 dakika sürede gerçekleştirilmiştir. Otoklavdan çıkarılan besin ortamlarının steril kabin içerisinde soğuması ve jelleşmesi sağlanmıştır. Agarın oda sıcaklığında katılaşmasını takiben besiyerleri kültür için hazır duruma getirilmiştir.

Çalışmada kullanılan beherler, silindirler, kavanozlar, test tüpleri ve petri kapları dahil olmak üzere tüm kültür kapları ve cam kaplar deterjanla dikkatlice yıkanmış, ardından iki kez distile su ile durulanmış ve ardından 30 dk süreyle 121 ^{o}C'de otoklavlanmıştır. Ayrıca, pens ve bistüri sapları kullanımdan önce alüminyum folyo ile kaplanarak kullanım seti halinde otoklavlanmıştır. Steril su için distile edilmiş saf sular 500 mL'lik otoklav şişelerine doldurularak basınçlı sterilizasyona tabi tutulmuştur. Otoklavdan çıktıktan sonra, tüm malzeme (Petri kapları, cam eşyalar, penset setleri, alüminyum folyo ile sarılı durumdaki filtre kağıtları ve su şişeleri) üzerine %70'lik etanol püskürtülerek doğrudan kültür kabinine yerleştirilmiştir. Tüm çalışmalar laminar akışlı HEPA filtreli kabin içinde yapılmıştır. Laminar flow kabinin yüzeyi de üzerine %70 etil alkolün püskürtülmesinin ardından kâğıt havlu ile silinmiştir. Ek

olarak, çalışma süresince steril kabin içindeki çalışma yüzeyine %70'lik alkol püskürtülmüştür.

Eksplantların tüpler veya çalışmanın ilerleyen aşamalarında kavanozlar içerisindeki besin ortamlarına dikilmesinden sonra kültürler 25±2 ^{o}C sıcaklık ve 16 saat aydınlık / 8 saat karanlık olacak şekilde ayarlanmış fotoperiyodik düzene sahip iklim odasında, 8000 lux ışık şiddeti koşullarında inkübe edilmişlerdir.

2.2. Yüzeysel Sterilizasyon Denemesi:

Duke maviyemiş çeşidine ait sürgün uçları (shoot-tip culture) ve tek boğumlar (single node culture) aseptik koşullar altında yüzeysel sterilizasyona tabi tutularak kültür kaplarındaki besin ortamlarına alınmışlardır. Bitkilerden alınan taze sürgünler laboratuvara getirilmiş ardından sterilizasyon işlemine tabi tutulmuştur. İlk aşamada yüzeysel sterilizasyon yöntemi olarak aşağıdaki protokol uygulanmıştır:

Bitkisel materyalin yüzeysel sterilizasyonu aşamaları:

-Akan çeşme suyunda 10 dk bekletme,

-Fungusit çözeltisinde (5cc L^{-1}Aktor®) 1-2 dk bekletip ardından durulama,

-Antibakteriyel sabunlu su içerisinde 2 dk bekletip ardından durulama,

-%70'lik etanolde 1 dk bekletme

-Birkaç damla Tween-20 damlatılmış %15'lik ticari sodyum hipoklorit içerisinde 10-12 dk çalkalama,

-Steril saf su ile 3 defa 5'er dk durulama.

Bu işlemin ardından eksplantlar hazırlanarak laminar flow kabin içerisinde aseptik koşullarda kültürler kurulmuştur. 16 Mayıs 2021 tarihinde yapılan bu uygulamaya ait görüntüler Şekil 3'te yer almaktadır.

Şekil 3. Duke çeşidine ait sürgün uçlarının ve boğum eksplantlarının yüzeysel sterilizasyon işlemi ve ardından kültüre alınması

Sterilizasyon işleminin yapılacağı cam kavanozdaki son durulama suyu süzüldükten sonra eksplantlar steril kurutma kâğıdı üzerine alınarak fazla suları kurutma kağıdına emdirilmiş ve eksplant hazırlanmak üzere hazır hale getirilmiştir. Besin ortamı olarak MS ortamı kullanılmıştır. 1 mg L^{-1} BAP, 0.5 mg L^{-1} GA_3, %2.5 sukroz, 7 g L^{-1} agar, pH:5.5 olarak kullanılan besin ortamlarında 48 eksplant kültüre alınmıştır.

İkinci kez yapılan dikimler sırasında yüzeysel sterilizasyon protokolü sadeleştirilmiştir. 56 adet boğum eksplantının kullanıldığı ikinci uygulamada ve sonrasında kullanılan sterilizasyon protokolü şu şekildedir;

-Bol su ile durulama,

-%70'lik etanolde 1 dk bekletme,

-Birkaç damla Tween 20 damlatılmış %15 ticari sodyum hipoklorit içeren solüsyon içerisinde 10 dk bekletme,

-Steril saf su ile 3 defa 5'er dk durulama.

Boğum eksplantları 1 mg L^{-1} BAP, 0.5 mg L^{-1} GA_3, %2.5 sukroz, 7 g L^{-1} agar, içeren MS ortamlarında pH:5.5'te kültüre alınmış ve 3. haftada 2 mg L^{-1} Zeatin içeren WPM ortamlarına transfer edilmiştir.

2.3. Kültüre Alma Aşaması (Establishment Stage) Çalışmaları

I. Deneme:

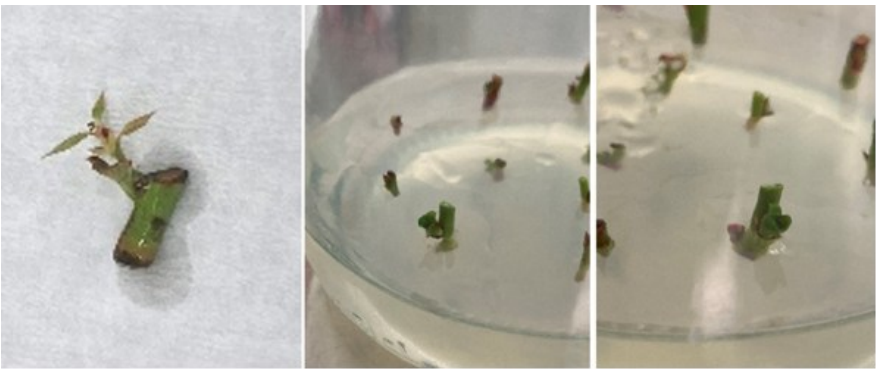
26 Mayıs 2021 döneminde serada gelişen bir yıllık Duke maviyemiş sürgünlerinden hazırlanan boğum eksplantları ile kurulan denemede WPM besin ortamı kullanılmıştır. Bu ortama 1 veya 2 mg L^{-1} Zeatin ilave edilerek pH seviyesi 5.0 ve 5.2 olacak şekilde kombine edilmiştir. Ayrıca 0.5, 1.0 ve 2.0 mg L^{-1} Zeatin ile birlikte 5 mg L^{-1} BAP'nin kombinasyonları hazırlanmış, bu üç bileşimin pH'sı 5.2 olacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir besin ortamı bileşimi için 20'şer adet tek boğum eksplantı kullanılmıştır. Kültürlerin 3 hafta sonundaki ölçümleri değerlendirilmiş, gelişme oranı, kararma ve yapraklarda kırmızı renk oluşumu kaydedilmiştir.

Canlı kalan sürgünler aynı bileşime sahip ortamlarda alt kültüre alınmıştır.

18.08.2021 tarihinde WPM ortamı ile yeni kültürler kurulmuştur. Bu defa her ortam bileşiminde 10'ar adet eksplant kullanılmıştır. Tek boğum eksplantlarının kültüre alınmalarının ardından görünümleri Şekil 5'te verilmiştir. İki hafta içerisinde kültürlerde gelişmenin olumlu seyretmediği gözlemlendiğinden materyal hemen alt kültüre alınmıştır. Arka arkaya ikişer hafta ara ile 2 alt kültür yapılmıştır. WPM besin ortamı, 1 mg L^{-1} Zeatin, %2.5 sukroz, 6 g L^{-1} agar ve pH:5.0 bileşimine aktarılan sürgünlerin gelişimleri gözlenmiştir.

24.09.2021 tarihinde yeniden kültüre alma amacıyla besin ortamı olarak WPM, 1 mg L^{-1} Zeatin, %2.5 sukroz 6 g L^{-1}, agar pH:5.0 olarak ayarlanmıştır. Bu amaçla yeni temin edilen Duke bitkilerinden sürgünler toplanmış ve boğum eksplantları hazırlanmıştır (Şekil 4) ve kültüre alınmışlardır (Şekil 5).

Şekil 4. WPM ortamlarında kültüre alma çalışmalarında sonbahar döneminde kullanılan Duke maviyemiş çeşidine ait bitkiler ve materyal hazırlama.



Şekil 5. WPM ortamlarında kültüre alınan eksplantlar.

Kültürün ikinci haftasında aynı besin ortamında alt kültürleme yapılmış ve canlı kalan materyalin gelişmesi sağlanmıştır.

II. Deneme:

Önceki kültüre alma uygulamalarında canlılık oranı kültürün 7. haftasından itibaren kullanılan ortamların neredeyse tümünde olumsuz yanıt verdiği için, farklı besin ortamı kompozisyonların denenmesi yoluna gidilmiştir. Bu aşamada farklı temel besin ortamlarının kullanımı, literatür verileri de değerlendirilerek güncellenmiş ve farklı temel besin ortamları uygulanmıştır. MS ortamının yanı sıra Anderson's Medium ve Olive Medium tercih edilmiş olup tüm ortamlarda 2 mg L^{-1} Zeatin kullanılmıştır. pH seviyeleri ise tüm bileşimlerde 4.5 ve 5.0 olacak şekilde çeşitlendirilmiştir. Ortamlar %2 sukroz ve 6 g L^{-1} agar içermektedir.

Her kombinasyona 40'ar adet eksplant gelecek şekilde bitkilerin üzerinde bulunan lateral tomurcuklar Kasım ayında kültüre alınmıştır. Ortalama %12 enfeksiyon ile kaybedilen materyalin dışında kalanlar gelişmelerine devam etmiştir. Dikimi takip eden 4. haftada gelişmeler kaydedilmiş ve fotoğraflanmıştır. Gelişen

sürgünlerden 2-3 boğum mikroçelik yapılarak yeniden alt kültüre alınma ile oluşan *in vitro* sürgünlerin sadece ana eksplanta bağlı olduğu noktadan yapılan kesimle alt kültüre alınması karşılaştırılmıştır. Her ortam kombinasyonundan 10'ar sürgün mikroçeliklenerek veya eksplanttan ayrılarak taze besin ortamlarına aktarılmıştır. 4 hafta sonra gelişmeleri gözlemlenmiştir.

III. Deneme:

Bitki doku kültürlerinin tüm uygulamalarında genotip etkisinin çok önemli olduğu bilinmektedir. Duke çeşidi ile yapılan ilk kültüre alma aşaması çalışmalarında, bu çeşidin kültüre alınmasında kararma, yapraklarda kızarma ve ardından sararma gibi fizyolojik sorunlarla karşılaşılmış olduğundan çalışmaya O'Neal maviyemiş çeşidi de dâhil edilmiştir. Ayrıca besin ortamı olarak DKW de denemelere alınmış, MS ve WPM ortamlarıyla birlikte karşılaştırmalı bir deneme kurulmuştur. Standart yüzey sterilizasyonu protokolü kullanılarak 5 Nisan 2022 tarihinde O'Neal çeşidinin tek boğum eksplantları MS, WPM ve DKW temel besin ortamı + 2 mg L^{-1} Zeatin + 25 g L^{-1} sukroz + 6.5 g L^{-1} agar içeren ortamlarda kültüre alınmıştır. pH seviyeleri 5.0 ve 5.5 olacak şekilde iki farklı uygulamada kullanılmıştır. Kültürün 4. haftasında değerlendirme yapılmış, gelişen eksplant oranları ve gelişme kalitesi gözlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Yüzeysel Sterilizasyon Denemesi:

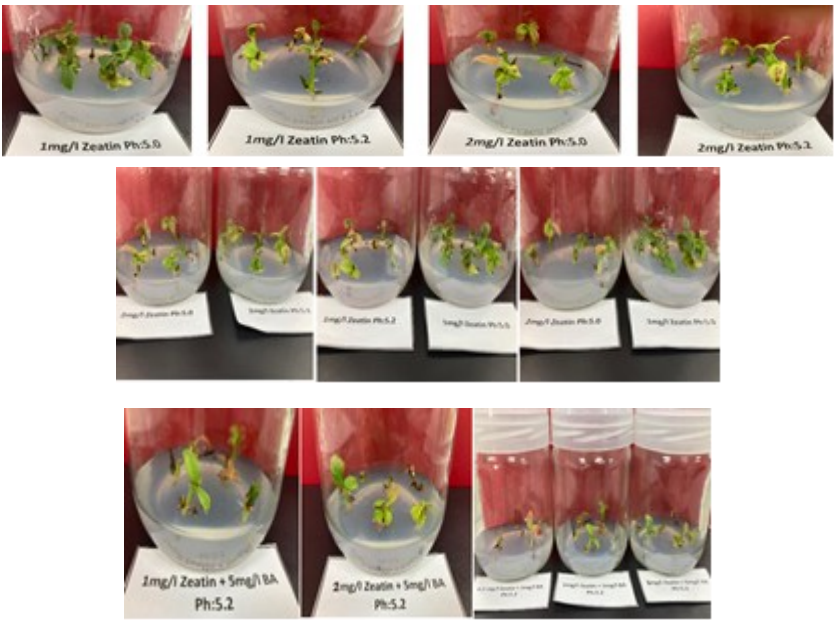
Çalışmanın başlangıcında ilk sterilizasyon denemesinde alkol ve fungusit uygulamalarını içeren kuvvetli bir protokol uygulanmıştır. 48 adet tek boğum ve 12 adet sürgün ucu eksplantının

kültüre alındığı bu uygulamada sadece 2 adet tek boğum eksplantında enfeksiyon geliştiği kaydedilmiştir. Dolayısıyla başarılı bir yüzeysel sterilizasyon olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte kültürün 2. haftasından itibaren eksplantlarda kuruma ve kahverengileşme belirtileri gözlendiğinden, taze besin ortamlarına aktarım sağlanmıştır. Bu uygulama da yeterli olumlu etkiyi sağlamadığından materyal Şekil 6'da görüldüğü gibi aktarım işleminden sonraki bir ay içerisinde canlılığını yitirmiştir.

Şekil 6. Maviyemiş sürgün uçları ve boğum eksplantlarının kültüre alınması, sağlıklı sürgün gelişimi, zaman içinde veya alt kültüre alınmalarını takiben dokularda bozulmaların ortaya çıkması.

Sterilizasyon işleminin çok aşamalı ve kuvvetli olmasının eksplant gelişimi üzerine olumsuz etkisi olabileceği göz önüne alınarak protokol sadeleştirilerek kültüre alma işlemi tekrar edilmiştir. Bu defa 56 adet tek boğum eksplantı kültüre alınmış ve enfeksiyon oranı %0.89 bulunmuştur. Bu nedenle proje çalışmasının sonuna kadar nemli ve serin sonbahar/kış periyodunda sadece NaOCl dozu %20'ye çıkartılmış, onun dışındaki uygulamalarda %15'lik ticari sodyum hipoklorit (ACE) içeren solüsyon içerisinde

10 dk bekletme uygulaması kullanılmıştır. Buna göre materyalin önce çeşme suyunda 5 dk yıkanması, ardından 1 dk süreyle %70'lik etil alkolde bekletilmesi ve ardından birkaç damla Tween-20 damlatılmış %15'lik NaOCl çözeltisinde sterilize edilmesi, en son olarak da steril su ile 3 kez 5'er dk durulanması uygun bulunmuştur. Bu uygulamadan gelişen sürgünler 3. haftada 2 mg L^{-1} Zeatin içeren WPM ortamına aktarılarak gelişmeleri sağlanmak üzere eklim odasında inkübe edilmişlerdir. İlk materyaldeki kadar olmasa da bu sürgünlerin gelişmesi de istenen canlılık ve kuvvette görülmemiştir (Şekil 7). Yapraklarda kızarma daha az olmakla birlikte, bu aşamada da yine sürgünlerde yaprakların gelişmediği, nekroze oldukları ve yaprakların kurularak materyalin canlılığını 4 haftadan sonra yitirdikleri belirlenmiştir. Gelişme performansındaki yetersizliklerin sadece yüzeysel sterilizasyon uygulamalarıyla ilişkili olmayacağı ve besin ortamı içeriğiyle doğrudan bağlantılı olabileceği bu aşamadan sonra netleştirilerek sonraki deneme aşamalarına geçilmiştir.



Şekil 7. WPM ortamlarına aktarılan sürgün eksplantlarının 2 hafta sonraki gelişme durumları.

3.2. Kültüre Alma Aşaması (Establishment Stage) Çalışmaları

I. Deneme:

Duke maviyemiş çeşidine ait tek boğum eksplantları ile kurular denemeler Mayıs, Ağustos ve Eylül 2021 dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. Mayıs ayında bir yıllık taze sürgünler üzerindeki boğumlar kullanılarak kurulan denemenin 3. haftası sonunda ve 1. alt kültürün 4.haftasında elde edilen sonuçlar Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Duke maviyemiş çeşidine ait eksplantların WPM ortamı üzerinde 3 hafta ve 7 hafta sonraki canlılık oranı

Büyüme düzenleyici içeriği (mg L-1)	pH	Eksplant sayısı	3. haftada canlı sürgün sayısı	Canlılık oranı (3.hafta) (%)	7. haftada canlı sürgün sayısı	Canlılık oranı (7.hafta) (%)
1.0 Zeatin	5.0	20	18	90	2	11.11
1.0 Zeatin	5.2	20	20	100	3	15.00
2.0 Zeatin	5.0	20	19	95	5	26,32
2.0 Zeatin	5.2	20	18	90	4	22.22
0.5 Zeatin + 5.0 BA	5.2	20	10	50	0	0.00
1.0 Zeatin + 5.0 BA	5.2	20	14	70	0	0.00
2.0 Zeatin + 5.0 BA	5.2	20	8	40	0	0.00

Kültürün 3. haftasında canlılık oranları üzerinde Zeatin dozunun 1.0 veya 2.0 mg L^{-1} olarak kullanılması etki oluşturmamıştır. Her iki dozda da %90-100 arasında canlılık elde edilmiştir. Ancak bu oranlar kültür süresinin uzaması ile birlikte önemli bir düşüş göstermiş, bu düşüş 1.0 mg L^{-1} Zeatin içeren ortamlarda daha fazla olmuştur (%11.11 ve 15.00). 2.0 mg L^{-1} Zeatin içeren WPM ortamları pH seviyesindeki 0.2'lik farktan önemli düzeyde etkilenmemiş, 7. haftanın sonunda %26.32 ve 22.22 oranlarında canlı sürgün kalmasını sağlamıştır. BA içeren ortamlarda hem alt kültüre alınan sürgün sayısı düşük olmuş (%40-70 arasında) hem de 7. haftanın sonunda canlılığını sürdüren materyal kalmamıştır. Bu aşamadaki bulgular, maviyemiş doku kültüründe Zeatin kullanımının tek başına yeterli olduğu, kullanılan

dozdaki BA ilavesinin ise canlılık oranını olumsuz etkilediğini göstermiştir. Bununla birlikte kültürün devam eden sürecinde materyal canlılığını yitirmiştir.

Ağustos ayı içerisinde kurulan yeni denemede her ortam için 10'ar adet boğum eksplantı kültüre alınabilmiştir. Ancak ikinci haftanın sonunda yeni oluşan yapraklarda kızarma ve kararma görüldüğünden iki kez hızlı transfer yapılmıştır. Buna rağmen kültürün 4. haftasında yapılan alt kültüre alma işlemi sırasında çekilen fotoğraflardan da görüleceği gibi (Şekil 8), sürgünlerin canlılığı devam etmemiştir.

Şekil 8. WPM ortamlarına aktarılan alt kültürlerde 4 hafta sürecindeki gelişme durumları.

Eylül ayında bir kez daha WPM temel ortamı baz alınarak 1 mg L^{-1} Zeatin, %2.5 sukroz, 6 g L^{-1} agar pH:5.0 bileşimi kullanılmış ve tek boğum eksplantları, yeni temin edilen Duke çeşidi fidanlarından hazırlanmıştır. Toplam 50 adet eksplant kültüre alınmış, fakat serin ve nemli sezona denk gelen ve farklı bir kaynaktan satın alınan bu materyalde %21 oranında enfeksiyon meydana gelmiştir. 42 adet sağlam kalan materyal iki hafta sonra taze ortamlara aktarılmıştır. Bu sürgünlerin de 7 haftanın sonunda yapraklarındaki kızarma, sararma ve nekroze olma dolayısıyla gelişemeyerek canlılıklarını yitirdikleri belirlenmiştir. WPM ortamı

her ne kadar literatürde blueberry *in vitro* çoğaltımı için uygun bir temel besin ortamı olarak gösterilmiş olsa da, establishment aşamasında ihtiyaç duyulan bazı besin elementlerini sağlayamadığı düşüncesiyle bir sonraki aşamada temel besin ortamı konusunda çeşitlilik sağlanmıştır.

WPM ortamı kullanılarak maviyemiş doku kültüründe yapılan önceki çalışmalarda da kırmızılaşma durumundan bahsedilmektedir. Yıldız (2016), Chanticler, Hannah's Choice, Brigitta, Berkeley, Toro, Aurora, Bonus çeşitlerinde ve *V. arctostaplylos* L-1, *V. arctostaplylos* L-2, *V. myrtillus*, *V. uliginosum* yabani maviyemiş türleri üzerine yaptığı tez çalışmasında 1-2 cm uzunluğundaki tomurcukları içeren sürgünleri WPM temel ortamında kültüre almıştır. BA, 2-iP (0, 0.5, 1.0, 2.0 mg L^{-1}) ve Zeatin (0, 1.0, 2.0, 4.0 mg L^{-1}) sitokininlerinin kullanıldığı, 20 g L^{-1}sakkaroz ve 3.75 g L^{-1} jelleştirici ajan ilave edilen, pH:5.0'e ayarlanan ortamlar denemelerde kullanılmıştır. Mikroçoğaltım aşamasında çeşitlere bağlı olarak değişmekle birlikte 1-2-4 mg L^{-1} Zeatin Ribosid, Bonus çeşidinde ise 1 mg L^{-1} 2iP etkili bulunmuştur. Genotip x Besin ortamı etkileşiminin önemli etkisinin ortaya konduğu bu çalışmada da BA ve 2iP içeren ortamlardaki maviyemiş çeşitlerinde sürgün kızarmaları kendini göstermiştir.

II. Deneme:

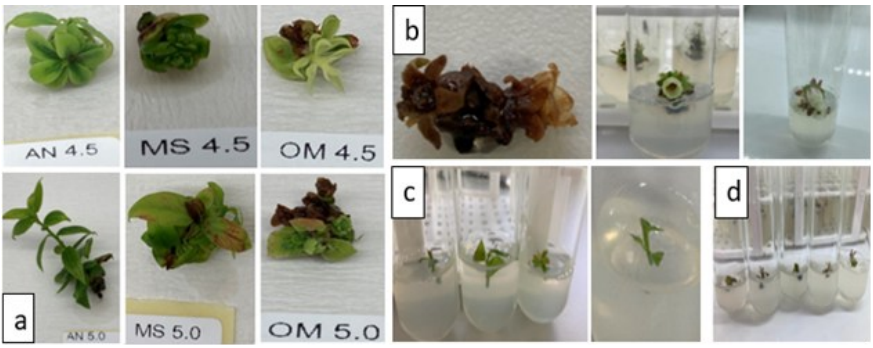
Farklı kaynaklardan temin edilen Duke maviyemiş fidanlarından alınan eksplantlarla üç farklı ayda (Mayıs, Ağustos ve Eylül) yapılan *in vitro* çalışmalar, tatmin edici gelişme ve çoğaltım olanağı sunamamıştır. Kontaminasyon, bitkilerde erken yaşlanma veya kızarma, kuruma sorunları nedeniyle bir sonraki aşamaya geçilmesi güçleşmiştir. Bu nedenle AN, MS ve OM ortamları baz

alınarak iki farklı pH seviyesi (4.5 ve 5.0) ve tek bir Zeatin dozunun (2 mg L^{-1} Zeatin) kullanıldığı yeni bir seri deneme kurulmuştur. Denemenin kurulduğu Kasım ayında bir yıllık taze yeşil sürgünlerin odunsu bir yapıya doğru dönüştüğü ve %12 civarında enfeksiyon ortaya çıktığı belirlenmiştir. Bu aşamada elde edilen sonuçlar canlılık oranı bakımından Tablo 3'te gösterilmiştir.

II. Deneme kapsamında kullanılan besin ortamı bileşimleri, genel olarak WPM ortamına göre daha olumlu bulunmuştur. Her ne kadar bu aşamada da kış sezonunda serada yetişen bitkilerden alınan boğum eksplantlarında kararma veya rozet şeklinde gelişme gibi morfolojik sorunlar ortaya çıksa da %49 oranında gelişmesine devam eden eksplant elde edilmiştir. Herhangi bir rejenerasyon meydana gelmeyen eksplantların bir kısmında enfeksiyon ortaya çıkmış, bir kısmı ise canlılığını yitirmiştir. Ayrıca vegetasyon döneminin sonuna denk gelen bu mevsimde alınan boğum eksplantlarında *in vitro* koşullarda çiçeklenme meydana gelmiştir. Bu materyal sürgün oluşturmamış ve bir süre sonra canlılığını yitirmiştir. Sürgün oluşturan materyal üzerinde gelişen yeni sürgünler 2 cm'ye ulaştıklarında 10'ar tanesi mikroçelikleme yapılarak 10'ar tanesi ise sadece ana eksplanta bağlı olduğu yerden kesilmek suretiyle alt kültüre alınmışlardır. Mikroçelikleme yapılan materyal daha sonraki 3. haftaya kadar canlı kalmış, ardından kahverengileşerek kurumuşlardır (Şekil 9).

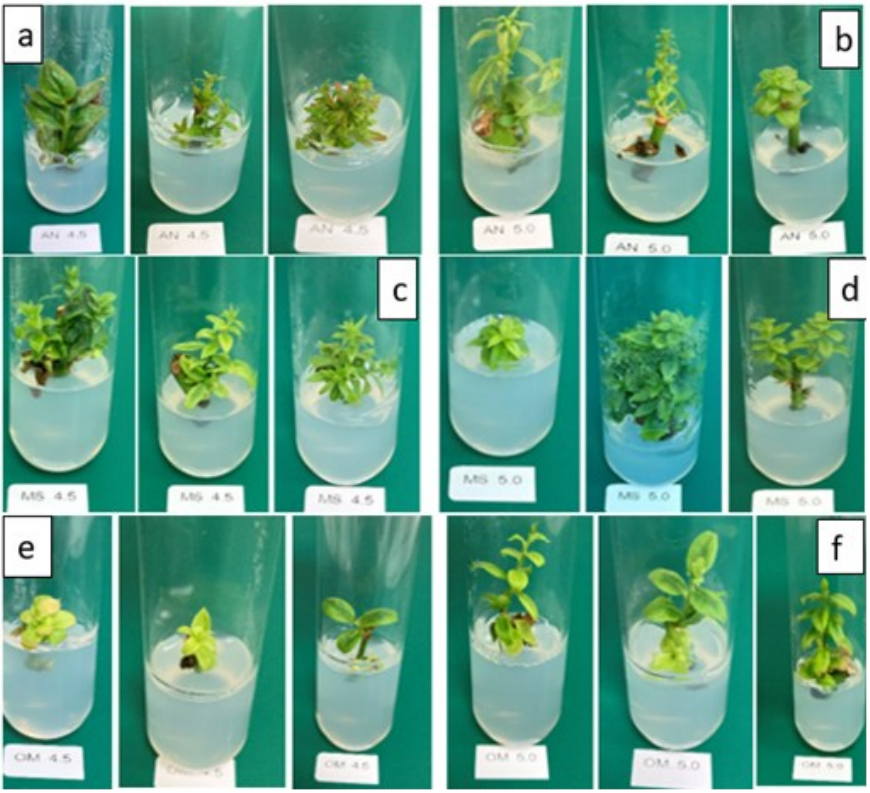
Tablo 3. *Duke Maviyemiş eksplantlarının AN, MS ve OM temel ortamları ve iki farklı pH seviyesinde 2 mg L^{-1} Zeatin içeren ortamlar üzerinde 3 hafta sonraki sürgün oluşturan, gelişmeyen veya çiçek oluşturan eksplant sayıları (adet)*

Besin Ortamı	Kültüre alınan eksplant sayısı	Sürgün oluşturan eksplant sayısı	Oluşan sürgün sayısı/eksplant	Çiçeklenen eksplant sayısı	Rejenerasyon oluşmayan eksplant sayısı (*Enfeksiyon)
AN, pH:4.5	45	23	1.83	11	11 (*5)
AN, pH:5.0	45	29	1.78	7	9 (*4)
MS, pH:4.5	45	20	2.82	13	12 (*6)
MS, pH:5.0	45	19	3.22	7	19 (*2)
OM, pH:4.5	45	22	1.01	5	18 (*7)
OM, pH:5.0	45	19	1.27	7	19 (*4)
Toplam	270	132	1.99	50	88



Şekil 9. a. AN, MS ve OM ortamlarında kültüre alınarak yetiştirilen eksplantlar, b. MS ortamında kahverengileşen eksplant örneği, çiçek tomurcuklarının kültür ortamında çiçek açması, c. Alt kültüre alınan mikroçelikler, d. Mikroçeliklerin kahverengileşmesi.

Bu aşamada WPM ortamına göre daha iyi gelişme sağlanan Duke sürgünlerinden alt kültüre alınabilecek yeni aksillar sürgünler geliştirilmiş olmakla birlikte, mikroçelikleme ile dokuların zedelenmesinin *in vitro* koşullarda hassasiyet gösteren Duke çeşidi için uygun olmayabileceği sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra, sonbahar döneminde alınan boğumlarda hem enfeksiyon riski hem de çiçeklenme ortaya çıkması nedeniyle, dönemsel olarak tercih edilmeyecek bir sezon olduğu kanaatine varılmıştır. Bazı olumsuzlukların mevcut olmasıyla birlikte, denemeye dahil edilen ortamların yer aldığı II. Denemede sağlıklı sürgün gelişimi elde edilebilmiştir. Şekil 10'da AN, MS ve OM ortamlarında her iki pH seviyesi koşullarında elde edilen sürgünlerin görünümüne yer verilmiştir.



Şekil 10. Duke maviyemiş çeşidinde tek boğum kültüründen gelişen in vitro sürgünler. a ve b: AN ortamı, c ve d: MS ortamı, e ve f: OM ortamı (a, c ve e: pH 4.5, b, d ve f: pH: 5.0).

Mikroçelikleme yapılmaksızın oluşan sürgünlerin ana eksplanta bağlandıkları yerden kesilerek olduğu gibi taze ortamlara aktarılması, başarılı bir uygulama olmuştur. Bu şekilde yapılan aktarmalar sonrasında AN ortamlarında ortalama %45, OM ortamlarında ortalama %32 oranında hayatta kalma ve aksillar sürgün oluşturma meydana gelmiş olmakla birlikte MS ortamlarında bu oran pH:4.5 için %75, pH:5.0 için %86 olmuştur. Aynı besin

ortamında 3 haftada bir alt kültüre alınan Duke sürgünleri, başarılı bir şekilde aksillar sürgün oluşturma ve proliferasyon sağlamışlardır (Şekil 11).

V. corymbosum 'Duke' çeşidinde yapılan çalışma sonucunda MS ortam bileşimi ile birlikte 2 mg L^{-1} Zeatin kullanımı, pH 5.0 seviyesi uygun bulunmuştur. Bununla birlikte Mohamed & ark. (2018); MS, WPM ve AN besin ortamlarını kullandığında en iyi çoğaltımın WPM ortamında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Sürgün çoğaltımı için WPM + 1.0 mg L^{-1} Zeatin + 0.1 mg L^{-1} IBA, %2.5 sukroz, 2.7 g L^{-1} phytagel, pH:5.0 bileşimi, araştırmacılar tarafından önerilmektedir. Sedlak & Paprstein (2009), WPM ve AN ortamlarını maviyemiş *in vitro* çoğaltımı için karşılaştırdıklarında, WPW ortamındaki gelişmeyi daha olumlu değerlendirmişlerdir. Zeatin'in maviyemiş doku kültüründe olumlu sonuçlar verdiği önceki çalışmalarda bildirilmiştir. Sürgün çoğalması için yaygın olarak kullanılan büyüme düzenleyicileri 6-(4-hidroksi-3-metil but-2-enilamino) purin (zeatin, ZT), 6-(γ,γ-dimetilalilamino) purin (2iP) olarak önerilen maviyemişte bu sitotikininlerin tek başlarına veya indol-3-asetik asit (IAA) ile birlikte kullanılması önerilmektedir (Litwińczuk & Wadas, 2008). Vescan & ark. (2012) de, *V. corymbosum* 'Elliot' çeşidine ait 3 yaşındaki bitkiden tek nod eksplantlarını horizontal şekilde yerleştirmiş WPM + 2 mg L^{-1} Zeatin pH:5.0 ortamından eksplant başına 17.9 adet sürgün elde etmiştir. Sadece genotip x besin ortamı etkileşimi değil, aynı zamanda donör bitkinin yetişme koşulları, mevsimsel faktörler, bitkinin içinde bulunduğu gelişme dönemi ve yaşı gibi fizyolojik faktörlerin de yapılan uygulamalar üzerinde etkili olduğu bu sonuçlardan anlaşılmaktadır.

Şekil 11. Duke maviyemiş çeşidinde MS temel besin ortamı ve pH:5.0, 2 mgl L^{-1} Zeatin içeren ortam bileşiminde sürgün proliferasyonu aşamasından görüntüler.

Her ne kadar Ružić vd. (2012) MS ortamı üzerindeki *in vitro* sürgünlerin çoğalma hızlarını düşük fakat bitki gelişimini olumlu bulmuş olsalar da, çalışmamızda MS ortamı üzerindeki sürgün gelişimi ve çoğalması AN ve OM ortamlarından daha etkin olarak değerlendirilmiştir. Tang & ark. (2017), *V. corymbosum* L. Bluecrop çeşidine ait bir yaşındaki genç dalların koltuklarında bulunan gözleri

henüz sürmeden ilkbaharda toplayarak bunlardan doku kültürüyle çoğaltım yapmışlardır. 7 g L^{-1} agar ile katılaştırılmış, 2.2 µM 6-BA ve 0.5 µM NAA içeren, 30 g L^{-1} sukroz ilave edilmiş ½ MS ortamında kültüre aldıkları eksplantların gelişimleri üzerinde amonyum ve kalsiyumun birlikte etkilerini incelemişlerdir. Amonyum'un 0.01 M NH_4^+ dozunda kullanılması yaprakların kırmızı ren almasına neden olmamış ve en iyi sonucu vermiştir. 0.02 M NH_4^+ kullanılınca stres oluşmuş ve eksikliğinde olduğu gibi fazla kullanımında da yaprakların kızarmasına neden olduğunu belirlemişlerdir. Oluşan stresin azaltılması için ortama 0.01 M $CaCl_2$. $2H_2O$ ilave edilmesi olumlu etki yaparak yaprakların yeniden yeşil renge dönmesini ve gelişmenin artmasını sağlamıştır. Bizim çalışmamızda azot içeriği yüksek olan MS ortamında daha olumlu sonuçların alınması, bu açıklamalarla uyum içerisinde bulunmuştur.

III. Deneme:

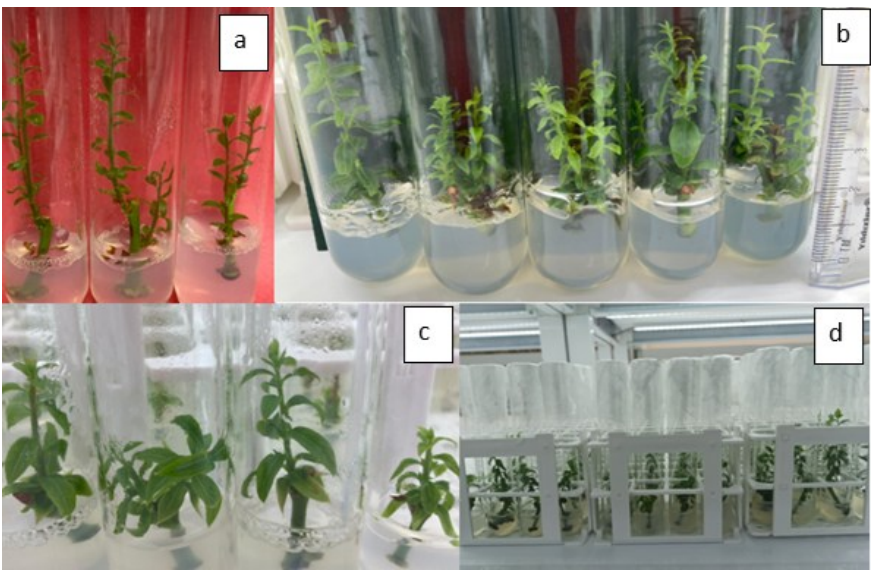
Duke çeşidi ile yapılan ilk gelişme (establishment) aşaması çalışmalarında, denenen besin ortamı bileşimleri, büyüme düzenleyici kombinasyonları ve farklı dönemlerde alınan tek boğum eksplantları gibi farklı parametreler arasından en uygun besin ortamı bileşimi, kullanılan çeşit bazında ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte Duke çeşidinin *in vitro* koşullarda yaprak renginde kızarıklık, ardından sararma ve kuruyarak canlılığını yitirme sorunlarına sahip olduğu, ortam seçiciliğinin yüksek olduğu izlenimine varılmıştır. Bu görüş ile birlikte, bir başka maviyemiş çeşidinde de *in vitro* kültüre alma çalışması yapılmıştır. Duke için olumlu sonuç veren MS ortamının yanı sıra literatürde sıkça kullanılan WPM ortamı ve ayrıca yine mineral tuzlar bakımından zengin olan DKW ortamı kullanılarak O'Neal çeşidi ile bir kurulum çalışması

gerçekleştirilmiştir. İlkbaharda taze sürgünler üzerindeki tek boğumlar eksplant olarak hazırlanmış ve standart sterilizasyon protokolü kullanılmıştır. MS, WPM ve DKW temel besin ortamı + 2 mg Zeatin + 30 g L^{-1} sukroz + 6.5 g L^{-1} agar içeren ortamlarda kültüre alınmıştır. pH seviyeleri 5.0 ve 5.5 olacak şekilde iki farklı uygulama da bulunan deneme aşamasında elde edilen sonuçlar Tablo 4'te ve Şekil 12'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Kültürün 4.haftasında O'Neal çeşidinde DKW, MS ve WPM ortamlarında gelişen eksplant oranları ve sürgün oluşturma sayıları

Besin Ortamı	Kültüre alınan eksplant sayısı	Sürgün oluşturan eksplant sayısı	Oluşan sürgün sayısı/eksplant	Rejenerasyon oluşmayan eksplant sayısı (*Enfeksiyon)
DKW, pH:5.0	40	37	3.21	3 (*1)
DKW, pH:5.5	40	40	3.43	0 (*0)
MS, pH:5.0	40	35	3.05	5 (*1)
MS, pH:5.5	40	36	2.78	4 (*0)
WPM, pH:5.0	40	31	2.23	9 (*1)
WPM, pH:5.5	40	33	2.50	7 (*2)
Toplam	240	35.33	2.87	28 (*5)

O'Neal çeşidi, Duke çeşidine göre *in vitro* kültüre almaya yatkınlık bakımından çok daha olumlu bulunmuştur. Mineral tuzları (özellikle azot) içeriği bakımından zengin ortamlarda gelişme daha iyi bulunmuş, WPM ortamı bu çeşitte de en düşük performansı göstermiştir. Bununla birlikte yaşayan ve sürgün oluşturan, alt kültüre alındığında aksillar sürgün oluşturan bir özellik sergilemiştir. Şekil 13'te 6 farklı bileşimdeki besin ortamında alt kültüre alınan ve aksillar sürgün oluşturan O'Neal çeşidine ait görüntülere yer verilmiştir.



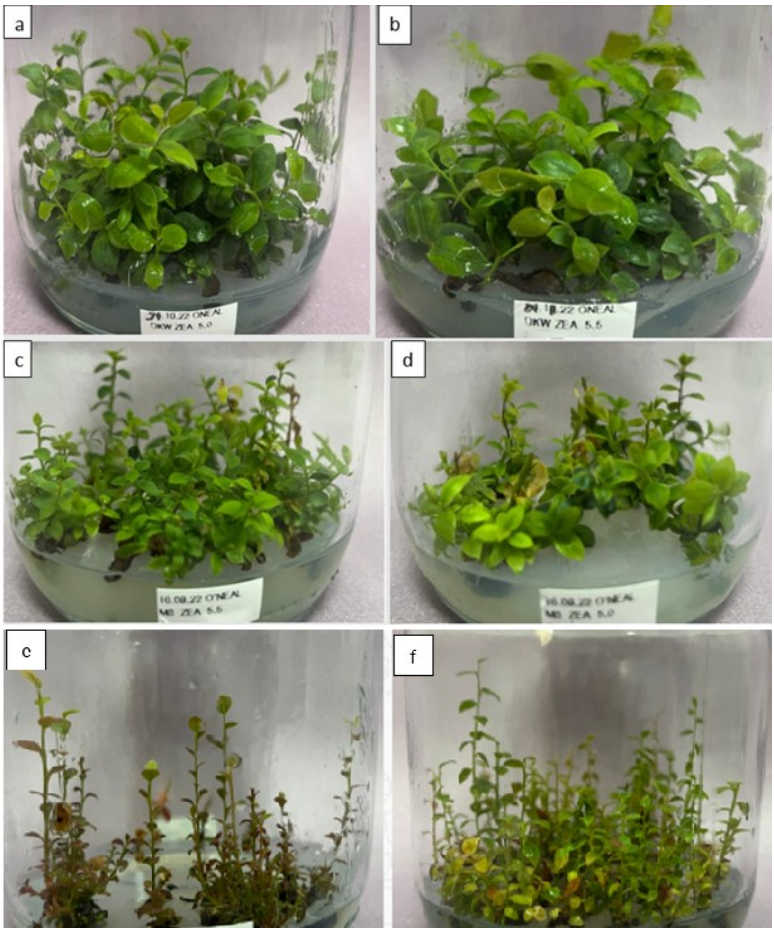
Şekil 12. O'Neal çeşidinde boğum eksplantlarından sürgün gelişimi. a. WPM, b. DKW, c. MS besin ortamlarındaki gelişim, d. İklim odasında denemeden genel görünüm.

Burada sonuçları sunulan çalışma, ilk kültüre alma aşamasına ilişkin veriler kapsadığından sürgün proliferasyonuna ait sayısal verilere yer verilmemiştir. Ancak Şekil 13'ten görüleceği üzere

DKW ortamı oluşan sürgünlerin gelişimi, yaprak yüzeylerinin genişliği, canlı yeşil renk oluşumu bakımından MS ortamından da WPM ortamından da daha olumlu etkide bulunmuştur. WPM ortamında O'Neal çeşidi sürgün oluşumu sağlamış olsa da yapraklarda kırmızılaşma ve ince cılız gelişme özellikleri dikkati çekmektedir. Genotip x Besin ortamı interaksiyonu etkili görünmekle birlikte WPM ortamının bizim çalışma koşullarımızda blueberry mikroçoğaltımı için tercih edilebilir bir ortam olmadığı sonucuna ulaşılmış, çeşide bağlı olarak mineral tuz ve özellikle azot içeriği bakımından daha kuvvetli olan MS ve DKW gibi ortamların, WPM, AN ve OM gibi besin ortamlarına göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Nitekim Akyüz Çağdaş (2024) yapmış olduğu tez çalışmasında O'Neal ve Misty maviyemiş çeşitlerinde DKW + 2 mg L^{-1} Zeatin içeren besin ortamında, pH: 5.5 seviyesinin *in vitro* çoğaltıma en olumlu etkiyi yaptığını belirtmektedir.

Büyüme düzenleyicileri arasında Zeatin ve 2iP, maviyemiş genotiplerinde *in vitro* sürgün çoğalması için en çok kullanılanlardır. Sağlam büyüme ve canlı bir görünüm ile karakterize edilen gelişme performansı, genellikle bu düzenleyiciler ortama dahil edildiğinde elde edilir (Gajdošová & ark., 2009; Georgieva & Kondakova, 2021). Bu büyüme düzenleyicileri, sürgün çoğalması, yaprak genişlemesi ve kök uzaması dahil olmak üzere bitki gelişiminin çeşitli yönlerini sinerjik olarak teşvik ederek kültür bitkilerinin canlılığının ve kalitesinin artmasına yol açar (Song & ark., 2006; Schuchovski & Biasi, 2019). Zeatin, yan tomurcukların büyümesini teşvik eder, hücre bölünmesini uyarır, kallus oluşumunu başlatır ve tohum çimlenmesini kolaylaştırır. Özellikle *Vaccinium* türlerinin çoğalması için etkili olan Zeatin ayrıca, boğum aralarından çoklu

sürgünlerin oluşumunu ve yüksek frekanslı, kalın yayılmış köklerin gelişimini teşvik eder (Georgieva & Kondakova, 2021).



Şekil 13. O'Neal çeşidinde DKW, MS ve WPM temel besin ortamı ve pH:5.0 ve 5.5 koşullarında, 2 mgl L^{-1} Zeatin içeren bileşimde sürgün proliferasyonu aşamasından görüntüler. (a) DKW + pH:5.0, (b) DKW + pH: 5.5, (c) MS + pH: 5.5, (d) MS + pH: 5.0, (e) WPM + pH: 5.0, (f) WPM + pH: 5.5.

WPM ortamında ortaya çıkan yapraklardaki kırmızılaşma durumunun azot içeriği ve bundan kaynaklanan yetersizlik ile yakından ilişkili olabileceği öngörülmektedir. Zhao & ark. (2011), Zeatin ve 2-iP'nin 0, 1, 2, 3 ve 4 mg L^{-1} konsantrasyonlarını kullandığı çalışmasında en iyi kombinasyonun WPM + 4.0 mg L^{-1} Zeatin ve pH:5.0 olduğunu vurgulamışlardır. Cao & ark. (2003) değiştirilmiş WPM kullandığında, kırmızımsı kahverengi sürgünlerin yüzdelerinin alt kültür sayısıyla arttığını belirlemiştir. Azot (N), proteinlerde, enzimlerde, klorofilde, vitaminlerde, nükleik asitte, fosfolipitlerde ve alkaloid bileşenlerinde bulunur. Ortamda N eksik olduğunda, bitki dokusu antosiyaninin çarpıcı rengini göstermektedir. Ortama eklenen fosfor (P), besinleri artırmakta ve enerji sağlamakta (ATP ve ADP'yi oluşturur) ve ayrıca Na emilimini teşvik edebilir (Shen, 2005). Bu nedenle, araştırıcılar kırmızımsı kahverengi sürgünlerin oluşumunun N ve P eksikliğini gösterdiğine dikkat çekmişlerdir. Ortamdaki N ve P konsantrasyonunu artırmak için, WPM'de 202 mg L^{-1} KNO_3, 198 mg L^{-1} $(NH4)_2SO_4$ eklenmiş ve KH_2PO_4 konsantrasyonu 408 mg L^{-1}'ye çıkarılmıştır. N konsantrasyonu WPM'de 206 mg L^{-1}'den MWPM'de 294 mg L^{-1}'ye ve P 39 mg L^{-1}' den 93 mg L^{-1}'ye çıkarılmıştır. Ek olarak, kalsiyum, magnezyum ve diğer katyonların emilimini ve kullanımını azaltan yüksek potasyum (K) içeriğini önlemek için, bitki için uygun K gereksinimlerini sağlamak için WPM'den K_2SO_4'ü çıkarılmıştır. Böylelikle MWPM, kırmızı-kahverengi sürgünler olmadan 'Northland' çeşidinin mikroçoğaltımı ve büyümesi için daha uygun bulunmuştur. Bu sonuçlar, MWPM'deki N, P ve K'nin bitki büyüme ihtiyaçlarını karşılayabileceğini ve besin dengesinin sağlandığını göstermektedir. Purwito & ark. (2021), *Moringa oleifera*'nın *in vitro*

çoğaltımında DKW, NN, MS, WPM ve B5 ortamlarını kullandıkları çalışmalarında DKW besin ortamı belirgin olarak öne çıkmıştır. DKW ortamının *M. oleifera* için uygun kalsiyum, nitrojen ve potasyum içerdiği belirtilmiştir. Araştırıcılar kalsiyumun, yaprak sapı, yaprak ve köklerin büyümesini uyarmada önemli bir rol oynadığını ve hücre yaşlanmasını engelleyebildiğini vurgulamışlardır.

Amonyum ve nitrat formlarındaki azotun alımının ortamın pH'sı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Nitrat alımı asidik bir pH gerektirir, yani besin ortamındaki pH düşük olduğunda nitrat alımı bitki dokularında daha kolay olmaktadır (Sathyanarayana & Blake, 1994). Maviyemiş doku kültüründe kullanılan ortamlarda pH 5.0-5.5 gibi genel kullanım değerleri olan 5.8'e göre daha asidik olarak ayarlanmaktadır. Nitekim maviyemişin doğal yetişme ortamında tercih ettiği koşullar da asidiktir (pH 4.2- 5.5) (Pepe & ark., 2023). Bu nedenle çalışmamızda NO_3 formundaki azot içeriği yüksek olan DKW ortam bileşiminin en yüksek gelişme performansını ve bitki canlılığını sağladığı düşünülmektedir. Bileşiminde kalsiyum nitrat formunun bulunması da, nitratın yanı sıra kalsiyum varlığı sayesinde Purwito & ark. (2021)'nın belirttiği olumlu gelişme desteğini sağlamış görünmektedir.

4. Sonuç

Meyve türlerinde ıslah çalışmaları, bu bitkilerin çok yıllık olmaları, bir generasyon için geçen sürenin uzun olması, çiçeklenme ve meyve verme aşamasına gelene kadar geçen zamanın fazlalığı ve yaygın olarak yabancı tozlanmanın varlığı nedeniyle heterozigoti oranının yüksek olması gibi nedenlerle oldukça zor ve zahmetlidir. Bu nedenle hızlandırıcı yöntemler kullanılarak ıslah çalışmaları için

gerekli sürenin azaltılması, yeni yerli çeşitlerin geliştirilmesi, değişen iklim koşullarına ve bununla bağlantılı olarak ortaya çıkan hastalık ve zararlı profilindeki farklılıklara dayanıklı/tolerant genetik varyasyonun oluşturulması gerekmektedir. Mutasyon ıslahı ve bunun için *in vitro* tekniklerle birlikte yapılan uygulamalar günümüzde tek yıllık veya çok yıllık birçok bitki türü için ıslah potansiyeli açısından umut vaat etmektedir. Vegetatif olarak çoğaltılan üzümsü meyveler grubunda ve özellikle son yıllarda Türkiye'de de yetiştiriciliği hızla yaygınlaşan maviyemişte dünyada sayısız ticari çeşit mevcut iken, henüz yerli bir çeşidimiz bulunmamaktadır. Bu ana hedef kapsamında *in vitro* mutasyon ıslahı konusunda başlatılan çalışmalarında Has Biotech firması, öncelikle *in vitro* çoğaltım protokolünü optimize etmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda yürütülen çalışmada ilk aşama, bitkisel materyalin kültüre alınması ve aseptik kültürlerin devamlılığın sağlanarak proliferasyon aşamasına geçilmesinin sağlanması olmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmaların sonuçları aşağıda verilmiştir:

I. Maviyemiş (*Vaccinium corymbosum* L.) türünde genotip, *in vitro* çoğaltımın başarısı üzerinde etkili bir faktördür. Çalışmada kullanılan iki çeşitten biri olan O'Neal, Duke çeşidine göre doku kültüründe gelişme ve çoğaltma performansı ve kuvveti bakımından daha öne çıkmıştır.

II. Doku kültürüne alınacak bitkisel materyalin bitki üzerinden alındığı mevsim, başarı üzerine etkili olabilmektedir. Sonbahar ve kış aylarında serada yetiştirilen bitkilerden alınan boğum eksplantlarından kültür ortamında çiçeklenme meydana gelmiş, sürgün

gelişme performansı düşük kalmıştır. Erken ilkbahar ve Haziran ayına kadar alınacak taze yeşil sürgünlerden hazırlanacak boğum eksplantlarının daha iyi bir tercih olacağı belirlenmiştir.

III. Literatür bilgileri her zaman özgün laboratuvar koşulları altında beklenen sonuçları vermeyebilir. WPM temel besin ortamı tüm dünyada yapılan maviyemişte *in vitro* çoğaltım çalışmalarında en fazla tercih edilen ortam olarak öne çıktığı halde, bizim koşullarımızda özellikle Duke çeşidinde ve O'neal çeşidinde de yapraklarda kızarma ve bunun ardından gelişmede gerileme, daha sonra nekroze olma sorununun ortaya çıkmasına neden olmuştur. AN, MS, OM kullanımları ardından temel besin ortamı arayışları, DKW – Juglans besin ortamı kullanımı ile sona ermiştir. Hem ilk kültüre alma aşamasında hem de sonuçları burada verilmeyen ileri aşamalardaki sürgün çoğaltımı dönemlerinde DKW ortamı maviyemiş doku kültürü için en iyi performansı göstermiştir.

IV. Literatür bildirişleri doğrultusunda 2 mg L^{-1} Zeatin katkısı, her iki çeşitte de uygulanabilir bulunmuştur. Devam eden çalışmalarda proliferasyon aşamasında farklı büyüme düzenleyici uygulamaları da yapılmış olmakla birlikte (Akyüz Çağdaş, 2024) bu bölümde yer verilmemiştir.

V. Besin ortamının pH seviyesi konusunda yapılan çalışmalarda 5.0 ve 5.5 değerleri olumlu bulunmuş olmakla birlikte pH 5.5 daha iyi bir gelişme sağlamıştır.

VI. *In vitro* kültüre alma çalışması Duke ve O'Neal maviyemiş çeşitlerinde başarıyla tamamlanmış, *in vitro* mutasyon ıslahı çalışmaları için kullanılabilir bir protokol elde edilmiştir.

VII. Çalışmanın devam eden aşamalarında sürgün proliferasyonu için ortam kombinasyonları denenerek her çeşit bazında uygun koşullar saptanmıştır. Bunun ardından fiziksel mutagen uygulamaları yapılarak *in vitro* seleksiyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bulgulara yönelik bilgilerin yayınlanması aşamasında çalışmalara devam edilmekte, ıslah materyalinin testleme işlemleri de sürdürülmektedir.

Teşekkür

Kitap bölümü olarak hazırlanan bu veriler, 2021-2023 yılları arasında "Maviyemişte (*Vaccinium* spp., Blueberry) Geleneksel ve Biyoteknolojik Yöntemlerden Yararlanarak Adaptasyon Yeteneği Artırılmış Islah Hatlarının Geliştirilmesi" başlıklı TÜBİTAK TEYDEB-7210364 numaralı proje çalışmalarının bir kısmının sonuçlarını yansıtmaktadır. Proje desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akyüz Çağdaş, E. (2024). Maviyemiş (Vaccinium corymbosum L.)'in in vitro çoğaltımında biyoreaktör kullanım olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta, 155s.

Anderson, W. C. (1975). Propagation of rhododendrons by tissue culture: Part 1. Development of a culture medium for multiplication of shoots. Proc. Int. Plant Prop. Soc. 25, 129–135.

Anderson, W. C. (1984). A revised tissue culture medium for shoot multiplication of rhododendron. Journal of the American Society for Horticultural Science, 109(3), 343-347.

Anonim, (2015). Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı Faaliyet Raporu, 2015. https://www.doka.org.tr/dosyalar/faaliyet-raporlari/attachment/doka-2015 yili-faaliyet-raporu.pdf (Erişim Tarihi: 04 Mart 2024)

Anonim (2022a). http://www.chilealimentos.com/2013/phocadownloadAprocesados_congelados/nabc_2012-world blueberry-acreage-production.pdf.

Anonim (2022b). TÜİK (2022). Maviyemiş üretim değerleri. tuikweb.tuik.gov.tr (Erişim Tarihi: 04.09.2023).

Anonim (2024a). Duke maviyemiş çeşidi. https://www.safirberry.com/product/maviyemis-fidani-duke-cesidi-25-lt-saksida/

Anonim (2024b). https://www.bursatarimmarket.com/yetiskin-duke-yaban-mersini-fidani--likapa-

Anonim (2024c). O'Neal variety. https://sarvodayainstitute.org/products/blueberry-biloxi-1

Ballington, J. R. (2001). Collection, utilization, and preservation of genetic resources in Vaccinium. HortScience, 36(2), 213-220.

Barker, W. G., & Collins, W. B. (1963). The blueberry rhizome: in vitro culture. Canadian Journal of Botany, 41(9), 1325-1329.

Bilgin, S., Alım, E., & Çeliktaş, Ö. Y. (2020). Kaz Dağları'nda yetişen çoban üzümü (Vaccinium myrtillus L.)'nün bazı meyve ve tohum özellikleri. Uluslararası Kazdağları ve Edremit Sempozyumu, 109-119.

Boxus, P. H. (1974). The production of strawberry plants by in vitro micro-propagation. Journal of Horticultural Science, 49(3), 209-210.

Brazelton, C. (2013). World blueberry acreage & production. World Blueberry Acreage & Production Report, p. 77. Notth American Blueberry Council. http://www. chilealimentos.com/2013/phocadownload-Aprocesados_congelados/nabc_2012-world-blueberry-acreage-production.pdf.

Cao, X, Fordham, I., Douglass, L., & Hammerschlag, F. (2003). Sucrose level influences micropropagation and gene delivery

into leaves from in vitro propagated highbush blueberry shoots. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 75: 255 259.

Caton, L. (2008). Tissue Culture for Challenging Woody Plants©, Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, Volume 58, pp: 284-285.

Chandler, C. K., & Draper, A. D. (1986). Effect of zeatin and 2iP on shoot proliferation of three highbush blueberry clones in vitro. HortScience, 21(4), 1065-1066.

Correia, S., Matos, M., & Leal, F. (2023). Advances in Blueberry (Vaccinium spp.) In Vitro Culture: A Review. Horticulturae 2024, 10, 533. https:// doi.org/10.3390/horticulturae 10060533.

Cüce, M., & Sökmen, A. (2017). In vitro production protocol of Vaccinium uliginosum L. (bog bilberry) growing in the Turkish flora. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 41(4), 294-304.

Debnath, S. C. (2006). Influence of propagation method and indole-3-butyric acid on growth and development of in vitro-and ex vitro-derived lingonberry plants. Canadian Journal of Plant Science, 86(1), 235-243.

Debnath, S. C., & Goyali, J. C. (2020). In vitro propagation and variation of Antioxidant properties in micropropagated Vaccinium berry plants—A review. Molecules, 25(4), 788.

Debnath, S. C., & McRae, K. B. (2001). An efficient in vitro shoot propagation of cranberry (Vaccinium macrocarpon Ait.) by axillary bud proliferation. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 37, 243-249.

Driver, J.A., & Kuniyuki, A.H. (1984). In vitro propagation of Paradox walnut rootstock. HortScience 19(4):507-509.

El-Shiek, A., Wildung, D. K., Luby, J. J., Sargent, K. L., & Read, P. E. (1996). Long-term effects of propagation by tissue culture or softwood single-node cuttings on growth habit, yield, and berry weight of 'northblue' blueberry. Journal of the American Society for Horticultural Science, 121(2), 339-342.

Fan, S., Jian, D., Wei, X., Chen, J., Beeson, R.C., Zhou, Z., & Wang, X. (2017). Micropropagation of blueberry “Bluejay” and “Pink Lemonade” through in vitro shoot culture. Sci. Hortic., 226, 277–284.

FAO. (2023). World Data Atlas, The production of blueberries in the World. https://knoema.com/data/agriculture-indicators-production+blueberries. (Erişim Tarihi: 04.09.2023).

Fukui, H., Murakami, Y., Harada, T., & Tamura, T. (1991). Response of highbush blueberry axillary leaf bud apices to growth regulators and its seasonal changes. Mem. Faculty Agric., Hokkaido Univ. 15, 1–6. (in Japanese, with English abstract)

Gajdošová, A., Ostrolucká, M.G., Libiaková, G., Ondrušková, E. & Šimala, D. (2006). Microclonal propagation of Vaccinium sp. and Rubus sp. and detection of genetic variability in culture in vitro. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14 Suppl.1, 61-76.

Gajdošová, A., Ostrolucká, M., Ondrušková, E., Libiaková, G., & Laimer, M. (2009). Protocols for in vitro micropropagation of blueberry and lingonberry. In A Guide to Some In Vitro Techniques–Small Fruits; Grafika Jures: Caćak, Serbia, pp. 31–36

Georgieva, M., & Kondakova, V. (2021). In vitro propagation of Vaccinium corymbosum L. Bulg. J. Agric. Sci., 27, 323–327.

Gonzalez, M. V., Lopez, M., Valdes, A. E., & Ordas, R. J. (2000). Micropropagation of three berry fruit species using nodal segments from field-grown plants. Annals of Applied Biology, 137(1), 73-78.

Isutsa, D. K., Pritts, M. P., & Mudge, K. W. (1994). Rapid propagation of blueberry plants using ex vitro rooting and controlled acclimatization of micropropagules. HortScience, 29(10), 1124-1126.

Kırbay, E., Öcal Özdamar, F., Baysal Furtana, G., & Özdemir, G., E. (2022). Gerbera (Gerbera jamesonii Bolus ex. Hooker) bitkisinin doku kültürü yoluyla çoğaltımı üzerinde çalışmalar. Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Güncel Araştırmalar - Akar T, Daşdemir İ, Cengizler İ (Eds.). Chapter: Bölüm 15, Gece Kitaplığı, Ankara. s: 304-335.

Kuntz, S., Kunz, C., & Rudloff, S. (2017). Inhibition of pancreatic cancer cell migration by plasma anthocyanins isolated from healthy volunteers receiving an anthocyanin-rich berry juice. European Journal of Nutrition, 56, 203-214. https://doi.org/10.1007/s00394-015-1070-3.

Kuo, C.L., Agrawal, D.C., Chang, H.C., Chiu, Y.T., Huang, C.P., Chen, Y.L., Huang, S.H., & Tsay, H.S. (2015). In vitro culture and production of syringin and rutin in Saussurea involucrata (Kar. et Kir.) – an endangered medicinal plant. Bot. Studies 56, 12. https://doi.org/10.1186/s40529-015-0092-8.

Li, X., Liu, H., Lv, L., Yan, H., & Yuan, Y. (2018). Antioxidant activity of blueberry anthocyanin extracts and their protective effects against acrylamide-induced toxicity in HepG2 cells. International Journal of Food Science & Technology, 53 (1), 147-155. https://doi.org/10.1111/ijfs.13568

Li, Q., Yu, P., Lai, J., & Gu, M. (2021). Micropropagation of the potential blueberry rootstock—Vaccinium arboreum through axillary shoot proliferation. Scientia Horticulturae, 280, 109908. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109908

Litwińczuk W., & Wadas M. 2008. Auxin-dependent development and habituation of highbush blueberry (Vaccinium × covilleanum But. et Pl.) 'Herbert' in vitro shoot cultures. Scientia Horticulturae 119(1): 41–48. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.007.

Lloyd, G., & McCown, B. (1980). Commercially feasible micro-propagation of Mountain Laurel, Kalmia latifolia, by use of shoot-tip culture. Proceedings of the International Plant Propagators Society 30:421-427.

Lyrene, P. M. (1980). Micropropagation of rabbiteye blueberries. HortScience, 15, No. 1, 80-81.

Lyrene, P. M. (1981). Juvenility and production of fast-rooting cuttings from blueberry shoot cultures. Journal of the American Society for Horticultural Science, 106, No. 3, 396-398.

Meiners, J., Schwab, M., & Szankowski, I. (2007). Efficient in vitro regeneration systems for Vaccinium species. Plant Cell, Tissue

and Organ Culture 89, 169–176. https://doi.org/10.1007/s11240-007-9230-7.

Mohamed, G. R. A., Khusnetdinova, L. Z., & Timofeeva, O. A. (2018). Elaboration of micropropagation protocol for Vaccinium corymbosum cv. Sunt Blue Giant. Asian Journal of Plant Science and Research, 8(5), 1-11.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15, 473–497.

Nestby, R., Percival, D., Martinussen, I., Opstad, N., & Rohloff, J. (2011). The European blueberry (Vaccinium myrtillus L.) and the potential for cultivation. European Journal of Plant Science and Biotechnology, 5, 5-16.

Nickerson, N. L. (1978). In vitro shoot formation in lowbush blueberry seedling explants. HortScience, 13, No. 6.

O'Herlihy, E. A., Croke, J. T., & Cassells, A. C. (2003). Influence of in vitro factors on titre and elimination of model fruit tree viruses. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 72, 33-42.

Ostrolucká, M.G., Libiaková, G., Ondrußková, E., & Gajdoßová, A. (2004). In vitro propagation of In vitro Vaccinium species Vaccinium. Acta Univ. Latviensis 676, 207–676.

Pepe, A.V., Yıldırım, F., Yıldırım, A.N., & Çevik, C. (2023). Topraksız kültürde yetiştirilen bazı maviyemiş (Vaccinium corymbosum L.) çeşitlerinin meyve kalite ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım

Bilimleri Dergisi, 28 (3), 513-521. 1. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1280524.

Pertuzatti, P.B., Barcia, M.T., Rebello, L.P.G., Gómez-Alonso, S., Duarte, R.M.T., Duarte, M.C.T., & HermosínGutiérrez, I. (2016). Antimicrobial activity and differentiation of anthocyanin profiles of rabbiteye and highbush blueberries using HPLC–DAD–ESI-MSn and multivariate analysis. Journal of Functional Foods, 26, 506-516. https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.07.026.

Purwito, A., Efendi, D., & Ermayanti, T. M. (2021). Growth response of four accessions of Moringa oleifera Linn shoots cultured on various basic media. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Vol. 741, No. 1, p. 012054.

Reed, B. M., & Abdelnour-Esquivel, A. (1991). The use of zeatin to initiate in vitro cultures of Vaccinium species and cultivars. HortScience, 26(10), 1320-1322.

Rugini, E. (1984). In vitro propagation of some olive (Olea europaea sativa L.) cultivars with different root-ability, and medium development using analytical data from developing shoots and embryos. Scientia Horticulturae, 24(2),123-134

Ružić D., Vujović T., Libiakova G., Cerović R., & Gajdošova A. (2012). Micropropagation in vitro of highbush blueberry (Vaccinium corymbosum L.). Journal of Berry Research 2(2): 97–103. https://doi.org/10.3233/jbr-2012-030.

Sathyanarayana, B.N., & Blake, J. (1994). The effect of nitrogen sources and initial ph of the media with or without buffer

on in vitro rooting of jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.); Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.

Schuchovski, C., & Biasi, L. (2019). In vitro establishment of 'delite' rabbiteye blueberry microshoots. Horticulturae 5, 24.

Sedlak J., & Paprstein F. (2009). In vitro multiplication of highbush blueberry (Vaccinium corymbosum L.) cultivars. Acta Horticulturae 810: 575–580. https://doi.org/10.17660/actahortic.2009.810.76

Shen, H.L. (2005). Plant tissue culture. Beijing, China Forestry Publishing House. pp. 35 36.

Singh, S., Rai, M., & Sahoo, L. (2012). An improved and efficient micropropagation of Eclipta alba through transverse thin cell layer culture and assessment of clonal fidelity using RAPD analysis. Ind. Crops Prod. 37, 328–333.

Song, G.-Q., & Sink, K.C. (2006). Blueberry (Vaccinium corymbosum L.); Methods in Molecular Biology; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, Volume 344, pp. 263–272.

Stribley, D., & Read, D. (1976). The biology of mycorrhiza in the Ericaceae. New Phytol. 77, 63–72. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1976.tb01501.x.

Tang, Y., Pinsan, X., & An, L. (2017). Ammonium stress and supplemental calcium influence growth of in vitro cultured blueberry plantlets. Eur. J. Hortic. Sci. 82(4): 180-189.

Tetsumura, T., Matsumoto, Y., Sato, M., Honsho, C., Yamashita, K., Komatsu, H., …& Kunitake, H. (2008). Evaluation of basal media for micropropagation of four highbush blueberry

cultivars. Scientia Horticulturae, 119(1), 72–74. doi:10.1016/j.scienta.2008.06.028.

Tsao, C.W.V., Postman, J. D., & Reed, B.M. (2000). Virus infections reduce in vitro multiplication of 'Malling Landmark' raspberry. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 36, 65-68.

Tsuda, H., Kunitake, H., Aoki, Y., Oyama, A., Tetsumura, T., Komatsu, H., & Yoshioka, K. (2014). Efficient in vitro screening for higher soil pH adaptability of intersectional hybrids in blueberry. HortScience, 49(2), 141-144.

Vander Kloet, S. P. (1988). The genus Vaccinium in North America (No. 1828). Agriculture Canada.

Vescan, L. A., Pamfil, D., Clapa, D., Fira, A., Sisea, C. R., Pop, I. F., & Opo, R. (2012). Efficient micropropagation protocol for highbush blueberry (Vaccinium corymbosum L.) cv. 'Elliot'. Romanian Biotechnological Letters, 17(1), 6893-6902.

Yavorska, N. Y., Lobachevska, O. V., & Kyyak, N. Y. (2016). Microclonal propagation of the varieties of highbush blueberry Vaccinium corymbosum L. Biotechnologia Acta, 9(5), 30-37.

Wang, Y., Zhang, X., Jiang, Z., Yang, X., Liu, X., Ou, X., Su, W., Chen, R. (2023). Establishment and Optimization of Micropropagation System for Southern Highbush Blueberry. Horticulturae, 9, 893.

White, P. R. (1943). A Handbook of Plant Tissue Culture Jaques Cattell Press. Lancaster, Pa., USA. Volume 56, p. 151.

Wolfe, D. E., Eck, P., & Chin, C. K. (1983). Evaluation of seven media for micropropagation of highbush blueberry. HortScience, 18, No. 5, 703-705

Wolfe, D., Chin, C. K., & Eck, P. (1986). Relationship of the pH of medium to growth of' Bluecrop' highbush blueberry in vitro. HortScience, 21, No. 2, 296-298

Yıldız, H. (2016). Bazı Vaccinium Türlerinin Doku Kültürü ile Çoğaltılması Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Genetik Mühendisliği Anabilim Dalı, Niğde, 96s.

You, Q., Wang, B., Chen, F., Huang, Z., Wang, X., & Luo, P.G. (2011). Comparison of anthocyanins and phenolics in organically and conventionally grown blueberries in selected cultivars. Food Chem. 125, 201–208. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.063.

Zalt, N., Yasmin, S., Hamakhan, A.M., Polat, Ş., Yu, H., Ge, C., Imrak, B., & Kafkas, E. (2024). Effect of auxins and activated carbon on in vitro rooting of two blueberry cultivars (Vaccinium corymbosum). Journal of Horticultural Research, 32(2), https://doi.org/10.2478/johr-2024-0016.

Zhang, J., Tian, J., Tai, D.Q., Li, K.T., Zhu, Y.J., & Yao, Y.C. (2016). An optimized TRV-based virus-induced gene silencing protocol for Malus crabapple. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) 126, 499–509. https://doi.org/10.1007/s11240-016-1019-0.

Zhao, X., Zhan, L., & Zou, X. (2011). In vitro high-frequency regeneration of half-highbush 'Northland' blueberry. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 39(1), 51-59.

Zheng, X., Zhang, Z., Jin, C., Mu, Y., Liu, C., Chen, Z., Liu, H., & Lin, Z. (2015). Purification characteristics and parameters optimization of anthocyanin extracted from blueberry. Intl. J. Agric. and Biol. Eng. 8, 135–144.

Zimmerman, R.H. & Broome, O.C. (1980). Blueberry micropropagation. In Proceedings of the Conference on Nursery Production of Fruit Plants through Tissue Culture—Applications and Feasibility, Beltsville, MD, USA, 21–22 April; U.S. Department of Agriculture: Beltsville, MD, USA, pp. 44–47.

BÖLÜM V

Hücre Çeperinin Güçlendirilmesi, Olgunlaşmanın Geciktirilmesi ve Antioksidan Kapasitenin Arttırmasında Kalsiyumun Rolü

Rezzan KASIM[1]
Mehmet Ufuk KASIM[2]

Giriş

Kalsiyum, iki değerlikli katyon (Ca^{+2}) olup hücre duvarının yapısının oluşumunda, zar fonksiyonunda ve hücresel sinyal iletiminde rol oynayan temel bir bitki besinidir. Bitki hücre çeperinin önemli bir bileşeni olan kalsiyum, pektik asit gibi hücre çeperi bileşenlerini bir arada tutar ve hücre sıkılığını korur. Hücre çeperini parçalayan enzimlerin substratlarla temas etmesini önler. Kalsiyum iyonları, bahçe ürünlerinin hasat sonrası kalitesinin korunmasında ve fizyolojik metabolizmasında önemli bir rol oynayan önemli ikincil

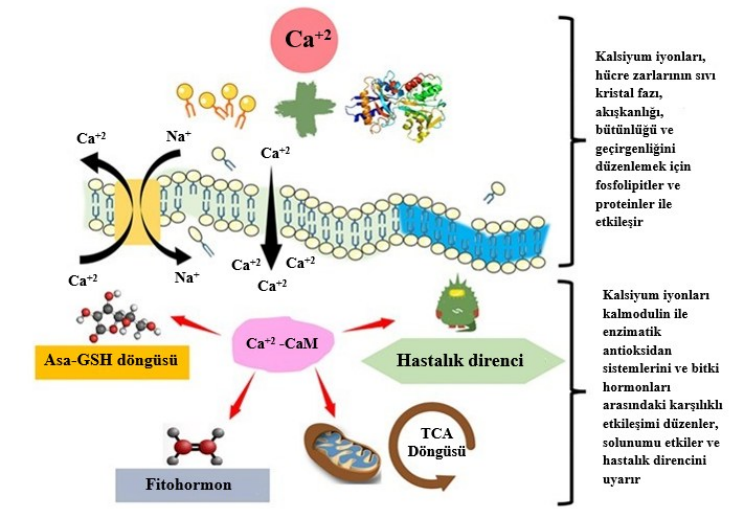
[1] Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kocaeli/Türkiye, Orcid: 0000-0002-2279-4767, rkasim@kocaeli.edu.tr
[2] Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kocaeli/Türkiye, Orcid: 0000-0003-2976-7320, mukasim@kocaeli.edu.tr

habercilerdir. Hücre şeklini, hücre zarı bütünlüğünü, doku sertliğini ve lipit metabolizmasını koruyarak meyvelerin depolama süresini uzatır (Gao & ark., 2020, Lobos & ark., 2021). Kalsiyum hücre çeperini parçalayan enzimlerin hücre çeperine girişini önlemekte ve böylece bitki hücrelerinin çeperini güçlendirmektedir (Shaukat & ark., 2023). Dışsal Ca^{+2} uygulamasının fosfolipaz D aktivitesini ve ilgili gen ekspresyon seviyelerini önemli ölçüde azaltarak hücre zarlarının stabilitesini koruduğu belirtilmiştir (Zhang & ark., 2019). Meyve kabuğu ve meyve etinin mekanik deformasyona karşı koyduğu güç olarak ifade edilen meyve eti sertliği, büyük ölçüde hücre zarlarının kararlılığına bağlıdır. Orta lamelde bulunan pektinler ile iki hücrenin birbirine yapışması sertliği etkileyen bir faktör olup, bu özellik kalsiyum konsantrasyonunun yeterli düzeyde olması sayesinde oluşur (Lobos & ark., 2021).

Kalsiyum hücre çeperindeki pektik asitle birleşerek kalsiyum pektat oluşturmakta ve hücre çeperinin yapısal iskeletini oluşturmaktadır. Bu yapı hücre çeperindeki jel tabakasının parçalanmasını önlemekte ve dayanıklılığını arttırmaktadır. Hücrede kalsiyum yeterli düzeyde olduğunda hücreye hidrolazların girişini önlemekte ve hücre çeperinin pektik bileşimindeki değişiklikleri azaltmak suretiyle meyvenin sertliğini korumaktadır. Ayrıca, hücre zar yapısının bir bileşeni olarak kalsiyum, plazma zarı içindeki fosfolipitleri ve proteinleri birbirine bağlayan köprüler oluşturmaktadır. Bu oluşum faz geçişini ve akışkanlığını etkileyerek zar bütünlüğünü korumaktadır (Jaime-Guerrero & ark., 2024).

Kalsiyum meyvelerdeki yaşlanmayı ürünün görsel kalitesini etkilemeksizin yavaşlatmaktadır (Shaukat & ark., 2023). Kalsiyum iyonları, hücre çeperinin kohezyonunu arttıran pektin ile bağ

oluşturarak hücre çeperinin yapısını güçlendirir. Ca^{+2} meyve hücre çeperi metabolizmasının düzenlenmesine katılmasının yanı sıra, meyve yaşlanması sürecinde diğer fizyolojik metabolizmayı düzenleyici sinyal molekülü olarak da görev yapabilir. Bitki hücrelerinde Ca^{+2}'nin ana algılama ve düzenleme maddesi olan kalmodulin; gen düzenlemesi, protein sentezi ve iyon homeostazisi gibi birden fazla işlev üstlenmektedir (Şekil 1, Zhang & ark., 2024).



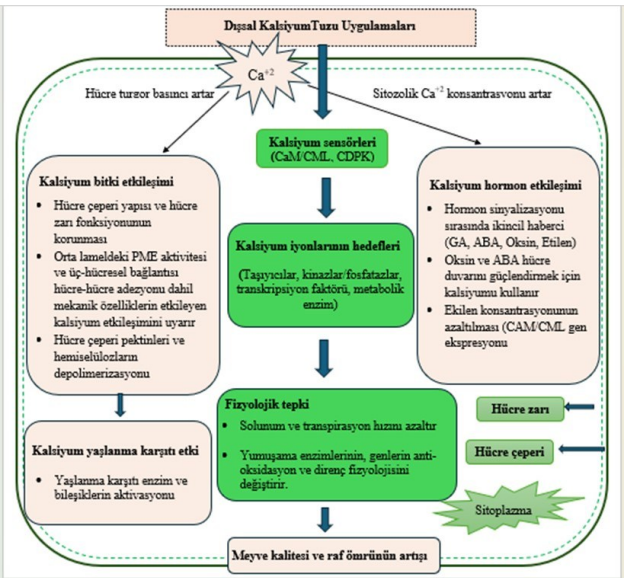
Şekil 1: Kalsiyum iyonları hücre zarı ve kalmodulin aracılığıyla meyve yaşlanmasının alt reaksiyonunu düzenler

(Zhang & ark., 2024).

Meyve yaşlanması hücre zarı bütünlüğünün kaybıyla birlikte gerçekleşmekte ve Ca^{+2} hücre zarının içindeki/dışındaki iyon konsantrasyonlarının homeostazını doğrudan düzenlemektedir. Böylece hücre zarının bütünlüğünü ve geçirgenliğini korumakta ve meyve yaşlanmasını geciktirmektedir (Zhang & ark., 2024). Kalsiyum tuzlarının dışarıdan uygulanması, hücre zarı stabilitesini,

hücre duvarı sertliğini koruyan ve meyvenin yumuşamasını azaltan hücre dışı kalsiyum havuzundaki Ca^{+2} konsantrasyonunu artırır (Şekil 2, Prajapati & ark., 2021).

Kalsiyum, protein ve fosfolipitlerle birlikte hücre zar sisteminin akıcılığını faz geçişi (kristal-sıvı kristal aşaması) yoluyla düzenleyerek enzim-substrat birleşmesinin yol açtığı fizyolojik bozuklukları önleyebilmektedir (Şekil 2). Hasat sonrası kalsiyum uygulamasının fizyolojik hastalıkları etkili bir şekilde azalttığı ve meyvelerin yaşlanmasını geciktirdiği gösterilmiştir (Gao & ark., 2020).



Şekil 2: Dışsal kalsiyum uygulamalarının meyve kalitesi üzerindeki etkileri

(Prajapati & ark., 2021).

Kalsiyum hücre çeperinin önemli bir bileşeni olmasının yanı sıra kök bölgesindeki makro besinlerin emilimini arttırması ve meyve olgunlaşmasına yardımcı olması dolayısıyla kaliteli ürün üretilmesinde hayati önemi olan bir elementtir. Bu özelliklerine ek olarak kalsiyum domates şeker pancarı gibi sebzelerin çoğunda fide gelişimi aşamasında fotosentez, bitki büyüme ve hastalık insidansı açısında önemli roller üstlenmektedir (Haider & ark., 2024).

Ayrıca, kalsiyum tuzları etilen, absisik asit ve oksin gibi hormonların sinyal yollarına katılarak meyve fizyolojisinde de önemli bir rol oynar. Önceki raporlar ayrıca CL'nin toplam fenollerin birikimi ve antioksidan aktivite üzerinde olumlu etki gösterdiğini ve kalsiyumun etilen üretimi üzerindeki inhibe edici etkisi nedeniyle klorofil ve karotenoidler gibi pigmentlerin bozunmasını yavaşlattığını ileri sürmüştür (Prajapati & ark., 2021).

Meyvelerin yaşlanması sırasında solunum hızı ve etilen salınımı artmaktadır. Kalsiyum uygulamalarının bu iki metabolik faaliyeti azaltarak meyvenin yaşlanmasını geciktirdiği ortaya çıkarılmıştır (Gao & ark., 2019). Taze kesilmiş kavun meyvelerine kalsiyum askorbat, kalsiyum klorür ve kalsiyum laktat uygulamaları dokunun kalsiyum miktarını arttırarak, solunum hızını azaltmış ve meyve eti sertliğini korumuştur (Zhang & ark., 2024).

Bu çalışmada kalsiyumun meyvelerde hücre bütünlüğünün korunmasındaki, meyve olgunlaşma ve yaşlanmasının geciktirilmesindeki etkinliği incelenmiş ve bu konuda yapılan araştırma bulguları bir araya getirilmiştir.

Meyve Olgunlaşması ve Depolama Süresi Üzerine Etkileri

Meyve olgunlaşması ve depolama sırasında meyvelerdeki nişasta şekerlere dönüşmektedir. Ağaç olumunda hasat edilen elma, armut ve ayva gibi klimakterik meyve türlerinde depolama sıcaklığı düşürülerek bu değişim yavaşlatılmaktadır. Bu sürecin yavaşlatılmasına ürünün kalsiyum içeriği de katkıda bulunmakta, kalsiyum solunum ve metabolizma hızını yavaşlatarak, polisakkaritlerin monosakkaritlere hidrolizi gibi olgunlaşma ile ilgili süreçleri geciktirmektedir ((Jaime-Guerrero & ark., 2024).

Papaya meyveleri hasattan sonra hızla olgunlaşmakta ve bozulmaktadır. Papaya meyvelerinin 2,5 $CaCl_2$'ye 15 dakika daldırılması, meyvenin etilen üretimini azaltarak, etilen pikini ve dolayısıyla meyve sararmasını kontrole göre 4 gün geciktirmiştir (Şekil 3, Çizelge 1).

Şekil 3: $CaCl_2$ uygulanmış Papaya meyvelerinin 12 günlük depolama süresince görünümleri, IM; $CaCl_2$'ye daldırma, VA: $CaCl_2$ ile vakumda bekletme uygulaması

(Gao & ark., 2020).

Domates meyvelerine $CaCl_2$'nin hasat sonrası veya $CaCl_2$, $CaSO_4$, $Ca(NO_3)_2$, $CaCO_3$'ün hasat öncesi veya sonrası uygulamaları etilen üretimini ve likopenin sentezini yavaşlatarak olgunlaşmayı geciktirmiş ve raf ömrünü uzatmıştır. Benzer etki papaya meyvelerinde de tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Kalsiyum meyvelere ya tek başına veya değişik kaplama maddeleri ile birlikte uygulanmakta, böylece meyvelerin yumuşaması, titrasyon asitliği azalması, renk oluşumu gibi olgunlaşma ve yaşlanma ile ilgili değişimler azaltılarak raf/depo ömrü uzatılabilmektedir. $CaCl_2$'nin tek başına veya $CaCl_2$ ile birlikte arap zamkı (%10) ya da kaktüs müsilajı (%50) uygulaması domateste olgunlaşmayı geciktirerek raf ömrünü uzatmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1: Kalsiyum uygulamalarının meyve olgunlaşması ve depo ömrü üzerine etkileri

Ürün	**Uygulama**	**Süre**	**Etki**	**Kaynak**
Domates (*Solanum lycopersicum* L.)	Sıcak su uygulaması (40 ve 50 ºC) %2 $CaCl_2$	Her iki uygulamada 2 dk.	Olgunlaşmayı geciktirerek raf ömrünü uzatmıştır. (10ºC'de 14 gün)	Hao & ark. (2020)
Papaya (*Carica papaya* L.).	%2,5 $CaCl_2$ Hasat sonrası	15 dk Daldırma	Etilen üretimini azaltmış, etilen pikini ve meyve sararmasını geciktirmiştir	Gao & ark. (2020).
Çilek Fragaria x ananassa Duch.	%3 $CaCl_2$ + %0,2 nano kitosan Hasat sonrası	Daldırma	15 günlük depolama süresince ağırlık kaybını azaltmış, genel kalite özelliklerini korumuş ve yaşlanmayı geciktirmiştir.	Nguyen & ark. (2020).
Turp *Raphanus sativus* L. 'Kadirli'	%2 $CaCl_2$, %1 nişasta + %2 gliserin	2 dk. daldırma Hasat sonrası	Kalsiyum tek başına veya nişasta ve gliserinle kaplama şeklinde turpun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite özelliklerini korumuş ve raf ömrünü uzatmıştır.	Öz & Akyol (2020).
Şeftali *Prunus persica* L. 'Floridaprince'	%1 $CaCl_2$, %1,5 Askorbik asit	Hasat sonrası ıslatma	Şeftali meyvelerinin 2±1ºC'de 20 ve oda sıcaklığında 2 gün başarılı bir şekilde depolanması sağlanmıştır.	Shalan, (2020)
Domates (*Solanım lycopersicum* L. 'MT-3')	%2 $CaCl_2$	10 dk Daldırma Hasat sonrası	Yeşil olgun domates meyvelerinde, etilen üretimini %15,53, ağırlık kaybını %16,43 oranında azaltmış, renklenmeyi likopen sentezini geciktirerek yavaşlatmış, raf ömrünü uzatmıştır.	Mazumder & ark. (2021a).

Çizelge 1'in devamı

Ürün	**Uygulama**	**Süre**	**Etki**	**Kaynak**
Domates (*S. lycopersicum* 'Shivam'	CaSO4, Ca(NO3)2, Ca_2O_4Si, Tavuk gübresi, preçamuru, 20, 40, 60 ve 80 kg Ca/ha Hasat öncesi	Hasat öncesi uygulama	Kalsiyum kaynakları ve düzeyleri domates meyvelerin hasat sonrası kalitesini arttırmış ve depo ömrünü uzatmıştır.	Santhosh & ark. (2021).
Domates (*S. lycopersicum* L.)	%6 $CaCl_2$, %10 Arap zamkı, %50 kaktüs müsilajı	10 dk Daldırma Hasat sonrası	10 ºC'de depolama süresince meyve eti sertliği ve titrasyon asitliği korunmuş, meyvelerin kırmızı renk oluşturma süresi uzamış, olgunlaşması gecikmiş ve muhafaza süresi uzamıştır.	Sati & Qubbaj, (2021).
Domates (*S. lycopersicum* L.)	%0,5 kitosan %1 $CaCl_2$	5 dk. Daldırma Hasat sonrası	Raf ömrünü önemli ölçüde uzatmıştır.	Shehata & ark., (2021)
Mango (*Magnifera indica* L.)	%0,5; %1 ve %1,5	10 dk Hasat sonrası	Kabuk sertliği korunmuş, meyve et daha koyu renk almış, SÇKM miktarı artmış ve raf ömrü uzamıştır.	Bitange & ark. 2022).
Brokoli (*Brassica oleracea* vak. *İtalica* 'Imperial'	%2 $CaCl_2$, %mM Salisilik Asit (SA)	Hasat sonrası	Kalsiyum veya SA ile kombinasyonu 5ºC'de 21 günlük depolama süresince kalite kayıplarını azaltmıştır.	El-Beltagi & ark. (2022)
Elma (*Malus domestica* L. 'Gala')	%1 $CaCl_2$ + 1000 ppm		Ağırlık kaybını etkili bir şekilde kontrol etmiş, meyve eti sertliğiği korumuz ve meyve çürümelerini azaltarak raf ömrünü uzatmıştır.	Beiparysa & ark. (2023).

Çizelge 1'in devamı

Ürün	**Uygulama**	**Süre**	**Etki**	**Kaynak**
Nektarin (*Prunus persica* L.)	%2 $CaCl_2$	5 dk. Daldırma Hasat sonrası	Meyve olgunlaşmasını, yaşlanmasını ve yumuşamasını önleyerek depo ömrünü ve pazarlama süresini uzatmıştır.	Hajiesmaeili & Danaee (2024)
Şeftali (*Prunus persica* L. '8-A'	%2 ($KMnO_4$) + %2 $CaCl_2$	15 dk Daldırma Hasat sonrası	Kalitenin korunması ve raf ömrünün uzatılması için ümit verici bulunmuştur.	Shaukat & ark., (2023).
Domates (*Solanım lycopersicum* L. 'Sahel')	%2 $CaSO_4$, $Ca(NO_3)_2$, $CaCO_3$, $CaCl_2$	Hasat öncesi, yapraktan uygulama	Ağırlık kaybı (%6,61), etilen üretimi (119,6 µL C_2H_4 /kgs) ve hastalık insidansı (%4,78) azalmış ve maksimum raf ömrüne (18 gün) ulaşılmıştır.	Haider & ark. (2024).

Hasat sonrası dönemde meyve ve sebzelere uygulanan yenilebilir kaplamalar ile ürünün solunum hızı ve etilen üretimi azaltılmakta ayrıca kaplama maddeleri yüzey dezenfeksiyonu yoluyla da kalitenin korunmasını sağlamaktadır. Kalsiyumun değişik kaplamalar ile kombinasyonu da olgunlaşma ve yaşlanmayı geciktirerek, depo veya raf ömrünü uzatabilmektedir. Ayrıca etilen üretimini önleyici maddeler ile kalsiyum kombinasyonu da yaşlanmanın geciktirilmesinde etkili olmaktadır. Şeftali meyvelerine kalsiyum ile birlikte potasyum permanganat uygulaması kalitenin korunması açısından ümit verici bulunmuştur (Çizelge 1).

Benzer şekilde kalsiyum klorür konsantrasyonlarının (%1, %2, %3, %4) nano kitosan kaplama (%0,2) kitosan ile birleştirilerek uygulanması çilek meyvelerinin genel kalitesini arttırmıştır. Özellikle %3 $CaCl_2$ uygulandıktan sonra nano-kitosan ile kaplanan

çilek meyvelerinin ağırlık kaybını azaltmış, L-askorbik asit miktarını, toplam antosiyanin miktarı ile antioksidan kapasitesini koruyarak, malondialdehit üretimini geciktirmiştir. Dolayısıyla kalsiyum klorür ile nano kitosan kaplama uygulaması çilekleri 4°C sıcaklıkta 15 gün kaliteli bir şekilde depolanmasını sağlamıştır (Çizelge 1, Şekil 4).

	Puanlar ve tanımlama		
	Çürüme oranı	Büzülme	Farklı aşamalardaki fotoğraflar
5 Mükemmel	%0	Kaliks sert ve yeşil Büzülme yok Tarla-tazeliği	
4 İyi	%0	Kaliks yeşil fakat hasada göre daha az sert Büzülme belirtisi çok az	
3 Orta	%0	Kalik kuru ve solmuş görünebilir	
Zayıf	%1-5	Meyve kurumaya başlamıştır ve kaliks büzülmesi belirgin	
Çok zayıf	>%10	Kaliks çok kuru ve sarımsı	

Şekil 4: Kalsiyum uygulanmış ve nano-kitosanla kaplanmış çileklerde kalite puanları ve görsel tanımlayıcılar (Nguyen & ark., 2020).

Kalsiyum Uygulamalarının Antioksidan Kapasite ve Olgunlaşma/Yaşlanma Enzimleri Üzerine Etkileri

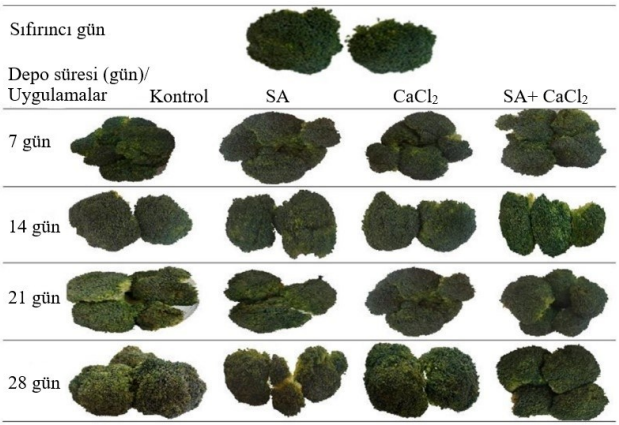
Kalsiyum uygulamaları meyve ve sebzelerin morfolojik ve fiziksel özeliklerini iyileştirmenin yanısıra biyokimyasal içeriği üzerinde de etkili olmaktadır. Kalsiyum uygulamaları ile meyve ve sebzelerde bulunan C vitamini, fenolik bileşikler, karotenoidler, flavonoidler gibi bileşiklerin kayıpları önlenmekte, ürünlerin antioksidan kapasiteleri arttırılmaktadır. Brokolilere hasat sonrası %2 $CaCl_2$'nin tek başına veya 2 mM salisilik asit ile kombinasyon şeklinde uygulanması, 5°C'de 21 gün süreyle taçların biyokimyasal kalite kayıplarını azaltmış ve antioksidan kapasiteyi korumuştur (Çizelge 2, Şekil 5). Değişik meyve ve sebze türlerinde kalsiyum uygulamalarının antioksidan kapasite ile olgunlaşma ve yaşlanma enzimeri üzerindeki etkileri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2: Kalsiyum uygulamaların meyve ve sebzelerin antioksidan kapasitesi ile olgunlaşma/yaşlanma enzim aktiviteleri üzerine etkileri

Ürün	**Uygulama**	**Etki**	**Kaynak**
Kış hurması (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao)	%2 $CaCl_2$ Kitosan + nano silika kaplama	Fenilalanin amonyak-liyaz (PAL), kalkon sentaz (CHS), kalkon izomeraz (CHI) aktivitesinin azalmasını geciktirmiş; flavonol sentaz, dihidroflavonol 4-redüktaz ve antosiyanidin sentaz gen ifadelerini inhibe ederek antosiyanin ve kuersetin miktarındaki artışı ve meyve kızarmasını geciktirmiştir.	Kou & ark. (2021).
Çilek (Fragaria x ananassa Duch.)	%3 $CaCl_2$ + %0,2 nano kitosan Daldırma Hasat sonrası	15 günlük depolama süresince askorbik asit, toplam antosiyanin miktarı, antioksidan kapasite korunmuş ve malondialdehit üretimi geciktirilmiştir.	Nguyen & ark.. (2020).
Kiraz (*Prunus avium* L. 'Stella')	%1 $CaSO_4$ %1 $CaSO_4$ + NKE (400 ppm)	Askorbik asit miktarı, toplam antosiyanin miktarını, fenolik bileşikleri ve DPPH aktivitesini arttırmıştır.	Parsa & ark., 2021.
Hıyar (*Cucumis sativus* L. 'Induran RZ F1'	50, 100, 150 mg/L CaO-NP (kalsiyum nanopartikül) içeren kaplama	Tüm konsantrasyonlar antioksidantlar üzerinde olumlu etkili olmuştur.	Cid-López & ark. (2021)

Çizelge 2: devamı

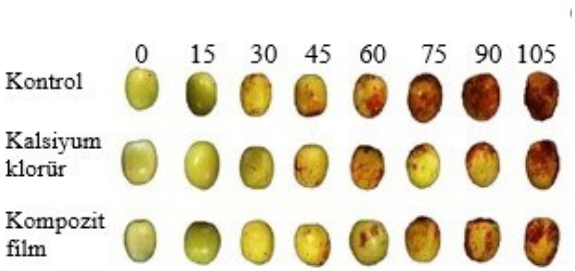
Ürün	**Uygulama**	**Etki**	**Kaynak**
Domates (*Solanım lycopersicum* L. 'MT-3')	%2 $CaCl_2$ 10 dk Yeşil olgun domates, hasat sonrası	Oda sıcaklığında 20 gün sonra toplam fenolik maksimuma ulaşmış, $CaCl_2$ peroksidaz (POD), polifenol oksidaz (PPO) ve fenilalanin amonyak liyaz (PAL) aktivitesini kontrole göre sırasıyla %13, %7,3; %8,5 arttırmıştır.	Mazumder & ark. (2021a).
(*Solanım lycopersicum* L. 'MT-1, MT-3, 303, 105')	%2 $CaCl_2$ Meyve tutumundan hasada kadar haftalık püskürtme	Toplam askorbik asit, likopen miktarı, toplam fenolik miktarı ve antioksidan kapasiteyi arttırmıştır.	Mazumder & ark. (2021b).
Mango *(Mangifera indica* L.'Palmer' 'Apple')	%0,02 hekzanal, %2 $CaCl_2$ 5 dk. Hasat sonrası daldırma	C vitamini, toplam flavonoid, toplam ve indirgen şeker miktarını korumuştur.	Baltazari & ark. (2023).
Brokoli (*Brassica oleracea* vak. *İtalica* 'Imperial')	%2 $CaCl_2$, %2mM Salisilik Asit (SA) Hasat sonrası	Tek kalsiyum veya SA ile kombinasyonu, klorofil miktarı, C vitamini, fenolik bileşikler, karotenoidler, flavonoidler ve glikozinolat kayıplarını azaltmış ve antioksidan kapasiteyi korumuştur.	El-Beltagi & ark. (2022)
Pembe guava (*Psidium guajava* L. 'Thai Pink')	%0,5 kalsiyum glukonat (Ca-G)+ Ultrasonikasyon (G-US) 4 dk.	Askorbik asit içeriğini ve toplam fenol içeriğini arttırmış, antioksidan aktiviteyi korumuştur.	Supapvanich, Sittiprasert & Techavuthiporn, 2022
Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco 'Balady')	%1 Kalsiyum asetat ($C_4H_6CaO_4$) %0,5 kalsiyum sitrat ($Ca_3(C_6H_5O_7)_2$) %1 $Ca(NO_3)_2$ %2 $CaCl_2$ 5 dk.	Poligalakturonaz, pektin metil esteraz ve β-galaktozidaz enzimlerinin aktivitesini azaltmıştır.	El-Bana & Ennab (2023)



Şekil 5: SA ve $CaCl_2$ kombinasyonunun 5 °C'de 28 gün depolanan brokoli çiçeklerinin görünümü ve görsel kalitesi üzerindeki etkisi

(El-Beltagi & ark., 2022).

Kış hurmasına kalsiyum uygulamaları fenilalanin amonyak-liyaz (PAL), kalkon sentaz (CHS), kalkon izomeraz (CHI) aktivitesinin azalmasını geciktirerek meyvenin kızarmasını dolayısıyla yaşlanmasını geciktirmiştir (Çizelge 2, Şekil 6).



Şekil 6: Hurmada kalsiyum klorür ve kompozit film uygulamasının fenotipik (meyve kızarması) değişiklikler üzerine etkisi

(Kou & ark., 2021).

Hücre Çeperi Bileşenleri ve Meyve Yumuşamasına Etkileri

Meyvelerin veya meyvesi yenilen sebzelerin dokusal özelliklerindeki değişimler ürünün kalite özelliklerini yansıtmaktadır. Meyvelerin, meyve eti sertliği ile pektin arasında ayrılmaz bir bağ bulunmaktadır. Meyve eti sertliğinin değişiminde veya meyvenin yumuşamasında rol oynayan enzimler poligalakturonaz (PG), pektin metil esteraz (PE) ve selülaz (Cx) enzimleridir. Bu enzimlerin yanı sıra pektat liyaz (PL) ve β-glukozidaz (β-GZ) ise meyvenin hücre çeperlerindeki metabolizmayı düzenleyen enzimlerdir (Xu & ark., 2023).

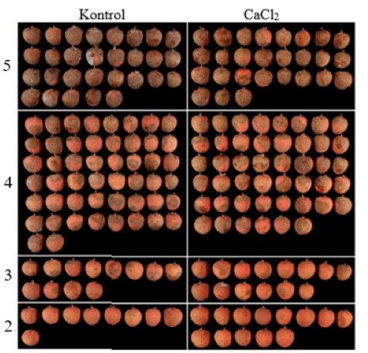
Kalsiyumun, hücre çeperi bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve lignin ile etkileşimi ile ilgili kanıtlar bulunmamaktadır. Buna karşın kalsiyumun pektin ile çapraz bağlanarak, diğer hücre bileşenleri ile etkileşime girdiği varsayılmaktadır. Dolayısıyla kalsiyumun hücre çeperi yapısının stabilitesini koruma işlevi pektin polimerlerini bağlayarak hücre çeperinin güçlendirilmesinde önemli rol üstlenmektedir (Hocking & ark., 2016). Liçi meyvelerine 5 dakika süreyle vakum infiltrasyonu şeklinde kalsiyum uygulaması hücre çeperini güçlendirirken, perikarpın enzimatik kararmasını önemli oranda azaltmıştır (Çizelge 3, Şekil 7). Benzer şekilde çarkıfelek meyvelerinin %2 $CaCl_2$'ye 5 dakika süre ile daldırılması, meyvenin genel görünümü ile meyve kabuğunun yapısal bütünlüğünü korumuş ve yine kabuk kararmasını önlemiştir (Xu & ark., 2023).

Çizelge 3: Kalsiyum uygulamalarının hücre duvarı bileşenleri ve meyve yumuşaması üzerine etkileri

Ürün	**Uygulama/Süre**	**Etki**	**Kaynak**
Papaya (*Carica papaya* L.)	%2,5 $CaCl_2$ 15 dk Daldırma	Hücre duvarı parçalayıcı enzim aktivitesi ile hücre duvarının yumuşaması ile ilişkili genlerin ifadesini önleyerek meyvenin yumuşamasını geciktirmiştir.	Gao & ark. (2020).
Kayısı (*Prunus armeniaca* L.)	% $CaCl_2$, 20 dk. Ultrason, 400 W 20 dk.	PG, β-galaktozidaz, PME, polifenol oksidaz ve peroksidaz aktiviteleri etkili bir şekilde azaltmıştır.	Liu & ark. (2021)
Hıyar (*Cucumis sativus* L. 'Barracuda')	2 mM salisilik asit + kalsiyum nanopartikül	Poligalakturonaz, selülaz, ksilanaz, pektinaz aktivitesini bastırmış, MDA seviyelerini düşürmüştür.	Abdelkader & ark. (2022)
Pembe guava (*Psidium guajava* L. 'Thai Pink')	%0,5 kalsiyum glukonat (Ca-G)+ Ultrasonikasyon (G-US) 4 dk.	Membran geçirgenliğini, peroksidasyonu ve meyve yumuşamasını geciktirmiştir.	Supapvanich, Sittiprasert & Techavuthiporn, (2022)
Liçi (*Litchi chinensis* Sonn.)	5 g/L 5 dk. vakum infiltrasyonu (-33 kPa)	Perikarptaki Ca^{+2} ve selüloz miktarını arttırmış buna karşın suda-çözünür pektin miktarı ve poligalakturonaz, β-galaktosidaz ve selülaz miktarını azaltmıştır. Meyve etinde ise Ca^{+2}, suda, iyonik ve kovalent çözünür pektin ve hemiselüloz miktarını arttırmış, pektinesteraz ve β-galaktosidaz aktivitelerini yukarı regüle etmiş buna karşın poligalakturonaz ve selülaz aktivitelerinin önemli oranda azaltmıştır.	Guo & ark. (2023).

Çizelge 3: devamı

Ürün	**Uygulama/Süre**	**Etki**	**Kaynak**
Hurma (*Diospyros kaki*)	%2 $CaCl_2$ 30 dk Daldırma Hasat sonrası	Meyve eti sertliği 15 gün depolama sonrasında %40 artmış, suda çözünür pektin miktarı %14 azalmıştır. Pektin parçalayıcı enzimler poligalakturonaz, pektin metil esteraz ve pektin liyaz aktiviteleri sırasıyla %39, %24 ve %11 azalmıştır. Suda çözünür pektin, meyve eti sertliği ve pektin parçalayıcı enzimlerin aktivitesi ile negatif koralesyon göstermiştir.	Liu & ark. (2023)



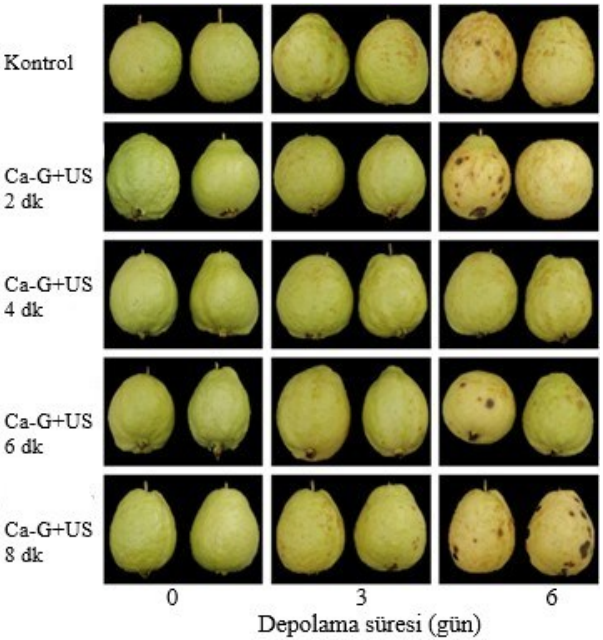
Şekil 7: Liçi meyvesinde $CaCl_2$ uygulamalarının perikarp kararma indeksi üzerine etkileri. Derece 2, Perikarpın <1/3'ü kahverengi, her kahverengi nokta 0,5 cm2'den küçük; Derece 3, perikarpın 1/3-1/2'si kahverengi ve her kahverengi nokta 0,5 cm^2-1 cm^2; Derece 4, perikarpın 1/2-3/4'ü kahverengi ve her kahverengi nokta 1 cm^2'den fazla; Derece 5, perikarpın 3/4'ünden fazlası kahverengi

(Guo & ark., 2023).

Kalsiyumun meyvelerin hücre duvarlarını stabilize etmede de önemli bir rol vardır. Kalsiyum mantar enzimlerinin hücre duvarını yumuşatması veya parçalanmasına karşı önleyici retkide bulunmaktadır (Hajiesmaeili & Danaee, 2024).

Meyve yumuşaması, iki bitişik hücre arasındaki orta lamelin yapısının değişmesi, hücre çeperi bileşenlerinin dolayısıyla hücre çeper yapısının bozulması nedeniyle gerçekleşir; bu durum hücrelerin yapışmasını etkileyerek ayrılmalarına ve dağılmalarına neden olur (Liu & ark., 2021). Pektin, selüloz ve hemiselüloz gibi hücre çeperi bileşenleri karmaşık modifikasyonlar ile bozulmaya başlar, bu da meyve hücre çeperinin bütünlüğünün bozulmasına ve yumuşamaya yol açar. Hücre çeperinin yapısı ve bileşimindeki değişimler meyve yumuşamasının etkileyen önemli faktörler olup birincil hücre çeperi ve orta lamelde bulunan pektin meyve yumuşamasının düzenlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Liu & ark., 2023).

Hasat sonrası kalsiyum uygulamaları meyve dokularındaki kalsiyum içeriğini arttırabilir, bu de hücre duvarı parçalayıcı enzimlerin aktivitesini azaltabilmekte, pektin ve hemiselüloz polisakkaritlerinin depolimerizasyonunu yavaşlatabilmekte ve doku stabilitesini koruyabilmektedir (Liu & ark., 2021). %0,5 kalsiyum glukonat içeren ustrasonik banyoda 2-8 dk arasında değişen sürelerde bekletilen pembe guava meyvelerinde, asitlik, klorofil ve karotenoid birikimi ile hücre zeri geçirgenliği ve peroksidasyonu azalarak, meyve yumuşaması dolayısıyla yaşlanma gecikmiştir. Bu etki özellikle 4 dakika süreyle bekletilen meyvelerde daha belirgin olmuştur (Şekil 8).



Şekil 8: Kalsiyum glukonat (%0,5) ve ultrasound uygulamalarının guava meyvelerinde renk gelişimine ve yaşlanmaya etkisi

(Supapvanich Sittiprasert & Techavuthiporn, 2022)

Kaynaklar

Abdelkader, M. F., Mahmoud, M. H., Abdein, M. A., Metwally, K., Ikeno, S., & Doklega, S. M. (2022). The Effect of combining post-harvest calcium nanoparticles with a salicylic acid treatment on cucumber tissue breakdown via enzyme activity during shelf life. *Molecules*, *27*(12), 3687.

Baltazari, A., Mtui, H. D., Mwatawala, M. W., Chove, L. M., Msogoya, T., Samwel, J., ... & Subramanian, J. (2023). Effects of hexanal and calcium chloride post-harvest treatments in management of fresh mango (Mangifera indica) quality. *Agricultural Research*, *12*(1), 104-115.

Beiparysa, A., Topno, S. E., Joseph, A. V., Bahadur, V., Kerketta, A., & Kesharwani, L. (2023). Effect of Calcium Chloride (CaCl2) and Carbon Dioxide (CO2) on Post Harvest Quality of Apple Fruit (Malus domestica) cv. Gala. *International Journal of Plant & Soil Science*, *35*(18), 199-207.

Bitange, N. M., Chemining'wa, G. N., Ambuko, J. L., & Owino, W. O. (2022). Effects of mode and timing of calcium chloride application on tissue calcium concentration and acceptability of mango fruits. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, *22*(8), 18552-18573.

Cid-López, M. L., Soriano-Melgar, L. D. A. A., García-González, A., Cortéz-Mazatán, G., Mendoza-Mendoza, E., Rivera-Cabrera, F., & Peralta-Rodríguez, R. D. (2021). The benefits of adding calcium oxide nanoparticles to biocompatible polymeric coatings during cucumber fruits postharvest storage. *Scientia Horticulturae*, *287*, 110285.

El-Bana, H. S., & Ennab, H. A. (2023). Post-harvest application of some calcium forms to improve quality and shelf life of mandarin fruits during storage. *Alexandria Journal of Agricultural Sciences*, *68*(3), 141-151.

El-Beltagi, H. S., Ali, M. R., Ramadan, K. M., Anwar, R., Shalaby, T. A., Rezk, A. A., ... & El-Mogy, M. M. (2022). Exogenous postharvest application of calcium chloride and salicylic acid to maintain the quality of broccoli florets. *Plants*, *11*(11), 1513.

Gao, Q., Tan, Q., Song, Z., Chen, W., Li, X., & Zhu, X. (2020). Calcium chloride postharvest treatment delays the ripening and softening of papaya fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(8), e14604.

Gao, Q., Xiong, T., Li, X., Chen, W., & Zhu, X. (2019). Calcium and calcium sensors in fruit development and ripening. *Scientia Horticulturae*, *253*, 412-421.

Guo, X., Li, Q., Luo, T., Han, D., Zhu, D., & Wu, Z. (2023). Postharvest calcium chloride treatment strengthens cell wall structure to maintain litchi fruit quality. *Foods*, *12*(13), 2478.

Haider, S. T. A., Anjum, M. A., Shah, M. N., Hassan, A. U., Parveen, M., Danish, S., ... & Alfarraj, S. (2024). Deciphering the Effects of Different Calcium Sources on the Plant Growth, Yield, Quality, and Postharvest Quality Parameters of 'Tomato'. *Horticulturae*, *10*(9), 1003.

Hajiesmaeili, E., & Danaee, E. (2024). Evaluation of the Effect of Postharvest Salicylic Acid and Calcium Chloride Treatment on

the Quality and Storage Life of Nectarine Fruit (Prunus persica L. Batsch). *Applied Fruit Science*, *66*(2), 495-503.

Hao, W. J., Nawi, I. H. M., & Idris, N. I. M. (2020). Effect of hot water treatment with calcium dips on postharvest quality of tomato. *Malaysian Applied Biology*, *49*(4), 71-77.

Hocking, B., Tyerman, SD, Burton, RA ve Gilliham, M. (2016). Meyve kalsiyumu: taşıma ve fizyoloji. *Bitki bilimindeki sınırlar*, *7*, 569.

Jaime-Guerrero, M., Álvarez-Herrera, J. G., & Fischer, G. (2024). Effect of calcium on fruit quality: A review. *Agronomía Colombiana*, *42*(1), 1-14.

Kou, X., Chai, L., Yang, S., He, Y., Wu, C. E., Liu, Y., ... & Wang, Z. (2021). Physiological and metabolic analysis of winter jujube after postharvest treatment with calcium chloride and a composite film. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(2), 703-717.

Liu, M., Li, J., Zong, W., Sun, W., Mo, W., & Li, S. (2021). Comparison of calcium and ultrasonic treatment on fruit firmness, pectin composition and cell wall-related enzymes of postharvest apricot during storage. *Journal of Food Science and Technology*, *59*(4), 1588-1597.

Liu, M., Wang, R., Sun, W., Han, W., Li, G., Zong, W., & Fu, J. (2023). Effects of postharvest calcium treatmenttreatment on the firmness of persimmon (Diospyros kaki) fruit based on a decline in WSP. *Scientia Horticulturae*, *307*, 111490.

Lobos, T. E., Retamales, J. B., & Hanson, E. J. (2021). Early preharvest calcium sprays improve postharvest fruit quality in 'Liberty'highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, *277*, 109790.

Mazumder, M. N. N., Misran, A., Ding, P., Wahab, P. E. M., & Mohamad, A. (2021a). Effect of harvesting stages and calcium chloride application on postharvest quality of tomato fruits. *Coatings*, *11*(12), 1445.

Mazumder, M. N. N., Misran, A., Ding, P., Wahab, P. E. M., & Mohamad, A. (2021b). Preharvest foliar spray of calcium chloride on growth, yield, quality, and shelf life extension of different lowland tomato varieties in Malaysia. *Horticulturae*, *7*(11), 466.

Nguyen, V. T., Nguyen, D. H., & Nguyen, H. V. (2020). Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, *162*, 111103.

Öz, A. T., & Akyol, B. (2020). Effects of calcium chloride plus coating in modified-atmosphere packaging storage on whole-radish postharvest quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(10), 3942-3949.

Parsa, Z., Roozbehi, S., Hosseinifarahi, M., Radi, M., & Amiri, S. (2021). Integration of pomegranate peel extract (PPE) with calcium sulphate (CaSO4): A friendly treatment for extending shelf-life and maintaining postharvest quality of sweet cherry fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(1), e15089.

Prajapati, U., Asrey, R., Varghese, E., & Sharma, R. R. (2021). Effects of calcium lactate on postharvest quality of bitter gourd fruit

during cold storage. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *27*(8), 1811-1821.

Santhosh, S. S., Chitdeshwari, T., Jegadeeswari, D., & Kavitha, C. (2021). Effect of different levels and sources of calcium on post harvest physiology of hybrid tomatoes (Solanum lycopersicum). *Journal of Applied and Natural Science*, *13*(4), 1357-1364.

Sati, F., & Qubbaj, T. (2021). Effect of calcium chloride postharvest treatment in combination with plant natural substance coating on fruit quality and storability of tomato (Solanum lycopersicum) fruits during cold storage. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, *94*, 100-107.

Shalan, A. M. (2020). Post-harvest applications by calcium chloride and ascorbic acid enhanced storage ability of peach fruits Cv. floridaprince. *Journal of Plant Production*, *11*(2), 179-188.

Shaukat, M. F., Hussain, I., Mehmood, A., Naveed, K., Ayub, A., Ayub, Q., ... & Ahmad, M. (2023). Improving storability and quality of peach fruit with post-harvest application of calcium chloride and potassium permanganate. *Pure and Applied Biology*, *12*(1), 414-423.

Shehata, S. A., Abdelrahman, S. Z., Megahed, M. M., Abdeldaym, E. A., El-Mogy, M. M., & Abdelgawad, K. F. (2021). Extending shelf life and maintaining quality of tomato fruit by calcium chloride, hydrogen peroxide, chitosan, and ozonated water. *Horticulturae*, *7*(9), 309.

Supapvanich, S., Sittiprasert, W., & Techavuthiporn, C. (2022). Application of ultrasonic incorporated with calcium gluconate maintains physicochemical quality of pink guavas during short-term storage at room temperature. *Food Science and Biotechnology*, *31*(3), 285-294.

Xu, H., Qiao, P., Pan, J., Qin, Z., Li, X., Khoo, H. E., & Dong, X. (2023). CaCl2 treatment effectively delays postharvest senescence of passion fruit. *Food Chemistry*, *417*, 135786.

Zhang, L., Wang, J. W., Zhou, B., Liu, Y. F., Xia, X. L., Xiao, Z. G., ... & Ji, S. J. (2019). Calcium inhibited peel browning by regulating enzymes in membrane metabolism of 'Nanguo'pears during post-ripeness after refrigerated storage. *Scientia Horticulturae*, *244*, 15-21.

Zhang, Y., Kong, Q., Niu, B., Liu, R., Chen, H., Xiao, S., ... & Gao, H. (2024). The dual function of calcium ion in fruit edible coating: Regulating polymer internal crosslinking state and improving fruit postharvest quality. *Food Chemistry*, 138952.

BÖLÜM V

How different doses of glutamine priming affect the germination parametres of garden cress (*Lepidium sativum* L.) under salt stress?

Ayse Gul NASIRCILAR[1]
Kamile ULUKAPI[2]

Introduction

Soil salinization, one of the most important abiotic stress factors that threaten agricultural yield and ecological security on a global scale, limits plant growth and productivity. Plants can survive under salt-stress conditions only if they effectively cope with the negative effects of salt stress (Zhou et al., 2024). One of the main problems in saline areas is low seed germination and seedling emergence. This is because the final plant density achieved is

[1] Akdeniz University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Antalya, TÜRKİYE
[2] Akdeniz University, Vocational High School of Technical Sciences, Department of Plant and Animal Production, Antalya, TÜRKİYE

directly related to the germination rate and strength of the seed (Habibi and Abdoli, 2013). Priming technology, which involves soaking seeds in water or solutions containing natural or synthetic agents prior to planting, is a method used to induce stress tolerance in seeds (Moulick et al., 2018). Seed priming has been used in various crops as a cost-effective alternative method to confer resistance to biotic and abiotic stress conditions without introducing genetic or transgenic changes in plants (Moulick et al., 2016).

Amino acids, which play an important role in plant growth and development, are biostimulants with potential for use in organic agriculture. These properties make them an alternative source for sustainable agriculture (Abdelkader et al., 2023). Amino acids, precursor molecules for synthesizing nitrogenous compounds, especially proteins, also play an important role in stress tolerance. In recent years, studies have shown that Gln is one of the amino acids contributing to stress tolerance (Nasırcılar and Ulukapı, 2023).

Garden cress (*Lepidium sativum*) is a medically important vegetable of the *Brassicaceae* family. In addition to its low nutritional requirements and its rapid growth, it is recommended by the OECD as a model plant to determine the effects of environmental stresses such as heavy metal stress (Nouri and Haddioui, 2021; OECD, 1994). Only a few seed priming studies have been carried out on garden cress. In the study investigating the effect of hydropriming on the germination parameters of cress, it was found that this application shortened the germination period and increased the yield of uniform seedlings (Noorhosseini et al., 2018). Among the different priming treatments applied to cress seeds exposed to arsenic stress, the best results on germination and seedling growth parameters were obtained with the gibberellic acid treatment (Nouri and Haddioui, 2021). Morover salicylic acid priming was found to have a positive effect on the germination of cress under salt stress (Habibi and Abdoli, 2013). The aim of this study was to determine

the effects of high and low doses of Gln priming under saline conditions on germination parameters of garden cress, a medically important vegetable, under salt stress.

Materials and Methods

Materials

Two different cress cultivars (BT and Gülfem) purchased from a commercial company were used in the research. Salt stress was created with 150 mM NaCl and low (1, 2, 3 mM) and high doses (10, 20, 30 mM) of Gln were used for priming. The study was carried out in the controlled climate room of Akdeniz University Vocational School of Technical Sciences, Department of Plant and Animal Production.

Priming Application

The seeds were kept in 10% sodium hypochlorite and 70% alcohol for 10 and 1 minute respectively with continuously stirring for surface sterilization. The seeds were rinsed with sterile distilled water for 5 minutes 3 times and transferred to jars containing low (1, 2, 3 mM) and high doses (10, 20, 30 mM) of Gln. Gln priming was carried out by keeping the seeds at room temperature for 24 hours. Control seeds were kept in sterile distilled water under the same conditions.

Germination Parameters

Gln applied seeds were transferred to petri plates (90x15) containing sterile blotting paper. In the experimental group, each petri was watered with equal amounts of salt water to create salt stress, while only water was used in the control group. The seeds were stored in a climate chamber with a temperature of 24±1ºC and a photoperiod of 16/8 hours (light/dark) for 14 days. Trials were carried out in 4 replicates with 25 seeds each. According to ISTA (1985) rules, the trial continued for 14 days and the germinated seeds

were counted daily. Germination parameters such as germination percentage (GP), mean germination time (MGT), germination rate coefficient (CVG) and germination index (GI) were calculated according to the formulas below.

GP (%) = Number of germinated seeds / Total number of seeds X 100 (Gosh et al., 2014**)**

MGT: Σ Dn / Σ n D = days counted from the beginning of the test, n = number of seeds germinated on day D (Ellis and Roberts, 1981; Sivritepe, 2012).

CVG: N1+N2+⋯.+Nx/100xN1T1+⋯⋯+NxTx (Kotowski, 1926) T: number of days corresponding to N, N: number of seed germinated each day

GI: (14xn1) + (13xn2) +…..+ (1xn14) n1, n2,…, n14: number of germinated seeds on the first, second and subsequent days until the 14th; 14, 13…., and 1 are weights given to the number of germinated seeds on the first, second and subsequent days respectively (Benech et al., 1991).

Statistical Analysis

The statistical analysis of the data was determined by variance analysis in the Minitab 21 package program. The visualization of the studied parameters was done with the Excell program.

Results and Discussion

Gln, which has an important role in the synthesis of nitrogenous compounds such as amino acids and nucleotides in all organisms, functions as a metabolic fuel (Kan et al., 2015).

In this study, which aimed to determine the effect of Gln on germination under both normal and salt stress conditions, according

to the results of the analysis of variance performed to determine the effect of application and variety on germination parameters, it was determined that both variety and all priming applications had a statistically significant effect on all germination parameters at the level of $p<0.001$ (Table 1).

Table 1. Variance analysis result with respect to the germination parameters of cress cultivars

Variation source	df	GP (%)	MGT (day)	CVG	GI
C	1	***	***	***	***
A	15	***	***	***	***
C*A	15	***	***	***	***

C: Cultivar, A: Application, GP: Germination Percentage, MGT: Mean Germination Time, CVG: Coefficient of Germination Velocity, GI: Germination Index; ***$p<0.001$

Salt stress negatively affected germination parameters in both cultivars (Figure 1, Figure 2). In BT cv. GP, which was 93% in control plants, decreased to 47% in salt stress. In salt conditions, MGT increased relatively and GI decreased. GI value, which was 1.56 in control seeds, decreased to 0.78 under salt stress. Similarly, in Gülfem cv. GP, which was 100% in control, decreased to 58% in salt stress and germination time was prolonged.

Gln priming under normal conditions did not stimulate the GP in both cultivars at both high and low concentrations. Especially in BT cv., when applied at high doses, it caused a significant decrease in GP. The germination percentage, which was 93% in the control, decreased to 72% with 20 mM Gln priming (Figure 1). A study supporting these results was carried out on rice seedlings. When 0.1-10 mM Gln was added to rice seedlings grown in hydroponic conditions as a nitrogen source, it was found that low doses of Gln (0.1mM, 0.5 mM) supported root and shoot development in the plant, whereas the addition of 1, 2.5, 5 or 10 mM Gln inhibited the growth of rice seedlings (Kan et al., 2015). It is

therefore concluded that even the low dose of Gln used in this study was relatively high.

Although the application of Gln did not increase the GP under normal conditions, it had a promoting effect on some germination parameters in current study. Both high and low doses of Gln slightly shortened the MGT of BT cv. At 1 mM Gln the germination time was reduced to the lowest value of 3.42 days. In connection with this, the CVG value also increased to the highest value of 30.83 with 1 mM application.

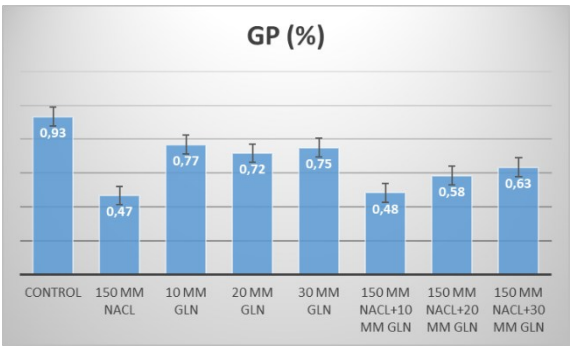
In a study where onion seeds were primed with 10 different amino acids, the best improvement in growth parameters was obtained in seeds pre-treated with Gln. In particular, exogenous Gln application increased the vigour index, resulting in an increase in the rate of obtaining normal seedlings (Abdelkader et al., 2023). Gln priming was performed on 5 different carrot varieties and although Gln had a positive effect on germination parameters in orange and yellow carrot cultivars, the highest germination was obtained in purple carrot cultivar in control seeds (Üstüner et al., 2023).

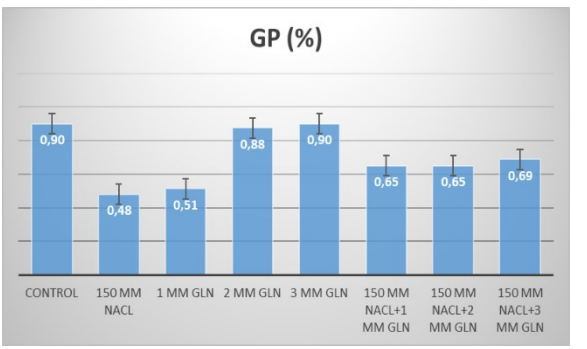
These results suggest that the effect of Gln on germination and growth parametres varies between plant species and even between genotypes. In addition, the dose of application is also very important and appropriate doses should be determined in studies.

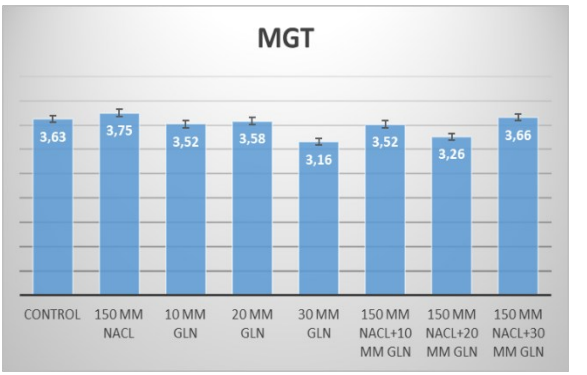
Under salt stress conditions, Gln priming had a positive effect on germination parameters for both cultivars, unlike normal conditions (Figure 1, Figure 2). This germination-promoting effect was obtained from both low and high dose applications.

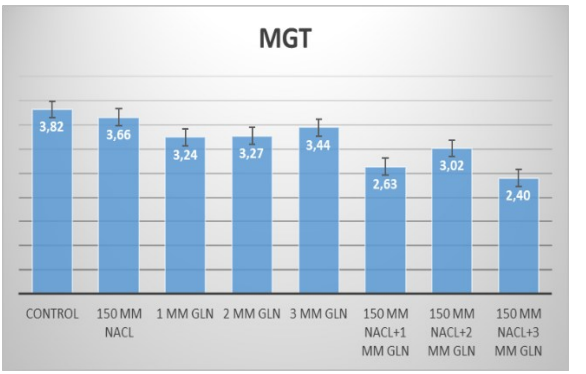
In BT cv., as a result of low dose Gln application, the germination percentage, which was 48% in saline conditions, increased with all three application doses. The highest GP was obtained with 3 mM Gln and increased to 69%. In high dose

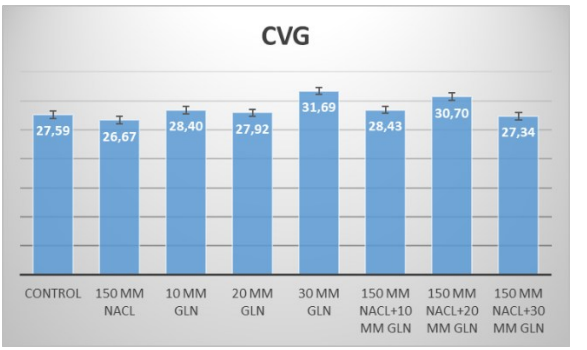
applications, the GP showed a gradual increase depending on the dose, and the rate, which was 47% under salt stress, became 63% with 30 mM Gln priming. Under saline conditions, Gln priming slightly decreased the MGT. This was especially achieved with low dose application, and the mean germination time, which was 3.46 days under salt stress, was shortened to 2.40 days with 3 mM Gln. Similarly, the best results were obtained using the low dose of 3 mM for CVG and GI values. CVG increased from 27.34 to 41.67 and GI from 1.36 to 1.96.

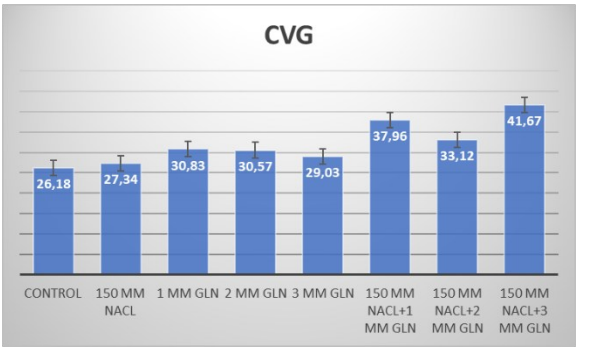





MGT
3,63
3,75
3,52
3,58
3,16
3,52
3,26
3,66
CONTROL
150 MM NACL
10 MM GLN
20 MM GLN
30 MM GLN
150 MM NACL+10 MM GLN
150 MM NACL+20 MM GLN
150 MM NACL+30 MM GLN


MGT
3,82
3,66
3,24
3,27
3,44
2,63
3,02
2,40
CONTROL
150 MM NACL
1 MM GLN
2 MM GLN
3 MM GLN
150 MM NACL+1 MM GLN
150 MM NACL+2 MM GLN
150 MM NACL+3 MM GLN


CVG
27,59
26,67
28,40
27,92
31,69
28,43
30,70
27,34
CONTROL
150 MM NACL
10 MM GLN
20 MM GLN
30 MM GLN
150 MM NACL+10 MM GLN
150 MM NACL+20 MM GLN
150 MM NACL+30 MM GLN


CVG
26,18
27,34
30,83
30,57
29,03
37,96
33,12
41,67
CONTROL
150 MM NACL
1 MM GLN
2 MM GLN
3 MM GLN
150 MM NACL+1 MM GLN
150 MM NACL+2 MM GLN
150 MM NACL+3 MM GLN

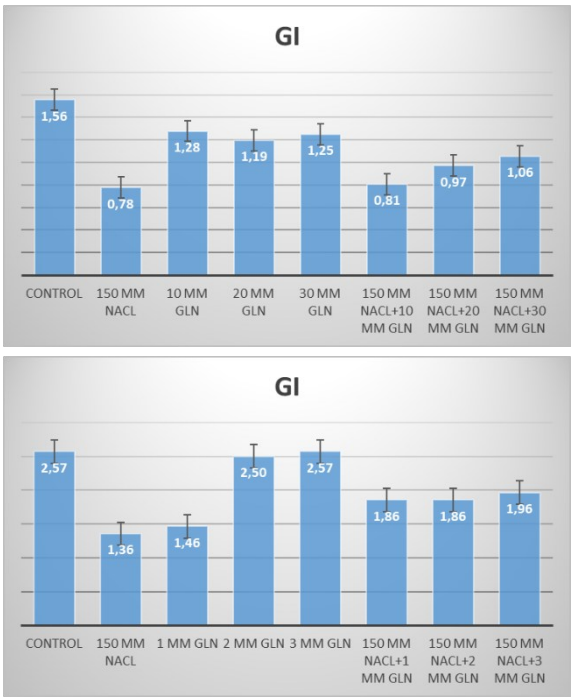
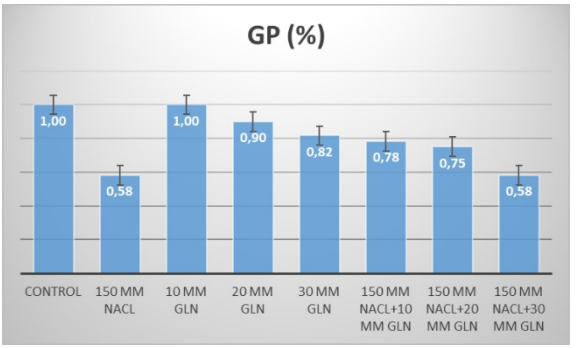
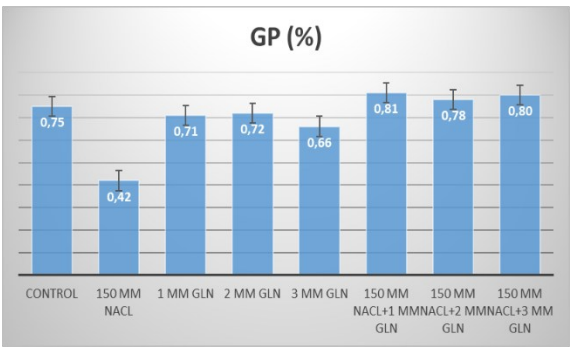


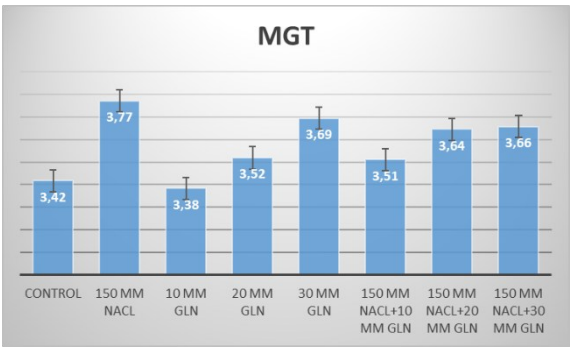
Figure 1. *Effects of high and low dose glutamine priming on germination parameters in BT cv. under normal and saline conditions*

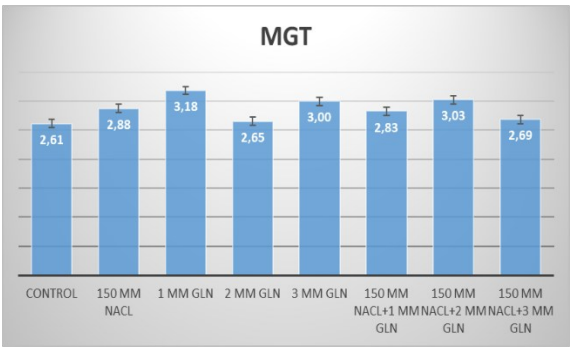
In Gülfem vc., Gln application had an increasing effect on germination rate under saline conditions. All Gln doses increased the GP under salt stress. The highest germination percentage was determined as 81% with 1 mM Gln application. Similarly, 1 mM Gln had a positive effect on germination parameters in the orange carrot cultivar under salt stress conditions (Üstüner et al., 2023). At high dose, the best result was obtained from 10 mM Gln and the germination rate, which was 58 % under salt conditions, increased to 78 % with this dose in current research. It was observed that high doses of Gln were more effective than low doses in reducing the MGT. 10 mM Gln reduced mean germination time from 3.77 days

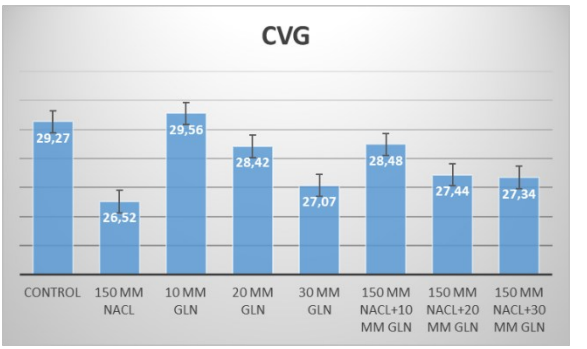
to 3.51 days under saline conditions. Similarly, the most significant increase in GI value was obtained with 10 mM application, and the value increased from 0.97 to 1.31.

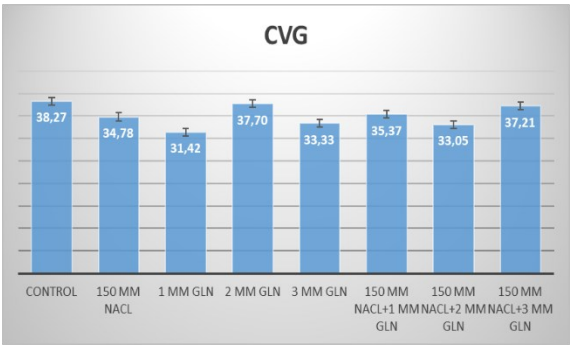





MGT
3,42
3,77
3,38
3,52
3,69
3,51
3,64
3,66
CONTROL
150 MM NACL
10 MM GLN
20 MM GLN
30 MM GLN
150 MM NACL+10 MM GLN
150 MM NACL+20 MM GLN
150 MM NACL+30 MM GLN


MGT
2,61
2,88
3,18
2,65
3,00
2,83
3,03
2,69
CONTROL
150 MM NACL
1 MM GLN
2 MM GLN
3 MM GLN
150 MM NACL+1 MM GLN
150 MM NACL+2 MM GLN
150 MM NACL+3 MM GLN


CVG
29,27
26,52
29,56
28,42
27,07
28,48
27,44
27,34
CONTROL
150 MM NACL
10 MM GLN
20 MM GLN
30 MM GLN
150 MM NACL+10 MM GLN
150 MM NACL+20 MM GLN
150 MM NACL+30 MM GLN


CVG
38,27
34,78
31,42
37,70
33,33
35,37
33,05
37,21
CONTROL
150 MM NACL
1 MM GLN
2 MM GLN
3 MM GLN
150 MM NACL+1 MM GLN
150 MM NACL+2 MM GLN
150 MM NACL+3 MM GLN

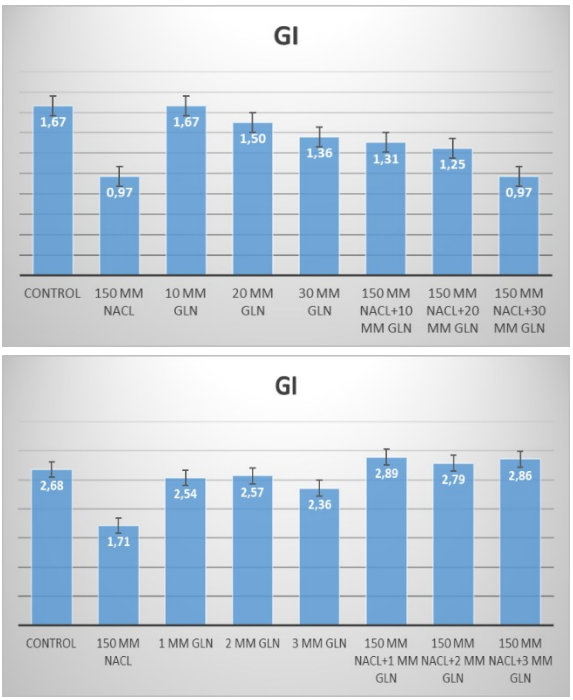


Figure 2. *Effects of high and low dose glutamine priming on germination parameters in Gülfem cv. under normal and saline condition.*

As a result, especially under salt stress conditions, both high and low doses of Gln priming had a stimulating effect on different germination parameters in garden cress, reversing the negative effects of stress. Although it is not effective in increasing the germination percentage under normal conditions, it is recommended to determine its effects using doses below 1 mM due to its stimulating effect on other parameters.

References

Abdelkader, M., Voronina, L., Puchkov, M., Shcherbakova, N., Pakina, E., Zargar, M., & Lyashko, M. (2023). Seed priming with exogenous amino acids improves germination rates and enhances photosynthetic pigments of onion seedlings (*Allium cepa* L.). Horticulturae, *9*(1), 80.

Benech Arnold, R. L., Fenner, M. & Edwards, P. J. (1991). Changes in germinability, ABA content and ABA embryonic sensitivity in developing seeds of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. induced by water stress during grain filling. New Phytologist, 118(2): 339-347

Ellis, R. H. & Roberts, E. H. (1981). The Quantification of Ageing and Survival in Orthodox Seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.

Gosh, P., Dash, P. K., Rituraj, S. & Mannan, M. A. (2014). Effect of salinity on germination, growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.) varieties. International Journal of Biosciences, 5(1): 37-48.

Habibi, A., & Abdoli, M. (2013). Influence of salicylic acid pre-treatment on germination, vigor and growth parameters of garden cress (Lepidium sativum) seedlings under water potential loss at salinity stress. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 4(6), 1393-1399.

ISTA (1985). International Rules for Seed Testing. Seed Science Technology 13

Kan, C. C., Chung, T. Y., Juo, Y. A., & Hsieh, M. H. (2015). Glutamine rapidly induces the expression of key transcription factor genes involved in nitrogen and stress responses in rice roots. BMC Genomics, *16*, 1-15.

Kotowski, F. (1926). Temperature relations to germination of vegetable seed. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 23, 176-184.

Moulick, D., Ghosh, D., & Santra, S. C. (2016). Evaluation of effectiveness of seed priming with selenium in rice during germination under arsenic stress. Plant Physiology and Biochemistry, 109, 571-578.

Moulick, D., Santra, S. C., & Ghosh, D. (2018). Seed priming with Se mitigates As-induced phytotoxicity in rice seedlings by enhancing essential micronutrient uptake and translocation and reducing As translocation. Environmental Science and Pollution Research, *25*, 26978-26991.

Nasırcılar A. G. and Ulukapı K. (2023). The Role of Exogenous Glutamine as a Regulator of Gene Expression under Stress Conditions in Plants. Uluslararası Tarım Araştırmalarında Yenilikçi Yaklaşımlar Dergisi (Online), 7(1),148-156.

Nouri, M., & Haddioui, A. (2021). Improving seed germination and seedling growth of Lepidium sativum with different priming methods under arsenic stress. Acta Ecologica Sinica, *41*(1), 64-71.

Noorhosseini, S. A., Jokar, N. K., & Damalas, C. A. (2018). Improving seed germination and early growth of garden cress

(Lepidium sativum) and basil (Ocimum basilicum) with hydro-priming. Journal of Plant Growth Regulation, 37, 323-334.

OECD. (1994) Test Guidelines 477. Genetic Toxicology; OECD Guidelines for Testing of Chemicals.

Sivritepe, H. Ö. (2012). Tohum Gücünün Değerlendirilmesi. Alatarım Dergisi, 11(2): 33-44

Üstüner, H., Ulukapı, K., & Nasırcılar, A. (2023). The Effects of Exogenous Glutamine Application on Some Germination Parameters of Different Carrot Cultivars Grown in Salinity Conditions. Uluslararası Tarım Araştırmalarında Yenilikçi Yaklaşımlar Dergisi (Online) , 7(2).231-240.

Zhou, H., Shi, H., Yang, Y., Feng, X., Chen, X., Xiao, F., ... & Guo, Y. (2024). Insights into plant salt stress signaling and tolerance. Journal of Genetics and Genomics, *51*(1), 16-34.

BIDGE