

T.C.  
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

OH×F 333 VE OH×F 97 ARMUT KLON ANAÇLARININ TUZ  
STRESİNE TEPKİLERİNİN *IN VITRO* KOŞULLARDA  
BELİRLENMESİ VE SİLİSYUM UYGULAMASININ ETKİLERİ

Elif UYDURAN

Danışman  
Prof. Dr. Bekir ŞAN

ISPARTA - 2023



© 2023 [Elif UYDURAN]

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	4
2.1. Armut ve Armut Anaçları ile İlgili Bilgiler .....	4
2.2. Tuz Stresi ve Tuz Stresi ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	6
2.3. Silisyum ve Silisyumun Tuz Stresine Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	15
3.1. Materyal .....	15
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. <i>In vitro</i> kültürün farklı aşamalarında kullanılan kültür kapları ve malzemeler.....	15
3.2.2. Sterilizasyon.....	16
3.2.3. Denemelerin kurulması .....	17
3.2.4. Ölçüm ve analizler .....	19
3.2.5. Deneme deseni ve verilerin değerlendirilmesi.....	23
4. BULGULAR.....	24
4.1. Deneme 1 .....	24
4.1.1. Tuz stresi uygulamalarının morfolojik özellikler üzerine etkisi .....	24
4.1.2. Tuz stresi uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkisi.....	27
4.2. Deneme 2 .....	30
4.2.1. Si uygulamalarının morfolojik özellikler üzerine etkisi.....	30
4.2.2. Si uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkisi .....	32
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	35
5.1. Deneme 1 .....	35
5.2. Deneme 2 .....	40
KAYNAKLAR .....	45
ÖZGEÇMİŞ .....	59

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### OH×F 333 VE OH×F 97 ARMUT KLON ANAÇLARININ TUZ STRESİNE TEPKİLERİNİN *IN VITRO* KOŞULLARDA BELİRLENMESİ VE SİLİSYUM UYGULAMASININ ETKİLERİ

Elif UYDURAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bekir ŞAN

Bu çalışmada OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarının tuz stresine gösterdiği tepkiler ve Si uygulamalarının tuz stresinin azaltılmasındaki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla 2 farklı deneme yapılmıştır. 1. denemede OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarının *in vitro* bitkileri kademeli olarak artırılan farklı konsantrasyonlarda tuz (0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) içeren ½ MS ortamında kültüre alınmıştır. 2. Denemede ise ½ MS ortamına bitkilerin kısmen zarar gördüğü 100 mM NaCl konsantrasyonuna ilave olarak 0.5, 1.0 ve 2.0 mM konsantrasyonlarında Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> ilave edilmiş ve bitkiler toplam 8 hafta bu ortamlarda inkübasyona tabi tutulmuştur.

Deneme 1’de *in vitro* koşullarda tuz konsantrasyonları arttıkça, rejenerasyon oranı ve sürgün sayısı değerleri azalmış, zararlanma derecesi ise önemli derecede artmıştır. 200 mM NaCl uygulamasında çoğu sürgünün canlılıklarını yitirdikleri tespit edilmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarının biyokimyasal parametreler üzerindeki etkisi incelendiğinde toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, prolin ve çözünebilir protein içeriklerinin azaldığı, lipid peroksidasyon içeriğinin ise tuz konsantrasyonlarına paralel şekilde arttığı belirlenmiştir. Ancak toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinde 150 mM NaCl uygulamasında tekrar bir yükselişin olduğu tespit edilmiştir. Deneme 2’de ise Si uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkilerinin giderilmesi yönünde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Deneme 2’de toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içerikleri artan Si konsantrasyonuna paralel olarak OH×F 333 anacında artarken, OH×F 97 anacında azalmıştır. Her 2 anacın lipid peroksidasyon içeriği Si konsantrasyonuna paralel olarak azalırken, prolin içeriğinin nispeten arttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Armut, Anaç, *In vitro*, Tuz stresi, Silisyum

2023, 59 sayfa

## ABSTRACT

Master's Thesis

### DETERMINATION OF SALT STRESS RESPONSES OF OH×F 333 AND OH×F 97 PEAR CLONE ROOTSTOCKS *IN VITRO* AND EFFECTS OF SILICON APPLICATION

Elif UYDURAN

Isparta University of Applied Sciences  
The Institute of Graduate Education  
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Bekir ŞAN

In this study, the responses of OH×F 333 and OH×F 97 pear clone rootstocks to salt stress and the effects of Si applications on reducing salt stress were investigated. For this purpose, two different experiments were conducted. In the first experiment, *in vitro* plants of OH×F 333 and OH×F 97 pear clone rootstocks were cultured in ½ MS medium containing gradually increasing different concentrations of salt (0, 50, 100, 150 and 200 mM NaCl). In the second experiment, Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> was added at 0.5, 1.0 and 2.0 mM concentrations in addition to the 100 mM NaCl concentration, where the plants were partially damaged, and the plants were incubated in these media for a total of 8 weeks.

In Experiment 1, as the salt concentrations increased *in vitro* conditions, the regeneration rate and shoot number values decreased, while the degree of damage increased significantly. It was determined that most shoots lost their viability in 200 mM NaCl application. When the effects of different salt concentrations on biochemical parameters were examined, it was determined that total phenolic substance, total flavonoid substance, proline and soluble protein contents decreased, while lipid peroxidation content increased in parallel with salt concentrations. However, it was determined that there was an increase in the total phenolic and flavonoid substance contents in 150 mM NaCl application. In Experiment 2, it was determined that Si applications did not have a significant effect on eliminating the negative effects of salt stress. In Trial 2, while the total phenolic and total flavonoid contents increased in parallel with the increasing Si concentration in OH×F 333 rootstock, it decreased in OH×F 97 rootstock. While the lipid peroxidation content of both rootstocks decreased in parallel with the Si concentration, it was observed that the proline content increased relatively.

**Key Words:** Pear, Rootstock, *In vitro*, Salt stress, Silicon

**2023, 59 pages**

## **TEŞEKKÜR**

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini esirgemeyen, beni tecrübeleri ile yönlendiren, tez danıŐmanım sayın Prof. Dr. Bekir ŞAN hocama teŐekkürlerimi sunarım.

2021-YL1-0123 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi BaŐkanlıęı'na teşekkür ederim.

Tez çalıŐmamda bilgi ve tecrübelerini benimle paylaŐan, yardımlarını esirmeyen ArŐ. Gör. Civan ÇELİK ve Yüksek Ziraat Mühendisi Berna BAYAR'a teŐekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen ve daima yanımda olan dostlarım Yüksek Ziraat Mühendisi Meltem ESEN'e ve Vesile ARSLAN'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan annem Hatice UYDURAN, babam Keramettin UYDURAN'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

**Elif UYDURAN**  
ISPARTA, 2023

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.1. OH×F 333 anacında uygulanan farklı tuz konsantrasyonları .....	26
Şekil 4.2. OH×F 97 anacında uygulanan farklı tuz konsantrasyonları .....	26
Şekil 4.3. OH×F 333 anacında <i>in vitro</i> koşullarda farklı Si uygulamaları.....	32
Şekil 4.4. OH×F 97 anacında <i>in vitro</i> koşullarda farklı Si uygulamaları.....	32



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Temel ortamının mineral ve vitamin içerikleri .....	17
Çizelge 3.2. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı NaCl konsantrasyonları uygulamaları .....	18
Çizelge 4.1. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı NaCl uygulamalarının morfolojik değerler üzerine etkisi .....	25
Çizelge 4.2. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı NaCl uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkileri .....	28
Çizelge 4.3. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı Si konsantrasyonları uygulamalarının morfolojik özellikler .....	31
Çizelge 4.4. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı Si konsantrasyonları uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkileri.....	34



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BAP	6-benzilaminopürin
Cm	Santimetre
EDTA	Etilen diamintetraasetik asit
EtOH	Etil alkol
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
HCL	Hidroklorik Asit
IAA	İndol asetik asit
IBA	İndol bütirik asit
L	Litre
M	Molar
MDA	Malondialdehid
Mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Mili molar
Mm	Milimetre
MS	Murashige ve Skoog
NaCl	Sodyum klorür
NADPH	Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat
NBT	Nitroblue tetrazolium
Nm	Nanometre
OH <sup>-</sup>	Hidroksil
OH×F	Old Home x Farmingdale
pH	Hidrojenin gücü
Ppm	Milyonda bir kısım
PVPP	Polivinilpirolidon
ROS	Reaktif oksijen türleri
Si	Silisyum
TBA	Tiobarbitük asit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
%	Yüzde
µl	Mikrolitre
µM	Mikro molar

## 1. GİRİŞ

Dünyada gün geçtikçe doğal kaynakların azalması, her alanda olduğu gibi tarımda da yeni arayışları ortaya çıkarmaktadır. Artmakta olan dünya nüfusu ve çeşitli stres faktörlerinin etkisi ile tarım alanları ve ürün verimliliğindeki azalma, önümüzdeki yıllarda insanoğlunun ciddi bir beslenme sorunu ile karşılaşacağını göstermektedir. Dünya nüfusunun artmasına bağlı olarak da tarımsal üretimde verimliliğin ön plana çıkması ve mevcut üretim alanlarından en yüksek verimin elde edilmesi yönündeki çalışmalar hız kazanmıştır. Bunun yanında bilim insanları iklim sistemindeki bozulmaların olumsuz sonuçlara neden olacağını belirtmişlerdir. Türkiye de küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde ise doğal dengenin bozulmasına neden olan faktörler giderek artacak ve bunun sonucunda küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri meydana gelecektir. Çünkü beşerî nedenlerle, atmosferdeki sera gazı birikimlerinde ve partiküllerde meydana gelecek artış, doğal çevrenin tahribi, ozon tabakasındaki incelme, küresel boyutta sıcaklık artışına neden olacaktır. Sıcaklık artışları ise yağışların azalması, kuraklık ve toprağın tuzlaşması gibi birçok stres faktörünü etkin hale getirecek ve bu da olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Özellikle bu abiyotik stres faktörleri, küresel gıda güvenliği, kalitesi ve bitki verimliliği üzerinde sınırlayıcı etkiler oluşturmaktadır (Öztürk, 2002; Hayaloğlu, 2018; Demirci, 2023).

Dünyadaki sulanabilir tarım arazilerinin yaklaşık %20'si toprak tuzluluğundan olumsuz etkilenmektedir. Bu sorun aşırı gübre kullanımı, sulama sularının uygunsuz bir şekilde kullanılması, doğal çevre koşulları ve küresel iklim değişikliği ile birlikte giderek artış göstermiştir (Zhao vd., 2021).

Tuzluluk bitkilerde büyüme ve gelişmeyi, ürünün nitelik ve niceliğini olumsuz etkileyen önemli çevresel stres etmenlerinden birisidir. Bitkisel üretimde, ürün kayıplarının yaklaşık olarak %50'si abiyotik stres faktörleri nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Nitekim günümüzde de sulanabilir alanların %30'u olmak üzere toplamda %6'lık bir alan toprak tuzluluğu ile karşı karşıya durumdadır. Diğer taraftan yanlış yapılan kültürel uygulamalar da (gübreleme, sulama gibi) tuzluluğun giderek artmasına neden olmaktadır (Hasanuzzaman vd., 2013).

Tuz stresi bitkinin; çimlenme, büyüme ve gelişme, çiçeklenme ve meyve tutumu gibi tüm aşamaları olumsuz yönde etkileyen bir abiyotik stres faktörüdür. Tuzlu topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonları, bitkide su alımını ve besinlerin emilimini sınırlamaktadır. Su eksikliği ve beslenme dengesizliği, ozmotik stres ve iyonik stres durumlarını ön plana çıkartmaktadır. Tuz stresi ile birlikte çeşitli fizyolojik ve moleküler değişiklikler meydana gelmekte ve fotosentez sınırlanarak bitki büyüme ve gelişmesinde sorunlar ortaya çıkmaktadır (Van Zelm vd., 2020; Gong, 2021). Bu da tuz stresinin önemli bir abiyotik stres faktörü olduğunu göstermektedir.

Günümüzde abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik çok sayıda yöntem ve uygulama bulunmaktadır. Son yıllarda bitkilerin büyüme ve gelişim fonksiyonları üzerine silisyum kullanımının doğrudan veya dolaylı yönden olumlu etkilerinin ortaya çıkması ile yapılan çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Silisyumun bitkiler için mutlak gerekli olmayan mineral maddelerden birisi olduğu ifade edilmiştir. Ancak tuzluluk ve kuraklık da dahil olmak üzere besin toksisitesi veya eksikliği gibi birçok abiyotik strese karşı bitki direncini artırmada yararlı etkileri olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Janislampi, 2012; Coskun vd., 2016; Saleh vd., 2017; Das vd., 2019). Silisyumun tuz stresinin hafifletilmesindeki etkisi; bitkide su durumunun korunması, iyon toksisitesini ve oksidatif hasarı hafifletmesi, bitki hormon düzeylerini ve çözünen maddelerin biyosentezini düzenlediği bildirilmiştir (Tantawy vd., 2015). Silisyum günümüzde çoğu bitki besin ortamı formülasyonunda yer almamaktadır. Ancak tarımsal alanlardaki kullanımı ile birçok bitki türüne önemli katkılar sağladığı yaygın bir şekilde kabul edilmektedir (Coskun vd., 2016). Aynı zamanda silisyumun stres faktörlerinde etkili olduğu gibi stressiz koşullar altında da bitki büyüme ve gelişimi üzerindeki katkısı nedeni ile kullanımı son yıllarda giderek önem kazanmaya başlamıştır.

Sürekli artan tarımsal üretim ihtiyacının karşılanması için, uygun olmayan alanlarda da bitkisel üretimin gerçekleştirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bitki tür ve çeşitleri arasında tuza tolerans bakımından bazı farklılıklar bulunsa da genel olarak kültür bitkilerinin büyük çoğunluğunun tuzluluğa karşı hassas olduğu bilinmektedir (Akdoğan vd., 2000; Yakıt ve Tuna, 2006; Kuşvuran vd., 2008; Kulak, 2011). Meyve yetiştiriciliğinde tuz stresi koşullarında yetiştiricilik yapmak için tuza toleranslı anaç ya da çeşitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Bununla birlikte

mevcut anaç ve çeşitlerin tuz stresine tolerans seviyelerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Bunun yanında bitkilerde bazı uygulamaların da stres koşulları altında bitkilerin tolerans düzeyinin artırılmasına yönelik kullanıldığı bildirilmektedir. Bu amaçla silisyum uygulaması dışında brassinosteroidler, melatoninler, poliaminler, nitrik oksit, selenyum (Se) ve strigolakton gibi kimyasal uygulamaların da etkili olduğu belirtilmektedir (Zhang vd., 2006; Çoban, 2014; Shu vd., 2015; Jiang vd., 2016; Bybordi vd., 2018; Koç, 2022). Ancak bu uygulamaların etkisi türlere göre farklılık göstermektedir. Armut anaçlarının tuza tolerans düzeylerinin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalar bulunmakla birlikte (Aydınlı, 2021; Javadisaber vd., 2023) *in vitro* koşullarda silisyum uygulamalarının tuz stresinin hafifletilmesine yönelik bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarının *in vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda tuz stresine maruz bırakılarak bitkilerin tuz stresine karşı geliştirdiği tolerans mekanizmalarının bazı morfolojik ve biyokimyasal parametreler ile *in vitro* koşullarda belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmamızda anaçlarda tuz stresi zararının azaltılması amacıyla *in vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda silisyum uygulamalarının bazı morfolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisi de araştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Armut ve Armut Anaçları ile İlgili Bilgiler

Armut, Rosales takımının, Rosaceae familyasının, *Pyrus* cinsi içerisinde yer almaktadır. Dünyada 22 türü bulunan ve yetiştiriciliği yapılan *Pyrus* cinsinin içerisinde *Pyrus communis* L. ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılan en önemli türdür (Bell vd., 1996; Hancock ve Lobos, 2008). Armut, ılıman iklim kuşağında en çok üretimi yapılan meyve türleri içerisinde yer almaktadır. Türkiye’de armut üretim miktarı en son verilere göre 545 569 tondur (Anonim, 2022a). Türkiye; Çin, ABD, İtalya ve Arjantin’den sonra armut üretimi yapan 5. ülke konumundadır. Aynı zamanda 1 381 923 ha olan dünya armut üretim alanında Türkiye 26 389 ha (%1.9) ile 5. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2020). Türkiye’de armut yetiştiriciliği en çok Bursa, Antalya, Sakarya, Çanakkale, Mersin, Karaman, Ankara, Amasya, Denizli ve Konya illerinde yapılmaktadır (Anonim, 2022b).

Günümüzde armut yetiştiriciliğinde çöğür anaçları yerine bodur veya yarı bodur gelişen ayva ve armut klon anaçları kullanılarak aşılı fidanlar elde edilmektedir (Hartmann vd., 2014). Bu anaçların birçok avantajı olmasına rağmen kış soğuklarına, kireçli toprak koşullarında, kloroza ve ateş yanıklığına (*Erwinia amylovora*) hassasiyetleri bulunmaktadır. Bunun yanında toprağa tutunma ve aşı uyuşmasının zayıf olması gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu nedenlerden dolayı farklı anaç ıslah programlarında geliştirilen Pyrodwarf, OH×F, Farold, Fox, BP ve CTS serisi ile farklı bazı armut türlerinden elde edilen armut klon anaçlarının kullanımı son yıllarda yaygınlık kazanmaya başlamıştır (Jackson, 2003; Hancock ve Lobous, 2008; Dondini ve Sansavini, 2012). Armut klon anaçlarından ateş yanıklığı hastalığına dayanımını sağlamak amacıyla elde edilen “OH×F” serisi 20. yüzyılın sonlarına doğru yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu anaçlar Old Home ve Farmingdale armut çeşitlerinin melezlenmesi ile elde edilmiştir. Old Home, tohumdan yetişen populasyon içinden seleksiyonla elde edilen bir armut çeşidi olup, ateş yanıklığına karşı dayanıklı, ancak kendine verimsizdir. Farmingdale çeşidi ise, Barlett seleksiyonu olup, ateş yanıklığı hastalığına dayanıklı ve kendine verimli olmasına karşın Bartlett kadar kaliteli bir çeşit değildir. Old Home ve Farmingdale çeşitleri Reimer tarafından Oregon (Oregon State University- ABD)’da melezlenerek ateş yanıklığına dayanıklı, kendine

verimli, soğuga dayanıklı ve gelişme kuvvetleri farklı olan bireylerin yer aldığı seri elde edilmiştir. Melezleme sonucunda genellikle odun çelikleriyle başarılı olarak çoğaltılabilen 13 adet OH×F genotipi seçilmiştir. Bunlar OH×F 18, 34, 51, 69, 87, 97, 112, 198, 217, 230, 267, 333 ve 361'dir (Postman vd., 2013). OH×F serisi *Pyrus* kökenli olması nedeniyle de armut çeşitleri ile aşı uyumsuzluğu göstermemektedir (Simard vd., 2004). Bu seri içinde yer alan anaçlar kış soğuklarına dayanıklı olup, üzerine aşılı çeşitler verimli ve kaliteli meyve vermektedir (Anonim, 2019; Hepaksoy, 2019).

Yaygın olarak kullanılmakta olan OH×F serisinden OH×F 97 anacı; serinin kuvvetli anaçlarından. Armut ateş yanıklığı ve geriye ölüm hastalıklarına dayanıklı olması ile birlikte soğuklara dayanımı da oldukça iyi olan bu anaç aynı zamanda verime de yatkındır. Ancak odun çelikleri ile çoğaltımı zor olmaktadır. OH×F 333 anacı ise Dünya'da ve Türkiye'de en yaygın kullanılan klon anaçlarından biri olmasının yanında ticari olarak da kullanılan en önemli anaçtır. Birçok hastalığa dayanımının iyi olması ve orta kuvvette gelişim göstermesi nedeniyle diğer anaçlara göre daha üstün bulunmuştur. Yarı-bodur bir anaçtır, kök yayılımı bu serideki anaçlara göre çok azdır. Armut ağacının standart büyüklüğünün ½ veya ⅔'ü kadar gelişim gösterebilmektedir. Aşı uyumu iyidir ve üzerine aşılı çeşitlerin erken meyveye yatmasını sağlar. Kış soğukları ile kumlu ve killi topraklara çok toleranslıdır. Armut ateş yanıklığı hastalığına, bakteriyel kanser ve kök funguslarına karşı oldukça dayanıklı bir anaçtır (Akçay, 2007).

Armutların stres unsurlarına karşı çeşitlerin gösterdiği tepkiler çoğunlukla üzerine aşılı oldukları anaçlar tarafından belirlenmektedir. Stres koşulları doğrudan bitkinin kök sistemini etkilediği için stres unsuruna toleranslı anaçların aşılı fidan üretiminde kullanımı olumsuz koşullara karşı çözüm niteliği taşımaktadır (Dolcet-Sanjuan vd., 1990; Ma vd., 2005; Matsumoto vd., 2006; Musacchi vd., 2006; Matsumoto vd., 2008; Sharma ve Sharma 2008; Donnini vd., 2008; Wu ve Zou, 2009).

Kullanılan anaçlar, toprak ve iklim koşullarına uyum için önemli olduğu kadar hastalık zararlılara dayanım, ağacın gelişme kuvveti, verim ve kalite gibi birçok faktöre etki etmektedir. Bu nedenle amaca uygun doğru anaç seçimi meyve yetiştiriciliğinde oldukça önemlidir. Bugüne kadar, birçok meyve türünde anaç ıslah çalışmaları

yapılarak, çok farklı özellikte anaçlar elde edilmiş ve ülkelere ya da bölgelere göre bu anaçların kullanım yaygınlıkları değişiklik göstermiştir. Bu nedenle çeşitli biyotik ve abiyotik stres koşullarına toleranslı, bodur ya da yarı bodur gelişim gösteren armut anaçlarını elde edilebilmesi için yoğun çalışmalar devam etmektedir.

## **2.2. Tuz Stresi ve Tuz Stresi ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Bitkiler günlük ve mevsimsel periyotlarda meydana gelen değişiklikler karşısında büyümelerine devam ederler. Fakat beklenmedik durumlarda ve değişken sürelerde gerçekleşen bir koşula sürekli maruz bırakıldıklarında büyüme parametrelerinde bir azalma ve hayatta kalma çabasında bir artış gerçekleşmektedir. Uzun süreli bir koşula maruziyet; hastalıkları, hasarları ve fizyolojik değişimleri de ister istemez beraberinde getirmektedir (Shaoa vd., 2008). Stres faktörünün bitkilerin yaşayan dokularında oluşturabileceği hasar; bitkinin türüne, tuzun uygulanma dozuna, uygulanma zamanına (bitkinin yaşam evresine) ve uygulanma süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Irshad vd., 2002).

Tuzluluk, topraktaki çözünebilen tuzların yüksek konsantrasyonları ile tanımlanan bir durumdur. Tuz derişimi, bitki tarafından gerekli su potansiyelini kritik aralığa kadar çektiğinde (0.5-1.0 bar) bitki stres ile karşı karşıya kalmakta ve bu da tuz stresi olarak ifade edilmektedir (Levitt, 1980). Tuzluluk sadece bir stres faktörü olarak değil, aynı zamanda besin ihtiyacının karşılanacağı toprakların verimini etkileyen ve ürün miktarlarında değişikliklere neden olabilecek bir kriterdir. Ayrıca tuzluluk kaynaklı faktörler bitkilerin gelişmesini tek bir sebebe bağlı olarak kısıtlamaz, aynı zamanda bitkisel gelişim için gerekli olan besin elementlerinin alımında rekabete girerek besin eksikliği noktasında da bitkiyi olumsuz etkileyebilmektedir (Levitt, 1980).

Tuzluluk, oluşum nedenlerine göre primer ve sekonder tuzluluk olarak iki gruba ayrılmaktadır. Primer tuzluluğun oluşma nedenlerini; ana kayaların ayrışması, okyanuslar ve iklimsel etmenler oluşturmaktadır (Munns ve Tester, 2008). Sekonder tuzluluğun oluşma sebepleri ise; kurak koşullarda tuzlu yer altı suyunun toprak yüzeyine yükselmesi, tuzlu sularla sulama yapılması, bir bölgenin doğal vejetasyonunu yok ederek arazilerin tarıma açılması ve toprakların tuzluluğa sebep olan kimyasallarla kontaminasyonudur (Pessarakli ve Szabolcs, 1999). Tuzluluğa

göstermiş oldukları tepkilere göre bitkiler halofitler (tuzcul bitkiler) ve glikofitler (yüksek tuz yoğunluklarından zarar gören bitkiler) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Halofitler iyonların birikimi ile düşük ozmotik potansiyele sahip olan, böylece yüksek konsantrasyonlarda tuz içeren alanlarda yaşayabilme yeteneğine sahip olan bitkilerdir. Bunların aksine yüksek bitkilerin büyük bir çoğunluğu glikofit bitkiler içerisinde yer almakta ve bu bitkiler tuz stresi koşullarında ozmotik düzenlemeyi gerçekleştirememektedirler (Asraf, 2004; Kuşvuran, 2008).

Toprakta ve sulama suyunda birikerek stres faktörünü oluşturan tuzlar genellikle, klorürler (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl), sülfatlar (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>), nitratlar (Na<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>), karbonatlar (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>) ve boratlardır. Sodyum klorür (NaCl) yüksek çözünürlüğünden dolayı diğer tuzlara göre daha fazla toksik etki yaratır. Bu sebeple bitkilerde görülen tuz stresi genellikle NaCl tuzundan kaynaklanmaktadır (Sivritepe, 1995; El-Swaify, 2000; Walker vd., 2004; Grimplet vd., 2007; Ben Ahmed vd., 2008). NaCl kaynaklı tuz stresi kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak karşılaşılan, verimde ciddi düşüslere neden olan bir sorundur.

Tuzluluk, ya ortamın osmotik basıncını yükseltmesi sonucu bitkinin su alımını ve beslenmesini yavaşlatıp sonrasında durdurarak ya da NaCl gibi tuzların ortamda fazla miktarda bulunması nedeni ile bitki besin maddelerinin alınımını zorlaştırıp metabolizmayı bozarak bitkinin bünyesine zarar vermektedir (Ekmekçi vd., 2005). Bitki kök bölgesinde yeteri kadar nem olmasına rağmen, bitki bu sudan faydalanamamakta ve bu nedenle bitki kurumaya başlamaktadır (Semiz, 2020). Meydana gelen etkilerin sonucunda ise, hücre membranlarında bozukluk, fotosentezin engellenmesi, toksik metabolitlerin oluşması, besin alımında azalma ve bitki ölümlerinde artış gibi durumlar gözlemlenmektedir (Hasanuzzaman vd., 2011). Artan tuzluluk, bitki gelişim fizyolojisi üzerinde farklı etkilere sahiptir. Tuzluluğun; osmotik stres, iyon seçiciliği, beslenme ve hormon dengesizliği ile oksidatif hasar gibi çeşitli olumsuz etkileri bulunmaktadır (Hasanuzzaman vd., 2012). Tuzlu koşullar altında kalan bitkiler fizyolojik (transpirasyon ve solunum) ve morfolojik (yaş ve kuru ağırlık, verimin azalması) bakımdan olumsuz etkilenmektedir. Fotosentez başta olmak üzere meydana gelen bu olumsuzluklar sonucunda hormonal dengede yıkımdan, hücresel bazda protein sentezinde azalmalara kadar olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985). Tuzlu koşullar, hücresel bazda potasyum dengesinin

bozulmasına sebep olarak, oksidatif strese neden olur. Bu durum hücre ölümlerine, besin alımında azalmalara, genetik ve epigenetik etkilere, metabolik toksisiteye, fotosentezin engellenerek karbonhidrat sentezinin azalmasına ve kök solunumunun yavaşlamasına sebep olmaktadır. Bunun yanında bitki gelişiminin yanı sıra bazı önemli hücrel enzimlerin aktivitesini de etkilemektedir (Abogadallah, 2010; Demirkıran vd., 2013; Liu vd., 2014; Maraklı vd., 2014). Stres altındaki bitkilerde klorofil ve karotenoidlerin miktarının azaldığı ve lipid peroksidasyonun arttığı görülmektedir (Bacelar vd., 2006). Oksidatif stres sonucu hücre zarlarında meydana gelen lipid peroksidasyonu hücre zarının geçirgenliğini bozarak, hücrenin sıvı kaybetmesi nedeniyle ölümüne neden olmaktadır. Malondialdehid oksidatif strese giren bitkilerde, lipid peroksidasyon indikatörü ve hücredeki oksidatif hasarın bir göstergesi olarak ifade edilmektedir (Büyük vd., 2012; Hassan vd., 2018).

Son yıllarda küresel iklim değişikliği sıcaklık artışlarına neden olmaktadır. Nitekim Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de su kaynaklarının azalması sonucunda topraklarda tuzlulaşmanın meydana geldiği görülmektedir. Tuzlulaşan topraklar bitkilerde büyüme ve gelişimi kısıtladığı gibi kullanılabilir tarım alanlarının ve su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır (Sivritepe, 1995). Özellikle Türkiye’nin de içinde bulunduğu kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yağışın düzensiz ve yetersiz olması ile suda eriyebilir tuzlar uzaklara taşınmamaktadır. Bunun sonucunda tuzlu taban suları oluşmakla birlikte, kontrolsüz yapılan sulama ile bu alanlardaki tuz oranı yükseliş göstermektedir. Evaporasyonun yüksek olması ile sular toprak yüzeyinden buharlaşırken, beraberinde taşıdıkları tuzlar toprak yüzeyine veya yüzeye yakın kısımlarda kalmaktadır (Saruhan vd., 2008; Gong vd., 2010). Böylece tuzluluk ve kuraklık sorunu birbirine bağlı şekilde ortaya çıkmaktadır. Nitekim, bazı bitki tür ve çeşitleri stres faktörlerinden çok az etkilenirken, bazıları ise ölümcül biçimde zarara uğramaktadırlar (Alexieva vd., 2003; Tattersall vd., 2007).

Çalhan (2020) tarafından yapılan araştırmada, 2 mersin genotipini *in vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda tuz stresine maruz bırakılarak bu genotiplerin morfolojik ve biyokimyasal bakımından gösterdiği tepkiler incelenmiştir. Çalışmada 1-1.5 cm uzunluğundaki *in vitro* sürgünler 0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl içeren MS besin ortamlarına dikilerek hem doğrudan (Deneme 1) hem de kademeli olarak arttırılan (Deneme 2) farklı tuz konsantrasyonlarında 8 hafta boyunca inkübe edilmiştir.

Çalışma sonunda deneme I'de doğrudan 200 mM NaCl içeren MS ortamlarına dikilen bitkilerin tamamının öldüğü, 150 mM NaCl içeren ortamlarda Aşımersin ve Tatlımersin genotiplerinde sırasıyla bitkilerin %96.7'si ve %93.4'ünün öldüğü, 50 mM NaCl içeren ortamlarda ise sürgün uzunluğunun kontrol uygulamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Deneme II'de ise bitkilerde kısmi ölümler gerçekleşmiştir. NaCl konsantrasyonları arttırıldıkça prolin miktarları artmış, toplam fenolik madde içeriklerinde düşüşler gözlenmiştir. NaCl konsantrasyonları arttıkça bitkilerin Zn, Mg, K, Ca, Mn ve Cu alımlarında azalış, Fe, P ve Na alımlarında ise artış görülmüştür. Prolin içeriği bakımından Tatlımersin (Siyah meyveli) genotipinde, toplam fenolik madde içeriği bakımından ise Aşımersin (beyaz meyveli) genotipinde daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Mineral maddeler arasından Mg, B, Ca ve Mn alımı Tatlımersin genotipinde, P alımı ise Aşımersin genotipinde daha yüksek bulunmuştur. Zn, Fe, Na, K ve Cu bakımından genotipler arasında farklılık görülmemiştir.

Kaya (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, 41B, 5BB, 140Ru, SO4, Harmony ve Salt Creek asma anaçlarının tuz stresine gösterdiği tepkiler *in vitro* koşullarda incelenmiştir. Tuz stresi oluşturmak için MS besin ortamına 0, 0.75 ve 1.5 g L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında NaCl ilave edilmiştir. Çalışma sonucunda, tuz stresinin anaçlarda büyüme ve gelişmeyi engelleyerek bodurlaşmaya neden olduğu, NaCl konsantrasyonunun artması ile kök oluşumunun engellendiği, klorofil miktarlarının düştüğü belirlenmiştir. Aynı zamanda ortamda bulunan NaCl etkisi ile makro ve mikro besin elementi konsantrasyonunun anaçlara göre değiştiği ve genel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın 5BB ve Harmony anaçlarında potasyum (K) konsantrasyonunun bir miktar yükseliş gösterdiği saptanmıştır. Parametreler dikkate alındığında denemede kullanılan anaçlar arası hassasiyet oranlarının sırasıyla; 41B, SO4, 5BB, 140Ru, Harmony ve Salt Creek şeklinde olduğu görülmüştür.

*Pyrus communis* anaçlarında yapılan çalışmada, *in vitro* koşullarda tuz stresini uygulaması sonucu, anaçların sürgün sayısı, sürgün uzunluğu, yaprak sayısı ve hayatta kalma durumları olumsuz yönde etkilenmiştir. Nitekim tuz şiddeti azaldıkça armut sürgünlerinin büyüme ve gelişmesinde artışın görüldüğü bildirilmiştir (Rahman vd., 2007).

Yasemin (2020) tarafından yapılan çalışmada, *Zinnia sp.* türlerinin tuz stresine karşı tolerans mekanizmalarının araştırılması amacıyla iki aşamalı deneme yürütülmüştür. Birinci yılda mevsimlik çiçek olan yirmi *Zinnia* çeşidinde tarama çalışması, ikinci yılda ise seçilen hassas ve tolerant çeşitlerle ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Birinci yıl çalışmalarında tuz stresi uygulanan (0 ve 100 mM NaCl) çeşitlerde bazı morfolojik ve fizyolojik özellikler bakımından değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda göreceli hassas olarak *Zinnia elegans* türüne ait 'Zinnita Scarlet' çeşidi, göreceli tolerant olarak ise *Zinnia marylandica* türüne ait 'Double Zahara Fire Improved' çeşidi seçilmiştir. İkinci yıl seçilen iki çeşitte farklı tuz konsantrasyonları (0, 50, 100, 150, 200 mM NaCl) uygulanmıştır. Çalışma sonucunda çeşitler göz önüne alındığında, çeşitler arasında geniş bir varyasyon olmakla beraber, *Zinnia* bitkisinin tuz stresine orta düzeyde toleranslı olabileceği ifade edilmiştir. Aynı zamanda *Zinnia* çeşitlerinden bazılarının 100 mM NaCl konsantrasyonunun olduğu koşullara kadar tolerans gösterebileceği ortaya konulmuştur.

Eraslan vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, kiraz anaçlarının *in vitro* koşullarda tuz stresine tolerans durumları incelenmiştir. Murashige ve Skoog (MS) ortamına 0, 25 ve 50 mM konsantrasyonlarında NaCl ilave edilerek deneme kurulmuştur. Anaçlarda; sürgün gelişimi, lipid peroksidasyonu, membran geçirgenliği, toplam antioksidan aktivitesi, prolin içeriği, toplam klorofil içeriği, katalaz ve peroksidaz antioksidan enzim izoformları ile Na ve Cl iyon konsantrasyonları incelenmiştir. Tuz stresi anaçların sürgün gelişimini ve toplam klorofil içeriğini kontrole göre azaltırken, lipid peroksidasyonu, membran geçirgenliği, antioksidan aktivitesi ve prolin içeriğini artırmıştır. Anaçların katalaz izoformlarında ise uygulamalar ve anaçlar arasında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Parametreler bütünüyle değerlendirildiğinde, NaCl stresine Maxma 14 anacının hassas, Colt anacının orta derecede hassas ve Gisela 5 anacının ise dayanıklı olduğu belirlenmiştir.

Javadisaber (2014) tarafından yapılan çalışmada, bazı armut (Ankara armudu ve OH x F 333) (*Pyrus communis* L.), ahlat (Ahlat-1, Ahlat-2, Ahlat-3) (*P. elaeagrifolia* Pall.) ve ayva (*C. oblonga* Mill.) (*Quince A*) genotiplerinde *in vitro* koşullarda farklı tuz konsantrasyonları (75, 150, 225 ve 300 mM NaCl ve 7.5, 15, 22.5 ve 30 mM CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) ilave edilmiştir. *In vitro* stres koşullarında mikro sürgünler 4 hafta süreyle tutulduktan sonra morfolojik özellikler bakımından incelenmiştir. Çalışma

sonucunda, Ankara armudu, Quince A ve Ahlat-3 genotiplerinin tüm tuz seviyelerinde sürgünlerin canlılık oranı yüksek değerlerde (%80.5-100.0) bulunmuştur. Ortalama sürgün sayısı tüm genotiplerde kontrole (4.36-8.47 adet/eksplant) göre tuz uygulamalarında istatistiksel anlamda önemli düzeyde (1.0-2.52 adet/eksplant) düşmüştür. Genel olarak tuz konsantrasyonunun yükselmesi ile ortalama sürgün kalınlık düzeyi azalmış, sürgün uzunluğu ise genel olarak kontrol ile benzer olmuştur. Yine kallus çapı ve toplam yaş ağırlık değerlerinde düşüş gözlenmiş olup sürgünlerde zararlanma düzeyinin arttığı görülmüştür. Sürgünlerde en şiddetli zararlanma düzeyi 300 mM NaCl+30 mM CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O tuz uygulamasında belirlenmiştir. Ahlat3, Quince A ve Ankara armudunun mikro sürgünlerinin özellikle yüksek tuz konsantrasyonlarında canlılıklarını yüksek oranlarda devam ettirmesi nedeniyle bu genotiplerin tuz stresine karşı toleranslı olabileceği kanaatine varılmıştır.

### **2.3. Silisyum ve Silisyumun Tuz Stresine Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Silisyum toprak minerallerinin ana elementlerinden biri olup yerkabuğunda %25 ortalama ile oksijenden sonra en bol bulunan elementlerden bir tanesidir (Garg ve Bhandari, 2016; Kang vd., 2017). Silisyum %23 ile %35 arası oranlarda farklı formlarda toprakta bulunabilmektedir. Ancak en yaygın çözelti formu silisik asit [Si(OH)<sub>4</sub>] olup bitki tarafından doğrudan alımı da bu formdadır (Parveen vd., 2016). Silisyum aslında bitkiler için temel bir besin elementi olarak görülmesi de bitki büyümesi, gelişmesi ve verimi üzerinde yararlı bir etkiye sahip ve gerekli olan bir elementtir.

Silisyumun uygun olmayan iklim şartlarında aşırı sıcaklık ve kuraklık stresi, mineral toksisite, yıpranmaya karşı dayanıklılık gibi abiyotik; bitki hastalıkları ve böcek zararlılarına karşı koruyucu etkileri gibi biyotik streslere karşı bitkiyi koruyan ve gelişimini artıran potansiyel etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Ma, 2004).

Silisyumun stres altındaki bitkilerde antioksidant savunma enzim aktivitesini arttırdığı, bitki gövdesini kuvvetlendirdiği, fotosentez ve su kullanma etkinliği üzerine olumlu etkilerinin olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda plazma membranlarının geçirgenliği ve membran lipid peroksidasyonunu azaltarak, membran fonksiyonu ve bütünlüğünü koruyarak, tuz stresinin olumsuz etkisini azaltmaktadır (Gong, 2003; Zhu

vd., 2004; Zhu vd., 2004; Aranda vd., 2005; Liang vd., 2005). Yine silisyumun Na alınımını azalttığı ve kloroplastlardaki serbest radikalleri bertaraf edicilerin varlığını arttırdığı, tuz stresi altında kloroplast membranında zararlanmayı azalttığı, böylece bitkinin tuz stresinden daha az etkilendiği görülmüştür (Qian vd., 2006; Sivanesan ve Jeong, 2014). Silisyumun bitkilerin su alınımındaki azalmaya karşı olumlu etkisini, söz konusu elementin antioksidan enzim aktivitelerinin savunma kabiliyetlerini artırması ve fonksiyonel moleküllerin oksidatif zararını iyileştirmesi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Gong vd., 2005). Bunun yanında silisyumun su alınımındaki azalmaya neden olacak stres koşulu altında bitkilerin kök gelişimini teşvik ederek, düşük taç/kök oranı oluşturmasıyla bitki kuru ağırlığı, su içeriği ve su kullanma kabiliyetlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir (Lux vd., 2002; Hattori vd., 2005).

Silisyum bitki gelişimi için mutlak gerekli elementler arasında olmamasından dolayı bitki doku kültüründe kullanılan besin ortamlarında bulunmamaktadır. Bunun nedeni optimum koşullarda bitkilerin, gelişim için bu elemente ihtiyaç duymamasından kaynaklanmaktadır. Ancak yapılan bir çalışmada *in vitro* besin ortamına silisyum ilave edilmesiyle, çoğaltılan bitkilerde, hemiselüloz ve lignin içeriğinin artarak hücre duvarı sertliğini sağladığı ve bitkilere bu şekilde faydalı olabileceği bildirilmiştir (Camargo vd., 2007).

Rodrigues vd. (2017) çalışmalarında, farklı silisyum kaynakları ve konsantrasyonlarının *in vitro* koşullarda tatlı patates bitkilerinin büyüme özelliklerine olan etkilerini incelemiştir. Çalışmada potasyum silikat, kalsiyum silikat ve sodyum silikat kaynakları 0, 0.5, 1.0 ve 2.0 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında olacak şekilde besin ortamına ilave edilmiştir. İncelemelerin sonucunda en fazla yaprak (7.0 adet) 2 mg L<sup>-1</sup>; en uzun sürgün (4.02 cm) oluşumu ise 1 mg L<sup>-1</sup> sodyum silikat içeren ortamlardan elde edilmiştir. En yüksek yaş ağırlığın kalsiyum silikat ve potasyum silikat (sırasıyla, 0.2835 g ve 0.2627 g) içeren ortamlarda olduğu belirlenmiştir. Silisyum kaynakları değerlendirildiğinde kalsiyum silikatın bitki gelişimi üzerinde daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

Dias vd. (2017), *in vitro* koşullarda silisyum kullanımının antoryum çiçeği bitkisinde morfolojik ve fizyolojik özellikler üzerine etkilerini incelemiştir. Eksplantlar farklı sodyum silikat konsantrasyonları (0, 0.5, 1.0 veya 2.0 mg L<sup>-1</sup>) ile Pierik ortamında

kültüre alınmıştır. Çalışma sonunda bitkilerde en yüksek klorofil a ve b değerinin 2.0 mg L<sup>-1</sup> sodyum silikat konsantrasyonunda olduğu gözlenmiştir. 0.5 ve 2.0 mg L<sup>-1</sup> sodyum silikat konsantrasyonları uygulaması ile yaprak sayısı ve kuru ağırlığında bir artış olduğu ve daha iyi bir gelişme gösterdiği bildirilmiştir. Aynı zamanda 1.0 mg L<sup>-1</sup> sodyum silikat konsantrasyonunda da bitkilerin kök sayısında bir artış görülmüştür. Kültür ortamında sodyum silikat kullanımının, Antoryum bitkisinde besin elementlerinin alımını artırarak bitki kalitesini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Manivannan vd. (2018) çalışmalarında, karanfil bitkisinde *in vitro* koşullarda potasyum silikat (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) ve kalsiyum silikat (CaSiO<sub>3</sub>) uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. Si uygulamaları için boğum eksplantları üç farklı konsantrasyonda (0, 1.8 ve 3.6 mM) K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> ve CaSiO<sub>3</sub> içeren veya içermeyen, 1.0 mg L<sup>-1</sup> 6-benziladenin ve 0.5 mg L<sup>-1</sup> indol-3-asetik asit eklenmiş MS ortamında kültüre alınmıştır. Altı haftalık süre sonunda sürgün oluşturma oranı, sürgün sayısı, fotosistem (PS) I ve II öz proteinlerinin ekspresyonu ve antioksidan enzim aktiviteleri incelenmiştir. Si kaynakları arasında K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> uygulamasının CaSiO<sub>3</sub> uygulamasına göre aksiller sürgün rejenerasyonu ve Si alımını arttırdığı belirlenmiştir. Silisyum kaynaklarının her iki formu da stoma yoğunluğunun artmasına neden olmuştur. PsaA ve PsbA gibi PS ile ilişkili protein, fotosentetik gidiş üzerine Si' un görünür etkisi belirlenmiştir. Bununla birlikte, Si ilavesinin *in vitro* sürgün çoğalması sırasında antioksidan kapasiteyi geliştirdiği belirlenmiştir. Genel olarak, bu çalışmanın sonuçları, karanfilin *in vitro* çoğalması sırasında silisyumun ek bir kaynak olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Çelik (2016) tarafından yapılan çalışmada, kavun fideleri tuz stresine maruz bırakılmıştır. Araştırmada kontrol ve stres altındaki kavun fidelerine silisyum uygulamaları da yapılarak etkileri araştırılmıştır. Uygulamada fideler kontrole göre kıyaslandığında Si konsantrasyonu uygulanan fidelerde bitkinin ve köklerin yaş ve kuru ağırlıklarında bir artış olduğu tespit edilmiştir. Silisyum uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen kavun fidelerinde Na ve Cl iyonlarının yapraklara taşınımını azalttığı, yapraklardaki K<sup>+</sup> ve Ca<sup>2+</sup> miktarında ise artış sağladığı görülmüştür. Çalışma sonucunda, silisyum uygulamasının genelde kontrole göre bitki büyümesine pozitif yönde bir katkı sağladığı ve bitkilerin tuz stresine karşı direnç kazanmasında etkili olduğu belirlenmiştir.

Oral vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, fasulye fideleri farklı konsantrasyonlarda (0, 50, 100 ve 150 mM) NaCl içeren MS besin ortamlarında kültüre alınmıştır. Ayrıca tuz stresinin olumsuz etkilerini hafifletmek amacıyla besin ortamlarına 0, 50, 100 ve 200 ppm oranlarında silisyum ilave edilerek bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler incelenmiştir. Çalışma sonucunda; tuz stresinde incelenen tüm parametrelerde silisyum kullanımının etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Tuz stresi koşullarının yaprak dokularında iyon sızıntısı ve malondialdehid dışındaki tüm parametrelerde azalışlara neden olduğu tespit edilmiştir. Silisyum uygulamalarının ise yaprak dokularında bağıl su içeriği, yaprak dokularında iyon sızıntısı ve yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi hariç diğer tüm parametreler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Ibrahim vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, tuz stresi altında yetiştirilen buğday bitkisinde verimi arttırmak amacıyla silisyum uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, silisyum uygulamasının tuzluluk stresini azalttığı ve bitki büyümesini arttırmada etkili olduğu bildirilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada, Eğirdir Meyvecilik Araştırma Enstitüsü bünyesinde yürütülen proje kapsamındaki OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarından alınan sürgün uçları materyal olarak kullanılmıştır. Deneme 2020-2021 yıllarında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Doku Kültürü Laboratuvarında yürütülmüştür. Anaçların özellikleri aşağıda verilmiştir.

**OH×F 333:** Armut için dünyada ve Türkiye’de en yaygın kullanılan klon anaçlarından biri olmasının yanında ticari olarak da kullanılan en önemli anaçtır. Birçok hastalığa dayanımının iyi olması ve orta kuvvette gelişim göstermesi nedeniyle diğer anaçlara göre daha üstün bulunmuştur (Hepaksoy, 2019). Yarı-bodur bir anaçtır. Kök yayılımı bu serideki anaçlara göre daha azdır. Ancak toprağa tutunma kuvveti oldukça iyidir. Armut ağacının standart büyüklüğü ½ veya ⅔’üne kadar bodurlaştırılabilmekte ve bu bodurlaşma yaz budamaları ile daha da arttırılabilmektedir. Aşı uyuşması iyidir ve üzerine aşılı çeşitlerin erken meyveye yatmasını sağlar. Kış soğukları ile kumlu ve killi topraklara çok toleranslıdır. Armut ateş yanıklığı hastalığına (*Erwinia amylovora* (*Burill*)), bakteriyel kanser ve kök funguslarına karşı oldukça dayanıklı bir anaçtır (Akçay, 2007).

**OH×F 97:** Serinin kuvvetli anaçlarından olması ile birlikte armut ateş yanıklığı ve geriye doğru ölüm (peardecline) hastalıklarına dayanıklıdır. Soğuklara oldukça dayanıklı bir anaçtır ancak odun çelikleri ile çoğaltımı zordur (Hepaksoy, 2019).

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. *In vitro* kültürün farklı aşamalarında kullanılan kültür kapları ve malzemeler

*In vitro* kültür ile ilgili olarak yürütülen bu çalışmada, sürgünlerin büyüme ve gelişme aşaması ile çoğaltma aşamasında otoklavlanabilen cam magenta kapları kullanılmıştır. *In vitro* kültürün tüm aşamalarında malzeme olarak, pens, bisturi ve steril kurutma

kağıtları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan MS besin ortamı ve agar Duchefa Biochemie firmasından satın alınmıştır. NaCl, BAP, IBA ve sakkaroz merck, Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> ise Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir.

### **3.2.2. Sterilizasyon**

Pensler, bisturiler ve petri içerisine konulan kurutma kağıtları kullanılmadan önce su almayacak şekilde alüminyum folyoya sarılarak, 121°C sıcaklık altında 1.2 atm basınçta 50 dakika süre ile otoklavlanarak steril edilmiştir. Otoklavlanan malzemeler steril hale geldikten sonra laminar hava akışlı kabin içerisine taşınmıştır. Malzemeler otoklav sonrası kabine alınmadan önce kabin alkol ile silinerek dezenfekte edilmiştir. Aynı zamanda dikim sırasında da kabin yüzeyi %70'lik alkol ile ara ara silinmiş, kullanılan aletler (pens ve bisturi) elektrikli sterilizatör içerisinde steril edilmiştir.

Hazırlanan besin ortamları, 100 ml iç hacme sahip olan cam magenta kaplarına yaklaşık 25 ml ortam olacak şekilde dağıtılmıştır. Daha sonra besin ortamları 121°C sıcaklık ve 1.2 atm basınçta ayarlı otoklav içerisinde 15 dakika süre bekletilerek steril edilmiştir. Steril hale gelen besin ortamları laminar hava akışlı kabin içerisine taşınarak oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakılmıştır.

Araştırmada kullanılan 2-3 cm uzunluğundaki sürgün uçları ise mayıs ayı içinde alınmış ve önce musluk suyu altında 15 dakika süre ile yıkanarak temizlenmiştir. Sonrasında %70'lik etanol içerisinde 1 dakika bekletildikten sonra steril saf su ile yıkanarak alkolden arındırılmıştır. Son aşamada ise sürgün uçları birkaç damla Tween 20 içeren %20'lik sodyum hipoklorit (%15 Cl içerikli) çözeltisi içerisinde 18 dakika boyunca çalkalanarak bekletilmiştir. Süre sonunda laminar hava akışlı kabin içerisine alınan sürgün uçları 3 kez 5'er dakika süre ile steril saf su içerisinde bekletilerek sodyum hipokloritten tamamen arındırılmıştır. Steril hale gelen sürgün uçları steril kurutma kağıdı üzerine bırakılarak nemi alınmıştır. Daha sonra 0.5-1 cm uzunluğunda hazırlanan sürgün uçları besin ortamlarına dikilmiştir.

### 3.2.3. Denemelerin kurulması

Steril hale gelen sürgün uçları yaklaşık 0.5-1 cm uzunluğunda hazırlanarak magenta kapları içerisindeki besin ortamlarına dikilmiştir. Denemenin tüm aşamalarında besin ortamı olarak Murashige ve Skoog (1962)'un hazır besi ortamı kullanılmıştır. Bu ortamın mineral ve organik madde içerikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Temel ortamının mineral ve vitamin içerikleri (Murashige ve Skoog, 1962)

Makro Elementler	Miktar (mg/l)	Mikro Elementler	Miktar (mg/l)	Vitaminler	Miktar (mg/l)
KNO <sub>3</sub>	1900	MnSO <sub>4</sub>	22.3	Myo-inositol	100
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1650	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6.2	Thiamine. HCl	0.1
CaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O	440	ZNSO <sub>4</sub> . 4H <sub>2</sub> O	8.6	Pyridoxine. HCl	0.5
MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	370	KI	0.83	Nicotinic acid	0.5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170	NA <sub>2</sub> MO O <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0.25	-	-
FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	27.8	CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	0.025	-	-
Na <sub>2</sub> EDTA.2H <sub>2</sub> O	37.3	Co Cl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O	0.025	-	-

Tuz stresi ve Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> denemeleri için yeterli sürgün sayısına ulaşılan kadar eksplantlar 4'er haftalık süre ile alt kültürlere alınarak çoğaltılmıştır. Çoğaltma aşamasında MS besin ortamına 1.5 mg/L BAP, 0.1 mg/L IBA ve 30 g/L sakkaroz eklenmiştir. Besin ortamının pH'sı 5.7'ye ayarlandıktan sonra 7 g/L agar ilave edilip steril edilmiştir. Çoğaltma aşamasındaki *in vitro* kültürler 22°C sıcaklık ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık koşullara ayarlı iklim odasında inkübe edilmiştir. Araştırmada yeterli miktarda sürgün sayısına ulaşıldığında, denemelere başlanmıştır. Bu amaçla 2 farklı deneme kurulmuştur. 1. denemede anaçların farklı konsantrasyonlarda tuz stresine toleranslık durumları değerlendirilmiştir. 2. denemede ise Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> uygulamalarının tuz stresi zararını hafifletici etkisinin belirlenmesi amacıyla besin ortamına NaCl ve Na<sub>2</sub>O<sub>7</sub>Si<sub>3</sub> birlikte eklenmiştir.

#### Tuz stresi uygulaması (Deneme 1)

Denemede yaklaşık 1-1.5 cm uzunluğuna gelen *in vitro* sürgünler kullanılmıştır. Tuz denemesi için ½ MS besin ortamına 1.5 mg/L BAP ve 0.1 mg/L IBA ve 30g/L sakkaroz ilave edilmiştir. Aynı zamanda her hafta kademeli olarak arttırılan 50, 100,

150 ve 200 mM NaCl konsantrasyonları besi ortamlarının içerisine ilave edilerek ortamlar hazırlanmıştır (Çizelge 3.2). Besin ortamlarının pH'sı 5.7'ye ayarlandıktan sonra 7 g/L agar ilave edilmiştir. Uygulama sonrası sürgünler 22°C sıcaklık ve 16 saat aydınlık 8 saat karanlık koşullara ayarlı iklim odasında inkübe edilmiştir. İnkübasyon işlemi tuz stresi koşullarında toplam 8 hafta sürmüştür. Deneme sonunda eksplantlarda morfolojik bakımdan rejenerasyon oranı, sürgün uzunluğu, sürgün sayısı ve zararlanma derecesi incelenmiştir. Aynı zamanda biyokimyasal parametrelerden toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, lipid peroksidasyon, prolin ve çözünebilir protein içerikleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı NaCl konsantrasyonları uygulamaları

Uygulamalar*	İnkübasyon Koşulları
Kontrol (0 mM NaCl)	½ MS temel besin ortamında 8 hafta inkübasyon
50 mM NaCl	0 mM NaCl içeren ½ MS ortamında 1 hafta, sonrasında 50 mM NaCl içeren ortamda 7 hafta inkübasyon
100 mM NaCl	0 mM NaCl içeren ½ MS ortamında 1 hafta, sonrasında 50 mM NaCl içeren ortamda 1 hafta ve 100 mM NaCl içeren ortamda 6 hafta inkübasyon
150 mM NaCl	0 mM NaCl içeren ½ MS ortamında 1 hafta, 50 mM NaCl içeren ortamda 1 hafta, 100 mM NaCl içeren ortamda 1 hafta ve 150 mM NaCl içeren ortamda 5 hafta inkübasyon
200 mM NaCl	0 mM NaCl içeren ½ MS ortamında 1 hafta, 50 mM NaCl içeren ortamda 1 hafta, 100 mM NaCl içeren ortamda 1 hafta, 150 mM NaCl içeren ortamda 1 hafta ve 200 mM NaCl içeren ortamda 4 hafta inkübasyon

\*Tüm besin ortamlarına 30 g/l sakkaroz, 7 g/l agar, 1.5 mg/l BAP ve 0.1 mg/l IBA ilave edilmiştir.

### Sodyum silikat uygulaması (Deneme 2)

Bu aşamada deneme 1'de (tuz stresi uygulaması) sürgünlerin kısmen zarar gördüğü 100 mM NaCl içeren ½ MS ortamı kontrol olarak kullanılmıştır. Hazırlanan ½ MS besin ortamına 1.5 mg/L BAP, 0.1 mg/L IBA, 30 g/L sakkaroz ve 7 g/L agar eklenmiş ve pH'sı 5.7'ye ayarlanmıştır. Denemede besin ortamlarına 100 mM NaCl'ye ilave olarak 0.5, 1.0 ya da 2.0 mM konsantrasyonlarında Na<sub>2</sub>Si<sub>7</sub>O<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Denemede kullanılan Na<sub>2</sub>Si<sub>7</sub>O<sub>3</sub> %26.5 oranında SiO<sub>2</sub> içermektedir. Çalışmada besin ortamına ilave edilen 100 mM NaCl konsantrasyonu, deneme 1'de olduğu gibi

kademeli olarak artırılmıştır. 1-1.5 cm uzunluğundaki sürgünler besin ortamlarına dikildikten sonra sıcaklığı 22°C ve 16 saat aydınlık koşullara ayarlı iklim odasında 8 hafta süre ile gelişmeye bırakılmıştır. Deneme sonunda eksplantlarda morfolojik bakımdan rejenerasyon oranı, sürgün uzunluğu sürgün sayısı ve zararlanma derecesi incelenmiştir. Aynı zamanda biyokimyasal parametrelerden toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, lipid peroksidasyon, prolin ve çözünebilir protein içerikleri belirlenmiştir.

### 3.2.4. Ölçüm ve analizler

**Rejenerasyon oranı:** Yeni sürgün oluşturan eksplantların kültüre alınan toplam eksplant sayısına oranlanmasıyla belirlenmiş olup % olarak ifade edilmiştir.

Rejenerasyon oranı (%) = Sürgün oluşturan eksplant sayısı /toplam eksplant sayısı × 100

**Sürgün uzunluğu:** Sürgün uzunlukları dijital kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülerek ortalamaları hesaplanarak belirlenmiştir.

**Sürgün sayısı:** Ana eksplant üzerinde çıkan sürgünler sayılarak ortalamaları alınmış ve adet/eksplant olarak belirlenmiştir.

**Zararlanma derecesi:** Denemelerde eksplantlarda görülen zararlanma derecesi aşağıdaki skala dikkate alınarak puanlandırılmıştır (Sivritepe vd., 2008).

1 puan: Çok şiddetli zararlanma (eksplantların tamamen kuruması)

2 puan: Şiddetli zararlanma (eksplantlarda sararma ve lokal kurumaların olması),

3 puan: Orta düzeyde zararlanma (eksplantlarda şiddetli kloroz görülmesi ve gelişmenin durması),

4 puan: Az zararlanma (eksplantlarda kloroz görülmesi ve zayıf gelişme),

5 puan: Zararlanma yok (eksplantlar yeşil renkli ve çoğalma iyi),

**Toplam fenolik madde analizi:** Toplam fenolik madde içerikleri Singleton ve Rossi (1965) tarafından belirtilen Folin-Ciocalteu yönteminin modifiye edilmesi ile yapılmıştır. Ekstraksiyon hazırlama aşamasında örnekler 0.2 g olacak şekilde tartılıp tüplere konularak içerisine %80'lik 10 ml metanol eklenip homojenizatör yardımıyla parçalama işlemi yapılmıştır. Parçalanan sürgünler çalkalamalı inkübatör içerisinde oda sıcaklığında 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Sonrasında 10 dakika süre ile 4000 rpm'de santrifüj işlemi uygulanarak tüplerin içerisinden süpernatant kısmı ayrılmıştır.

Kalan peletin içerisine ise tekrar %80'lik metanol eklenerek çalkalamalı inkübatörde 15 dakika süre ile karıştırılmıştır. Ardından 10 dakika 4000 rpm devirde santrifüj işlemi yapıldıktan sonra süpernatant kısmı tekrar ayrılıp son hacim %80'lik metanol ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler 0.1 ml metanoloik ekstraktı ile 0.1 ml Folin-Ciocalteu eklenerek karıştırılmıştır. Karışım 6 dakika süre ile karanlık koşulda ve oda sıcaklığında bekletilmiş, sonrasında 0.5 ml %20'lik sodyum karbonat çözeltisi eklenip oda sıcaklığında (karanlık ortamda) 30 dakika süre ile bekletilmiştir. Son aşamada ise örneklerin absorbans değerleri spektrofotometrede 760 nm dalga boyunda okunarak yöntem tamamlanmıştır. Okuma işleminden sonra sonuçlar, Gallik asit standardına göre hesaplanmış olup mg GAE/g yaş ağırlık (YA) şeklinde ifade edilmiştir.

**Toplam flavonoid madde analizi:** Toplam flavonoid madde analizi Zhishen vd. (1999)'in belirttiği yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. İşlem öncesi ekstraksiyon hazırlama aşamasında örnekler 0.2 g olacak şekilde tartılıp tüplere alındıktan sonra içerisine %80'lik 10 ml metanol eklenip homojenizatör yardımıyla parçalanmıştır. Parçalanmış örnekler çalkalamalı inkübatörde oda sıcaklığında 15 dakika süre ile karıştırılmıştır. Sonrasında 10 dakika süre ile 4000 rpm devirde santrifüj edilip süpernatant kısmı ayrılmıştır. Kalan pelet üzerine %80'lik metanol eklenerek aynı işlem tekrar uygulanmış olup süpernatant kısmı alınarak son hacim %80'lik, metanol ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanmış olan örneklerin içerisine sırası ile 0.25 ml metanoloik ekstrakt, 75 µL sodyum nitrit (%5) eriyiği ve 1.5 ml saf su ilave edilmiştir. 6 dakika süre ile oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sonrasında hazırlanan karışım içerisine 0.15 ml %10'luk alüminyum klorit ilave edilerek karıştırılmış ve tekrar 5 dakika süre ile bekletilmiştir. Bekletilen karışıma 0.5 ml 1 M NaOH ilave edildikten sonra 510 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans değerleri okunarak işlem tamamlanmıştır. Sonuçlar kateşin standardına göre hesaplanarak mg KE/g YA şeklinde ifade edilmiştir.

**Çözünabilir protein analizi:** Çözünabilir protein analizi Hartree (1972)'nin belirttiği yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Ekstraksiyon hazırlama aşamasında örnekler 1 g olacak şekilde tartılmıştır. Sürgünler tüplere alındıktan sonra içerisine soğuk EtOH (5 ml) ilave edilerek homojenizatörde parçalanmıştır. Sonrasında 4°C'de 10 000g devirde 20 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminin ardından süpernatant

kısmı atılarak kalan peletin içerisine 8.333 ml soğuk EtOH'dan (%80'lik) ilave edilmiştir. Çözdürülme işlemi yapıldıktan sonra aynı koşullarda santrifüj edilerek, süpernatant (sıvı) kısmı tekrar atılmıştır. Ardından 50 mM Tris+1.2 M NaCl protein ekstraksiyon bufferi hazırlanıp pH'sı 7.0'ye ayarlandıktan sonra 5 ml olacak şekilde peletlerin içerisine konularak çözdürülme işlemi yapılmıştır. 30 dakika süre ile buzda bekletildikten sonra aynı koşullarda santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı miracloth bezi ile süzdürüldükten sonra örnekler analiz için tekrar kullanılabildiği kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir. Çözünabilir protein analizinde A, B ve C olacak şekilde 3 farklı solüsyon hazırlanmıştır. A solüsyonu hazırlama aşamasında; 500 ml 1N NaOH içerisinde 2 g potasyum sodyum tartarat ve 100 g sodyum karbonat çözdürülerek son hacim 1 L'ye tamamlanmıştır. B solüsyon hazırlama aşamasında; 2 g potasyum sodyum tartarat ve 1 g bakır sülfat 70 ml suda çözdürüldükten sonra içerisine 10 ml 1N NaOH ilave edilerek son hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır. Son olarak C solüsyonu günlük olarak hazırlanmıştır. Bu amaçla Folin-Ciocalteu 1/15 oranında seyreltilmiş ve sonrasında 1N NaOH ilave edilerek pH'sı 10'a ayarlanmıştır. Hazırlanan protein ekstraktından 1 ml alınıp içerisine solüsyon A'dan 0.9 ml ilave edilerek vortekslenmiştir. Ardından örnekler, 10 dakika süre ile 50°C'de bekletildikten sonra soğumaları için oda sıcaklığında tutulmuştur. Her bir örneğe B solüsyonundan 0.1 ml ilave edilerek vorteks ile karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. Bekleme süresi sonrasında her bir örneğe hızlı bir şekilde C solüsyonundan 3 ml eklenerek vortekslenmiştir. Ardından tekrar 10 dakika 50°C'de bekletildikten sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Son olarak hazırlanmış olan örneklerin absorbans değerleri 650 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Okuma işleminden sonra sonuçlar BSA standardizasyonuna göre hesaplanmış olup mg/g YA cinsinden ifade edilmiştir.

**Lipid peroksidasyonu analizi:** Lipid peroksidasyonu Jiang vd. (2010)'nin belirlediği yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Ekstraksiyon hazırlama aşamasında; örnekler 10 g olacak şekilde tartılmıştır. Sonrasında sıvı azot yardımı ile parçalanmıştır. Ardından örnekler için 0.5 g PVPP (polivinil polipyrrolidin) içeren 100 mM sodyum fosfat bufferi 25 ml olacak şekilde hazırlandıktan sonra pH'sı 6.4 olarak ayarlanmıştır. Homojenizatörde parçalanmış örnekler 4°C sıcaklıkta 50 dakika süre ile 27 000 g devirde santrifüj edilmiştir. Analiz için süpernatant kısmı kullanılmak üzere ayrılmıştır. Hazırlanan ekstraktlar cam tüplere alınarak içerisine %0.5'lik 2 ml

tiobarbitük asit (TBA) içeren %15 trikloroasetik asit ilave edilip üzerine 1 ml enzim ekstraktı eklenmiştir. Sonrasında 95°C sıcaklıkta 20 dakika bekletilmiş ve hemen ardından buz banyosunda 5 dakika süre ile soğutulma işlemi yapılmıştır. Ardından 12 000 g devirde 10 dakika süre ile santrifüjlendikten sonra örneklerin absorbanans değerleri 532 ve 600 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur.

Lipid peroksidasyon içeriği aşağıda belirtilen Denklem (3.1)'e göre hesaplanmış olup nmol/g YA olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Lipid peroksidasyonu (nmol/g YA)} = \frac{[(A532-A600) \cdot (1000 \cdot \text{ÇH})]}{(\epsilon \cdot \text{YA} \cdot 10^{-3})} \quad (3.1)$$

YA: Yaş ağırlık

A532: 532 nm'de okunan absorbanans değeri

A600: 600 nm'de okunan absorbanans değeri

$\epsilon$ : MDA konsantrasyonunun ekstinsiyon katsayısı

ÇH: Çözeltinin hacmi (ekstrakt)

**Prolin analizi:** Prolin analizi Bates vd. (1973) tarafından tarif edilen yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. İşlem öncesi hazırlık aşamasında örnekleri 0.06 g olacak şekilde tartılmıştır. Sürgünler tüplere alındıktan sonra içerisine %3'lük 3 ml sülfosalisilik asit ilave edilerek homojenizatörde parçalanmıştır. Ardından oda sıcaklığı koşullarında 10 dakika 12 000 g devirde santrifüj işlemi yapılarak süpernatant kısmı analiz için kullanılmak üzere ayrılmıştır. Sonra cam tüpler içerisine 1 ml örnek (süpernatant), 1 ml asit ninhidrin ve 1 ml glasiyel asetik asit ilave edilip tüpler vortekslenmiştir. Sonrasında ise tüpler 1 saat süre ile 100°C'de bekletilmiş olup ardından buz banyosuna alınarak soğutma işlemi yapılmıştır. Soğumuş olan tüplere 2 ml toluen ilave edilerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda karışım 2 faza ayrılmıştır. Son olarak karışımın üst fazından 1 ml alınarak 520 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuması yapılmış ve işlem tamamlanmıştır. Okuma işleminden sonra sonuçların değerleri, D-proline standardına göre hesaplanmış olup  $\mu\text{mol/g YA}$  şeklinde ifade edilmiştir.

### 3.2.5. Deneme deseni ve verilerin değerlendirilmesi

Deneme faktöriyel tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 eksplant olacak şekilde planlanmıştır. Elde edilen veriler, Minitab paket programında (MINTAB 17 inc) varyans analize tabi tutulmuştur. Ortaya çıkan farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre saptanarak, ortalamalar arasındaki farklar farklı harfler yardımıyla gösterilmiştir.



## 4. BULGULAR

### 4.1. Deneme 1

#### 4.1.1. Tuz stresi uygulamalarının morfolojik özellikler üzerine etkisi

Araştırmada, farklı tuz konsantrasyonları uygulanan OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında morfolojik özellikler bakımından rejenerasyon oranı, sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve zararlanma dereceleri incelenmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Farklı tuz konsantrasyonlarının *in vitro* koşullarda armut klon anaçlarında rejenerasyon oranları (%) üzerine etkileri incelenmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre anaç x uygulama interaksyonu önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu verilere göre armut klon anaçlarına uygulanan tuz konsantrasyonu arttıkça rejenerasyon oranlarında düşüş olduğu gözlenmiştir. Çalışmada en yüksek rejenerasyon oranlarının hem OH×F 333 hem de OH×F 97 anaçlarında kontrol uygulamasında (sırasıyla %90 ve %100) olduğu görülmüştür. En düşük rejenerasyon oranının OH×F 333 anacında %20, OH×F 97 anacında ise %15 oranı ile 200 mM NaCl uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda da 200 mM NaCl uygulamasının bitkilerde ciddi zararlanmalara sebep olduğu belirlenmiştir. Uygulama ortalamaları incelendiğinde uygulamalar arası fark önemli bulunmuştur. Ortalama rejenerasyon oranının, kontrol uygulamasında %95, 200 mM NaCl uygulamasında %18 oranında olduğu tespit edilmiştir. Rejenerasyon oranı bakımından anaçlar arasında ise fark gözlenmemiştir.

Araştırmada incelenen kriterlerden bir diğeri sürgün uzunluğu olup, yapılan varyans analizi sonucunda anaç x uygulama interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Farklı tuz konsantrasyonlarının *in vitro* koşullarda klon anaçlarında sürgün uzunluğu üzerine etkileri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Anaç bakımından incelendiğinde OH×F 333 anacında uygulamalar arası fark gözlenmemiştir. OH×F 97 anacında ise sürgün uzunluğu bakımından kontrol, 50, 100 ve 150 mM NaCl uygulamaları arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmamıştır. En düşük sürgün uzunluğunun 200 mM NaCl konsantrasyonunda olduğu kaydedilmiştir. Uygulama ortalamalarına bakıldığında da istatistik olarak fark önemli bulunmuştur.

En yüksek sürgün uzunluğu 150 mM NaCl konsantrasyonunda 20.6 mm, en düşük sürgün uzunluğu ise 200 mM NaCl uygulamasında 16.1 mm olarak tespit edilmiştir. Sürgün uzunluğu bakımından anaçlar arasında fark gözlenmemiştir.

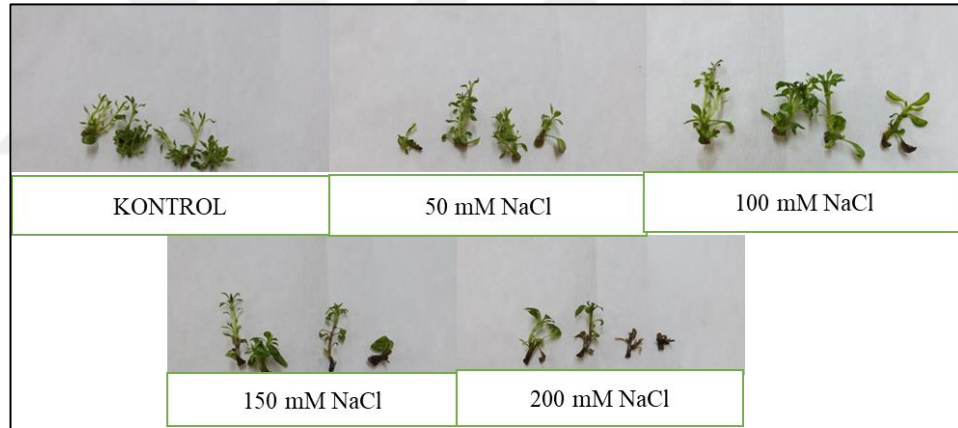
Çizelge 4.1. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı NaCl uygulamalarının morfolojik değerler üzerine etkisi

ANAÇ	TUZ STRESİ UYGULAMASI	MORFOLOJİK DEĞERLER			
		Rejenerasyon oranı (%)	Sürgün uzunluğu (mm)	Sürgün sayısı (adet/eksplant)	Zararlanma derecesi (0-5 aralığı)
OH×F 333	Kontrol (0 mM NaCl)	90 ab*	15.3 bc	3.94 ab	4.6 a
	50 mM NaCl	70 abcd	17.5 abc	2.70 cd	3.6 ab
	100 mM NaCl	80 abc	17.9 abc	2.20 cde	4.6 a
	150 mM NaCl	40 de	20.3 abc	1.50 e	4.2 a
	200 mM NaCl	20 e	17.6 abc	1.10 e	1.2 c
OH×F 97	Kontrol (0 mM NaCl)	100 a	17.4 abc	4.15 a	4.6 a
	50 mM NaCl	80 abc	21.5 ab	2.90 bc	4.2 a
	100 mM NaCl	60 bcd	21.9 a	2.00 cde	3.4 ab
	150 mM NaCl	50 cde	20.9 abc	1.60 de	2.6 bc
	200 mM NaCl	15 e	14.5 c	1.15 e	1.2 c
UYGULAMA ORTALAMALARI	Kontrol (0 mM NaCl)	95 a	16.4 b	4.04 a	4.6 a
	50 mM NaCl	75 a	19.5 ab	2.80 b	3.9 ab
	100 mM NaCl	73 a	19.9 ab	2.10 c	4.0 ab
	150 mM NaCl	45 b	20.6 a	1.55 cd	3.4 b
	200 mM NaCl	18 c	16.1 b	1.13 d	1.2 c
ANAÇ ORTALAMALARI	OH×F 333	61	17.8	2.29	3.64 a
	OH×F 97	61	19.2	2.36	3.20 b

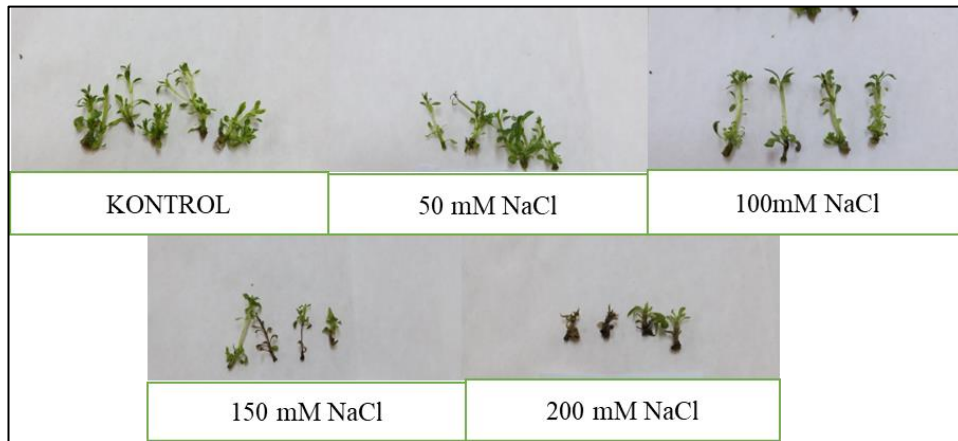
\*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p \leq 0.05$ )

Çalışmada sürgün sayısı bakımından anaç x uygulama interaksyonu önemli çıkmıştır (Çizelge 4.1). En yüksek sürgün sayısının hem OH×F 97 hem de OH×F 333 anacında kontrol uygulamasında (4.15 adet/eksplant ve 3.94 adet/eksplant) olduğu görülmüştür. Uygulanan tuz konsantrasyonlarının artmasına paralel olarak bitkilerin sürgün sayılarında azalış olduğu saptanmıştır. En düşük sürgün sayısı 200 mM NaCl uygulamasında görülmüştür. OH×F 333 anacında 1.10 adet/eksplant, OH×F 97 anacında 1.15 adet/eksplant olduğu tespit edilmiştir. Uygulama ortalamalarına bakıldığında da istatistiksel olarak fark önemli görülmüştür. En yüksek sürgün sayısının kontrol uygulamasında 4.04 adet/eksplant, en düşük sürgün sayısının ise 200 mM NaCl uygulamasında 1.13 adet/eksplant olduğu belirlenmiştir. Sürgün sayısı bakımından anaçlar arasında istatistik olarak önemli bir fark görülmemiştir.

Zararlanma derecesini incelemek amacı ile yapılan varyans analizi sonucunda anaç x uygulama interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuş olup, elde edilen veriler Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Bitkilerde zararlanma belirtileri olarak öncelikle sürgün gelişiminin zayıf olması, yapraklarda sararma ve kurumalar şeklinde kendini göstermiştir (Şekil 4.1). Çizelgede 4.1’deki değerler incelendiğinde her iki anaç için de en fazla zararlanmanın 1.2 değeri ile 200 mM NaCl uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). Bu uygulamada bazı bitkiler gelişmeye devam etse de çoğu bitkinin canlılığını yitirdiği gözlenmiştir. Uygulama ortalamalarına bakıldığında da istatistiksel olarak fark önemli görülmüştür. En yüksek skalanın kontrol uygulamasında (4.6 skolası) olduğu gözlemlenirken zararlanmanın en yüksek olduğu yani en düşük skalanın (1.2 skolası) 200 mM NaCl uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Zararlanma derecesi bakımından anaçlar karşılaştırıldığında OH×F 333 anacının tuz stresi koşullarına OH×F 97 anacında göre (zararlanma dereceleri sırasıyla, 3.64 ve 3.20) nispeten daha tolerant olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. OH×F 333 anacında uygulanan farklı tuz konsantrasyonları



Şekil 4.2. OH×F 97 anacında uygulanan farklı tuz konsantrasyonları

#### 4.1.2. Tuz stresi uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkisi

Tuz stresi çalışmalarında 200 mM NaCl içeren besin ortamlarında bitkilerde yüksek oranda zararlanma görüldüğü için biyokimyasal analizler için yeterli bitki örneği alınamamıştır. Bu nedenle 200 mM NaCl uygulamasında biyokimyasal analizler yapılamamıştır. Stres anında bitki bünyesinde değişime uğrayarak stres fizyolojinin bir parçası olması nedeniyle toplam fenolik madde içeriği önem taşımaktadır. Farklı tuz konsantrasyonları *in vitro* koşullarda OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarına uygulanarak toplam fenolik madde içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre toplam fenolik madde içeriği bakımından tuz stresi uygulamalarının anaç x uygulama interaksiyonu önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek toplam fenolik madde içeriği OH×F 333 anacında kontrol uygulamasında 4.66 mg/g değerinde görülmüştür. OH×F 97 anacında ise 150 mM NaCl uygulamasında 1.98 mg/g değerinde olduğu tespit edilmiştir. En düşük toplam fenolik madde içerikleri ise OH×F 333 ve OH×F 97 anaçlarında 100 mM NaCl uygulamasında sırasıyla 1.99 mg/g ve 0.83 mg/g olarak tespit edilmiştir. Uygulanan tuz konsantrasyonları arttıkça anaçların toplam fenolik madde içeriklerinde azalma görülmüştür. Ancak 150 mM NaCl uygulamasında iki anacın toplam fenolik madde içeriklerinde tekrar bir yükseliş görülmüştür. Tuz stresi uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik madde içeriğinin kontrol uygulamasında olduğu saptanırken, en düşük içeriğin 100 mM NaCl konsantrasyonunda olduğu belirlenmiştir. Anaçlar arasındaki fark da önemli çıkmıştır. Buna göre OH×F 333 anacının toplam fenolik madde içeriği 3.02 mg/g iken, OH×F 97 anacında bu değer 1.60 mg/g olarak bulunmuştur.

*In vitro* koşullarda OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarına farklı tuz konsantrasyonları uygulanarak toplam flavonoid madde içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre toplam flavonoid madde içeriği bakımından tuz stresi uygulamalarının anaç x uygulama interaksiyonu önemli bulunmuştur. En yüksek toplam flavonoid madde içeriği her iki anaçta da 150 mM NaCl uygulamasında (OH×F 333 anacında 0.55 mg/g, OH×F 97 anacında 0.90 mg/g) görülmüştür. Ancak OH×F 333 anacında tuz stresi uygulamaları arasındaki farklılık istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Tuz stresi uygulama ortalamaları arasında ise fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. En yüksek değer 150 mM NaCl

uygulamasında saptanırken, en düşük değer 100 mM NaCl uygulamasında görülmüştür. Toplam flavonoid içeriği bakımında anaçlar arasındaki fark istatistik olarak önemli çıkmıştır. Bu bakımdan OH×F 97 anacının toplam flavonoid içeriği OH×F 333 anacına göre daha yüksek (sırasıyla, 0.62 mg/g ve 0.50 mg/g) bulunmuştur.

Çizelge 4.2. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı NaCl uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkileri

ANAÇ	TUZ STRESİ UYGULAMASI	BİYOKİMYASAL DEĞERLER				
		Toplam fenolik madde (mg/g YA)	Toplam flavonoid madde (mg/g YA)	Çözünabilir Protein (mg/g YA)	MDA (nmol/g YA)	Prolin (µmol/g YA)
OH×F 333	Kontrol (0 mM NaCl)	4.66 a*	0.53 ab	0.76cd	23.0 ab	111.0 a
	50 mM NaCl	2.12 c	0.44b	0.82 cd	26.9 a	48.4 b
	100 mM NaCl	1.99 cd	0.43b	0.64 de	23.2 ab	13.9 b
	150 mM NaCl	3.22b	0.55 ab	0.45e	22.9 ab	40.5 b
OH×F 97	Kontrol (0 mM NaCl)	1.87 cd	0.49 ab	1.38 a	16.1 c	23.1 b
	50 mM NaCl	1.66d	0.67 ab	0.97 bc	20.7 bc	18.8 b
	100 mM NaCl	0.83 e	0.44 b	1.11 b	22.9 ab	21.7 b
	150 mM NaCl	1.98 cd	0.90 a	0.81 cd	21.3 b	24.2 b
UYGULAMA ORTALAMALARI	Kontrol (0 mM NaCl)	3.30 a	0.51 ab	1.07 a	19.5 b	67.3 a
	50 mM NaCl	1.20 c	0.55 ab	0.90 b	23.8 a	33.6 b
	100 mM NaCl	1.40 d	0.44 b	0.90 b	23.0 a	17.8 b
	150 mM NaCl	2.60 b	0.72 a	0.70 c	22.1 ab	32.4 b
ANAÇ ORTALAMALARI	OH×F 333	3.02 a	0.50 b	0.70 b	24.0 a	53.6 a
	OH×F 97	1.60 b	0.62 a	1.10 a	20.2 b	22.0 b

\*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p≤0.05)

Farklı tuz konsantrasyonu uygulamalarının OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında çözünabilir protein içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, anaç x uygulama interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek çözünabilir protein içeriğinin OH×F 333 anacında 50 mM NaCl uygulamasında 0.82 mg/g değerinde olduğu görülmüştür. OH×F 97 anacında ise en yüksek değer 1.38 mg/g ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. En düşük çözünabilir protein içeriği ise hem OH×F 333 hem de OH×F 97 anaçlarında 150 mM NaCl uygulamasında (sırasıyla, 0.45 mg/g ve 0.81 mg/g) saptanmıştır. Çözünabilir protein bakımından tuz stresi uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik anlamda önemli bulunmuştur. En yüksek çözünabilir protein içeriğinin kontrol uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Çözünabilir protein içeriği bakımından anaçlar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Buna göre

OH×F 97 anacında çözünebilir protein içeriği 1.10 mg/g iken, OH×F 333 anacında bu değer 0.70 mg/g olarak belirlenmiştir.

Farklı tuz konsantrasyonu uygulamalarının OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında lipid peroksidasyonu üzerine etkileri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Varyans analizi sonucunda, anaç x uygulama interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. En yüksek lipid peroksidasyon içeriğinin OH×F 333 anacında 26.9 nmol/g değeri ile 50 mM NaCl uygulamasında olduğu görülmüştür. OH×F 97 anacında ise en yüksek lipid peroksidasyonu 100 mM NaCl uygulamasında 22.9 nmol/g olarak bulunmuştur. Lipid peroksidasyonu bakımından tuz stresi uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik anlamda önemli bulunmuştur. En yüksek lipid peroksidasyon içeriği 50 ve 100 mM NaCl uygulamasında (sırasıyla 23.8 ve 23.0 nmol/g) olduğu görülmüştür. En düşük değer ise kontrol uygulamasında 19.5 nmol/g olduğu tespit edilmiştir. Anaçlar karşılaştırıldığında ise OH×F 333 anacının (24.0 nmol/g), OH×F 97 anacına (20.2 nmol/g) göre daha yüksek lipid peroksidasyonu içerdiği saptanmıştır.

Farklı tuz konsantrasyonu uygulamalarının OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında prolin içeriği üzerine etkileri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre prolin içeriği bakımından tuz stresi uygulamalarının anaç x uygulama interaksyonu önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek prolin içeriği OH×F 333 anacında kontrol uygulamasında 111.0 µmol/g değerinde görülmüştür. OH×F 97 anacında ise uygulamalar arası istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Tuz stresi uygulama ortalamaları değerlendirildiğinde en yüksek prolin içeriğinin kontrol uygulamasında (67.3 µmol/g) olduğu tespit edilmiştir. Prolin içeriği bakımından anaçlar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli bulunmuş olup, OH×F 333 anacının prolin içeriği (53.6 µmol/g) OH×F 97 anacından (22.0 µmol/g) daha yüksek olarak saptanmıştır.

## 4.2. Deneme 2

### 4.2.1. Si uygulamalarının morfolojik özellikler üzerine etkisi

Araştırmamızda, tuz stresi altındaki (100 mM NaCl) OH×F 333 ve OH×F 97 klon anaçlarında 0.5, 1.0 ve 2.0 mM Si uygulamalarının tuz stresini hafifletici etkileri incelenmiştir. Bu amaçla morfolojik özellikler bakımından rejenerasyon oranı, sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve zararlanma dereceleri değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.3’de sunulmuştur.

Farklı Si konsantrasyonlarının *in vitro* koşullarda OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında rejenerasyon oranı üzerine etkileri incelenmiştir (Çizelge 4.3). Varyans analiz sonuçlarına göre anaç x uygulama interaksyonunda ortalamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Ancak OH×F 333 anacında 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında rejenerasyon oranının (%40) nispeten daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada rejenerasyon oranı bakımından hem Si uygulamaları hem de anaçlar arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Sürgün uzunluğu üzerine yapılan varyans analizi sonucunda, anaç x uygulama interaksyonunda fark önemli bulunmamıştır. Ancak OH×F 333 anacında kontrol uygulamasında (25.1 mm), OH×F 97 anacında 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (26.1 mm) sürgün uzunluğunun diğer uygulamalara nazaran daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. Çalışmada sürgün uzunluğu bakımından hem Si uygulamaları hem de anaçlar arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3).

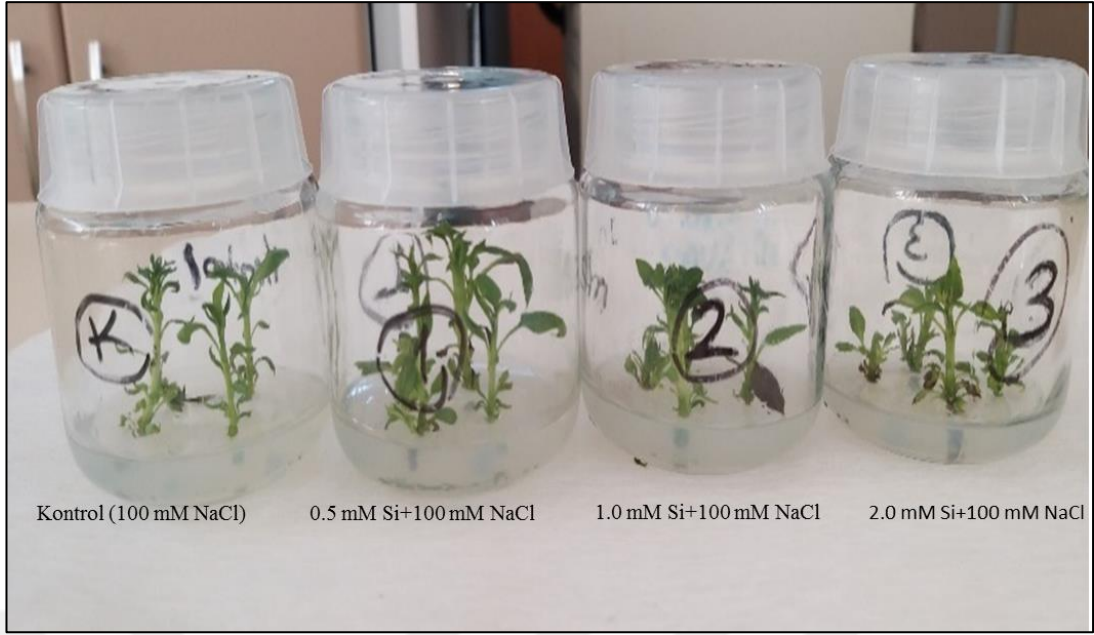
Sürgün sayısı bakımından varyans analiz sonuçlarına göre anaç x uygulama interaksyonunda fark önemli çıkmamıştır. Uygulama ortalamalarına bakıldığında da istatistiksel olarak fark önemli görülmemiştir. Sürgün sayısının 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (1.42 adet/eksplant) nispeten daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yine sürgün sayısı değerleri bakımından anaçlar arasındaki fark da istatistik olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.3. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı Si konsantrasyonları uygulamalarının morfolojik özellikler

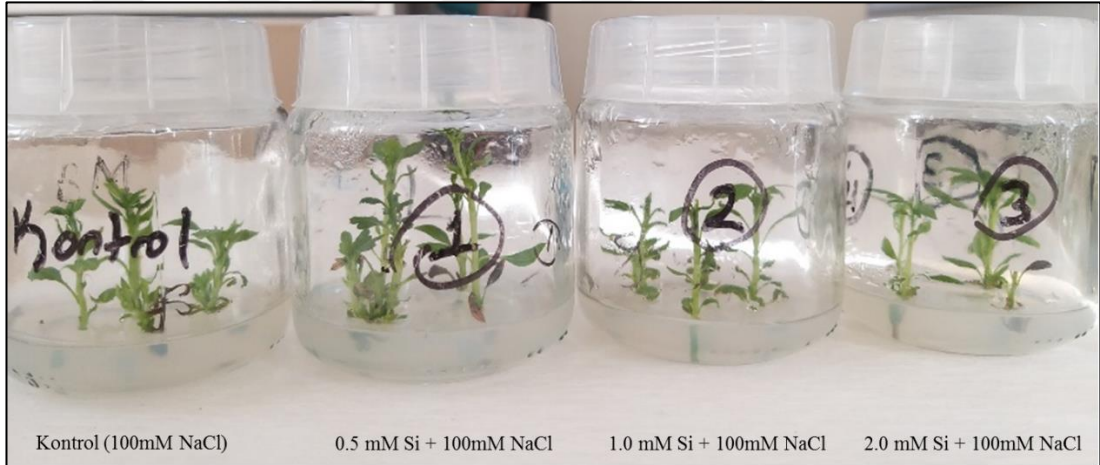
ANAÇ	Sİ UYGULAMASI	MORFOLOJİK DEĞERLER			
		Rejenerasyon oranı (%)	Sürgün uzunluğu (mm)	Sürgün sayısı (Adet/Eksplant)	Zararlanma derecesi (0-5 aralığı)
OH×F 333	Kontrol (100 mM NaCl)	30	25.1	1.39	4.00 ab*
	0.5 mM Si+100 mM NaCl	40	22.7	1.56	3.90 ab
	1.0 mM Si+100 mM NaCl	10	24.9	1.17	3.70 ab
	2.0 mM Si+100 mM NaCl	10	22.8	1.10	3.70 ab
OH×F 97	Kontrol (100 mM NaCl)	20	20.8	1.24	3.90 ab
	0.5 mM Si+100 mM NaCl	30	26.1	1.29	4.70 a
	1.0 mM Si+100 mM NaCl	30	22.8	1.29	4.30 ab
	2.0 mM Si+100 mM NaCl	30	18.6	1.43	3.10 b
UYGULAMA ORTALAMALARI	Kontrol (100 mM NaCl)	25	23.0	1.32	3.93 ab
	0.5 mM Si+100 mM NaCl	36	24.4	1.42	4.29 a
	1.0 mM Si+100 mM NaCl	21	23.8	1.23	4.00 ab
	2.0 mM Si+100 mM NaCl	20	20.7	1.27	3.43 b
ANAÇ ORTALAMALARI	OH×F 333	22	23.9	1.31	3.82
	OH×F 97	29	22.1	1.31	4.00

\*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p \leq 0.05$ )

Çalışmada zararlanma derecesi bakımından OH×F 333 anacında istatistik olarak fark önemli çıkmamıştır. Ancak OH×F 97 anacında uygulamalar arasındaki fark önemli çıkmakla birlikte Si uygulamalarının kontrole göre istatistik anlamda bir artış sağlamadığı görülmüştür. İstatistik anlamda fark olmamakla birlikte OH×F 97 anacında 0.5 mM Si+100 mM NaCl (4.70) ve 1.0 mM Si+100 mM NaCl (4.30) uygulamalarının kontrole göre (3.90) kısmi bir iyileşme sağladığı söylenebilir. Benzer sonuçlar uygulama ortalamaları için de söylenebilir. Zira 0.5 ve 1.0 mM Si uygulamalarının kontrole göre kısmi bir artış sağladığı görülmektedir. Zararlanma derecesi bakımından anaçlar arasında ise fark önemli bulunmamıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.3. OH×F 333 anacında *in vitro* koşullarda farklı Si uygulamaları



Şekil 4.4. OH×F 97 anacında *in vitro* koşullarda farklı Si uygulamaları

#### 4.2.2. Si uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkisi

Araştırmamızda, tuz stresi altındaki (100 mM NaCl) OH×F 333 ve OH×F 97 klon anaçlarında 0.5, 1.0 ve 2.0 mM Si uygulamalarının tuz stresini hafifletici etkilerinin belirlenmesi amacıyla biyokimyasal özelliklerden toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, lipid peroksidasyonu ve prolin içerikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Toplam fenolik madde bakımından değerlendirildiğinde Si uygulamalarının anaç x uygulama interaksyonu önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek toplam fenolik

madde içeriği OH×F 333 anacında 1.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (3.25 mg/g) görülmüştür. OH×F 97 anacında ise en yüksek toplam fenolik madde içeriğinin kontrol uygulamasında (3.33 mg/g) olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada en düşük toplam fenolik madde içeriği OH×F 333 anacında kontrol uygulamasında (1.92mg/g) OH×F 97 anacında ise 2.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (2.56 mg/g) belirlenmiştir. Toplam fenolik madde bakımından uygulama ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik madde içeriği 1.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (3.10 mg/g) görülür iken, en düşük toplam fenolik madde içeriği 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (2.44 mg/g) tespit edilmiştir. Anaçlar arasındaki fark da önemli çıkmıştır. Buna göre OH×F 333 anacı 2.47 mg/g, OH×F 97 anacı 2.86 mg/g değerinde bir sonuç göstermiştir.

Toplam flavonoid madde içeriği bakımından farklı Si konsantrasyonu uygulamalarının anaç x uygulama interaksiyonu önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek toplam flavonoid madde içeriği OH×F 333 anacında 1.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (1.04 mg/g) görülmüştür. OH×F 97 anacında ise en yüksek toplam flavonoid madde içeriği kontrol uygulamasında (0.86 mg/g) tespit edilmiştir. En düşük toplam flavonoid madde içeriği ise hem OH×F 333 hem de OH×F 97 anaçlarında 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (sırasıyla, 0.70 mg/g ve 0.73 mg/g) saptanmıştır. Uygulama ortalamaları arasında istatistik olarak fark önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama değer 1.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (0.93 mg/g) saptanmıştır. En düşük ortalama değer ise 0.5 mM+100 mM NaCl uygulamasında (0.72 mg/g) belirlenmiştir. Toplam flavonoid madde bakımından anaç ortalamaları arasındaki fark ise istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Buna göre her iki anaçta da 0.81 mg/g değerinde bir sonuç görülmüştür.

Lipid peroksidasyonu bakımından değerlendirildiğinde istatistik olarak anaç x uygulama interaksiyonu önemli bulunmuştur. Fakat Si uygulamalarının her iki anaçta da kontrole göre lipid peroksidasyonunu artırmadığı belirlenmiştir. Uygulama ortalamaları arasında fark önemli bulunmamıştır. Anaçlar arasındaki uygulamalara bakıldığında ise fark önemli çıkmıştır. Buna göre OH×F 333 anacı 19.6 nmol/g, OH×F 97 anacı 16.3 nmol/g değerinde bir sonuç göstermiştir.

Çizelge 4.4. OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarında farklı Si konsantrasyonları uygulamalarının biyokimyasal özellikler üzerine etkileri

ANAÇ	Sİ UYGULAMASI	BİYOKİMYASAL DEĞERLER			
		Toplam fenolik madde (mg/g YA)	Toplam flavonoid madde (mg/g YA)	MDA (nmol/g YA)	Prolin (µmol/g YA)
OH×F 333	Kontrol (100 mM NaCl)	1.92 d*	0.71 e	20.0 a	17.8 d
	0.5 mM Si+100 mM NaCl	2.28cd	0.70 e	19.1 ab	15.5 d
	1.0 mM Si+100 mM NaCl	3.25 ab	1.04 a	19.5 ab	17.7 d
	2.0 mM Si+100 mM NaCl	2.45cd	0.79 cd	19.9 a	38.6 a
OH×F 97	Kontrol (100 mM NaCl)	3.33 a	0.86 b	16.4 ab	18.7d
	0.5 mM Si+100 mM NaCl	2.60 bc	0.73 de	16.2 ab	11.8 e
	1.0 mM Si+100 mM NaCl	2.91 abc	0.83 bc	14.3 b	37.9 b
	2.0 mM Si+100 mM NaCl	2.56 cd	0.80 bcd	18.2 ab	29.3 c
UYGULAMA ORTALAMALARI	Kontrol (100 mM NaCl)	2.60 b	0.79 b	18.2	18.3 c
	0.5 mM Si+100 mM NaCl	2.44 b	0.72 c	17.6	13.7 d
	1.0 mM Si+100 mM NaCl	3.10 a	0.93 a	16.9	27.8 b
	2.0 mM Si+100 mM NaCl	2.50 b	0.79 b	19.1	33.9 a
ANAÇ ORTALAMALARI	OH×F 333	2.47 b	0.81	19.6	22.4
	OH×F 97	2.86 a	0.81	16.3 b	24.4

\*Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p \leq 0.05$ )

Prolin içerikleri bakımından değerlendirildiğinde anaç x uygulama interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Verilere göre çizelgede en yüksek prolin içeriği OH×F 333 anacında 2.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (38.6 µmol/g) görülmüştür. OH×F 97 anacında ise en yüksek prolin içeriği 1.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (37.9 µmol/g) tespit edilmiştir. Uygulama ortalamalarına bakıldığında istatistik olarak fark önemli çıkmıştır. En yüksek prolin içeriği 2.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (33.9 µmol/g) belirlenmiştir. En düşük prolin içeriği ise 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasında (13.7 µmol/g) gözlemlenmiştir. Anaçlar arasında ise fark önemli bulunmamıştır.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yürütmüş olduğumuz bu çalışmada, armut yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarının *in vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda tuz stresine tolerans veya hassasiyet düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda armut klon anaçlarında tuz stresi zararının azaltılması üzerine farklı konsantrasyonlarda silisyum uygulamalarının etkileri de araştırılmış olup bazı morfolojik ve biyokimyasal mekanizmalar bakımından parametreler incelenerek çıkarımlarda bulunulmuştur. Elde edilen bulgular aşağıda değerlendirilmiştir.

### 5.1. Deneme 1

Bitkiler tuzlu koşullara karşı oldukça duyarlıdır. Bu nedenle tuz stresi, bitkilerin vejetatif gelişimlerini birçok yönden olumsuz etkilemektedir. Çalışmamızda *in vitro* koşullarda farklı tuz konsantrasyonlarının rejenerasyon oranı üzerine etkileri değerlendirildiğinde, tuz konsantrasyonlarının artışına paralel olarak rejenerasyon oranlarında istatistiki olarak önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür. Yapılan bazı çalışmalarda da bizim sonuçlarımıza benzer bulgular elde edilmiştir. Nitekim Krasensky vd. (2012) yaptıkları çalışmada, soğan bitkisinin *in vitro* koşullarda tuz stresine verdiği tepkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonunda bitkinin taze ve kuru ağırlığında azalışların olduğunu tespit etmişlerdir. Zambı (2019) tarafından yapılan çalışmada, 6 farklı bezelye genotipine farklı tuz konsantrasyonları (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 mM NaCl) uygulanmıştır. Çalışma sonucunda tuz konsantrasyonlarının artışına paralel olarak bitki gelişiminin olumsuz etkilendiği bildirilmiştir.

Çalışmada tuz stresi seviyesinin artmasına paralel olarak sürgün sayısının önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Bizim sonuçlarımızı destekler şekilde Rahman vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, *in vitro* koşullarda tuz stresi uygulamasının *P. communis* anaçlarında sürgün sayısını kontrole göre azalttığı bildirilmektedir. Benzer şekilde Shiyab vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada, tuz stresi uygulamalarının (kontrol, 50, 100, 150, 200 ve 300 mM NaCl) turunçta sürgün gelişimini azaldığı ifade edilmiştir. Araştırmacılar 200 ve 300 mM NaCl konsantrasyonlarında ise bitkilerin

gelişme parametrelerinin büyük oranda etkilenecek sürgünlerin canlılığını yitirdiğini ifade etmişlerdir.

Araştırmamızda her iki anaçta da NaCl konsantrasyonları arttıkça sürgün uzunluklarının da arttığı görülmüştür. Ancak 200 mM NaCl uygulamasında büyüme ve gelişmenin tamamen durması nedeniyle sürgün uzunluğunda kontrole göre bir artış olmamıştır. Sürgün uzunluğu değerlerinin tuz konsantrasyonuna paralel olarak artmış olmasının, sürgün sayısındaki azalmanın bir sonucu olabileceği düşünülmektedir. Zira genel olarak tuz stresi koşullarında bitki gelişiminde önemli oranda azalmalar ve zararlanmalar görülmüştür. Önceki yapılan çalışmalarda da bizim sonuçlarımıza benzer şekilde artan NaCl konsantrasyonlarına paralel olarak sürgün gelişiminde azalmaların olduğu bildirilmektedir. Dajic (2006), tuz stresi uygulanmış olan bitkilerin sürgün gelişimindeki azalma ile fotosentezin yavaşladığını bildirmiştir. Çalışmada aynı zamanda turgorun azaldığı ve mineral madde taşınımının güç olduğu ifade edilmiştir. Hamrouni vd. (2008), asma genotiplerine *in vitro* koşullarda farklı tuz konsantrasyonlarını (0, 20, 50, 80, 100, 150 ve 200 mM NaCl) uygulamışlardır. Araştırma sonunda *in vitro* koşullarda NaCl konsantrasyonu arttıkça genotiplerde büyüme ve gelişmenin azaldığını tespit etmişlerdir. Uyar (2016) tarafından yapılan çalışmada, Hamburg Misketi ile Isabella üzüm çeşitlerine farklı NaCl konsantrasyonlarını (0, 50, 100, 150, 200 mM) uygulanmıştır. Çalışma sonunda çeşitlerde tuz konsantrasyonu arttıkça sodyum içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Bu durumun da sürgünlerde zararlanmalara yol açtığı bildirilmiştir.

Araştırmada zararlanma derecesine bakıldığında, tuz konsantrasyonlarının artması ile birlikte zararlanmanın da doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Farklı tuz konsantrasyonlarının uygulandığı *in vitro* koşullarda yetiştirilen bitkilerin sürgünlerinde sararma, kahverengileşme, kuruma ve sürgün boylarında kısalmaların meydana geldiği görülmüştür. Çalışmamızda 0, 50 ve 100 mM NaCl konsantrasyonlarında bitki ölümlerinin görülmediği, gelişimin devam ettiği gözlenmiştir. 200 mM NaCl uygulamasında ise zararlanmanın en yüksek seviyeye ulaştığı; ancak bitkilerin tamamen canlılığını yitirmediği tespit edilmiştir. Sudha ve Riazunnisa (2015) tarafından yapılan çalışmada, dört soğan çeşidine *in vitro* koşullarda 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl konsantrasyonları uygulanmıştır. Deneme

sonundaki 200 mM NaCl konsantrasyonunun çalışmamızdaki sonuçlara benzer bir şekilde bitki gelişiminde gerilemelere neden olduğu bildirilmiştir.

Bitkiler farklı çevre koşulları etkilerine uyum sağlayabilmek amacı ile metabolizmalarında değişiklikler meydana getirmektedir. Bu değişiklikler sonucunda bitkilerin dış görünüşlerinde çeşitli belirtiler ortaya çıkmaktadır. Yapraklarda sararma, erken çiçek açma, yaprakların dökülmesi veya yaprakların kıvrılması şeklinde belirtiler göstermektedir. Fenolik bileşikler bu süreçte aktif rol almaktadır. Fenolik bileşikler; dış faktörlerin bitkide sinyal oluşturması, oluşan sinyalin ilgili organlara taşınması ve bazı bitki kısımlarında kimyasal sentezlenmesinin sağlanmasında etkilidir. Aynı zamanda yapraklarda stomaların açılıp kapanması, erken olgunlaşma, solunum aktivitesinde değişiklik meydana gelmesinde de aktif rol oynamaktadır (Hacıkamiloğlu, 2023). Çalışmamızda toplam fenolik madde içeriği her iki anaçta da tuz stresi seviyesine paralel olarak azalmıştır. Ancak 150 mM NaCl uygulamasında tekrar bir artışın olduğu saptanmıştır. Nitekim yapılan çalışmalarda tuz stresi uygulanan bitkilerde daha fazla fenolik bileşik biriktiği gözlemlenmiştir. Petridis vd. (2012)'nin zeytinde yaptıkları çalışmada, tuz konsantrasyonunun artışı ile birlikte toplam fenolik madde içeriğinde de artış olduğu bildirilmiştir. Şeker kamışında yapılan tuz stresi çalışmasında ise toplam fenolik madde içeriğinin stres koşullarında üç kat arttığı belirtilmiştir (Wahid ve Ghazanfar, 2006). Ancak tuz stresi koşullarında toplam fenolik madde içeriğinin azaldığı veya etkilenmediği, bu bileşiklerin tuz konsantrasyonuna göre farklılık gösterebileceği yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir. Bourgou vd. (2010), *Nigella sativa* bitkisinde yaptıkları çalışmada tuz stresi uygulamaları sonucu toplam fenolik madde içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde tuz stresi altında patlıcan bitkisinde toplam fenolik madde içeriğinin azaldığı Shaheen vd. (2012) tarafından da bildirilmiştir. Yine Çalhan (2020), mersin genotiplerine *in vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda tuz stresi uygulamıştır. Çalışmada sonuçlarımıza benzer şekilde tuz konsantrasyonları arttıkça bitkilerdeki toplam fenolik madde içeriğinin azaldığı, yüksek tuz konsantrasyonu uygulamalarında ise toplam fenolik madde içeriğinde tekrar bir yükseliş olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar literatürler ile uyumlu bulunmuştur.

Flavonoidler ise fenolik bileşiklerin alt grubu olup farklı stres koşullarına karşı bitki savunma sistemine katılmaktadır (Woodland, 1997; Harborne vd., 2000).

Çalışmamızda elde edilen bulgularda toplam flavonoid madde içeriğinin tuz konsantrasyonlarına göre istatistik olarak önemli anlamda bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Ancak sadece OH×F 97 anacında 150 mM NaCl uygulamasında kontrole göre bir artış saptanmıştır. Gengmao vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, ayçiçeği bitkisinde tuz stresi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda toplam flavonoid madde içeriğinin kontrol uygulamasına göre artış gösterdiği bildirilmiştir. Ancak tuz stresi altındaki bitkilerin toplam flavonoid madde içeriğinde azalmaların olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Nitekim Petropoulos vd. (2017), yaptıkları çalışmada yüksek tuz konsantrasyonlarında toplam flavonoid madde içeriğinin çok az artış gösterdiğini veya stres etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yine kadife çiçeğinde yapılan bir araştırmada tuz stresi uygulamasında toplam flavonoid madde içeriğinin kontrole göre azaldığı tespit edilmiştir (Khalid vd., 2010). Havadar (2021), domates bitkisinde yaptığı çalışmada toplam flavonoid madde içeriğinin tuz stresi koşullarında azaldığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da bulmuş olduğumuz bu sonuçlar ile OH×F 333 ve OH×F 97 armut klon anaçlarının tuz stresi koşullarında toplam flavonoid madde içeriğinde önce kısmi bir azalma, 150 mM NaCl uygulamasında ise tekrar bir artışın olduğu görülmüştür.

Bitkiler tuz stresi altında iken oksidatif stresi aktive ettiğinden membran lipid peroksidasyonu zararlanmalarına yol açmaktadır (Ye vd., 2000). Bu zararlanma ile de lipid peroksidasyonu olayı gerçekleşir. Lipid peroksidasyonu ile de membranda oluşan zararlanma geri döndürülemez ve en önemli ürün olan malondialdehid halini alır. Çalışmamızda tuz stresi uygulamalarında lipid peroksidasyonunun OH×F 333 anacında istatistik olarak etkilenmediği, OH×F 97 anacında ise 100 ve 150 mM NaCl uygulamalarında kontrole göre arttığı belirlenmiştir. Ertürk vd., (2007) yaptıkları çalışmada, kiraz anaçlarına *in vitro* koşullarda tuz stresi uygulamış ve anaçların tolerans düzeylerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda tuz stresi altında hem lipid peroksidasyonun hem de antioksidatif enzim aktivitelerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Yine Tanou vd. (2009), çilek bitkisinde yaptıkları çalışmada 200 mM NaCl uygulamasında oksidatif stresin gerçekleştiğini, yapraklarda nekrotik lezyonların oluştuğunu, dokularda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> birikimi meydana geldiğini ve lipid peroksidasyonun arttığını bildirmişlerdir. Wu ve Zou (2009), *Pyrus betulaefolia* türünde yapmış oldukları tuz stresi çalışmasında 0, 50, 100, 150 ve 200 mM olmak üzere farklı NaCl konsantrasyonlarını uygulamışlardır. Araştırmacılar tuz stresinin

fotosentez oranını önemli derecede azalttığını, lipid peroksidasyon içeriğini ise arttırdığını bildirmişlerdir.

Bitkiler stres altında iken kendilerini stres etmeninden korumak amacı ile çeşitli ozmotik düzenleyicileri sentezleyerek bünyelerinde biriktirmektedir. Bu ozmotik düzenleyicilerden biri olan prolin, ozmotik etkisinin yanında enerji kaynağı olması ve aynı zamanda antioksidan özellik taşıması gibi farklı fonksiyonları da barındıran bir aminoasittir (Ben Ahmed vd., 2008; Chookhampaeng, 2011). Araştırmamız sonucunda tuz stresi uygulamalarının OH×F 97 anacında prolin içeriğini istatistik olarak etkilemediği görülmüştür. OH×F 333 anacında ise tuz stresi uygulamaları ile birlikte prolin içeriğinin önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda tuz stresi altındaki bitkilerde stres seviyesinin artışı ile birlikte prolin birikiminin de arttığı ifade edilmiştir. Ancak bazı araştırmalarda ise prolin içeriğinin her zaman artış göstermediği de ifade edilmiştir. Prolinin stres koşullarında tolerans etkisi özelliğinin incelenmesi sonucunda, bazı bitki türlerinde tuz stresi altında iken bu durumun geçerli olmayabileceği görüşü savunulmuştur (Mansour ve Ali, 2017). Nitekim *Panicum virgatum* türünün 46 genotipinde yapılan tuz stresi çalışmasında, tuza duyarlı bazı genotiplerde prolin içeriğinin 5000 kat arttığı, toleranslı hatlarda ise bu artışın küçük bir düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Kim vd., 2016). Borrelli vd. (2018), 5 buğday genotipinde farklı NaCl konsantrasyonları (50, 100 ve 200 mM NaCl) uygulamışlardır. Çalışma sonucunda 200 mM NaCl uygulamasında prolin içeriğinin tüm genotiplerde artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar 50 mM ve 100 mM NaCl uygulamalarında ise artış ve azalışlar olduğunu bildirmişlerdir.

Bitkilerin, tuz stresi koşullarında iken ozmolitler yardımı ile protein yapısını stabilize ederek kendini ROS'dan koruduğu bilinmektedir (Zhu, 2001). Çalışmamızda çözünebilir protein içeriğine bakıldığında, tuz konsantrasyonunun artmasına paralel olarak önemli oranda azalmaların olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda stres faktörlerinin çözünebilir protein içeriği üzerinde artışlara veya azalışlara neden olduğu bildirilmiştir. Bekheet vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada, *in vitro* koşullarda soğan bitkisine tuz stresi uygulanarak tolerans düzeyleri belirlenmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarının çözünebilir protein içeriğinde artışa yol açtığı bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise bizim sonuçlarımıza benzer şekilde tuz stresi

sonucunda sorgum bitkisinin çözünebilir protein içeriğinde düşüşler olduğu tespit edilmiştir (Parlak, 2006).

## 5.2. Deneme 2

Bu denemede tuz stresi (100 mM NaCl içeren ½ MS ortamı) altındaki OH×F 333 ve OH×F 97 armut anaçlarında tuz stresinin olumsuz etkilerinin hafifletilmesi üzerine farklı dozlardaki Si uygulamalarının (0, 0.5, 1 ve 2 mM) etkileri araştırılmıştır. Çalışmada rejenerasyon oranı bakımından değerlendirildiğinde Si uygulamalarının istatistik olarak herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bizim sonuçlarımıza benzer şekilde tuz stresi altındaki yer fıstığı bitkisinde Si uygulamalarının morfolojik özellikler bakımında tuz stresini hafifletici etkisinin olmadığı bildirilmektedir (Kuru, 2014). Bununla birlikte yapılan birçok çalışmada Si uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkilerinin hafifletilmesinde etkili olduğu bildirilmektedir (Dias vd., 2017; Rodrigues vd., 2017). Ancak bu etkinin genotipe göre farklılık gösterebildiği ifade edilmektedir (Demirci, 2023). Bitki beslenmesinde mutlak gerekli olmamakla birlikte doku kültürü çalışmalarında besin ortamına Si ilavesinin faydalı olduğu ifade edilmiştir. Nitekim Sivanesan ve Park (2014), mikro çoğaltım problemlerini çözmek ve doku kültürü başarısını arttırmak için doku kültürü ortamında yardımcı bir besin olarak Si'un eklenmesi gerektiğini tavsiye etmektedir.

Araştırmamızda farklı Si uygulamalarının sürgün uzunluğu üzerinde istatistik olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ancak bizim bulgularımızın aksine Si uygulamalarının sürgünlere pozitif yönde etki ettiğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Bu farklılığın nedeni kullanılan Si kaynağı (kalsiyum silikat, sodyum silikat, potasyum silikat) uygulama yöntemi (*in vitro*, *in vivo*) ve genotip farklılığı gibi faktörler olabilir. Tahir vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, tuz stresinin genotiplerde sürgün ve kök biyokütlesini önemli ölçüde azalttığını, Si uygulamasının ise tuzlu koşullarda bitki biyokütlesini, sürgünlerdeki potasyum miktarını artırdığı belirlenmiştir. Trivedi vd. (2004), yaptıkları çalışmada, 50 mM NaCl uygulanan buğday fidelerine 2 ve 4 mM konsantrasyonlarında Si ilave ederek etkisini incelemiştir. Çalışma sonunda tuz stresi, bitkinin kök ve sürgün uzunluğunu, klorofil içeriğini, yaprak doku toleransını olumsuz etkilemiştir. İlave edilen Si konsantrasyonları ise sürgünlerde sodyum alımını azaltarak tuz stresinin olumsuz

etkisini iyileştirmiştir. Ayrıca araştırmacılar yaprak dokusunun sodyuma karşı toleransını da arttırdığını bildirmişlerdir. Yine Değirmenci (2023), yaptığı çalışmada kavun bitkisine iki farklı tuz konsantrasyonu (0 ve 100 mM NaCl) ve 2 mM Si ilave ederek uygulama yapmıştır. Çalışma sonucunda, tuz stresi altında yetiştirilen kavunlara uygulanan Si'un istatistik olarak önemli ölçüde etkili olduğu, bitki büyümesi ve fizyolojik parametreler üzerinde pozitif yönde katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Çalışmamızda Si uygulamalarının anaçlar üzerinde sürgün sayısına istatistik olarak bir etkisi görülmemiştir. Ancak istatistik olarak önemli olmamakla birlikte 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasının OH×F 333 anacında, 2.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasının ise OH×F 97 anacında az da olsa sürgün sayısını artırıcı bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında bitkilerde tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmak amacı ile yapılan Si uygulamaları son yıllarda araştırmacılar tarafından tercih edilmeye başlanmıştır. Yapılan birçok araştırmada tuz stresi altındaki bitkilerin fizyolojik sürecinde Si'un önemli bir düzenleyici rolü olduğu bildirilmiştir (Rios vd., 2017; Khan vd., 2019). Sienkiewicz-Cholewa vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, buğday fidelerinde farklı tuz konsantrasyonları (70 ve 100 mM NaCl) uygulamasına 1 ve 1.5 mM konsantrasyonlarında Si ilave edilerek etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda Si'un buğday kök ve sürgün ağırlığını, yapraklardaki fotosentetik pigmentlerini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir.

Araştırmamızda *in vitro* koşullarda farklı dozlarda Si uygulamalarının, tuz stresinin zararını hafifletici etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Ancak OH×F 97 anacında 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasının zararlanma derecesine az da olsa olumlu yönde bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Ibrahim vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, tuz stresi altındaki buğday bitkisinde verimi arttırmak amacıyla Si ilave edilerek etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Si uygulamasının tuz stresinin etkisini azalttığı ve bitki büyümesini artırmada etkili olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Torun (2012) tarafından yapılan çalışmada da Si uygulamasının tuz stresini hafifletici etkisinin olduğu bildirilmiştir.

Çalışmamızda OH×F 333 anacında uygulanan Si konsantrasyonlarının, toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriği üzerine etkisinde kontrol uygulamasına kıyasla artma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak OH×F 97 anacında kontrol

uygulamasına göre azalışın devam ettiği belirlenmiştir. En yüksek toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriği OH×F 333 anacında 1.0 mM Si+ 100 mM NaCl uygulamasında saptanmıştır. OH×F 97 anacında ise en yüksek toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde içeriğinin kontrol uygulamasında (100 mM NaCl) olduğu belirlenmiştir. Böylece sonuçlara bakarak aynı tür içerisindeki farklı genotiplerin değişkenlik gösterebileceği kanaatine varılmıştır. Güneş (2022), stres altındaki buğday bitkisine Si uygulamıştır. Çalışma sonunda bitkinin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriğinde azalmalar olduğunu belirterek Si'un stres üzerinde azaltıcı etkisi olabileceğini bildirilmiştir. Çalışmamızda Si uygulamalarının OH×F 97 anacında stres etmenini azaltarak toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriğini düşürmüş olabileceği varsayılmaktadır.

Çalışmamızda Si konsantrasyonları arttıkça anaçlarda lipid peroksidasyon içeriğinin genel olarak düştüğü ancak 2.0 mM Si+100 mM NaCl konsantrasyonunda tekrar bir artışın olduğu görülmüştür. Yapılan birçok çalışmada tuz stresi koşullarında lipid peroksidasyon içeriğinin arttığı belirtilmiştir. Si'un, tuz stresi altındaki bitkilerde antioksidan savunma mekanizmasının işleyişini desteklediği, fotosentez üzerinde olumlu etkileri olduğu, su içeriğini artırdığı, stres altındaki bitkilerde lipid peroksidasyonunu ve membran geçirgenliğini azalttığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Gong vd., 2003; Zhu vd., 2004; Liang vd., 2008). Nitekim bitkiler stres koşulları altında iken Si'un, hücre zarındaki lipid oksidasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkan lipid peroksidasyon içeriğinde önemli bir azalma sağladığı belirtilmiştir. Aynı zamanda membran fonksiyonunun bütünlüğünü koruyarak tuz stresinin olumsuz etkisini de ortadan kaldırdığı bildirilmiştir (Zhu vd., 2004; Aranda vd., 2005; Aydın vd., 2012). Güneş (2022), stres altındaki buğday bitkisine Si uygulamıştır. Çalışma sonunda bitkinin lipid peroksidasyon içeriğinde azalışların olduğunu belirterek Si'un stres üzerinde azaltıcı etkisi olabileceği bildirilmiştir.

Çalışmamızda tuz stresi altındaki anaçlarda farklı Si uygulamaları sonucunda prolin içeriği değerlendirildiğinde, OH×F 333 anacında 2.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasındaki değerin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. OH×F 97 anacında ise 1.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasındaki değerin kontrole göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Akgün (2015), tarafından yapılan çalışmada Dağdaş genotipinde tuz stresi altında prolin içeriğinin azaldığı, tuz stresi+Si

uygulamasını ile prolin içeriğinin arttığı bildirilmiştir. ES-14 genotipinde ise Dağdaş genotipinin aksine tuz stresi altındayken prolin içeriğinin kontrole göre arttığı, tuz stresi+Si uygulamasını ile prolin içeriğinin azaldığını bildirmiştir. Sonuçlarımız yapılmış olan çalışması ile uyumlu bulunmuştur.

Veriler bütün olarak değerlendirildiğinde,

Deneme 1'de morfolojik özelliklerin incelenmesi sonucunda tuz konsantrasyonları arttıkça anaçlarda büyüme ve gelişme parametrelerinin önemli düzeyde azaldığı, 200 mM NaCl uygulamasında ise çoğu sürgünün canlılıklarını yitirdikleri tespit edilmiştir. Çalışmada biyokimyasal özellikler incelendiğinde ise toplam fenolik madde içeriğinin OH×F 333 anacında kontrol uygulamasında diğer uygulamalara nazaran daha yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. OH×F 97 anacında ise toplam fenolik madde içeriğinin 150 mM NaCl uygulamasında daha yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Toplam flavonoid madde içeriğine bakıldığında her iki anaçta da 150 mM NaCl uygulamasındaki değerin diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Tuz konsantrasyonu arttıkça çözünebilir protein içeriğinde düşüşlerin olduğu gözlemlenmiştir. Prolin içeriğine bakıldığında OH×F 333 anacında kontrol uygulamasına kıyasla düşüşlerin olduğu saptanmıştır. Lipid peroksidasyon içeriği değerlendirildiğinde, OH×F 333 anacında 50 mM NaCl uygulamasındaki değerin kontrole göre daha yüksek olduğu görülmüştür. OH×F 97 anacında ise 100 mM NaCl uygulamasındaki değerin kontrole kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Deneme 2'de Si uygulamasının morfolojik özellikler bakımından neredeyse bir etkisinin olmadığı kanaatine varılmıştır. Ancak OH×F 97 anacında zararlanma derecesine bakıldığında 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasının kontrol uygulamasına göre daha yüksek değerde olduğu saptanmıştır. Yani 0.5 mM Si+100 mM NaCl uygulamasının tuz stresinin zararını nispeten azaltıcı etkisi olduğu söylenebilir. Çalışmada biyokimyasal parametrelerin incelenmesi sonucunda, OH×F 333 anacında toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriği değerlendirildiğinde, Si uygulamalarındaki değerlerin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. OH×F 97 anacında toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriğine bakıldığında ise, Si uygulamalarındaki değerlerin kontrol uygulamasına göre daha düşük olduğu görülmüştür. OH×F 333 anacında prolin içeriği değerlendirildiğinde 2.0

mM Si+100 mM NaCl uygulamasındaki değerin kontrole göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. OH×F 97 anacında prolin içeriğine bakıldığında ise 1.0 mM Si+100 mM NaCl uygulamasındaki değerin kontrole göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Lipid peroksidasyon içeriği bakımından ise istatistik olarak fark görülmemiştir.

Sonuç olarak hem OH×F 97 hem de OH×F 333 klon anaçlarının yüksek dozlardaki tuz stresine hassas olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 100 mM NaCl gibi yüksek sayılabilecek tuz stresi altında, az da olsa gelişim gösterdikleri belirlenmiştir. nceki yapılan çalışmalarda Si uygulamalarının stres altındaki bitkilerde iyileştirici etkisinin olduğu belirlenmiş olmasına rağmen, bu çalışmada Si uygulamalarının pozitif yönde bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Anaçlar birbiri ile kıyaslandığında ise gerek morfolojik ve gerekse biyokimyasal analiz sonuçlarına göre istatistik anlamda bir fark olmamakla birlikte OH×F 333 anacının OH×F 97 anacına göre az da olsa ön plana çıktığı belirlenmiştir. Daha kesin sonuçların alınması için *in vitro* ve *in vivo* koşullarda daha detaylı araştırmaların yapılması gerekir. Si uygulamalarının stresi hafifletici etkisinin belirlenmesinde potasyum silikat ya da kalsiyum silikat gibi farklı Si kaynaklarının da denenmesi dşnlmelidir. Ayrıca *in vitro* koşullarda köksüz bitkiler yanında köklü bitkilerin de denemeye dahil edilmesi gerekir.

## KAYNAKLAR

- Abogadallah, G. M. (2010). Antioxidative defense under salt stress. *Plant Signal Behavior*, 5(4), 369-374. <https://doi.org/10.4161/psb.5.4.10873>
- Akçay, M. E. (2007). Armut yetiştiriciliğinde klon anaç kullanımı. *Hasad Bitkisel Üretim Dergisi*, 23(269), 50-53.
- Akdoğan, S., & Özkan, İ. (2000). Gelişmenin değişik dönemlerinde uygulanan su noksanlığı geriliminin biber bitkisi (*Capsicum annuum* L.)'nin tuza duyarlılığı üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(3), 1-8. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000000961](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000961)
- Akgün, M. H. (2015). *İki Buğday (Triticum aestivum L.) Çeşidinin Tuz-Silikon Etkileşimleri*. (Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Alexieva, V., Ivanov, S., Sergiev, I., & Karanov, E. (2003). Interaction between stresses. In *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. (pp. 1-17)
- Anonim (2019). Pear Rootstocks. <https://www.sierragoldtrees.com/pear-rootstocks>. (Son erişim tarihi: 15 Haziran 2019)
- Anonim (2022a). Türkiye’de Yetiştirilen Armutun Üretim Miktarı. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. (Son erişim tarihi: 09 Mayıs 2022)
- Anonim (2022b). Türkiye’de Armutun En Çok Yetiştirildiği Yerler. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/locale=tr>. (Son erişim tarihi: 09 Mayıs 2022)
- Aranda, M. R. R., Oliva, J., & Cuartero, J. (2005). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*, 163(8), 847-855. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.05.010>
- Arıcı, E. S. (2008). Bazı sert çekirdekli meyve anaçlarının doku kültürü ile çoğaltılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 19-23.
- Askari-Khorasgania, O., Jafarpoura, M., Hadada, M. M., & Pessaraklib, M. (2019). Fruit yield and quality characteristics of “shahmiveh” pear cultivar grafted on six rootstocks. *Journal of Plant Nutrition* 42(4), 323-332. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1555592>
- Asraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora*, 199, 361-376. <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00165>
- Aydın, A., Kant, C., & Turan, M. (2012). Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7(7), 1073-1086. <https://doi.org/10.5897/AJAR10.274>

- Aydınlı, M. (2021). *Armut Yetiştiriciliğinde Kullanılan Farklı Anaçların Tuzluluğa Toleranslarının Morfolojik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler ile İncelenmesi*. (Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Bacelar, E. A., Santos, D. L., Pereira, J. M. M., Gonçalves, B.C., Ferreira, H. F., & Correia C. M. (2006). Immediate responses and adaptative strategies of three olive cultivars under contrasting water availability regimes: Changes on structure and chemical composition of foliage and oxidative damage. *Plant Science*, 170(3), 596-605. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.10.014>
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Bekheet, S. A., Taha, H. S., & Solliman, M. E. (2006). Salt tolerance in tissue culture of onion (*Allium cepa* L.). *Arab Journal Biotechnology*, 9(3), 467-476.
- Bell, R. L., Janick, J., & Moore, J. N. (1996). Pears. *Fruit Breeding Volume I: Tree and Tropical Fruits*. John Willey and Sons Press, New York.
- Ben Ahmed, C., Rouina, B. B., & Boukhris, M. (2008). Changes in water relations, photosynthetic activity and proline accumulation in one-year-old olive trees (*Olea europaea* L. cv. *Chemlali*) in response to NaCl salinity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(4), 553-560. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0154-6>
- Borrelli, G. M., Fragasso, M., Nigro, F., Platani, C., Papa, R., Beleggia, R., & Trono, D. (2018). Analysis of metabolic and mineral changes in response to salt stress in durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) genotypes, which differ in salinity tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 133, 57-70. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.025>
- Bourgou, S., Ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H., & Marzouk, B. (2008). Phenolic composition and biological activities of *Tunisian Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes, Rendus Biologies*, 331(1), 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.11.001>
- Büyük, İ., Soydam, A, S., & Aras, S. (2012). Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2), 97-110. <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2012.40316>
- Bybordi, A. (2016). Influence of zeolite, selenium and silicon upon some agronomic and physiologic characteristics of canola grown under salinity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(7), 832-850. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1146898>
- Camargo, M., Korndörfer, G., & Pereira, H. (2007). Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido salicílico aplicados. *Braganti*, 66, 637-647. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400014>

- Chookhampaeng, S. (2011). The effect of salt stress on growth chlorophyll content proline content and antioxidant enzymes of pepper (*Capsicum annum* L.) seedling. *European Journal of Scientific Research*, 49(1), 103-109.
- Coskun, D., Britto, D.T., Huynh, W.Q., & Kronzucker, H. J. (2016). The role of silicon in higher plants under salinity and drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 1072(7), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01072>
- Çakırlar, H., & Topçuoğlu, Ş. F. (1985). Stres terminolojisi. *Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyumu*. 13-17 Mayıs, Erzurum, 7-7.
- Çalhan, G. (2020). *Mersin (Myrtus communis L.) Genotiplerinin Tuz Stresine Tolerans Seviyelerinin In Vitro Koşullarda Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Çelik, Y. (2016). *Kavunda Tuz Stresi Koşullarında Silisyum Uygulamalarının Fide Gelişimi ve Bazı Besin Elementi İçeriklerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çoban, Ö. (2014). *Brassinosteroid Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Nanede (Mentha piperita L.) Bazı Fiziksel ve Biyokimyasal Özellikler ile Sekonder Metabolit Birikimi Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Dajic, Z. (2006). Salt Stress. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*, 6, 345.
- Das, P., Manna, I., Sil, P., Bandyopadhyay, M., & Biswas, A. K. (2019). Exogenous silicon alters organic acid production and enzymatic activity of TCA cycle in two NaCl stressed indica rice cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 136, 76–91. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.12.026>
- Değirmenci, M. (2023). *Tuz Stresinde Tolerant ve Duyarlı Kavun Genotiplerinde Silisyumun Bitki Büyümesi ve Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Demirci, K. (2023). *Bazı Ekmeklik Buğday (T. aestivum L.) Genotiplerinde Çimlenme Döneminde Sulama Suyu Tuzluluk Stresinin Azaltılmasında Silisyumun Etkisinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Demirkıran, A., Maraklı, S., Temel, A., & Gözükırmızı, N. (2013). Genetic and Epigenetic Effects of Salinity on *in vitro* Growth of Barley. *Genetics and Molecular Biology*, 36(4), 566-570. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572013000400016>
- Dias, G. D. M. G., Soares, J. D. R., Ribeiro, S. F., Martins, A. D., Pasqual, M., & Alves, E., (2017). Morphological and physiological characteristics *in vitro*

- anthurium plantlets exposed to silicon. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(1), 18-24.
- Dolcet-Sanjuan, R., Mok, D. W. S., & Mok, M. C. (1990). Micropropagation of pyrus and cydonia and their responses to fe-limiting conditions. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 21, 191-199.
- Dondini, L., & Sansavini, S. (2012). European pear. In *Fruit Breeding*. (pp. 363- 413)
- Donnini, S., Cinelli, F., Sensale, L., Muleo, R., Zocchi, G., & Ranieri, A. (2008). Pear plantlets cultured *in vitro* under lime-induced chlorosis display a better adaptive strategy than quince plantlets. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 93, 191-200. <https://doi.org/10.1007/s11240-008-9361-5>
- Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 118-125.
- El-Swaify, S. A. (2000). Soil and water salinity. Plant Nutrient management in Hawaii's soils. *Approachs for Tropical and Subtropical Agriculture*, 17, 151-158.
- Eraslan, F., Arıcı, Ş. E., Erdal, İ., & Küçükyumuk, Z. (2016). Kiraz anaçlarının *in vitro* koşullarda tuz stresine tolerans mekanizmalarının fizyolojik parametreler ve antioksidan enzim izoformları ile belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22, 117-128. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000001374](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001374)
- Ertürk, U., Sivritepe, N., Yerlikaya, C., Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, İ. (2007). Responses of the cherry rootstock to salinity *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 51(3), 597-600. <https://doi.org/10.1007/s10535-007-0132-7>
- Faostat (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org.tr> (Son erişim tarihi: 19 Aralık 2022)
- Garg, N., & Bhandari, P. (2016). Silicon nutrition and mycorrhizal inoculations improve growth, nutrient status, K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio and yield of *Cicer arietinum* L. genotypes under salinity stress. *Plant Growth Regulation*, 78(3), 371–387. <https://doi.org/10.1007/s10725-015-0099-x>
- Gengmao, Z., Yu, H., Xing, S., Shihui, L., Quanmei, S., & Changhai, W. (2015). Salinity stress increases secondary metabolites and enzyme activity in safflower. *Industrial Crops and Products*, 64, 175-181. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.058>
- Gong, H., Chen, G., Wang, S., & Zhang, C. (2003). Effects of silicon on growth of wheat under drought. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 1055–1063. <https://doi.org/10.1081/PLN-120020075>
- Gong, H., Chen, G., Wang, S., & Zhang, C. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169, 313–321. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.02.023>

- Gong, H., Blackmore, D. H., & Walker, R. R. (2010). Organic and inorganic anions in Shiraz and Chardonnay grape berries and wine as affected by rootstock under saline conditions. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(1), 227-236. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00070.x>
- Gong, Z. (2021). Plant abiotic stress: New insights into the factors that activate and modulate plant responses. *Journal Integrative Plant Biology*, 63, 429. <https://doi.org/10.1111/jipb.13079>
- Grimplet, J., Deluc, L. G., Cramer, G. R., & Cushman, J. C. (2007). Integrating functional genomics with salinity and water deficit stress responses in wine grape-*Vitis vinifera*. In *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. (pp. 643-668)
- Güneş, H. (2022). *Kuraklık ve Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Buğday (Triticum aestivum L. Ceyhan-99)'A Silikon Uygulamasının Morfolojik, Fizyolojik Parametreler ve Antioksidan Enzim Aktiviteleri ile Mrna Seviyeleri Üzerine Etkisi*. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Hacıkamiloğlu, M. S. (2023). *Karadeniz Bölgesindeki Bazı Aspir (Carthamus Spp.) Türlerinin Taksonomik, Fenolojik, Ekolojik ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Hamrouni, L., Abdallah, F. B., Chedly Abdely, C., & Ghorbel, A. (2008). *In vitro* culture: a simple and efficient way for salt-tolerant grapevine genotype selection. *Plant Biology and Pathology*, 331(2), 152-163. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.11.002>
- Hancock, J. F., Lobos, G. A. (2008). Pears. In *Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics*. (pp. 1-28)
- Harborne, J. B., & Williams, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55, 481-504. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00235-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00235-1)
- Hartman, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2014). Principles of grafting and budding. In *Plant Propagation Principles and Practices*. (pp. 459-468)
- Hartree, E. F. (1972). Determination of protein: a modification of the lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry*, 48(2), 422-427. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(72\)90094-2](https://doi.org/10.1016/0003-2697(72)90094-2)
- Hasanuzzaman, M., Hossain, M. A., Da Silva, J. A. T., & Fujita, M. (2011). Plant response and tolerance to abiotic oxidative stress: antioxidant defense is a key factor. In *Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies*. (pp. 261-315)

- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2012). Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. In *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. (pp. 25-87)
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Roychowdhury, R., & Fujita, M. (2013). Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(5), 9643-9684. <https://doi.org/10.3390/ijms14059643>
- Hassan, F. A. S., Ali, E. F., & Alamer, K. H. (2018). Exogenous application of polyamines alleviates water stress-induced oxidative stress of *Rosa Damascena miller var. Trigintipetala Dieck*. *South African Journal of Botany*, 116, 96-102. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.02.399>
- Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., Morita, S., Luxova, M., & Lux, A. (2005). Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum*, 123(4), 459-466. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2005.00481.x>
- Havadar, S. (2021). *Domateste (Solanum lycopersicum L.) Dışsal İaa Uygulamalarının Tuza Tolerans Üzerindeki Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Hayaloğlu, P. (2018). İklim değişikliğinin tarım sektörü ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(25), 51-62.
- Hepaksoy, S. (2019). Meyvecilikte anaç kullanımı, armut anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2), 69-74.
- Ibrahim, H. A., & Abdellatif, Y. M. R. (2016). Effect of maltose and trehalose on growth, yield and some biochemical components of wheat plant under water stress. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2016.05.002>
- Irshad, M., Yamamoto, S., Eneji, A. E., Endo, T., & Honna, T. (2002). Urea and manure effect on growth and mineral contents of maize under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 25(1), 189-200. <https://doi.org/10.1081/PLN-100108790>
- Jackson, J. E. (2003). *Biology of Apples and Pears*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Janislampi, K. W. (2012). *Effect of Silicon on Plant Growth and Drought Stress Tolerance*. Utah State University ProQuest Dissertations Publishing.
- Javadisaber, J. (2014). *Bazı Armut Anaçlarında In Vitro Koşullarda Tuzluluk Stresi Altında Gen İfade Analizi Üzerinde Çalışmalar*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Javadisaber, J., Dumanoglu, H., Sahin, Ö., Sarikamis, G., Ergul, A., & Cakir Aydemir, B. (2023). Salt Stress Tolerance of Pyrus spp. and Cydonia oblonga Genotypes Assessed by Morphological, Biochemical and Dehydrin Gene Expression Analysis. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11071-3>
- Jiang, T., Jahangir, M. M., Jiang, Z., Lu, X., & Ying, T. (2010). Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (*Lentinus edodes*) mushrooms during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 56(3), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.01.011>
- Jiang, C. Q., Cui, Q. R., Feng, K., Xu, D. F., Li, C. F., & Zheng, Q. S. (2016). Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(82), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2101-2>
- Kang, J. S., Singh, H., Singh, G., & Kang, H. (2017). Abiotic stress and its amelioration in cereals and pulses: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(3), 1019-1045. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.120>
- Kaya, K. F. (2020). *In Vitro'da Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Bazı Amerikan Asma Anaçlarının Genotipik Tepkileri ve Bitki Besin Elementi Tercihlerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kchaou, H., Larbi, A., Gargouri, K., Chaieb, M., Morales, F., & Msallem, M. (2010). Assessment of tolerance to NaCl salinity of five olive cultivars, based on growth characteristics and Na<sup>+</sup> and Cl exclusion mechanisms. *Scientia Horticulturae*, 124(3), 306-315. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.007>
- Khalid, K., Jaime, A., & Teixeira da, S. (2010). Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. *Scientia Horticulturae*, 126(2), 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.07.023>
- Khan, A., Khan, A. L., Muneer, S., Kim, Y., Al-Rawahi, A., & Al-Harrasi, A. (2019). Silicon and salinity: Crosstalk in Crop-Mediated stress tolerance mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, (10), 1429. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01429>
- Kiani-Pouya, A. (2015). Changes in activities of antioxidant enzymes and photosynthetic attributes in triticale (*Triticosecale Wittmack*) genotypes in response to long-term salt stress at two distinct growth stages. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(4), 72.
- Kim, J., Liu, Y., Zhang, X., Zhao, X., & Childs, K. L. (2016). Analysis of salt-induced physiological and proline changes in 46 switchgrass (*Panicum virgatum*) lines indicates multiple response modes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 105, 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.04.020>

- Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., & Türkan, İ. (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 60, 344-351. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2006.12.005>
- Koç, B. (2022). *Strigolakton Uygulamalarının Kireçli Ortamlarda Asmanın Bazı Fiziksel ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Krasensky, J., & Jonak, C. (2012). Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. *Journal of Experimental Botany*, 63(4), 1593-1608. <https://doi.org/10.1093/jxb/err460>
- Kulak, M. (2011). *Farklı Tuz Uygulamalarının Adaçayı (Salvia officinalis L.)'nin Gelişimi Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kilis Yedi Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kuru, H. N. (2014). *Silikonun Kuraklık ve Tuz Stresi Altındaki Yerfıstığı (Arachis hypogaea L.) Çeşitli Antioksidatif Sistem Bileşenleri ve Gen Aktiviteleri Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kuşvuran, S., Yasar, F., Abak, K., & Ellialtıoğlu, S. (2008). Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis sp.*'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(1), 13-20.
- Levitt, J. (1980). *Responses of Plants to Environmental Stress*. Academic Press.
- Liu, J., Gao, H., Wang, X., Zheng, Q., Wang, C., Wang, X., & Wang, Q. (2014). Effects of 24-epibrassinolide on plant growth. *Osmotic Regulation and Ion Homeostasis of Salt Stressed Canola. Plant Biology*, 16(2), 440-450. <https://doi.org/10.1111/plb.12052>
- Liang, Y. C., Zhang, W. H., Chen, Q., & Ding, R. (2005). Effects of silicon on H<sup>+</sup>-ATPase and H<sup>+</sup>-Pase activity, fatty acid composition and fluidity of tonoplast vesicles from roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 53, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.05.012>
- Lux, A., Luxova, M., Hattori, T., Inanaga, S., & Sugimoto, Y. (2002). Silicification in sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivars with different drought tolerance. *Physiologia Plantarum*, 115, 87-92. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1150110.x>
- Ma, J. F., & Takahashi, E. (2002). *Soil, Fertiliser, and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier.

- Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50, 11-18. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408447>
- Ma, J. F., & Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends Plant Science*, 11, 392-397. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>
- Manivannan, A., Soundararajan, P., Cho, Y. S., Park, J. E., & Jeong, B. R. (2018). Sources of silicon influence photosystem and redox homeostasis-related proteins during the axillary shoot multiplication of *Dianthus Caryophyllus*. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152(4), 704-710. <https://doi.org/10.1080/11263504.2017.1320312>
- Mansour, M. M. F., & Ali, E. F. (2017). Evaluation of proline functions in saline conditions. *Phytochemistry*, 140, 52-68. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2017.04.016>
- Maraklı, S., Temel, A., & Gozukırmızı, N. (2014). Salt stress and homobrassinosteroid interactions during germination in barley roots. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2), 446-452. <https://doi.org/10.15835/nbha4229461>
- Matsumoto, K., Tamura, F., Chun, J. P., & Tanabe, K. (2006). Native mediterranean *Pyrus* rootstock, *P. amygdaliformis* and *P. elaeagrifolia*, present higher tolerance to salinity stress compared with Asian Natives. *Japanese Society for Horticultural Science*, 75(6), 450-457. <https://doi.org/10.2503/jjshs.75.450>
- Matsumoto, K., Tamura, F., Chun, J. P., Zhang, C., & Tanabe, K. (2008). Influences of NaCl on the growth, photosynthesis, ion and water relations in rootstocks of Japanese pear. *Acta Horticulturae* 772, 231-235. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.772.34>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651- 681.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497.
- Musacchi, S., Quartieri, M., & Tagliavini, M. (2006). Pear (*Pyrus communis*) and quince (*Cydonia oblonga*) roots exhibit different ability to prevent sodium and chloride uptake when irrigated with saline water. *European Journal of Agronomy*, 24, 268-275. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.003>
- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., & Kulaz, H. (2020). Silisyumun fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) tuz (NaCl) stresini azaltmada etkisi. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1616-1625. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.702302>
- Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47-65.

- Parlak, M., & Özasan Parlak, A. (2006). Sulama suyu tuzluluk düzeylerinin silajlık sorgumun (*Sorghum bicolor* L. Moench) verimine ve toprak tuzluluğuna etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(1), 8-13. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000000428](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000428)
- Parveen, A. H. M., Akhtar, J., & Basra, S. M. A. (2016). Interactive effect of salinity and potassium on growth, biochemical parameters, protein and oil quality of soybean genotypes. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(1), 69–78. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/16.4755>
- Pessaraki, M., & Szabolcs, I. (1999). Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. *Handbook of Plant Crop Stress*, ISBN 0-8247-1948-4, 1198 p.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., & Tananaki, C. (2012). Salinity-induced changes in phenolic compounds in leaves and roots of four olive cultivars (*Olea europaea* L.) and their relationship to antioxidant activity. *Environmental and Experimental Botany*, 79, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.01.007>
- Petropoulos, S. A., Levizou, E., Ntatsi, G., Fernandes, Â., Petrotos, K., Akoumianakis, K., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Salinity effect on nutritional value, chemical composition and bioactive compounds content of *Cichorium spinosum* L. *Food Chemistry*, 214, 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.080>
- Postman, J., Kim, D., & Bassil, N. (2013). OH x F paternity perplexes pear producers. *Journal of the American Pomological Society*, 67(3), 157-167.
- Qian, Q., Zai, W. S., Zhu, Z. J., & Yu, J. Q. (2006). Effects of exogenous silicon on active oxygen scavenging systems in chloroplasts of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under salt stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 32, 107- 112.
- Rahman, A. E. M. F., Ansary, A. L., Rizkalla, A. A., & Badr-Elden, A. M. B. (2007). Micropropagation and biochemical genetic markers detection for drought and salt tolerance of pear rootstock. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(4), 625-636.
- Rios, J. J., Martínez-Ballesta, M. C., Ruiz, J. M., Blasco, B., & Carvajal, M. (2017). Silicon mediated improvement in plant salinity tolerance: the role of aquaporins. *Frontiers in Plant Science*, 8, 948. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00948>
- Rodrigues, F. A., Rezende, R. A. L. S., Soares, J. D. R., Rodrigues, V.A., Pasqua, M., & Silva, S. O. (2017). Application of silicon sources in yam (*Dioscorea Spp.*) micropropagation. *Australian Journal of Crop Science*, 11(11), 1469-1473. <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.11.pne685>
- Saleh, J., Najafi, N., & Oustan, S. (2017). Effects of silicon application on wheat growth and some physiological characteristics under different levels and

sources of salinity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(10), 1114–1122. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1323090>

- Saruhan, V., Üzen, N., Eylen, M., & Çetin, Ö. (2008). Toprak Tuzluluğunun Kültür Bitkilerine Etkileri ve Alınabilecek Somut Önlemler. *Sulama Tuzlanma Konferansı*. 12-13 Haziran, Şanlıurfa, 319-328.
- Semiz, D. (2020). Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri. [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7059/mod\\_resource/content/0/blm%208%20Tuzlulu%C4%9Fun%20topra%C4%9Fa%20etkileri.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/7059/mod_resource/content/0/blm%208%20Tuzlulu%C4%9Fun%20topra%C4%9Fa%20etkileri.pdf) (Son erişim tarihi: 13 Ocak 2023)
- Shaheen, S., Naseer, S., Ashraf, M., & Akram, N. A. (2012). Salt stress affects water relations, photosynthesis, and oxidative defense mechanisms in *Solanum melongena* L. *Journal of Plant Interactions*, 8(1), 85-96. <https://doi.org/10.1080/17429145.2012.718376>
- Shaoa, H. B., Chuc, L. Y., Shaoa, M. A., Jaleeld, C. A., & Mi, H. M. (2008). Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. *Comptes Rendus Biologies*, 331(6), 433-441. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.03.011>
- Sharma, S., & Sharma, N. (2008). Rootstocks affect growth, water relations, gas exchange, and anatomy of ‘Flemish Beauty’ pear under water stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 83, 658-662. <https://doi.org/10.1080/14620316.2008.11512439>
- Shiyab, S. M., Shibli, R. A., & Mohammad, M. M. (2003). Influence of sodium chloride salt stress on growth and nutrient acquisition of sour orange *in vitro*. *Journal of Plant Nutrition*, 26(5), 985–996. <https://doi.org/10.1081/PLN-120020070>
- Shu, S., Yuan, Y., Chen, J., Sun, J., Zhang, W., Tang, Y., Zhong, M., & Guo, S. (2015). The role of putrescine in the regulation of proteins and fatty acids of thylakoid membranes under salt stress. *Scientific Reports*, 5, 1–16. <https://doi.org/10.1038/srep14390>
- Sienkiewicz-Cholewa, U., Sumińska, J., Sacala, E., Dziągwa-Becker, M., & Kieloch, R. (2018). Influence of silicon on spring wheat seedlings under salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40(3), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2630-y>
- Silva, G. J., Souza, T. M., Barbieri, R. L., Oliveira, A. C. (2014). Origin, domestication, and dispersing of pear (*Pyrus spp.*). *Advances in Agriculture*, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2014/541097>
- Simard, M. H., Michelesi J. C., & Masseron, A. (2004). Pear rootstock breeding in France. *Acta Horticulturae*, 658, 535-540. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.658.81>

- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Sivanesan, I., & Jeong, B. R. (2014). Silicon promotes adventitious shoot regeneration and enhances salinity tolerance of ajuga multiflora bunge by altering activity of antioxidant enzyme. *The Science World Journal*, 2014, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/521703>
- Sivritepe, N. (1995). *Asmalarda Tuza Dayanıklılık Testleri ve Tuza Dayanımda Etkili Bazı Faktörler Üzerinde Araştırmalar*. (Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sivritepe, N., Ertürk, U., Yerlikaya, C., Türkan, İ., Bor, M., & Özdemir, F. (2008). Response of the cherry rootstocks to water stress induced *in vitro*. *Biologia Plantarum*, 52(3), 573-576. <https://doi.org/10.1007/s10535-008-0114-4>
- Sudha, G. S., & Riazunnisa, K. (2015). Effect of salt stress (NaCl) on morphological parameters of onion (*Allium cepa L.*) seedlings. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 5(4), 125-128.
- Swierczynski, S., Stachowiak, A., Swierczynska, I., & GolczPolaszewska, M. (2014). Influence of rootstock, cultivar and ergoplant biostimulant on the growth of maiden pear trees in nursery and physiological compatibility. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 13(6), 3-14.
- Tahir, M. A., Rahmatullah, Aziz, T., & Ashraf, M. (2010). Wheat genotypes differed significantly in their response to silicon nutrition under salinity stress. *Journal of Plant Nutrition*, 33(11), 1658-1671. <https://doi.org/10.1080/01904167.2010.496889>
- Tanou, G., Molassiotis, A., & Diamantidis, G. (2009). Induction of reactive oxygen species and necrotic death-like destruction in strawberry leaves by salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 65(2009), 270–281. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.09.005>
- Tantawy, A. S., Salama, Y., El-Nemr, M. A., & Abdel-Mawgoud, A. (2015). Nano silicon application improves salinity tolerance of sweet pepper plants. *International Journal of ChemTech Research*, 8(10), 11–17.
- Tattersall, E. A. R., Grimplet, J., Deluc, L., Wheatley, M. D., Vincent, D., Osborne, C., Ergül, A., Lomen, E., Blank, R. R., Schlauch, K. A., Cushman, J. C., & Cramer, G. R. (2007). Transcript abundance profiles reveal larger and more complex responses of grapevine to chilling compared to osmotic and salinity stress. *Functional and Integrative Genomics*, 7, 317-333. <https://doi.org/10.1007/s10142-007-0051-x>
- Torun, H. (2012). *Tuz Stresine Maruz Bırakılan Arpa (Hordeum vulgare L.) Çeşitlerinde Salisilik Asit Muamelesinin İçsel Fitohormonlar Düzeyinde*

*Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkilerinin Araştırılması.* (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- Trivedi, H. B., Rao, T. R., Bagdi, D. L., & Rao, G. G. (2004). Influence of silicon on growth and salt uptake in wheat under salinity. *Indian Journal of Plant Physiology*, 9(4), 360-366.
- Uyar, H. (2016). *Hamburg misketi (V. vinifera L.) ve Isabella (V. labrusca) Üzüm Çeşitlerinin Tuz Stresine Toleranslarının Belirlenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Van Zelm, E., Zhang, Y., & Testerin, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*, 71, 403–433. <https://doi.org/10.1146/yrllik-arplant-050718-100005>
- Wahid, A., & Ghazanfar, A. (2006). Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. *Journal of Plant Physiology*, 163(7), 723-730. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.07.007>
- Walker, R. R., Blackmore, D. H., Clingeffer, P. R., & Correll, R. L. (2004). Rootstock effects on salt tolerance of irrigated fieldgrown grapevines (*Vitis vinifera L. cv. Sultana*) 2. Ion concentrations in leaves and juice. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10, 90-99. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2004.tb00011.x>
- Woodland, D. W. (1997). *Contemporary Plant Systematics.* Andrews University Press.
- Wu, Q. S., & Zou, Y. N. (2009). Adaptive responses of birch-leaved pear (*Pyrus betulaefolia*) seedlings to salinity stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici ClujNapoca*, 37(1), 133-138. <https://doi.org/10.15835/nbha3713109>
- Yakit, S., & Tuna, A. L. (2006). Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays L.*) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 59-67.
- Yasemin, S. (2020). *Tuz Stresi Altında Zinnia (Zinnia sp.) Türlerinde Morfolojik, Anatomik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimler.* (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ye, Z., Rodriguez, R., Tran, A., Hoanh, H., Los Santos, D. D., Brown, S., & Vellanoweth, R. L. (2000). The developmental transition to flowering represses ascorbate peroxidation activity and induces enzymatic lipid peroxidation in leaf tissue in arabidopsis thaliana. *Plant Science*, 158, 115-127. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00316-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00316-2)
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 47–66.

- Zambi, H. (2019). *Farklı NaCl Konsantrasyonlarının Bazı Bezelye (Pisum Sativum) Çeşit ve Genotiplerinin Bitki Gelişimine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Zhang, Y., Wang, L., Liu, Y., Zhang, Q., Wei, Q., & Zhang, W. (2006). Nitric oxide enhances salt tolerance in maize seedlings through increasing activities of protonpump and  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  antiport in the tonoplast. *Planta*, 224(3), 545–555. <https://doi.org/10.1007/s00425-006-0242-z>
- Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4609. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)
- Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66-71. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01838-0](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01838-0)
- Zhu, Z., Wei, G. Q., Li, J., Qian, Q. Q., & Yu, J. Q. (2004). Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167(3), 527-533. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.04.020>
- Zhu, Z. J., Fan, H. F., & He, Y. (2004). Roles of Silicon Mediated Alleviation of Salt Stress In Higher Plants: A review. *5th International Conference of Silicon in Agriculture*. September 13-18, Beijing, China, 223-223.

## ÖZGEÇMİŞ

