

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**NANO SİLİKON DİOKSİT UYGULAMASININ *in vitro* KOŞULLARDA
KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİLERİNİN
TOLERANSI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Canan Nilay DURAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**NANO SİLİKON DİOKSİT UYGULAMASININ *in vitro* KOŞULLARDA
KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİLERİNİN
TOLERANSI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Canan Nilay DURAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞUBAT 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NANO SİLİKON DİOKSİT UYGULAMASININ *in vitro* KOŞULLARDA
KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİLERİNİN
TOLERANSI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Canan Nilay DURAN
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon
Birimi tarafından FYL-2020-5229 nolu proje ile desteklenmiştir.**

ŞUBAT 2021

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NANO SİLİKON DİOKSİT UYGULAMASININ *in vitro* KOŞULLARDA
KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİLERİNİN
TOLERANSI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Canan Nilay DURAN
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/02/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER
Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK
Prof. Dr. Nurgül F. TÜREMİŞ

ÖZET

NANO SİLİKON DİOKSİT UYGULAMASININ *in vitro* KOŞULLARDA KURAKLIK STRESİNE MARUZ BIRAKILAN ÇİLEK BİTKİLERİNİN TOLERANSI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Canan Nilay DURAN

Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER

Şubat 2021; 69 sayfa

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın artan etkisi tarımsal verimliliği yüksek oranda etkilemekte ve özellikle kuraklığa karşı dayanıklılığı arttırabilecek tarımsal üretim uygulamaları önem kazanmaktadır. Bu çalışmada nano silikon dioksit uygulamasının (Na SiO_2) *in vitro* koşullarda kuraklık stresine maruz bırakılan çilek bitkilerinin toleransı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Denemede 3 farklı Polietilen Glikol (PEG) 6000 konsantrasyonunun (%0, 4, 8) ve iki farklı Na SiO_2 konsantrasyonunun (0, 50, 100 mg L^{-1}) Albion çilek çeşidi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Meristem kültürüne alınarak gelişmesi sağlanan bitkiler 4 hafta sonunda farklı konsantrasyonlarda PEG (%0, 4, 8) ve Na SiO_2 (0, 50, 100 mg L^{-1}) içeren ortamlara transfer edilmiştir. Uygulamaya tabi tutulan bitkilerin, vejetatif gelişmelerinin değerlendirmesi amacıyla 4-5 haftalık gelişim süresinin sonunda sürgün, kök ağırlığı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak boyu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ayrıca uygulamaların kuraklık toleransı üzerine olan etkilerini değerlendirmek amacıyla SOD (süperoksit dismutaz) ve CAT (katalaz) enzim aktivitelerinin ve yaprak oransal su içeriği tayini yapılmıştır. Elde edilen veriler SPSS 22 paket programında Duncan testi ile değerlendirilmiş ve sonuçlar arasında $P < 0.05$ önem seviyesinde farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, doku kültürü ile yetiştirilen çilek bitkisine uygulanan Na SiO_2 uygulamaları bitkinin vejetatif gelişimini olumlu yönden etkilemektedir. Farklı uygulamalar arasında en yüksek ortalama sürgün ağırlığı değerine (1,23 g) ve kök uzunluğu değerine (38 mm) %0 PEG +100 mg L^{-1} SiO_2 uygulamasında, kök ağırlığına (1,57 gr), bitki gövde çapına (9,52 mm), yaprak sayısına (17 adet/bitki) ve sürgün uzunluğuna (57,85 mm) %0 PEG +50 mg L^{-1} uygulamasında ulaşılmıştır. Araştırmamıza ait SOD ve CAT aktivitesi incelendiğinde, en yüksek SOD aktivitesi değeri %6 PEG uygulanan grupta görülürken (96,19 U/g TA), en düşük değer kontrol grubunda ölçülmüştür (29,90 U/g TA). CAT aktivitesi incelendiğinde en yüksek değer %8 PEG (0,98 U/g TA) uygulamasından, en düşük değer ise kontrol (0,27 U/g TA) grubundan elde edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Albion, Doku Kültürü, Kuraklık stresi, Nano Materyal.

JÜRİ: Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER

Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK

Prof. Dr. Nurgül F. TÜREMİŞ



ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF NANO SILICONE DIOXIDE APPLICATION ON THE TOLERANCE OF STRAWBERRY PLANTS EXPOSED TO DROUGHT STRESS *in vitro* CONDITIONS

Canan Nilay DURAN

Master's Thesis Department of Horticulture

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sevinç ŞENER

February 2021; 69 pages

The increasing effect of climate change and global warming has a high impact on agricultural productivity and agricultural production practices that can increase resistance to drought gain importance. In this study, the effects of nano silicon dioxide application on the tolerance of strawberry plants exposed to drought stress *in vitro* conditions were investigated. In the experiment, the effects of 3 different PEG 6000 concentrations (0, 4, 8%) and two different nano silicon dioxide (SiO₂) concentrations (0, 50, 100 mg L⁻¹) on Albion strawberry cultivars were investigated. Plants, which were developed by taking into meristem culture, were transferred to media containing different concentrations of PEG (0, 4, 8%) and Na SiO₂ (0, 50, 100 mg L⁻¹) at the end of 4 weeks. Shoot, root weight, shoot length, root length, stem diameter, leaf number, leaf width and leaf length were measured at the end of 4-5 weeks of growth period in order to evaluate the vegetative development of the treated plants. In the study, SOD and CAT enzyme activities and leaf proportional water content were determined in order to evaluate the effects of the applications on drought tolerance. The obtained data were evaluated with Duncan test in SPSS 22 package program and the differences between the results were determined at P < 0.05 significance level. According to the results of the research, Na SiO₂ applied to the strawberry plant grown with tissue culture positively affects the vegetative development of the plant. Among different applications, high shoot weight (1.23 g) and root length (38 mm) 0% PEG + 100 mg L⁻¹ SiO₂ application, root weight (1.57 g), plant stem diameter (9.52 mm), number of leaves (17 pieces / plant) and shoot length (57.85 mm) were reached with 0% PEG + 50 mg L⁻¹ application. When the SOD and CAT activity were examined, the highest SOD activity value was observed in the 6% PEG group (96.19 U / g TA), while the lowest value was measured in the control group (29.90 U / g TA). The highest CAT activity value was obtained from 8% PEG (0.98 U / g TA) application and the lowest value was obtained from the control group (0.27 U / g TA).

KEYWORDS: Albion, Tissue Culture, Drought Stress, Nano Material.

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. Sevinç ŞENER

Prof. Dr. Hamide GÜBBÜK

Prof. Dr. Nurgül F. TÜREMİŞ

ÖNSÖZ

Üzümsü meyveler tarımsal üretim sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, tarım sektörüne daha fazla su ayırmak pek de olanaklı gözükmemektedir. Diğer stres faktörleri gibi tarımsal üretimde önemli kayıplara neden olan kuraklığın giderilmesi için alınabilecek önlemler sınırlıdır. Çilek iklim ve toprak özellikleri bakımından çok fazla seçici bir tür olmasa da yüksek verim ve kalite elde edebilmek amacıyla gerekli kültürel işlemlerin tam olarak yerine getirilmesi ve olumsuz faktörlerin etkilerinin elemine edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde verim ve kalitede düşüşler meydana gelecek ve bu durum ekonomik kayıplara neden olacaktır. Bitki adaptasyonu ve çevresel streslere cevap verebilme bitki verimliliği açısından oldukça önem arz ettiğinden araştırmaların temelinde bulunan konulardan biri olmuştur. Bu amaçla kuraklığa dayanıklı çeşitlerin ve yetiştirme tekniklerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Araştırma konumun seçiminde, yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde yakın ilgi ve desteklerini esirgemeyen ve bana bu konuda çalışma fırsatı veren çok kıymetli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ŞENER'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Laboratuvar çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül NASIRCILAR'a teşekkür ederim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Zehra Kurt'a, lisans bitirme yoğunluklarında bana zaman ayırıp arazi çalışmalarımda yardımını esirgemeyen arkadaşlarım Hüseyin ERDEN ve Kemal TAN'a ve Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisi çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca moral ve motivasyonu için kıymetli dostum Nazmiye Nur BÜYÜKCELEP'e, yakın arkadaşım ve sevgili meslektaşım İnci ŞAT'a, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem ve kardeşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	iv
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	6
2.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi.....	6
2.1.1. Çilekte Kuraklıkla ilgili yapılan çalışmalar.....	8
2.1.2. Nanomateriyaller İle İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar.....	11
3.MATERYAL VE METOT.....	13
3.1.Materyal.....	13
3.1.1 Albion.....	13
3.2. Metot	13
3.2.1 Materyallerin yüzey sterilizasyonu ve hazırlık aşaması.....	15
3.2.2 Bitkisel materyallerin yüzey sterilizasyonu.....	15
3.2.3 Materyallerin Kültüre alınması.....	16
3.2.4 Sürgün uzunluğu ve gövde çapının belirlenmesi	19
3.2.5 Yaprak sayısı , yaprak eni ve yaprak boyu belirlenmesi.....	19
3.2.6 Yapraklarda klorofil tayini.....	20
3.2.7 Bitki yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi.....	20
3.2.8 Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi.....	20
3.2.9 Katalaz (CAT) aktivitesi belirlenmesi.....	21
3.2.10.Süperoksit Dismutaz (SOD) aktivitenin belirlenmesi.....	21

3.2.11 Deneme deseni	22
3.2.12 İstatistiksel analiz... ..	22
4.BULGULAR VE TARTIŞMA... ..	23
4.1 Sürgün ağırlığı.....	23
4.2 Kök ağırlığı	24
4.3 Sürgün uzunluğu... ..	25
4.4 Kök uzunluğu	26
4.5 Gövde çapı	27
4.6 Yaprak sayısı.....	28
4.7 Yaprak eni	29
4.8 Yaprak boyu	30
4.9 Klorofil indeksi... ..	30
4.10 Yaprak oransal su içeriği.....	35
4.11 SOD ve CAT aktivitesi... ..	35
5.SONUÇLAR... ..	36
6.KAYNAKLAR... ..	40
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Nano silikon dioksit uygulamasının *in vitro* koşullarda kuraklık stresine maruz bırakılan çilek bitkilerinin toleransı üzerine olan etkilerinin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/02/2021

Canan Nilay DURAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	:Yüzde
°C	: Santigrat
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
L	: Litre
Mg	: Miligram
Mm	: Milimetre
N	: Azot
T.A.	: Taze ağırlık

Kısaltmalar

NP	: Nano Partikül
PEG	: Polietilen glikol
Ha	: Humik asit
BAP	: 6-Benzylaminopurine
HCl	: Hidroklorik asit
KOH	: Potasyum hidroksit
MS	: Murashige ve Skoog besin ortamı
pH	: Asitlik-Alkalilik Faktörü
TDZ	: Thidiazuron
YOSİ	: Yaprak oransal su içeriği
SOD	: Süperoksit dismutaz
CAT	: Katalaz

POD	: Peroksidaz
IBA	: Indol butirik asit
IAA	: Indol asetik asit
Na SiO ₂	: Nano silikon dioksit
H ₄ SiO ₄	: Mono silisik asit
Si	: Silikon



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Albion çilek çeşidinden bir görüntü.....	13
Şekil 3.2. Arazide bulunan çilek bitkisinden bir görüntü	14
Şekil 3.3. Çilek bitkisinin eksplantlarına ait bir görüntü	14
Şekil 3.4. Bitkisel materyallerin yüzey sterilizasyonundan bir görüntü	16
Şekil 3.5. MS ortam pH'sını ölçen pH metre.....	17
Şekil 3.6. Sterilizasyonu tamamlanan bitkisel materyallerin MS ortamına transferi... ..	18
Şekil 3.7. Transfer işleminden 4 hafta sonra gelişen sağlıklı bir bitki.....	18
Şekil 3.8. Karışımları homojenize etmek için kullanılan sonikatör	19
Şekil 3.9. Yaprak örneklerinde klorofil tayini işlemi sırasında bir görüntü	20
Şekil 4.1. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının sürgün ağırlığına olan etkisi.....	24
Şekil 4.2. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının kök ağırlığına olan etkisi.....	25
Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının sürgün uzunluğuna olan etkisi.....	26
Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının kök uzunluğuna etkisi	27
Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının gövde çapı üzerine etkisi.....	28
Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının yaprak sayısı üzerine etkisi	29
Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının yaprak eni üzerine etkisi	30
Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının yaprak boyu üzerine etkisi	30
Şekil 4.9. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının klorofil indeksi üzerine etkisi.....	32

Şekil 4.10. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO ₂ ve PEG uygulamalarının yaprak oransal su içeriği üzerine etkisi	32
Şekil 4.11. Kuraklık stresinin ve Na SiO ₂ uygulamasının CAT enzim aktivitesine etkisi.	35
Şekil 4.12. Kuraklık stresinin ve Nano SiO ₂ uygulamasının CAT enzim aktivitesine etkisi	36



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Çilek bitkisinin sistematığı ve botanik sınıflandırılması...	1
Çizelge 1.2. Çilek bitkisinde bulunan vitamin değerleri.....	2
Çizelge 3.1. Meristem kültüründe kullanılan besin ortamının bileşimi	16
Çizelge 5.1. Bitki yaş sürgün ve kök ağırlığı, sürgün ve kök boyu ve gövde çapı değerleri.....	40
Çizelge 5.2. Bitki yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak boyu değerleri.....	41
Çizelge 5.3. SOD aktivitesi, CAT aktivitesi ve YOSİ analizlerine ait değerler	42



1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde en çok tüketilen üzüksü meyvelerden birisi olan çilek (*Fragaria X ananassa* Duch), gülgiller (*Rosaceae*) familyasının (*Fragaria*) cinsinde bulunan bir türdür (Geçer 2019) (Çizelge 1.1). Kültürünün çok eskiye dayanması, çevre şartlarına adaptasyon yeteneğinin yüksek oluşu, aroma ve lezzetinin cezbedici olması gibi nedenlerle oldukça sevilen çilek, üzüksü meyveler grubunda oldukça tercih edilen bir meyve türü olarak nitelendirilmiştir (Ağaoğlu 1986; Yılmaz, 2009; Türemiş ve Ağaoğlu, 2013). Bu tür hemen hemen her ülkede, ılıman veya subtropik koşullarda hatta tropik ülkelerin yüksek yerlerinde de olmak üzere geniş bir yetiştirme yelpazesine sahiptir. Bu sebeple çilek yetiştiriciliğinden diğer tarım ürünlerine kıyasla daha yüksek verim ve gelir elde edilmesini muhtemeldir (Ağaoğlu 1986; Özdemir 1999).

Çizelge1.1. Çilek bitkisinin sistematigi ve botanik sınıflandırılması (Anonim 2008)

Alem:	<i>Plantae</i> (Bitkiler)
Bölüm:	<i>Magnoliophyta</i>
Sınıf:	<i>Magnoliopsida</i>
Takım:	<i>Rosales</i>
Familya:	<i>Rosaceae</i>
Alt familya:	<i>Rosoideae</i>
Cins:	<i>Fragaria</i>

Çilek meyvesinin taze tüketiminin yanı sıra reçel, marmelat, likör, meyve suyu gibi farklı işlenmiş formlarda da tüketilmesi çilek meyvesine olan talebi arttırmaktadır (Ateş 2015). İnsan sağlığı ve beslenme açısından öneminin bilimsel olarak anlaşılması, meyvelerinin içermiş oldukları vitaminler, antosiyaninler, fenolik bileşikler, enzimler ve mineral maddelere ilaveten iyi bir antioksidan kaynağı olması bu meyvenin popülerliğini arttırmaktadır (Koşar ve ark. 2004; Steigmeir ve ark. 2010). İçerdiği thiamin, riboflavin, niacin, Vitamin B6, Vitamin K, Vitamin A ve Vitamin E ile oldukça besleyici olan çilek meyvesi ayrıca folate elementini de içermektedir. 250 gr çilekte bulunan folate miktarı (~60 µg) günlük folate miktarının %30'unu karşılamaktadır (Ateş 2015; Lucock M, Werner-Felmayer G. ve ark. 2002). Ayrıca çilek meyvesinde buluna yüksek ellajik asit kanser engelleyici bir özelliğe sahiptir (Türemiş ve ark. 2000). Çilek bitkisinde bulunan vitamin ve değerleri Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Çilek bitkisinde bulunan vitamin değerleri (Anonim 2008)

Vitaminler	Miktar
Tiamin (B 1)	%20.024 mg
Riboflavin (B 2)	%20.022 mg
Niasin (B 3)	%30.386 mg
Pantotenik asit (B 5)	%30.125 mg
B 6 Vitamini	%40.047 mg
Folat (B 9)	%624 mg
Kolin	%15,7 mg
C vitamini	%7158,8 mg
E vitamini	%20,29 mg
K vitamini	%22,2 mg

Günümüzde çilek yetiştiriciliğinin önem kazanmasında en önemli etkenlerden biride, çileğin farklı iklim ve toprak koşullarına adaptasyon yeteneğinin yüksek oluşudur. Farklı şekillerde kullanılabilme özelliği meyvenin kullanım sezonlarını genişletmekte, farklı ekolojilerde nerdeyse bütün yıl boyunca yetiştirilebilmektedir. Ayrıca girdi maliyetlerinin kısa sürede geri kazanılması gibi sebeplerle de özellikle küçük aile işletmeleri tarafından da yetiştirilebilmesi için uygun addedilen bir tür olarak tanımlanmaktadır (Hancock 1999).

2019 yılı FAO verilerine göre dünyada toplam 9 223 815 ton çilek üretilmekte ve bu üretim miktarının 400 167 ton kısmı Türkiye tarafından karşılanmaktadır. Toplam 153 920 da çilek üretim alanı olan Türkiye'nin ortalama verimi ise 2.59 ton/da 'dır (FAO 2019). Son yıllarda çilek yetiştiriciliğinin kıyı bölgelerdeki üretim miktarı artmaktadır. Türkiye'deki örtüaltı meyve yetiştiriciliğinin %88,39 gibi önemli bir kısmı Antalya ilinin de içerisinde yer aldığı Akdeniz Bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Örtüaltı yetiştiriciliğinde sebze ve süs bitkilerinin hemen arkasından meyveler grubu gelmekte ve meyve türlerinden ise en yüksek oranda muz ile çilek yetiştiriciliğinin yapıldığı görülmektedir. Antalya ili 43 647 ton'luk bir üretim miktarıyla Türkiye çilek üretiminin %10,51'lik bir kısmını karşılamaktadır. Antalya ilinde yetiştirilen çileğin %97,56 gibi önemli bir miktarı ise örtüaltı yetiştiriciliğinden elde edilmektedir. Bu oranlar örtüaltı çilek yetiştiriciliğinin öneminin her geçen gün arttığını ortaya koymaktadır. Antalya ili, örtüaltı çilek üretim miktarı bakımından Mersin ve Aydın'dan

sonra üçüncü sırada yer almakta ve Türkiye örtüaltı çilek üretiminin %25,31'sını karşılamaktadır (TÜİK 2016).

Çilek yetiştiriciliğinde verim farklı bölgeler arasında değişiklik göstermekle birlikte bu değişiklik farklı faktörler ve parametrelerden etkilenebilmektedir. Bunlar; dinlenme dönemi uzunluğu, hastalık direnci, toprak koşullarına tolerans, kış soğuklarına karşı direnç, yüksek sıcaklıklara tolerans ve genetik potansiyel olarak sıralanabilmektedir (Janick ve Moore 1996). Günümüzde tarım alanlarının sürekli olarak azalması, daha önce kullanılan fakat son yıllarda yasaklanan sentetik kimyasalların yerine alternatiflerinin eklenememesi, iklim değişikliği, küresel ısınma gibi nedenlerle çilek yetiştiriciliğinde sorunlar yaşanmakta, meyve kalitesi düşmekte ve dolayısıyla çilek üretiminde verim azalmaktadır. Meyve çeşitliliğinin az olduğu dönemlerde pazara sunulabilen, ekonomik getirisi yüksek olan, çok değişik tüketim olanakları bulunan çileğin verim ve kalitesinin artırılması tarımsal üretim açısından önem taşımaktadır (Kafkas 2016).

Şüphesiz ki bütün bitkisel ürünlerin yetiştiriciliğinde olduğu gibi çilek yetiştiriciliğinde de iklim değişikliğinin yaratmış olduğu koşullar meyve kalitesini ve bitki verimini etkilemektedir.

Son yıllarda yayımlanan bazı veriler irdelendiğinde tarım ve iklim değişikliği arasında güçlü bir bağlantı olduğu, 2001 ve 2011 yılları arasındaki tarımsal üretimden kaynaklanan küresel emisyonların %14,2 oranında arttığı bildirilmiştir (Anonim 2019). İnsanın var olduğu günden beri hayatta kalabilmesi için gıda, giyim ve barınma gibi en önemli gereksinimlerini karşılayan tarımsal üretim sektörünün geleceği birçok etkileyici faktör sebebiyle risk altına girmiştir. Dünyanın daha fazla gıda üretilmesine ihtiyacı olduğu ve doğal kaynakların sınırlı olduğu bilinen bir gerçektir. Mevsim süreçlerindeki değişkenlik, kuraklık, sel ve hava kalitesinde olumsuzluk doğrudan tarım sektörünü etkilemektedir. Bitkisel verimi kısıtlayan en önemli abiyotik stres unsurlarının ise kuraklık, tuzluluk ve soğuk olduğu bildirilmektedir (Asraf ve Foolad 2007). Çeşitli araştırma kuruluşları ve araştırmacılar tarafından önümüzdeki yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak kuraklık olaylarında önemli düzeyde artış olabileceği ileri sürülmektedir. Değişen iklim koşulları ve küresel ısınma su kaynaklarında azalma sorununu beraberinde getirecektir ve böylece suya olan istek her geçen gün artacaktır (Kanber vd. 2010). Uzun süreli kuru hava, bitki, orman ve su kaynaklarında azalmaya neden olacak ve bu durum ekonomik ve sosyal problemleri de beraberinde getirecektir (Özlu 2007). Küresel ısınma ile birlikte su kaynaklarının kullanımı ve niteliği, arazi kullanım şekli, tarım yöntemleri değişecektir (Kanber ve ark. 2010). Dolayısı ile gıda ihtiyacının yeterince karşılanabilmesi amacıyla tarımsal verimliliğin artırılması ve elde edilen ürünlerin kalitesinin yükseltilmesi elzemdir. Mevcut su kaynaklarının kısıtlı olması ve küresel ısınmaya bağlı oluşan su rezervlerinin hızla düşeceği öngörüldüğünden, tarımsal kuraklığın etkilerini minimize edebilmek amacıyla en kısa zamanda önlemler alınması gerekmektedir.

Stres toleransı bitkinin yetişmesinin uygun olmadığı çevre şartlarında, bitkilerin büyüme kapasitesi olarak tanımlanabilmektedir (Örs ve Ekinci 2015). Tolerans durumunda bitkide geri dönüşümü mümkün zararlanma görülebildiği gibi, herhangi bir zararlanma görülmeye de bilmektedir. Ayrıca bu durum aynı bitkide farklı yetişme dönemlerinde bile farklılık gösterebilmektedir (Hale ve Orcutt 1987). Yüksek oranda su içeren bitkilerin büyüme ve gelişmesi kuraklık koşullarından yüksek derecede etkilenebilmektedir. Kuraklık stresi bitkilerde morfo-anatomik, fizyolojik ve

biyokimyasal değişimlere neden olabilmekte, bitkide protein yapısı ve membran stabilitesi bu durumdan olumsuz etkilenebilmektedir (Wahid ve ark. 2007). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin hücre büyümelerinde yavaşlama, dolayısıyla vejetatif gelişiminde gerileme ortaya çıkmakta ayrıca verim önemli ölçüde azalmaktadır (Natsheh ve ark. 2015). Kurak ve yarı kurak alanlarda, düşük yağış, yüksek buharlaşma, sıcaklık ve su kaynaklarının kötü yönetimi gibi problemler çilek yetiştiriciliğini olumsuz etkilemektedir (de Ribou ve ark. 2013). Çünkü bitki büyümesini, yaprakların genişlemesini ve stoma kapanmasını etkileyen kuraklık stresi ayrıca toprağın düşük su potansiyelinden gelen ozmotik stresin sonucu olarak fotosentezi de azaltmaktadır (Seemann ve Critchley 1985). Kuraklık koşullarının kısa süreli etkileri bitkilerde düzeltilebilir sorunlara neden olurken, sürecin uzaması gövde ve kök gelişimini durdurabilmekte, yaprak alanı ve yaprak sayısını azaltabilmekte bunun yanı sıra yapraklar su kaybı sebebiyle dökülebilmektedir. Kurak koşulların bitkinin vejetatif gelişimi ile olan ilişkisi ise sürgün ve kök meristemlerindeki hücre bölünmesinin ve hücrelerin genişlemesinin durmasına bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir (Örs ve Ekinci 2015). Hızlı su kayıpları ve kuraklık stresi bitkide turgorite bozukluklarına yol açabilmektedir (Levitt 1980), otsu formda gelişen çilek bitkisinin ise bu durumdan yüksek olarak etkileneceği düşünülmektedir.

Diğer stres faktörleri gibi tarımsal üretimde önemli kayıplara neden olan kuraklığın giderilmesi için alınabilecek önlemler sınırlıdır. Çilek iklim ve toprak özellikleri bakımından çok fazla seçici bir tür olmasa da yüksek verim ve kalite elde edebilmek amacıyla gerekli kültürel işlemlerin tam olarak yerine getirilmesi ve olumsuz faktörlerin etkilerinin elemine edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde verim ve kalitede düşüşler meydana gelecek ve bu durum ekonomik kayıplara neden olacaktır. Bitki adaptasyonu ve çevresel streslere cevap verebilme bitki verimliliği açısından oldukça önem arz ettiğinden araştırmalarında temelinde bulunan konulardan biri olmuştur (Lund ve ark. 1998).

Yüksek verim elde edilmesinde bitkilerin abiyotik stres koşullarına tolerans geliştirmesine olanak tanıyan yetiştiricilik tekniklerinin yanı sıra uygulanan preparatlarında etkili olduğu bilinen bir gerçektir. Dünya’da modern tarım teknikleri kapsamında verim ve kaliteyi arttırmak amacıyla nanomateryal kullanımı gibi farklı teknikler uygulanabilmektedir. Nano gübrelerin kullanımı sürdürülebilir tarıma ulaşmak için etkili bir adım olarak düşünülebilir. Yapılan çalışmalarda, bazı nano-gübre uygulamalarının kökün seçici plazma membran geçirgenlik özelliklerini arttırdığı, sodyumun emilimini ve birikmesini azalttığı, böylece bitkinin stres faktörlerine karşı direncini arttırdığı bildirilmektedir (Taiz ve ark. 2015).

Nanopartiküller (NP), boyut olarak 100 nm veya daha küçük olan küçük parçacıklara sahiptirler (Khan ve ark. 2019). NP’ler yüksek yüzey alanı, yüksek reaktivite, değişebilen gözenek boyutu ve parçacık morfolojisi gibi fiziko-kimyasal özellikleri sebebiyle birçok alanda farklı şekillerde kullanılabilirler. Silikon (Si) ise bitki yaşamı için en değerli unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir (Karimi ve Mohsenzadeh 2016). Si, toprakta sıvı, katı veya adsorbe edilmiş olarak farklı fraksiyonlarda bulunabilmektedir. Si’nin sıvı ve adsorbe fazları topraktaki esas silikon formu olan monosilisik asit (H_4SiO_4) içerdiğinden bitki tarafından kullanılabilen formlardır (Seleiman ve ark. 2019). Silikon dioksit nanopartikülleri, silikon dioksitin 100 nm’den küçük olan inorganik metaloitleridir. Son yıllarda, NP’ler abiyotik stres

koşullarında bitki büyüme ve gelişmesini teşvik etmek için kullanılmaktadır. Çeşitli çalışmalarda NP'lerin dışarıdan uygulamasının güçlü kök dokusunun oluşmasına, antioksidan enzim aktivitesinin ve hücrel su dengesini düzenlenmesine katkıda bulunduğu bildirilmektedir (Siddiqui ve ark. 2014). Si gibi elementler fosfor kullanımını teşvik etmesi sebebiyle bitki büyüme ve gelişmesini aynı zamanda bitki dayanıklılığını arttırabilmektedir. Bu durumda Si gübrelemesi ile bitki verimliliği de arttırılabilmektedir (Rosmarkam ve Yuwono 2002). Çilek kuraklığa karşı oldukça hassas bir bitkidir. Çilek, dünya üzerinde geniş alanlarda tarımı yapılan bir türdür ve gerek açıkta yetiştiricilikte gerekse örtü altında abiyotik stres faktörlerine sıklıkla maruz kalmaktadır (Klamkowski ve Treder 2008).

Bu amaçla kuraklığa dayanıklı çeşitlerin ve yetiştirme tekniklerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Çilek bitkisi ile geçmişten bugüne değin yapılan ıslah çalışmaları, bitkinin çeşitli verim ve kalite özelliklerinin iyileşmesine sebep olurken, gen havuzundaki bazı özellikleri ise sınırlandırabilmektedir. Bu sebeple farklı yetiştirme tekniklerine ve kuraklığa toleransı arttırabilecek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Nanomalzemelerin, bitki çimlenmesini ve büyümesini teşvik ettiği, abiyotik ve biyotik strese karşı bitki direncini arttırdığı, besin elementlerinin yarıyışlılığına yardımcı olduğu ve birçok konvansiyonel ürünlere kıyasla daha az zararlı çevresel etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Reynolds 2002). Bu nanoparçacıkların öncülerinden birisi olan, son zamanlarda bitkilerdeki abiyotik strese dahil olan çeşitli mekanizmaların düzenlenmesinde etkili bir rol oynadığı gösterilen molekül ise SiO_2 'dir (Manzer ve ark. 2014).

Monokotiledon bitkilerde SiO_2 'in stres koşullarında bitki büyümesi üzerine olan etkilerini açıklayan çok sayıda çalışma literatürde yer almaktadır (Guerriero ve ark. 2016). Na SiO_2 'in *in vitro* uygulamalarının kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen çileğin vejetatif ve biyokimyasal özellikleri üzerine olan etkilerini bildiren bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu noktadan hareketle planlanan bu çalışmada çilek yetiştiriciliğinde nano SiO_2 'in *in vitro* uygulamasının bitkinin kuraklığa olan toleransını arttıracakı düşünülmüştür. Bu çalışma ile çilek bitkisinin *in vitro* yetiştirme ortamında ve kuraklık stresi koşullarında üretim olanaklarının araştırılması, ülkemizin hemen hemen her bölgesinde dört mevsim boyunca çilek yetiştiriciliğine olanak verilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmanın amacı Na SiO_2 uygulamasının *in vitro* koşullarda kuraklık stresine maruz bırakılan gün nötr (Albion) çilek çeşidinin toleransı üzerine olan etkinliğini ve kuraklığa dayanım mekanizmalarını belirlemek, yapılan ölçüm ve analizler neticesinde pratikte uygulanabilecek uygun Na SiO_2 dozunu ve kuraklık stresi için uygulanabilecek PEG konsantrasyonlarını tespit etmek olarak belirlenmiştir.

İklim koşullarına bağlı olmadan çilek yetiştiriciliğine ve pestisit kalıntısı en az olan meyvelerin üretimine olanak sağlanması, verimli, kaliteli üretime olanak verilmesi, günümüzde tarımsal üretim için en büyük sorun ve tehditlerden birisi olan kuraklığa karşı toleranslı çilek yetiştiriciliği olanaklarının belirlenmesi çalışmanın ana hedefleri olmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Bitkilerde Kuraklık Stresi

Canlı organizmalar için uygun olmayan çevre koşulları olarak tanımlanan stres faktörlerinin, bitkisel üretimde verimi sınırlandıran önemli bir konu olduğu ve verimliliği olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (Levitt 1980; Gaspar ve ark. 2002). Bunun yanı sıra Cassel ve Curry (2001) ise bu tanımları genişleterek “fizyolojik değişimlere, bedensel zararlara ve hastalıklara neden olma kapasitesine sahip olan biyotik veya abiyotik faktörler” tanımlamasını yapmışlardır. Meteorolojik anlamda kuraklık, topraktaki su içeriği ile birlikte bitkinin gelişmesi açısından oldukça bariz bir azalmaya neden olacak kadar yağışsız kalan bir dönemdir (Jones 1992; Kozlowski ve Pallardy 1997).

Abiyotik faktörlerden olan kuraklık, bitki fotosentezini, büyümesini ve üretimini azaltan başlıca stres faktörlerinden biridir (Ghaderi ve Siosemardeh 2008). Stres faktörlerine göre dünyada kullanılabilir alanlardan %26 oranıyla en yüksek pay kuraklık stresine aittir. Bunun dışında diğer stresler %29 iken, sadece %10'luk bir alan hiçbir stres faktörü ile karşı karşıya kalmamaktadır. Kuraklık stresi, bitki gelişimini ve verimini etkileyen en fazla görülmüş olan çevresel stres faktörlerinden biridir. Ayrıca bitkileri, biyolojik, fizyolojik ve kimyasal olarak olumsuz etkileyebilmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005). Bitki yapraklarının dökülmesi ve ayalarının küçülmesi, yaprak ve sürgünlerde olan büyüme ve gelişimin azalması, kök gelişiminin hızlanması, bitki hücrelerinin küçülmesi ve hücreler arası boşlukların azalması gibi kuraklık stresinin bitkideki morfolojik yapılarına etkilerini göstermektedir. Ayrıca, yaprak stomatal hareketliliği, klorofil içeriğinde azalma, fotosentez oranının azalması, bitki hormonal dengesinin değişmesi ve protein metabolizmasının bozulması gibi bazı fizyolojik etkilerin de kuraklık stresinde kaynaklandığı bilinmektedir (Jiang ve Huang 2001; Huang ve Gao 1999; Huang ve ark. 1998; Carrow 1996).

Çeşitli araştırmacılar kuraklık toleransının bitki türleri ve çeşitleri arasında genotipik farklılıklar sebebiyle değişiklik gösterdiğini genel olarak ise su kısıtının bitkinin tüm organlarında çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal değişikliğe neden olduğunu bildirmektedirler. Araştırmacılar bu değişimleri şu şekilde sıralamaktadırlar; yapraklarda gaz değişiminin azalması, karbon asimilasyonunun azalması, fotoasimilatların dağılımındaki değişiklikler sebebiyle vejetatif büyümede azalma ve bitki üreme organlarının gelişiminin gecikmesi (Klamkowski ve Treeder 2008; Bota ve ark. 2001; Gehrmann, 1985; Singer ve ark. 2003).

Çoğu yüksek bitki, kuraklık stresini önlemek veya bu duruma tolerans gösterebilmek için bazı özel mekanizmalara sahiptir ve ayrıca su kullanım verimliliklerini artıracak mekanizmalar geliştirmişlerdir (Chaves ve ark. 2002). Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin köklerinde oluşan kimyasal sinyallere yanıt olarak stoma kapanması, genellikle hafif ve orta derecede stres koşullarında azalan fotosentezin ana belirleyicisi olarak kabul edilmektedir (Medrano ve ark. 2003). Bazı araştırmacılar stoma iletkenliğinin fotosentezle ilişkili olarak, kuraklık stresi yoğunluğunun iyi bir göstergesi olabileceğini, bazı bitki türlerinde türlerinde fotosentetik pigmentlerin ve serbest amino asitlerin, kuraklık stres belirteçleri olarak başarıyla tanımlandığını bildirmektedirler (Flexas ve ark. 2002; Lei ve ark. 2006). Bu durumda fotosentez dağılımındaki değişiklikler, vejetatif büyümeyi azaltabilir ve bitki üreme organlarının gelişimini ciddi

şekilde geciktirebilir (Singer ve ark. 2003).

Birçok bitkide olduğu gibi kuraklığa maruz kalan çilek bitkilerinde de stomaların kapanması, kökte absisik asit (ABA) sentezindeki hızlı artış ve terleme akışındaki köklerden ABA iletimi bu stres faktörüne tepki olarak görülebilmektedir (Blanke ve Cooke 2004). Prolin, serbest amino asitler ve çözünür karbonhidratlar genellikle kuraklık stresinin görüldüğü bitki yapraklarında artar ve ozmotik regülasyonda rol oynarlar (Pinheiro ve ark. 2004; Virgona ve Barlow 1991).

Kuraklık stresinin ayrıca bitkilerde serbest radikal üretiminde artışlara neden olduğunda bildirilmektedir (Pirker ve ark. 2002). Fotosentez yapılan yeşil yapraklarda kloroplasttaki elektron taşıma zinciri, serbest radikallerin ana kaynağı olarak kabul edilmektedir (Lawlor 1995). Kloroplastlarda, abiyotik stresten kaynaklanan serbest radikal oluşumundaki artış, genellikle fotosentetik enzimlerin (öncelikli olarak Calvin döngüsünde) bozulmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum asimilasyonun (ATP ve NADPH + H⁺) azalmasına dolayısı ile de elektron taşıma zincirinin önemli oranda azalması ile sonuçlanır.

Kuraklık stresi bitkilerde ayrıca, antioksidan savunmalar ile aktif oksijen türlerinin miktarı arasında bir dengesizliğe yol açarak oksidatif strese neden olabilmektedir (Munné-Bosch ve Peñuelas 2004). Hücre içi sinyalleşme için gerekli olan aktif oksijen türlerinin miktarı yüksek konsantrasyonlarda kloroplastlar da dahil olmak üzere çeşitli tahribatlara neden olabilmektedir (Van Breusegem ve ark. 2001; Asada 1999). Bu nedenle Akdeniz iklimi gibi sıcak bölgelerde bulunan bitkiler, kuraklığın neden olduğu oksidatif strese dayanmak için çeşitli antioksidan koruma mekanizmaları geliştirmişlerdir (Munné-Bosch ve Peñuelas 2004). Askorbik asit, glutatyon veya tokoferol gibi enzimatik olmayan antioksidanlar ve karotenoidler gibi koruyucu pigmentler, aktif oksijen türlerinin miktarının olumsuz etkilerine karşı koyan önemli antioksidatif savunma bileşenleridir. Bu durum ise bu pigmentlerin iyi birer kuraklık stresi göstergeleri olduğunu açıklamaktadır (Şircelj ve ark. 2007).

Hücre içi su kaybı, konsantrasyon artışı nedeniyle dehidrasyona sebebiyet vermekte ve bu durumda plazma membranında gerçekleşen çökme yırtılmaları ve sitoplazmanın otolizine yol açmaktadır. Meydana gelen değişimler sebebiyle ise büyüme ve gelişmede azalma ve turgorda düşüşler meydana gelmektedir (Kuşvuran 2010; Özcan ve ark. 2004; Kalefetoğlu ve Ekmekçi 2005).

Literatürde kuraklığın, bitki gelişimi, verimi ve kalitesi üzerine olumsuz etkileri ile ilgili birçok araştırmaya rastlamak mümkündür (Sowik ve ark. 2016; Natsheh ve ark. 2015).

Özkaynak ve Samancı (2016) mikroçoğaltımda abiyotik faktörlerin etkileri üzerinde yaptıkları bir derleme çalışmasında ışık, karbondioksit konsantrasyonu, sıcaklık, bağıl nem ve oksijen gibi besin ortamı üst çevresi faktörlerinin, pH, iyon komponentlerinin konsantrasyonları, şeker konsantrasyonu gibi fiziksel ve kimyasal besin ortamı çevre faktörlerinin ve eksplant sıklığı, eksplant büyüklüğü ve patojenler gibi biyolojik faktörlerin *in vitro* bitki büyümesine etkileri üzerinde yüksek kalitede bitki üretiminin yanında etkili enerji kullanımı için *in vitro* çevre kontrolünün önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Sanchez-Rodriguez ve ark. (2010), 5 farklı çeri domates çeşidi ile yaptıkları çalışmada kuraklık stresinin etkilerini incelemiş ve çalışma sonunda stresin etkilerinin çeşitler arasında farklılık gösterdiğini ayrıca kuraklık stresinin bitki gelişimi ve yaprak oransal su içeriğini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Xu ve Zhou (2008), ise çim bitkisinde kuraklık stresinin yaprak stoma iletkenliği ve fotosentez üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonucunda orta şiddette meydana gelen kuraklık stresinin, stoma sayısında artış meydana getirdiğini ancak gittikçe artan stres koşullarında ise stoma sayılarının tekrar azaldığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra stoma sayısının stoma geçirgenliği, net CO₂ asimilasyonu ve su kullanım etkinliği ile pozitif ilişkili olduğunu belirtilmektedir.

Kirazda *in vitro* yetiştirme şartları altında yapılan bir diğer çalışmada ise PEG 8000 kullanılmış ve bitkinin yeşil aksam kuru ağırlığında ağırlık kaybı olduğu belirtilmiştir (Sivritepe ve ark. 2008).

Fernández-Conde ve ark. (1998) pamukta farklı PEG dozları (0, 30 ve 60 g/L) uygulamak suretiyle kuraklık stres koşullarını oluşturmuş ve çalışma sonunda kontrol gruplarına kıyasla bitki yaş ağırlıklarında %27-42, kuru ağırlıklarında ise %11-22 aralığında değişen miktarlarda düşüşler meydana geldiğini kaydetmişlerdir. Araştırmacılar bunun yanı sıra nispi büyüme oranı, stomal geçirgenliği ve net fotosentez oranında da önemli düzeyde azalmalar olduğunu belirtmişlerdir.

2.1.1. Çilekte Kuraklıkla İlgili Yapılan Çalışmalar

Kuraklık faktöründen etkilenen önemli meyve türlerinden birisi de gerek dünyada ve gerekse ülkemizde üzüksü meyve türleri içerisinde en fazla üretilen ve tüketilen bir tür olan çilektir (Klamkowski ve Treeder 2008). Dünya çapında çilek üretimini etkileyen ve ana sınırlayıcı abiyotik stres faktörleri olarak bildirilen tuzluluk ve kuraklık stresi (Keutgen ve Pawelzik 2008), bitkinin enzimatik özelliklerini etkileyebilmekte, bazı moleküler mekanizmalarda indüklenmelere yol açarak bitkinin anatomik ve fizyolojik özelliklerini değiştirebilmektedir (Ghaderi ve Siosemardeh 2011). Bazı çilek çeşitlerinin ozmotik uyum, küçük yaprak alanı ve düşük terleme hızı gibi kuraklığa toleranslı özellikleri, kuraklığa toleranslı çeşitlerin seçiminde faydalıdır (Grant ve ark. 2010).

Moradtalab ve ark., (2019) Si (3 mmol L⁻¹) ve arbusküler mikorizal mantar (*Rhizophagus clarus*) ile aşılanmanın kuraklık stresi (hafif ve orta) koşullarında yetiştirilen çilek bitkilerinin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar çalışma sonucunda, Si ve mikorizal mantarın, fotosentez oranını, su içeriğini ve kullanım verimliliğini, antioksidan enzim savunmasını ve özellikle Zn'nin beslenme durumunu artırarak bitki biyokütle üretimini önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Çalışmada ayrıca mikorizal mantarın ve Si'nin sadece kuraklık koşulları altında değil, aynı zamanda kontrol koşulları altında da çileğin vejetatif büyümesini iyileştirme üzerinde sinerjik bir etkisi olduğu bildirilmektedir.

Perin ve ark., (2019) yapmış oldukları çalışmada, 'Camarosa' çilek çeşidi üzerine hafif kuraklık ve tuz streslerinin moleküler, fizyolojik ve metabolik süreçler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda diğer araştırmacılardan farklı olarak; hafif tuz ve kuraklık stresinin, çilek meyvelerinin kalitesini iyileştirdiğini, ABA metabolizması

ve türevlerinin hafif tuz ve kuraklık streslerinden etkilenmediğini, uygulanan hafif stres koşullarının meyve verimini azaltmadığını ayrıca hafif tuz ve kuraklık stresi uygulamalarının kaliteyi iyileştirmek için etkili bir strateji olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Mozafari ve ark. (2018) demir nanopartikülleri ve salisilik asidin (SA) kuraklık stresi altında *in vitro* koşullarında çilek bitkisi (*Fragaria × ananassa*) üzerinde etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, kuraklık stresinin olumsuz etkilerini salisilik asidin ortadan kaldırdığını, demir nano parçacıklarla muamele edilen çilek bitkilerinin edilmeyenlere göre kuraklık stresiyle daha fazla mücadele edebildiğini, ayrıca salisilik asit ve demir nanoparçacıkların birlikte kullanılmasının *in vitro* koşullarda faydalı bir yöntem olmakla birlikte çileklerin tarlaya nakledilmeden önce kuraklığa uyarlanmasında kullanılabileceğini bildirilmişlerdir.

Nezhadahmadi ve ark. (2015) su kısıtı uygulayarak kontrollü ve doğal yetiştirme ortamında yetiştirilen üç farklı çilek çeşidinin fiziksel ve morfolojik tepkilerini incelemişlerdir. Çalışmada çilek çeşitleri %25 (ciddi stres), %50 (orta stres) ve %75 (normal sulama) gibi farklı toprak nemi düzeylerinde yetiştirilmiştir. Çilek çeşitleri kuraklık stresi konuları, çevre ve kuraklık stresinin süresi gibi farklı özellikler arasında önemli farklılıklar ($P<0.05$) elde edilmiştir. Araştırmada, kuraklık stresi ve stres süresinin farklı büyüme parametreleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Dahası, doğal koşullarda yetiştirilen bitkilerin, kontrollü ortamda yetiştirilen bitkilere kıyasla stresle başa çıkmada daha yetenekli oldukları da belirlenmiştir.

Caulet ve ark., (2014) yapmış oldukları çalışmada örtüaltı yetiştiriciliğinde kuraklık stresi koşullarında (% 50, 80) iki farklı çilek çeşidi (Real ve Magic) üzerine yapraktan püskürtme şeklinde furostanol glikozit uygulamasının etkisini incelemişlerdir. Çalışmada kuraklık koşullarında, glikozid uygulamasının kök / sürgün oranında önemli artışlara neden olduğu, kuraklığın ve geliştirilmiş fotosentez oranının ve su kullanım verimliliğinin etkisini hafiflettiği bildirilmiştir.

Kuraklık stresi altında yetiştirilen çilek bitkilerinin çözünür karbonhidrat, serbest prolin, malonaldehit (MDA) içeriği ve süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT) aktivitesi üzerine salisilik asidin etkilerinin araştırıldığı çalışmada, uygun SA konsantrasyonunun, çözünür karbonhidratlar ve çilek yapraklarının serbest prolini gibi ozmotik ayarlama maddelerinin içeriğini arttırdığı bildirilmektedir. Çalışmada ayrıca uygulamanın, antioksidan enzimlerin aktivitesini indüklediği, membran lipid peroksidasyonunu ve membran sistemi hasarını azalttığı, böylece çilek bitkilerinin kuraklığa karşı direncini artırdığı da belirtilmektedir (Sun ve ark. 2013).

Ghaderi ve Siosemardeh, (2011), farklı kuraklık stres düzeylerinin çilekte bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışma sonucunda, kuraklık stresinin bitkilerde yaprak bağıl su içeriğini, membran stabilite indeksini, net CO₂ asimilasyon oranını, stomatal iletkenliği, terlemeyi ve klorofil miktarını azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca orta dereceli kuraklık stresinin gaz değişimini, şiddetli kuraklık stresinin ise klorofil, prolin ve çözünür karbonhidrat seviyelerini etkilediğini belirtmişlerdir.

Bordonoba ve Terry (2010) kısıtlı sulamanın farklı çilek çeşitleri (Christine, Elsanta, Florence, Sonata ve Symphony) üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışma sonucunda su kısıtının meyvenin hem fizyolojik hem de biyokimyasal özelliklerini etkilediğini, bu özelliklerdeki değişimin ise çeşitlere göre farklılıklar gösterdiğini beyan etmişlerdir.

ABA (Jensen ve ark. 2009) uygulamalarının saksıda yetiştirilen çilek bitkilerinde antitranspirant olarak görev yapan, stomatal kapanmayı teşvik eden ve kuraklıktan kaçınma mekanizmalarının aktivasyonunu indükleyen, kuraklık etkilerinin hafifletilmesinde etkili olduğu belirtilmektedir.

Klamkowski ve Treder (2008) yaptıkları bir çalışmada Üç çilek çeşidini ("Elsanta", "Elkat", "Salut") farklı su rejimlerine tabii tutarak kuraklık stresi altında gelişimleri incelemişlerdir. Yapılan çalışmada bitki verimi ile yaprak alanı, kök gelişimi gibi morfolojik ve fizyolojik parametreler incelenmiştir. Üç ay süren çalışmada kontrol grubu ile kuraklık stresine maruz bırakılan bitkiler mukayese edilmiştir. Çalışma sonunda Elsanta çeşidinin kuraklık stresine diğer çeşitlere göre daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Bir başka çalışmada ise Razavi ve ark. (2008) su stresinin, klorofil floresansı, şeker içeriği ve çilekte (*Fragaria* × *ananassa* Duch. Cv. Elsanta) büyüme parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kuraklık stresi, yaprak su potansiyelinde, taze ve kuru kütlelerde, yaprak bölgesinde ve yaprak sayısında önemli düşüslere neden olmuştur. Blanke ve Cooke (2003) yaptıkları bir çalışmada terleme, ksilem su potansiyeli ve kuraklığa maruz kalan çilek bitkilerini incelemiş ve çalışma sonunda kuraklık stresi altında stomaların kapandığını, kuraklık stresi neticesinde etilen hormonunun salgılandığını belirtmişlerdir.

Akdeniz bölgesinde bitkiler, özellikle yaz aylarında, kullanılabilir su miktarının azalması, yüksek ışık ve yüksek sıcaklıklardan dolayı, çevresel stres koşullarının bir kombinasyonuna maruz kalmaktadırlar (Munné-Bosch ve Peñuelas 2004).

Borkowska (2002) nın *in vitro* koşullar altında çilek bitkisinde yaptığı bir çalışmada, kuraklık koşulları altında mikro çoğaltılmış çileklerin geliştirilmesinde arbusküler endomikorel mantarların ve fotosentetik aktivitelevlerinin rolünü değerlendirmek için deneyler yapılmış ve mantarlar tarafından kolonize edilen bitkilerin, düzenli sulama sağlandığı zaman fotosentetik aktivitelevlerinin olumlu yönde etkilendiği gözlenmiştir.

Hüyük asit bazlı biyostimülanlarla yapılan uygulamaların kurak ve normal koşullarda çilek büyümesini uyarmada etkili olduğu bildirilmektedir (Neri ve ark. 2002).

2.1.2. Nanomateryaller ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar

Silisyumun (Si), kuraklık dahil olmak üzere stres faktörlerinin etkilerini hafifleten faydalı bir element olduğu belirtilmektedir. Si takviyesi bitkilerde kuraklık stresinin etkilerini azaltmaktadır. Bu elementin etkileri şu şekilde sıralanabilmektedir; fotosentetik enzimlerin aktivasyonu (Yin ve ark. 2014), antioksidan savunma sistemlerinin aktivasyonu, su kullanım etkinliğinin artması (Shen ve ark. 2010; Hajiboland ve ark. 2017), besin alımı (Chen ve ark. 2011), kök büyümesi ve hidrolik iletkenliğinin iyileşmesi (Lux ve ark. 2002), kuraklık koşulları Yin ve ark. 2014; Rizwan ve ark. 2015), altında vejetatif büyümenin artırılması. Çilek ise kuraklığa duyarlı bir Si-akümülatör türüdür; ancak bu türdeki Si'nin işlevi belirsizdir (Moradtalab ve ark. 2019). Bu sebeple çilek bitkisinde Si ile ilgili yapılacak çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Zahedi ve ark., (2020) yapmış oldukları çalışmada kuraklık stresi altında SiO₂, Se ve Se/SiO₂ nanopartiküllerinin çilek bitkilerinin büyümesi ve verimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda SiO₂, Se ve Se/SiO₂ nanopartiküllerinin (50 ve 100 mg L⁻¹) içeren solüsyonların, normal ve kuraklık stresi koşullarında (%30, 60, 100) büyüyen çilek bitkilerinin büyüme ve verim parametrelerini iyileştirdiği bildirilmiştir. Se/SiO₂ (100 mg L⁻¹) ile muamele edilen bitkilerin, diğer uygulamalarda yer alan bitkilere kıyasla daha fazla fotosentetik pigment, karbonhidrat ve prolin belirtilmektedir. Çalışmada ayrıca uygulamaların, bağıl su içeriğini, membran stabilite indeksini ve su kullanım verimliliğini arttırdığını, Se/SiO₂'nin dışarıdan uygulanmasının, katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), guaiacol peroksidaz (GPX) ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini artırmak suretiyle ve lipid peroksidasyonu ile hidrojeni azaltarak kuraklık toleransını arttırdığı da bildirilmektedir. Uygulamaların meyve kalitesine olan etkilerinin araştırılması sonucunda ise antosiyanin, toplam fenolik bileşikler (TPC), C vitamini ve antioksidan aktivite (DPPH) gibi biyokimyasal parametrelerde artış tespit edildiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışma genel anlamda selenyum ve silikon nanopartiküllerin uygulanmasının, sadece çilek bitkilerinde değil diğer tarımsal ürünlerde de kuraklık stresinin zararlı bertaraf edilmesinde Se/SiO₂ nanopartiküllerinin etkili olabileceğini beyan etmektedir.

Avestan ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada tuz stresi koşullarında yetiştirilen çilek bitkileri üzerine Na SiO₂ uygulamalarının etkilerini araştırmış ve çalışma sonucunda farklı tuzluluk kombinasyonları ile muamele edilen çilek bitkilerinde sürgün ve kök taze ağırlığı ve kuru ağırlığı, prolin içeriği ve kanopi sıcaklığı gibi morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerdeki farklılıklar gözlendiğini bildirmişlerdir. NSiO₂ uygulamasının, tuzluluğun olumsuz etkilerini azalttığı ve çilek bitkilerinin vejetatif büyümesinin iyileştiği bildirilmiştir. Sonuç olarak ise silikon uygulamasının, tuz stresinin olumsuz etkilerini bertaraf edebileceği ve verimi arttırabileceği bildirilmiştir.

Gowayed ve ark. (2017) ise yapmış oldukları çalışma sonunda *in vitro* ve örtüaltı koşullarında yetiştirilen iki farklı patates çeşidinde 50 mg L⁻¹ Na SiO₂ uygulamasının, tuz stresinin (50 ve 100 mM NaCl) negatif etkilerini tolere etmede başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

Yassen ve ark. (2017) tuz stresine maruz bırakılan hıyar bitkilerinin gelişmesi ve meyve verimi üzerine Na SiO₂ etkisini araştırmışlar ve çalışma sonunda yapraktan

püskürtme şeklinde 60 mg L^{-1} Na SiO₂ uygulamasının bitki gelişimi ve verimi üzerine istatistiksel anlamda önemli düzeyde fark yarattığını bildirmişlerdir.

Ashraf (2010) ‘ un yaptığı bir çalışma sonucunda, nano silikon uygulamasının, bitki büyümesini ve verimini arttırdığını ayrıca uygulamanın yaprak organellerinin çeşitli dokularında önemli değişikliklere yol açmak suretiyle bitkinin su rezervini iyileştirdiğini, bitki savunma mekanizmasını ve bitki koruma sistemini aktive ettiğini ve bazı spesifik iyonların uzaklaştırılmasına yardımcı olduğunu belirtmektedirler. Bunun yanı sıra Na SiO₂’in, tuz stresi koşullarında antioksidan sistemini geliştirdiği, abiyotik stres faktörlerine karşı toleransı arttırdığı ve hücre su dengesini geliştiren bir bitki büyümesi indükleyicisi olduğu da bildirilmiştir (Siddiqui ve ark. 2014).

Daha önce yapılan çeşitli çalışmalarda Si uygulamasının pirinçte bitki dayanıklılığını arttırdığı, kök sistemini geliştirdiği, hastalık ve zararlılara karşı dayanımı arttırdığı (Ma ve Takahashi 2002), yine nano silika uygulamasının domatestede bitki boyu, yaprak sayısı ve kök uzunluğunu arttırdığı bildirilmektedir (Fitiyani ve dan Haryanti 2016).

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmada Na SiO₂ kuraklık üzerine olan etkisini tayin etmek amacıyla *in vitro* koşullarda kuraklık stresi yaratabilen PEG'in kullanımına karar verilmiştir. Ayrıca çalışmada Na SiO₂ preparatının farklı bölgelerde yetiştirilme imkanı olan nötr gün çeşidi üzerine olan etkinliğini belirlemek için Albion çilek çeşidi bitkisel materyal olarak tercih edilmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Albion

Gün nötr özelliğinde, iri meyveli çok yıllık yetiştiriciliğe uygun, hibrid, iri sert, konik biçimli, şeker oranı yüksek ve yoğun lezzetli bir çilek çeşididir. Yediveren olarak da adlandırılan bu çeşit orijinal lokasyonunda üretime ilkbahar sonunda başlar ve sonbahar sonuna kadar devam eder. *Verticillium* solgunluğu, *Phytophthora* ve antraktoz meyve çürüklüğüne karşı dayanıklıdır (Türemiş ve Ağaoğlu 2013). Albion çilek çeşidine ait bir görüntü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Albion çilek çeşidinden bir görüntü

3.2. Metot

Doku kültürü laboratuvarında araziden getirilen bitkilerin sterilizasyonu için %70'lik etil alkol ve %15'lik sodyum hipoklorit çözeltisi kullanılmıştır. Arazi koşullarında bulunan çilek bitkisinin görüntüsü Şekil 3.2 de, çilek bitkisine ait meristemler Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Bitki rejenerasyonu çalışmalarında Murashige and Skoog (1962) tuzları [Sigma M5524] ve vitaminleri [Sigma M3900] kullanılırken ortam hazırlamada jel yapıcı madde olarak agar (7 g/l) kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca besin ortamına büyüme düzenleyici olarak IAA ve IBA ilavesi yapılmıştır.



Şekil 3.2. Arazide bulunan çilek bitkisinden bir görüntü



Şekil 3.3. Çilek bitkisinin eksplantlarına ait bir görüntü

Çalışmanın doku kültürü aşaması ve bitki analizleri Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu organik tarım laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemede Albion çilek çeşidi, 3 farklı PEG 6000 konsantrasyonu (%0, 4, 8) ile iki farklı SiO₂ konsantrasyonu (0, 50, 100 mg L⁻¹) olmak üzere 3 faktör planlanmıştır. Deneme aşağıda belirtilen 9 uygulama yer alacak şekilde planlanmıştır.

- 1) %0 PEG+0 mg L⁻¹ SiO₂
- 2) %4 PEG+0 mg L⁻¹ SiO₂
- 3) %8 PEG+0 mg L⁻¹ SiO₂
- 4) %0 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂
- 5) %4 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂
- 6) %8 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂
- 7) %0 PEG+100 mg L⁻¹ SiO₂
- 8) %4 PEG+100 mg L⁻¹ SiO₂
- 9) %8 PEG+1000 mg L⁻¹ SiO₂

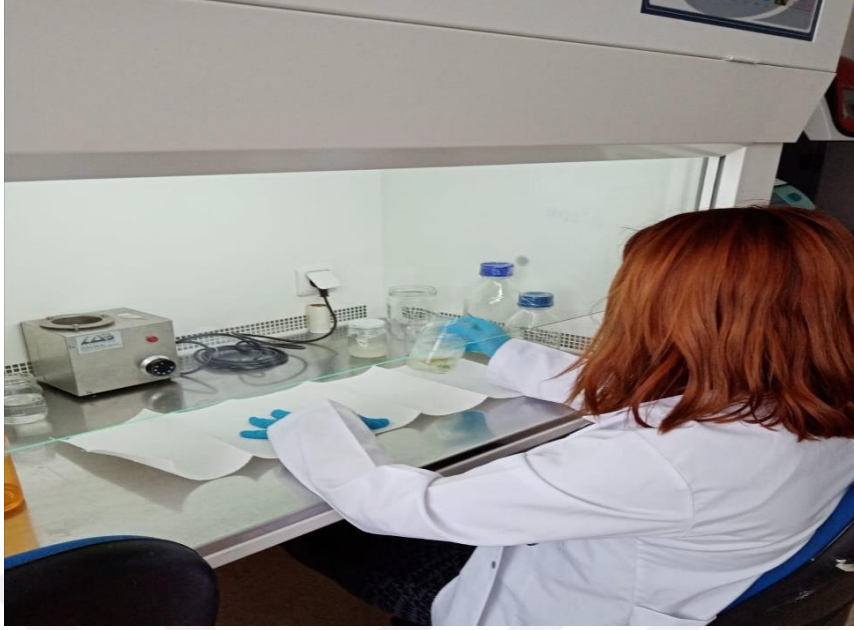
Çalışmada kuraklık stresini teşvik eden koşullarda meristem kültürü ile rejenerasyon sağlanmış ve bu koşullarda yetiştirilen bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri saptanarak kuraklığın etki mekanizması incelenmiştir.

3.2.1. Materyallerin yüzey sterilizasyonu ve hazırlık aşaması

Serada bulunan Albion çeşitlerine ait bitkilerden alınan meristemler bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Doku kültürü uygulamaları aseptik koşullar altında yapılmıştır. Çalışmalar steril kabinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Bitkisel materyallerin yüzey sterilizasyonu

Örtü altında yetiştirilen Albion çeşidine ait bitkilerden alınan materyaller topraktan alındıktan sonra 30 dakika içerisinde laboratuvara taşınmış ve öncelikle musluk suyu ile toprak kalıntılarından arındırılmıştır. 24 saat boyunca akan su altında tutulan örnekler yüzey sterilizasyonu için %70'lik etil alkol çözeltisinde 30 saniye tutulduktan sonra 3 kez saf sudan geçirilmiştir ardından birkaç damla Tween 20 damlatılarak %10' luk sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dk bekletilmiştir. Sodyum hipoklorit çözeltisinden alınan materyaller tekrar 3 kez saf su ile çalkalanarak yıkanmıştır. Şekil 3.4'de bitki sterilizasyonu işleminden bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.4. Bitkisel materyallerin yüzey sterilizasyonundan bir görüntü

3.2.3. Materyallerin Kültüre Alınması

Sterilizasyonu tamamlanan materyaller hazırlanan besi ortamına meristem kültürü ile transfer edilmiştir. Besin ortamı olarak MS (Murashige ve Skoog 1962) temel ortam bileşimi kullanılmıştır. Çizelge 3.1’de meristem kültüründe kullanılan besin ortamının bileşimi verilmiştir.

Çizelge 3.1. Meristem Kültüründe kullanılan besin ortamının bileşimi

Makro Elementler	(Murashige ve Skoog, 1962) (mg/l)
KNO ₃	1900
NH ₄ NO ₃	1650
CaCl ₂ .2H ₂ O	440
MgSO ₄ .7H ₂ O	370
KH ₂ PO ₄	170
Mikro Elementler	(Murashige ve Skoog, 1962) (mg/l),
H ₃ BO ₃	6.2
Mn SO ₄ .H ₂ O	15.6
ZnSO ₄ .7 H ₂ O	8.6

Çizelge 3.1'in devamı

$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.25
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.025
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.025
KI	0.83
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	27.8

MS ortamının pH'sı ortama agar eklenmeden önce 5.7-5.8 olarak ayarlanmış ve sonrasında ortama %3 sakkaroz ve % 0.7 agar ilave edilmiştir. Şekil 3.5'de ph metreye ait bir görüntü verilmiştir. Besin ortamları otoklavda 121° C'de 20 dk. süreyle 1.5 p.s.i. basınçta sterilizasyona tabi tutulmuştur. Otoklavdan çıkarılan ortamlar oda sıcaklığında yaklaşık 40-50°C'ye kadar soğutuluncaya kadar bekletilmiş ve ardından steril 25x150 mm'lik cam kültür tüplere aktarılmıştır.

**Şekil 3.5.** MS ortam pH'sını ölçen pH metre

Dezenfekte edilen bitkisel materyallerin, steril kabin içerisinde aseptik koşullarda stereomikroskop altında bistüri ve pens yardımıyla üzerlerindeki yaprak, pul ve tüyler temizlenmiş 0.2– 0.4 mm büyüklüğünde olan meristemleri çıkartılmıştır. Explantlar 1.5 mg/l IBA ve 1 mg/l IAA içeren tam kuvvetli Murashige ve Skoog (MS) içeren başlangıç ortamına her tüpe 1 eksplant olacak şekilde transfer edilmiş, ağızları pamukla, etrafları da streç filmle kapatılarak yaklaşık 4–5 hafta süre ile iklim odasında kültüre alınmıştır. Şekil 3.6'da transfer işlemi tamamlanmış meristemlere ait bir görüntü verilmiştir. Şekil 3.7'de ise 4 hafta sonunda gelişen çilek bitkisine ait bir görüntü verilmiştir.



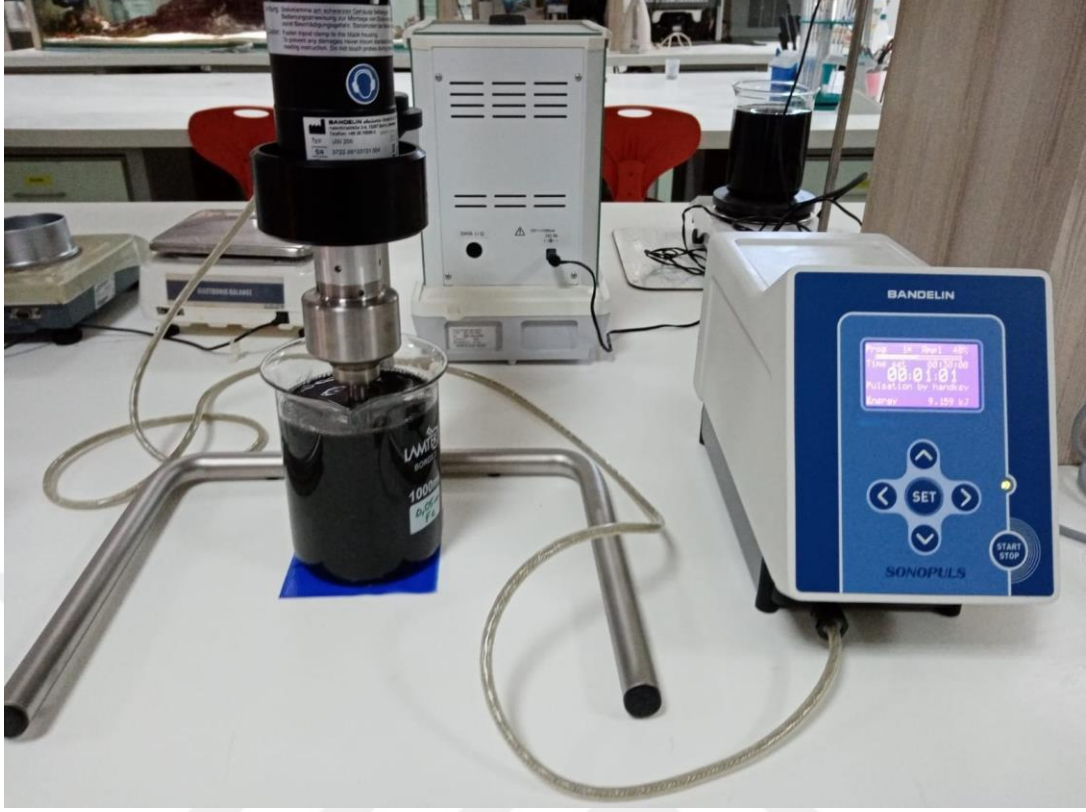
Şekil 3.6. Sterilizasyonu tamamlanan bitkisel materyallerin MS ortamına transferi



Şekil 3.7. Transfer işleminden 4 hafta sonra gelişen sağlıklı bir bitki

Çalışmada kuraklık stresi oluşturmak amacıyla 1 mg/L IBA ve 30 g/L sakaroz içeren sıvı MS temel besi ortamına, (PEG-6000) (%0.0 (kontrol), %2.5, %5.0, %7.5, %10.0) ilave edilmiştir.

10-20 nm çapında, %99.8 saflıktaki Sigma Aldrich marka Na SiO₂ parçacıkları ile süspansiyon hazırlamak için deiyonize su kullanılarak 50 ve 100 mg L⁻¹ konsantrasyonunda karışımlar hazırlanmıştır. Bu karışımlar sonikatör aracılığı ile (JL-360, Şangay, ABD) ile 30 dakika süreyle homojenizasyona tabi tutulmuştur. Şekil 3.8’de çalışmada kullanılan sonikatöre ait bir görüntü verilmiştir. Elde edilen homojenize karışım bekletilmeden farklı konsantrasyonlarda PEG içeren MS temel besi ortamı hazırlığında kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Karışımları homojenize etmek için kullanılan sonikatör

Çalışmada kuraklık stresi koşullarını oluşturmak amacıyla suyu bünyesinde tutan bir polimer olan Polietilen glikol (PEG-6000) kullanılmıştır. 4-5 hafta boyunca başlangıç ortamında gelişen eksplantlar 1 mg/L IBA ve 30 g/L sakaroz içeren sıvı MS temel besi ortamında, farklı PEG-6000 konsantrasyonlarında (%0.0 (kontrol), %2, %4, %8) kültüre alınarak, 4 hafta daha gelişmeleri sağlanmıştır. PEG 6000 ilavesi besi ortamına pH ölçümünden önce ilave edilmiştir. Denemenin tüm aşamalarında eksplantlar, sıcaklık 24 ± 1 °C, fotoperiyot 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık, aydınlatma ise 5000 lüks olacak şekilde ayarlanan iklim odalarında kültür edilmiştir.

3.2.4. Sürgün uzunluğu ve gövde çapının belirlenmesi

Büyüme döneminin sonlarında, seçilen bitkilerde sürgünlerin gövde boylarını (mm) belirlemek için bitkide kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge mm (± 0.5) cinsinden dijital kumpas ile ölçülmüş ve ortalamaları kaydedilmiştir. Gövde çapı dijital kumpas yardımı ile mm (± 0.1) olarak belirlenmiştir.

3.2.5. Yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak boyunun belirlenmesi

Deneme sonunda elde edilen çilek bitkilerinde yaprak sayısı bitki üzerindeki tüm yaprakların sayılması ile adet/bitki olarak, yaprak eni ve boyu ise dijital kumpas yardımıyla belirlenmiştir.

3.2.6. Yapraklarda klorofil tayini

Yaprak örneklerinde klorofil tayini yapabilmek amacıyla klorofil metre (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japan) (Şekil 3.9) kullanılmıştır. Her uygulamadan 5'er adet bitki belirlenmiş ve bu bitkilerin her yaprağının 2 noktasından ölçüm yapılarak ortalamaları kaydedilmiştir (Khan ve ark., 2004).



Şekil 3.9. Yaprak örneklerinde klorofil tayini işlemi sırasında bir görüntü

3.2.7. Bitki yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Kuraklık stresi uygulamaları sonucunda elde edilen bitkilerden tesadüfi olarak seçilen bitki örneklerinin kök ve sürgün yaş ağırlıkları hassas terazi (mg) ile belirlendikten sonra örnekler 65°C etüvde 48 saat süreyle kurutmaya tabi tutulmuş ve hızlıca kuru ağırlıkları (mg) belirlenmiştir (Sanchez ve ark., 2004).

3.2.8. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi

Yaprak oransal su içeriğini (YOSİ) belirlemek amacıyla bitkilerden alınan yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları hassas terazi yardımıyla kaydedilmiş ve sonrasında örnekler 4 saat boyunca saf su içinde bekletilmiştir. 4 saat bekleme süresinin sonunda örneklerin turgor ağırlıklarını kaydedebilmek için yine hassas terazi ile ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Bu işlemin sonunda yaprak örnekleri 65°C etüvde 48 saat boyunca kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutmanın hemen sonrasında örnek ağırlıkları kaydedilip aşağıda yer alan formül ile yaprak oransal su içerikleri hesaplanmıştır (Sanchez ve ark. 2004; Demiral ve Türkan 2005).

$$YOSİ = (TA - KA) / (TuA - KA) \times 100$$

TA: Taze Ağırlık, KA: Kuru Ağırlık, TuA: Turgor Ağırlığı

3.2.9. Katalaz aktivitesi (CAT) belirlenmesi

H₂O₂'nin 240 nm'de ($E=39.4 \text{ mM cm}^{-1}$) parçalanma oranı esas alınarak ölçülmüştür. Reaksiyonda azalan H₂O₂ miktarını belirlemek için 5mM H₂O₂ çözeltisinden 3mL'lik spektrofotometre tüplerine sırasıyla; 0,15- 0,3- 0,45- 0,6- 0,75- 0,9- 1,05- 1,2- 1,35 ve 1,5ml konulmuş, tüplerin hacimleri saf su ile 1,5ml'ye tamamlanmış ve her tüpe 1,47ml 103,5mM KH₂PO₄ ve 30µl su ilave edilerek standart grafik hazırlanmıştır. Bu enzim analizinde son hacim 1 ml olacak şekilde reaksiyon ortamına 0.1 mM EDTA içeren 50 mM'lık fosfat tamponu (pH: 7.6), 0.1 ml 100 mM H₂O₂ ve enzim ekstraktı ilave edilmiştir (Çakmak 1994).

Ekstraksiyon Çözeltisi hazırlamak için 0.372 gr Sodyum Edta (Titriplex) / 1 l, 13.61 gr KH₂PO₄ / 1 l, Sodyum Edta ve KH₂PO₄ tartılıp 1 l saf suda çözündürülüp ve pH 7.6'a ayarlanmıştır.

Reaktif Çözelti için ise 6.8 gr KH₂PO₄ /1 l, 0.152 µl H₂O₂ (Hidrojen Peroksit) /1 l, KH₂PO₄ ve H₂O₂ 1 l saf suda karıştırılıp ve pH 7.0'a ayarlanmıştır. -80° C'de tutulan 1 gr bitki örneği 5 ml ekstraksiyon çözeltisi ile 50 ml'lik falcon tüplerinde homojenize edilmiştir. 10000 devirde +4° C'de 10 dakika santrifüj edilen örneklerde oluşan şeffaf kısım (süpernatant) 2 ml 'lik ependorf tüplere aktarılmış ve kar veya buzun arasına alınmıştır. Katalaz okuması için Spektro 240 'a ayarlanıp kör olarak örnek konulmamış reaktif çözelti kullanılmıştır. Soğuk zincirin kırılmaması için örnekler buz veya karın içinde tutulmuştur. Reaktif çözeltisinden 2.5 ml cam kuvars içine konup ve üzerine 0.2 ml süpernatanttan eklenmiş ve spektroda 0. ve 60. Saniye okumaları yapılmıştır. Kalan süpernatant SOD okumasında kullanılmak üzere -80° C'de tutulmuştur (Luck 1965).

3.2.10. Süperoksit dismutaz aktivitesinin (SOD) belirlenmesi

Reaktif Çözelti için 50 mM Sodyum Fosfat, 0,1 mM Sodyum Edta (titriplex), 33 mM NBT, 13 mM Methionin kullanılmıştır. Tüm kimyasallar tartılıp 1 lt saf suda çözündürülmüş ve pH 7.0' a ayarlanmıştır. Daha sonra Solüsyon için 10 mM Riboflovin eklenmiştir.

Aktivite ölçümü için küvete riboflavin içermeyen reaksiyon karışımında 2,58ml aktarılmış ve üzerine 30µL enzim ekstraktı eklenmiştir. Üzerine 13µM'lık riboflavin çözeltisinden 390µL eklenip karıştırıldıktan sonra, beyaz bir ışık kaynağı önünde reaksiyon başlatılmıştır. Tanık aydınlık ve tanık karanlık için aynı işlemler yapılmış fakat süpernatant eklenmemiştir. Örnek konulan cam tüpler ve tanık aydınlık 10 dakika 40 amperlik ışıktaki bekletilmiştir. Tanık karanlık ise cam tüp alüminyum folyo ile iyice sarılarak karanlıkta 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra cam kuvarlarda spektro 560'a ayarlanarak okuma yapılmıştır. Kör olarak örnek konulmamış reaktif çözelti kullanılmıştır (Agarwal ve Pandey 2004).

3.2.11.Deneme deseni

Farklı kuraklık (% 0, 4 ve 8 PEG 6000) ve Na SiO₂ (0, 50, 100 mg L⁻¹) uygulamalarının Albion çilek çeşidi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla, deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür.

3.2.12. İstatistiksel analiz

Elde edilen veriler SPSS 23 paket programında 0.05 ve 0.001 önem düzeyinde Duncan testi ile değerlendirilmiş ve uygulamalar arasındaki farklılıklar tayin edilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada, çilek bitkisinin *in vitro* koşullarda 3 farklı PEG 6000 konsantrasyonu (%0, 4, 8) ile iki farklı Na SiO₂ konsantrasyonu (0, 50, 100 mg L⁻¹) kullanılarak kuraklık toleransı üzerine etkileri araştırılmış olup, bulgular aşağıda verilmiştir.

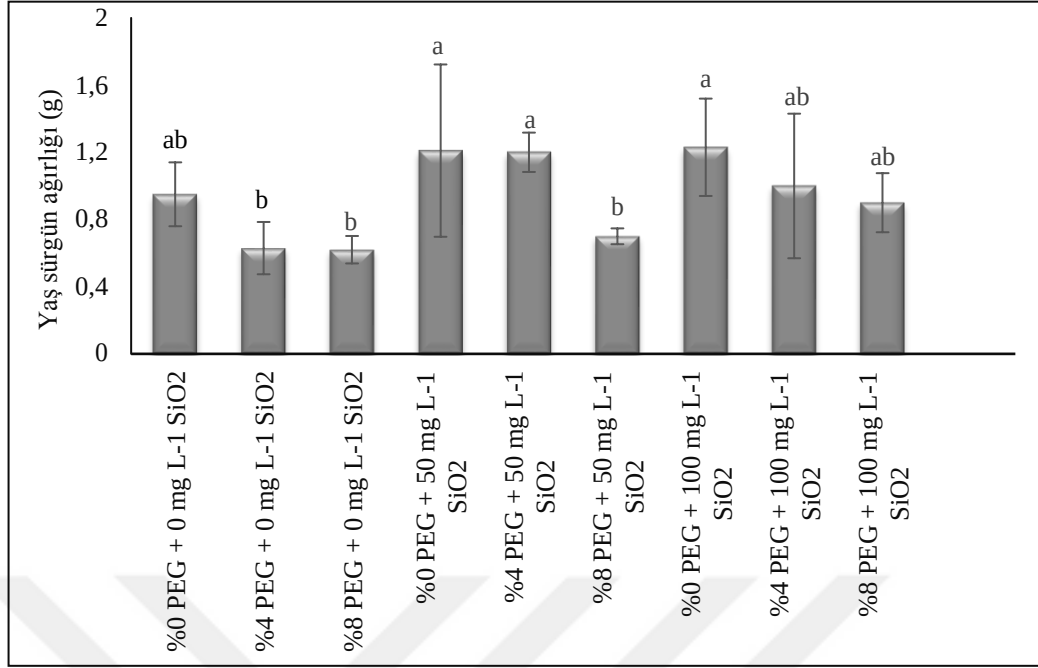
4.1. Sürgün ağırlığı (g)

Araştırmada ele alınan, 3 farklı PEG 6000 konsantrasyonu (%0, 4, 8) ile iki farklı Na SiO₂ konsantrasyonunun (0, 50, 100 mg L⁻¹) çilek bitkisinde sürgün ağırlığı üzerine etkisinin önemli olduğu görülmüştür (P<0.05). Şekil 4.1.'de görüldüğü üzere en yüksek sürgün ağırlığı 1,227 g ile %0 PEG +100 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasında en düşük sürgün ağırlığı ise 0,62 g ile %8 PEG+0 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasında ölçülmüştür. Si uygulamalarının uygulandığı uygulama gruplarında sürgün ağırlığı artış eğilimi göstermiştir.

Mozafari ve ark., (2018) *in vitro* yürüttükleri bir çalışmada, demir nanopartikül ve salisilik asidin çilek bitkisinde kuraklık toleransı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Kurak koşulların çilek bitkisinde gelişimi olumsuz yönde etkilediğini, salisilik asidin bu olumsuz yönleri telafi edebileceğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda en yüksek sürgün ağırlığı 0,77 g, en düşük değer ise 0,11 g olarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonucu istatistiksel olarak değerlendirildiğinde salisilik asit uygulamalarının sürgün ağırlığını olumlu ölçüde artırdığı görülmektedir.

Yassen ve ark.,(2017) yılında yürüttükleri bir çalışmada , salatalık bitkisi üzerinde farklı dozlarda silikon oksit uygulaması yapmışlar ve büyüme parametrelerini değerlendirmişlerdir. 60 mg L⁻¹ silikon oksit uygulaması bütün parametrelerde olumlu sonucu vermiştir. Sürgün ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde ise 64,5 cm ile en yüksek ölçüm değeri saptanmıştır.

Literatür çalışmalarından elde edilen sonuçlar ile çalışmamızdan elde edilen sonuçlar mukayese edildiğinde birbirine benzer sonuçlar olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının sürgün ağırlığına olan etkisi

4.2. Kök ağırlığı (g)

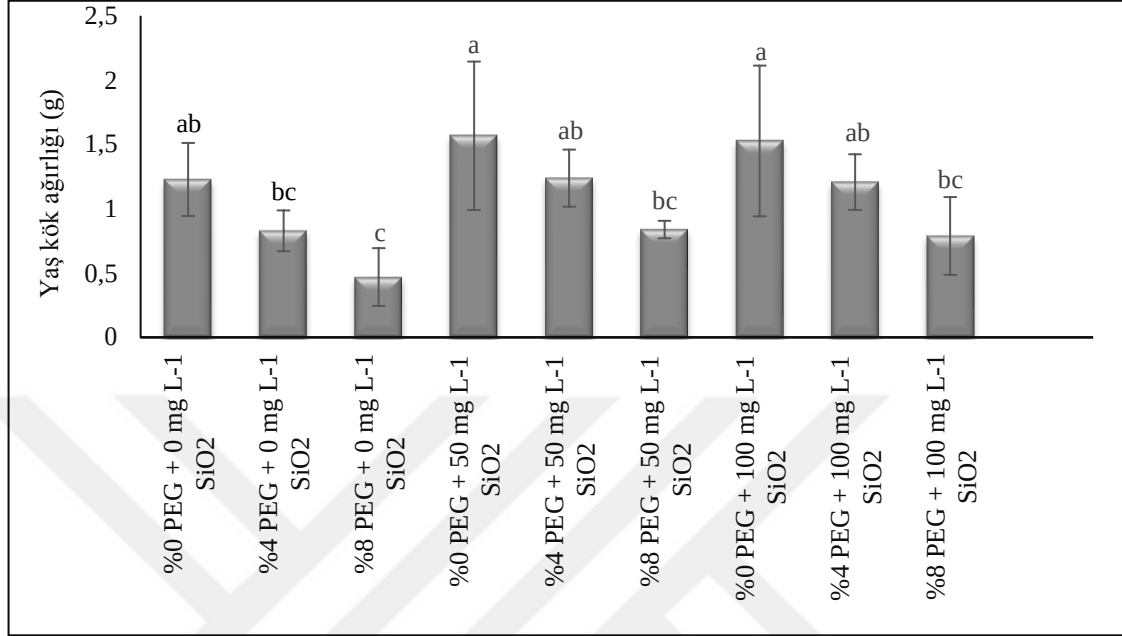
Kök yaş ağırlığı üzerine farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Şekil 4.2 'de görüleceği gibi en yüksek değere %0 PEG + 50 mg L⁻¹ uygulamasında (1,567 gr) ölçülmüş, buna paralel olarak % 0 PEG + 100 mg L⁻¹ SiO₂ (1,533 gr) kök ağırlığı olarak hemen hemen aynı etkiyi yaratmıştır. En düşük sürgün ağırlığına ise %8 PEG + 0 mg L⁻¹ SiO₂ (0,473 gr) uygulamasında rastlanmıştır.

Oral ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada, silisyumun fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) tuz (NaCl) stresini azaltmadaki etkisini incelemişlerdir. Silisyumun uygulamaları yönünden incelendiğinde en yüksek yaş ve kuru kök ağırlıkları sırasıyla 2.58 ve 0.24 g ile 200 ppm,, en düşük değerler (2.13 ve 0.18 g) ile kontrol uygulamalarından elde edilmiştir. Demir ve ark. (2013) fasulye bitkisinde yaptıkları bir çalışmada silisyum uygulamalarının kök ağırlığı yönünden benzer bulgulara rastladıklarını belirtmişlerdir.

Korkmaz (2018) yaptığı bir çalışmada farklı sulama rejimleri ve kimyasal solüsyonların ve aralarındaki interaksiyonların kök kuru ağırlığı üzerine etkilerini önemli bulmuştur. Kök kuru ağırlığı sulama düzeyi azalmasıyla birlikte azalmıştır. Diğer yandan Ha(Humik asit), Si ve Ha + Si uygulamalarının kontrol grubuna göre önemli derecede bir artış meydana getirmedikini bildirmiştir.

Mozafari ve ark., (2018) yürüttükleri bir çalışmada, çilek bitkisinde salisilik asit ve demir nanopartiküllerin *in vitro* koşullarda kuraklık toleransı üzerine etkilerini incelemişlerdir. En yüksek değer 0,41 g olarak ölçülmüştür. Çalışma sonucunda ise Salisilik asit ve nano partüllerin kök uzunluğunu önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir.

Dehghanipoodeh ve ark., (2016) yaptıkları bir çalışmada Si uygulamalarının kök ağırlığını ve verimi artırdığını bildirmişlerdir. En yüksek kök ağırlığı 7,60 g ile 15Mm SiO₂ uygulamasında , en düşük kök ağırlığına ise 4,08 g ile kontrol grubunda rastlandığını bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.2. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının kök ağırlığına olan etkisi

4.3. Sürgün uzunluğu (mm)

Araştırmamızda farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının sürgün uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Şekil 4.3’de görüldüğü üzere, sürgün uzunluğu bakımından en yüksek değer %0 PEG + 50 mg L⁻¹ uygulamasından (57,85 mm) elde edilirken, en düşük değer ise % 8 PEG + 0 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilmiştir (18,53 mm).

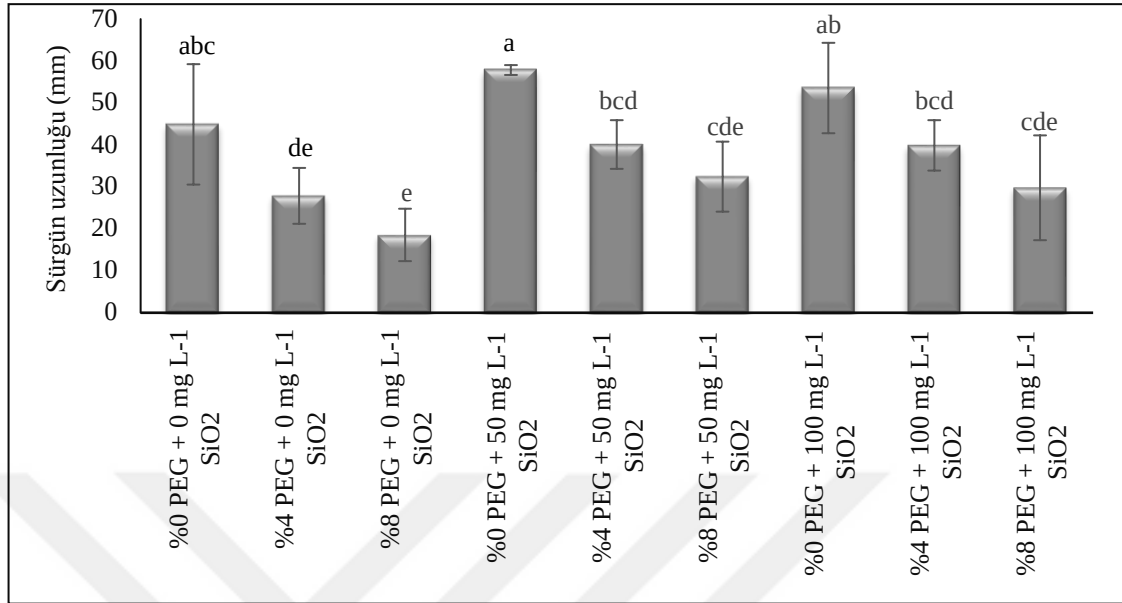
Oral ve ark (2020), yaptıkları bir çalışmada, fasulye bitkilerini ön silisyum uygulamalarına maruz bırakmışlardır. En uzun gövde (43,0 cm) 100 ppm “Si” dozundan ölçülürken, en düşük gövde uzunluğu ise (23.8 cm) “Si” uygulanmayan kontrol bitkilerinden elde edilmiştir.

Mozafari ve ark. (2018) yaptıkları bir çalışmada, *in vitro* koşullarda çilek bitkisinde yürüttükleri bir çalışmada salisilik asit ve nanopartiküllerin kullanımının sürgün uzunluğu üzerine olumlu etki yarattığını bildirmişlerdir.

Dehghanipoodeh ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada, Si uygulamaları uygulanan gruplarda, sürgün uzunluğunda artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Yapılan diğer bir çalışmada Silisyum x Tuz interaksyonu sonuçlarında en uzun gövde 54.3 cm ile 100 ppm Si ve x 0 mM (kontrol) NaCl uygulamasından alınırken, 21.0

cm ile en düşük gövde uzunluğu değeri kontrol grubu ve tuzun 150 mM dozundan elde edilmiştir (Horoz ve Korkmaz 2014).



Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının sürgün uzunluğuna olan etkisi

4.4. Kök uzunluğu (mm)

Bitki kökleri, bitkinin toprağa tutunmasını sağlamak, su ve besin elementlerinin taşınımına yardımcı olmak ve salgıladıkları bir takım yararlı hormonlar sebebiyle bitki için önemli bir organdır. Ayrıca su, besin maddesi, tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarında, bitkinin zarar görmemesi için bazı sinyalleri gövdeye göndermek suretiyle, toprak üstü aksamın bu olumsuz koşullara uyması için gerekli önlemleri almasını sağlamaktadır. Sağlıklı bir kök gelişimi bitki için oldukça önemlidir.

Şekil 4.4 kullanılan kimyasal solüsyonların *in vitro* koşullarda kök uzunluğuna olan etkisi istatistikî olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). En yüksek kök uzunluğuna % 0 PEG + 100 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasında (38,01 mm), en düşük kök uzunluğuna ise % 8 PEG + 0 mg L⁻¹ SiO₂ (14,32 mm) uygulamasında rastlanmıştır.

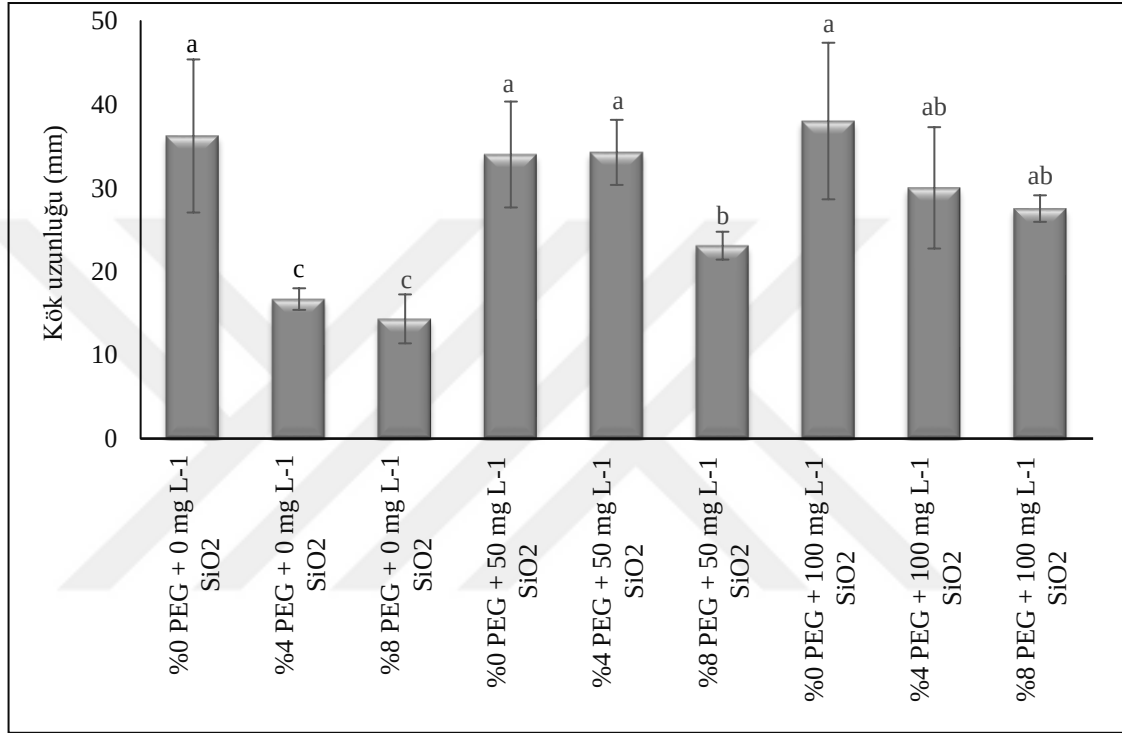
Oral ve ark (2020), yaptıkları bir çalışmada fasulye bitkilerini ön silisyum uygulamalarına maruz bırakmışlardır. Kök uzunluğu parametresi değerlendirildiğinde en yüksek kök değeri 22.3 cm ile 200 ppm silisyum dozunda ölçülmüştür. En düşük kök uzunluğu ise 19.3 cm ile kontrol uygulamalarından alınmıştır.

Mozafari ve ark., (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada, çilek bitkisinin demir nanopartikül ve salisilik asidin *in vitro* koşullarda kuraklık stresi toleransına dayanımı incelenmiş ve en uzun kök uzunluğu 4,39 cm ölçülmüştür. Bütün çalışma gruplarında kuraklık stresi tek başına uygulandığında olumsuz etki yaratmıştır. Ancak salisilik asit ve demir nanopartiküllerle birlikte kök uzunluğu seviyesi artmıştır.

Avcu ve ark (2013), yürüttükleri bir çalışmada SI x Tuz interaksyonu istatistiksel

olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Araştırma sonuçlarına göre en uzun kök uzunluğu 22.3 cm 200 ppm Si ön uygulamasında 100 mM NaCl uygulamasından, en düşük kök uzunluğu ise 18.0 cm ile 0 ppm (kontrol) silisyum ile 150 mM tuz dozunda ölçülmüştür.

Literatür çalışmalarında belirtilen Si uygulamalarının kök uzunluğuna olan etkisi önemli bulunmuştur. Farklı bitkilerde uygulanan Silisyum uygulamalarının kök uzunluğu yönünden elde edilen bulgularıyla, çalışmamızdan elde edilen bulgular birbiriyle benzer sonuçlar vermektedir.



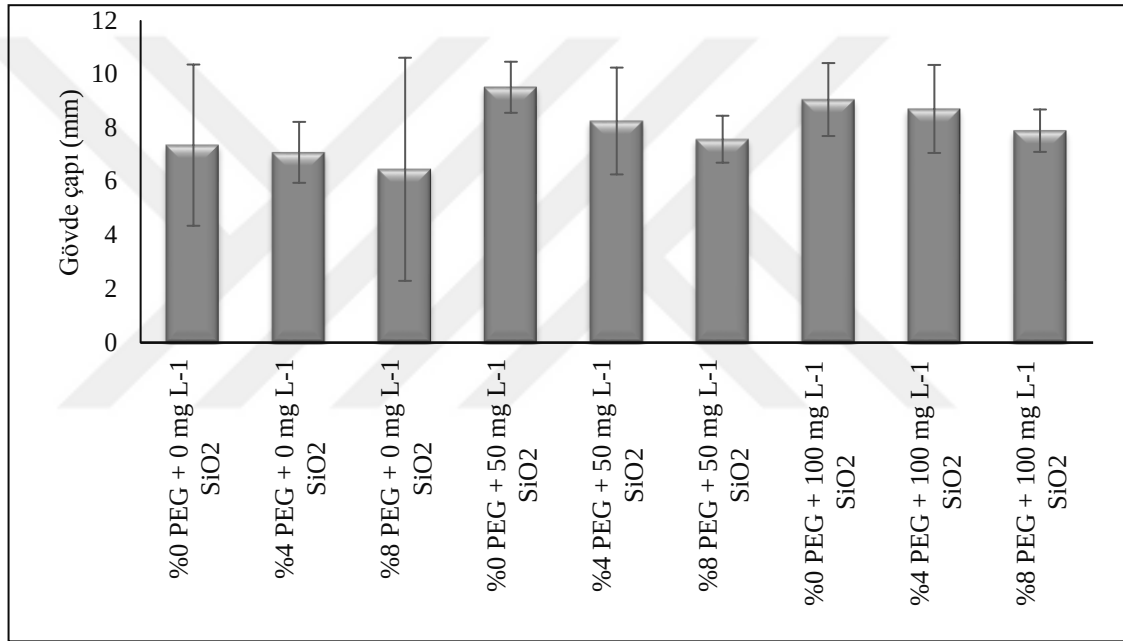
Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının kök uzunluğuna olan etkisi

4.5. Gövde çapı (mm)

Bitkilerde gövdenin temel görevleri arasında, kök ile yapraklar arasında su ve besin alışverişini sağlamak, yaprak ve çiçekleri taşımak ve bitkiye bir duruş kazandırmak olarak ifade edilebilir. Buna ilaveten, vejetatif çoğalma, besin ve su depolama ve tutunma gibi görevleri de bulunmaktadır. Çilek bitkisinde gövde gelişimi diğer bitkilerde olduğu gibi oldukça önemlidir. Gövde çapının azalması bitki gelişimini yavaşlatmaktadır. Çalışmamızda kullanılan farklı konsantrasyonlarda PEG uygulamalarının kuraklık stresine olan toleransı incelendiğinde %0 PEG +50 mg L⁻¹ uygulaması gövde çapı üzerine en yüksek değeri verirken (9,523 mm), %8 PEG+0 mg L⁻¹ SiO₂ uygulaması en düşük ölçüm değerini vermiştir (6,457 mm). Şekil 4.5’ de de görülebileceği gibi %8 PEG uygulanan bitkilerde gövde çapında düşüşe sebebiyet verdiği görülmektedir. Gövde çapındaki daralmayla birlikte bitkide su ve besin elementi taşınımının yavaşlaması ve buna bağlı olarak gelişimin azalması ile birlikte abiyotik koşullara olan tolerans da bu duruma paralel olarak azalmaktadır.

Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının gövde çapı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Şekil 4.5 'de belirtildiği üzere %0 PEG +50 mg L⁻¹ uygulaması gövde çapı üzerine en yüksek değeri verirken (9,523 mm), %8 PEG+0 mg L⁻¹ uygulaması en düşük ölçüm değerini vermiştir (6,457 mm).

Temür (2016) yürüttüğü bir çalışmada, 4 farklı çeltik çeşidine 5 farklı Si uygulaması yapmış ve silisyum uygulamalarının gövde çapı üzerine etkilerini bildirmiştir. Çalışmaya göre, çeşitler arasında gövde çapı 3.30 mm ile 3.74 mm arasında bulunurken, en düşük gövde çapı 3.30 mm ile, en yüksek gövde çapı 3.74 mm ile ölçülmüştür. Silisyum uygulamasının kontrol grubunda gövde çapı 3.59 mm iken, silisyum dozları arttıkça gövde çapında azalmış, ancak silisyumun 200 ppm düzeyinde olmasıyla bir artış meydana gelerek gövde çapı 3.54 mm' ye ulaşmıştır. Ancak bu durum istatistikî açıdan önemsiz bulunmuştur.



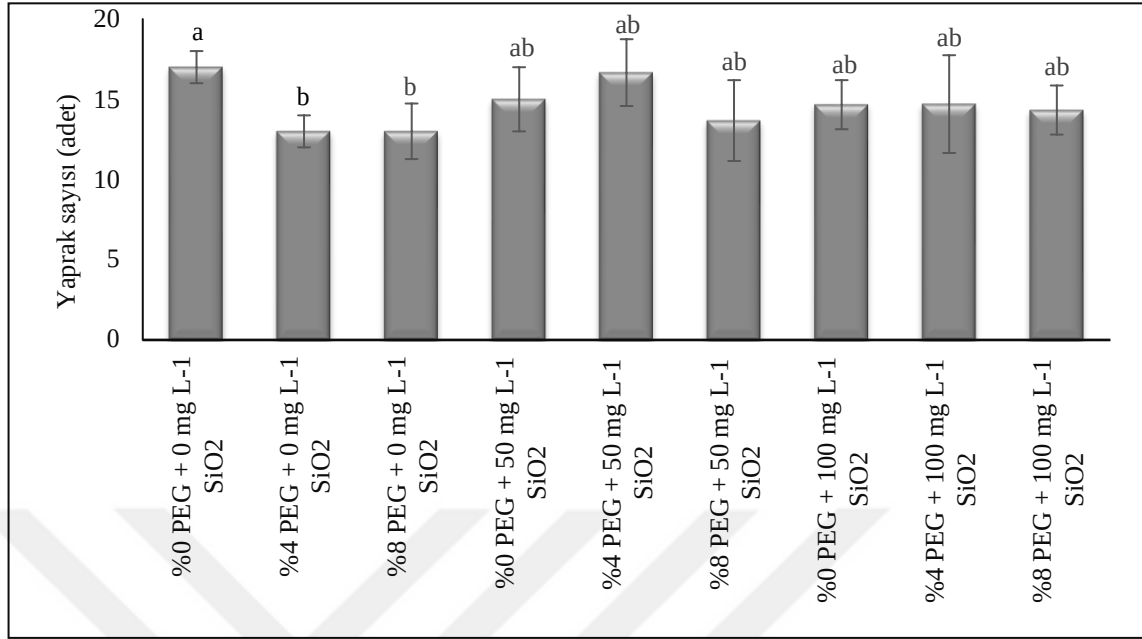
Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının gövde çapı üzerine etkisi

4.6. Yaprak sayısı (adet)

Şekil 4.6'da araştırmamızda farklı dozlarda kullanılan kimyasal solüsyonların yaprak sayısı üzerine etkileri belirtilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde yaprak sayısı üzerine en yüksek değer 17 adet yaprak ile kontrol grubunda görülürken, bu değeri 16,67 yaprak ile %4 PEG+ 50 mg mg L⁻¹ SiO₂ uygulaması takip etmiştir. Yaprak sayısı bakımından en düşük değer ise 13 yaprak ile %8 PEG+0 mg L⁻¹ SiO₂ uygulaması ile %4 PEG+0 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamaları olarak belirlenmiştir.

Yassen ve ark (2017) yılında yaptıkları bir çalışmada, dört farklı silikonoksit dozları kullanmış ve araştırma sonuçlarını istatistiksel olarak değerlendirilmişlerdir. Silikon oksit uygulanan gruplarda büyüme parametreleri olumlu düzeyde artış göstermiştir. Araştırma sonucunda en yüksek yaprak sayısı 60 mg L silikonoksit

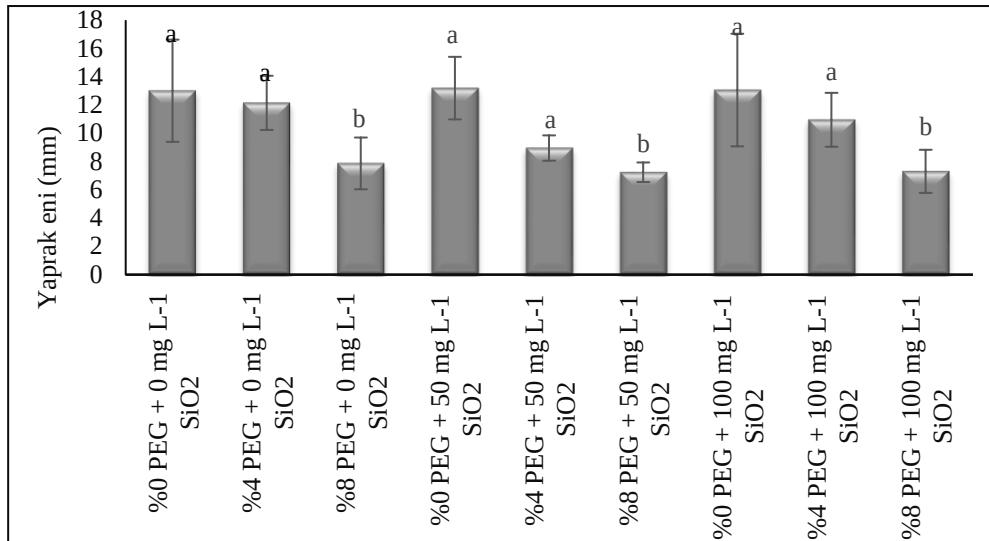
uygulanan grupta (23 yaprak) ölçülmüştür.



Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının yaprak sayısı üzerine etkisi

4.7. Yaprak eni (mm)

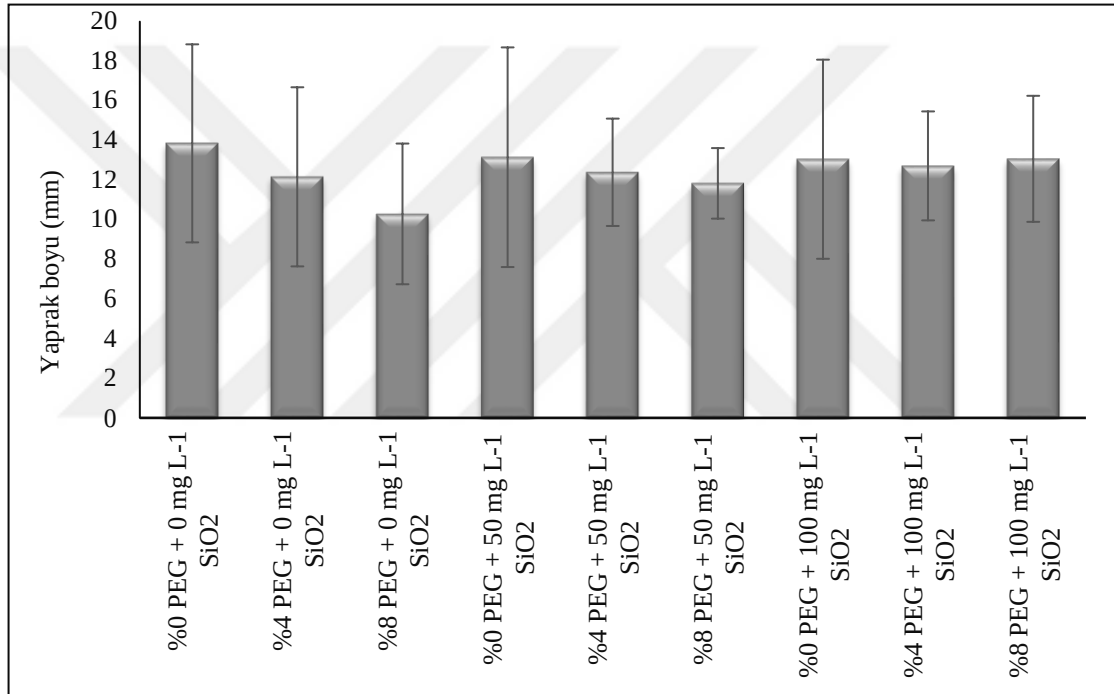
Araştırmamızda kullanılan kimyasal solüsyonlar ve bunlar arasındaki interaksiyonun yaprak eni üzerine etkisi Şekil 4.7’de belirtilmiştir. Kontrol grubu, %0 PEG +50 mg L⁻¹ SiO₂, %0 PEG+100 L⁻¹ SiO₂ ile %4 PEG +100 mg L⁻¹ SiO₂ kimyasal solüsyonları 13,23 mm ile en yüksek değerleri vermiştir. %8 PEG +50 mg L⁻¹ SiO₂ ve %8 PEG +1000 mg L⁻¹ SiO₂ kimyasal solüsyonlarında 7,257 mm ile en düşük yaprak eni değeri ölçülmüştür. Araştırmamız sonuçları PEG konsantrasyonunun %8 oranına yükselmesiyle yaprak eni değeri düşme eğilimine girmektedir. Ayrıca silika kullanımı yaprak eni artışında olumlu etki yaratmaktadır.



Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının yaprak eni üzerine etkisi

4.8. Yaprak boyu (mm)

Şekil 4.8’de farklı konsantrasyonlarda kullanılan kimyasal solüsyonlar ve bunlar arasındaki reaksiyonların yaprak boyu üzerine etkisi gösterilmektedir. Şekil 4.8 incelendiğinde en yüksek değer 13,85 mm ile kontrol grubunda görülürken, en düşük değer 10,30 mm ile %8 PEG +100 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasında ortaya çıkmıştır. Araştırmada ele alınan, 3 farklı PEG 6000 konsantrasyonu (%0, 4, 8) ile iki farklı Na SiO₂ konsantrasyonu (0, 50, 100 mg L⁻¹) çilek bitkisinde, yaprak boyu gelişimde kontrol grubu kadar olumlu etki gösterememiştir.



Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının yaprak boyu üzerine etkisi

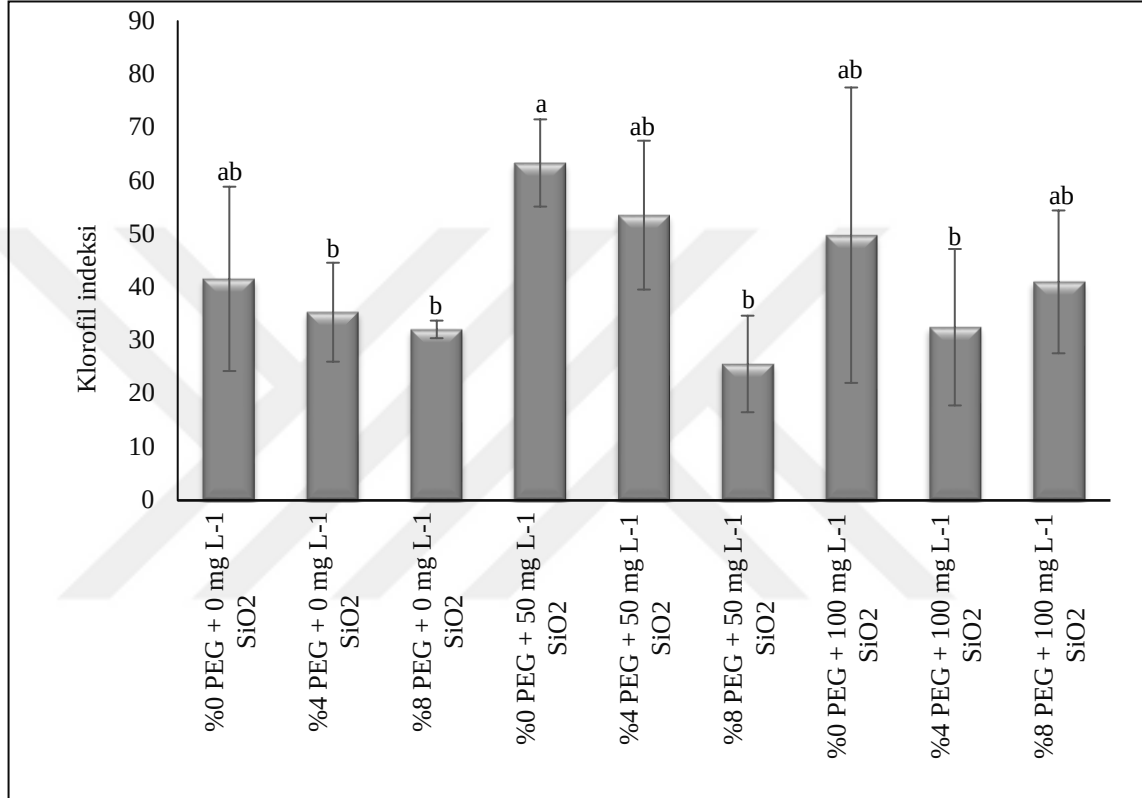
4.9 Klorofil indeksi

Klorofil içeriği bitkinin fizyolojik durumunu göstermektedir. Klorofil a ve klorofil b pigmentleri fotosentez reaksiyonlarında doğrudan görev almaktadır (Demirtaş ve ark. 2009). Klorofil a ışık enerjisini doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürürken, klorofil b ise soğurduğu ışığı klorofil a’ya iletmektedir. Bu pigmentlerin absorpsiyon yörüngeleri fotosentez için en etkin dalga boyunu tayin etme açısından önemlidir.

Bitkilerin güneşten soğurdıkları radyasyon miktarı da yapraktaki fotosentetik miktarla ilişkilidir (Curran ve ark. 1990). Yaprakta bulunan klorofil düzeyi bitki stresi ve yaşlanma ile ilişkili olduğundan klorofil miktarının bitkinin sağlıklı gelişimi için önemi oldukça büyüktür (Hendry ve ark. 1987).

Bitkilerin maruz kaldıkları stres karşısında verdikleri ilk tepki klorofil miktarında azalmaz. Klorofil miktarının belirlenmesi, stres derecesinin tayin edilmesi açısından önemlidir. Klorofil miktarındaki azalma ile birlikte stres şiddeti tespit edileceğinden, bitki kayıplarının önüne geçilebilecektir (Başyigit ve Ersan 2013).

Şekil 4.9’ da farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının klorofil indeksi üzerine etkisi gösterilmektedir. Çalışmamızda en yüksek değer %0 PEG +50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasında ölçülürken (80, 40), en düşük değer (34,21) % 8 PEG + 50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasında ölçülmüştür.



Şekil 4.9.Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının klorofil indeksi üzerine etkisi

4.10 YOSİ

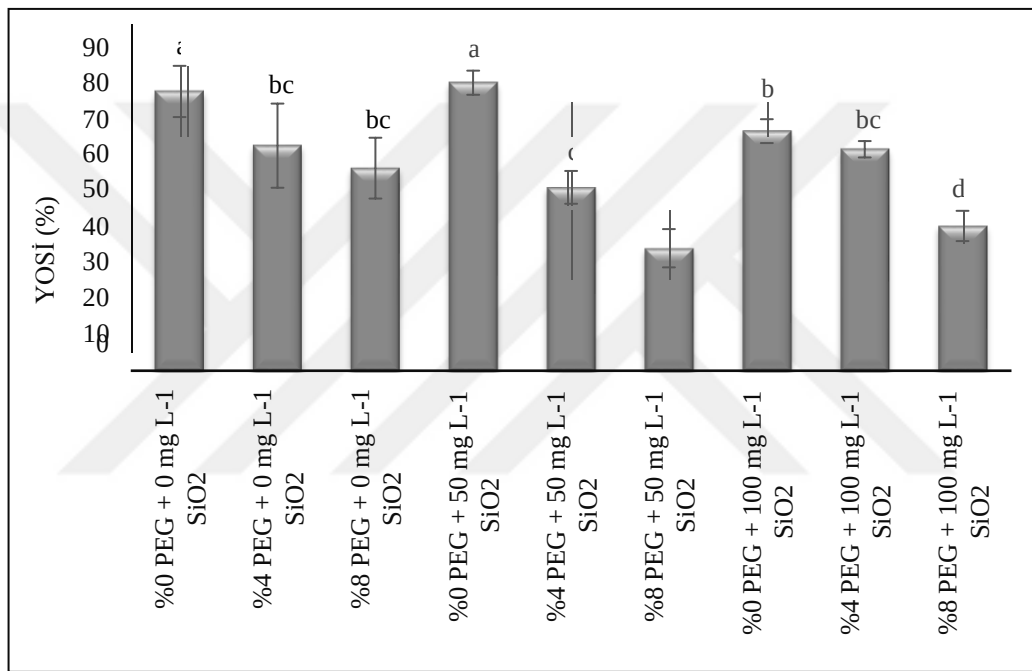
Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının yaprak oransal su içeriğine olan etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Şekil 4.9 incelendiğinde en yüksek değer % 80,40 ile %0 PEG + 50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilirken, kontrol grubu ise % 77,96 ile ikinci sırada yer almaktadır. En düşük değer ise % 34,21 ile %8 PEG + 50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edildiği görülmektedir. Çalışmamız PEG konsantrasyonları arttıkça yaprak oransal su içeriğinin düştüğünü göstermektedir.

Korkmaz (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, sulama rejimindeki azalış yaprak oransal nem değerinde de azalışa neden olmuş, kimyasal solüsyon uygulamaları yaprak oransal neminde kontrol grubuna kıyasla artışa meydana getirmiştir.

Ghaderi ve Siosemardeh (2011)'in tarafından yürütülen bir çalışmada iki farklı çilek çeşidine 4 farklı sulama rejimi uygulamışlardır. En yüksek yaprak oransal su içeriği değerinin kontrol grubundan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Ghaderi ve Siosemardeh (2011) tarafından yürütülen bir diğer çalışmada, iki çilek çeşidinde farklı sulama rejimlerinin etkilerini incelenmiş ve en yüksek yaprak oransal su içeriğini kontrol grubunda bulunmuştur.

Klamkowski ve Treder, (2008) çilekte kuraklık stresi ile yaprak alanının azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmamız ile konu hakkında daha önce yapılan çalışmalar benzer sonuçlar göstermiştir.



Şekil 4.10. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının yaprak oransal su içeriği üzerine etkisi

4.11. SOD VE CAT aktivitesi

Enzimler aktivitelerini, protein yapılarına koenzim ve kofaktör grupları bağlayarak gerçekleştirirler. Kofaktörler metal iyonlarından oluşurlar. Koenzimler ise vitamin gruplarından oluşmaktadırlar (Aksoy 2008). Biyokimyasal reaksiyonlar, enzim koenzimi ve kofaktörü ile birlikte holoenzim adını almaktadır (Gözükara 2011). Kofaktör bulundurmeyen kısmı ise apoprotein adını almaktadır (Keha ve Küfrevioğlu 2000).

Enzimler bağlı oldukları substratlara göre veya görevli oldukları reaksiyonlara göre isimlendirilirler. Örneğin katalaz (CAT), üreaz gibi (Özhan 2014).

Katalaz hidrojen peroksidi su ve oksijene kadar parçalayan antioksidant bir enzimdir (Nancy ve ark. 1999; Gonçalves ve ark. 1999; Chaudiere ve Ferrari-Iliou 1999).

Yüksek konsantrasyonlardaki hidrojen peroksidi indirgeyebilen CAT enzimi, peroksidatif etki göstermek sebebiyle düşük hidrojen peroksit konsantrasyonlarında indirgenmiş fenol ve alkol kullanmaktadır (Chaudiere ve Ferrarilliou 1999; Ahmad 2001).

Süperoksit dismutaz (SOD)süperoksit radikalini, hidrojen peroksit ve moleküler oksijen basamağına kadar parçalayan antioksidan içerikli bir enzim olup reaktif oksijen türlerine karşın ilk savunma hattıdır (Sen ve ark 2010, Sen ve Chakraborty R.2011).

Hidrojen peroksit reaksiyon ortamından CAT enzimi veya Glutasyon peroksidaz (CPx) ile ortamdan uzaklaştırılır (Young IS,ve Woodside JV. 2001).

Serbest radikaller bir elektron kaybetmiş atomlardır. Bu atomlar diğer moleküller ile çok çabuk reaksiyona girerler. Kararlı atomlar çift sayıda elektron taşırlar. Bu elektronlardan başka bir atoma elektron verilirse atomda tek sayıda elektron kalır ve serbest radikallere dönüşür. Serbest radikaller başka biyomoleküllere,hücre ve dokulara zarar vermektedir. Serbest radikaller mutasyonlara, kofaktör bozulmalarına ve protein aktivitelerinin bozulmalarına değin birçok zarar vermektedir. Hidrojen peroksit de reaktif oksijen grubunda olan serbest radikaldır. Dolayısıyla bitki doku ve hücrelerinden uzaklaştırılmaları gerekmektedir.

Na SiO₂ ve PEG uygulamalarının SOD VE CAT aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Şekil 4.10 incelendiğinde en yüksek SOD değeri 218 (U/g TA) ile %8 PEG +100 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasında ölçülürken, 205 (U/g TA) %8 PEG+ 50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulaması istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük değere ise 118 (U/g TA) ile kontrol grubunda rastlanmıştır.

CAT aktivitesi değerleri Şekil 4.11’de görülmektedir. En yüksek değer 0,98 (U/g TA) ile %8 PEG + 100 mg görölürken, en düşük değere ise 0,27 g ile kontrol grubunda rastlanmıştır. %4 PEG+ 0 mg L⁻¹ SiO₂ uygulaması (0,33 g) ve %0 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamaları istatistiki olarak kontrol grubuyla aynı grupta yer almaktadır.

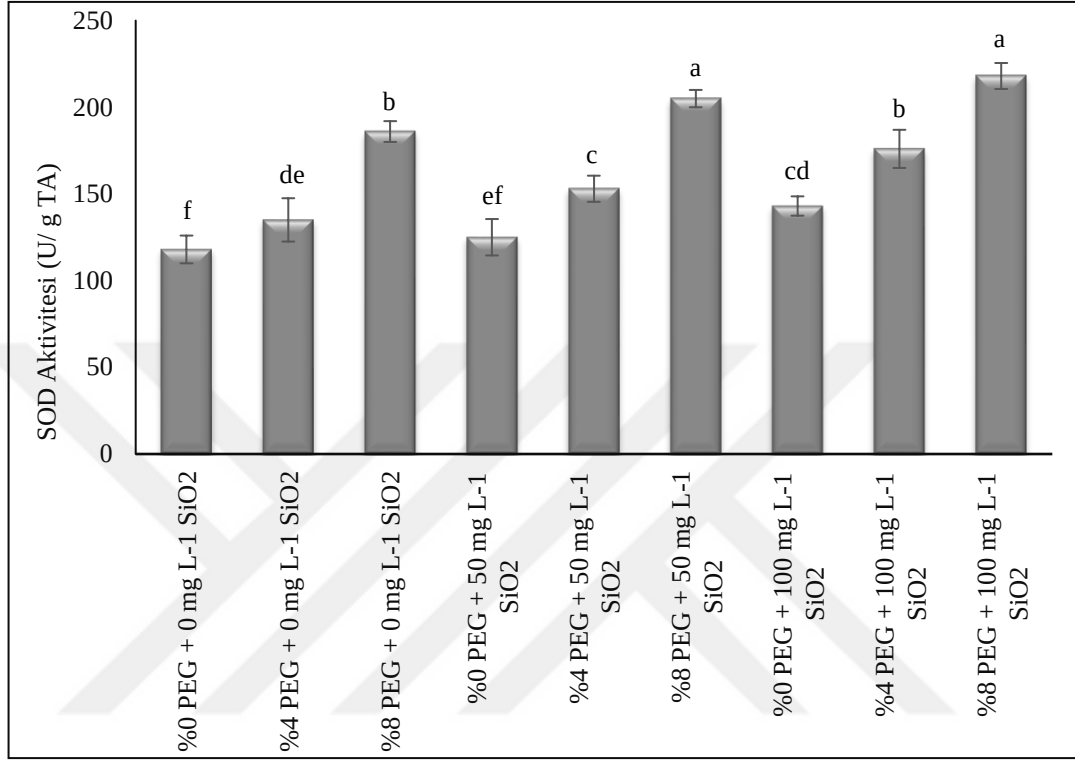
Mozafari ve ark, (2018) yılında yaptıkları bir *in vitro* çalışmada demir nano partikül ve salisilik asidin çilek bitkisinde olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışma SOD aktivitesi olarak değerlendirildiğinde en yüksek değer % 5 PEG+0,05 Mm Sa uygulamasından 1,16 (U/g TA) elde edilirken, en düşük değer ise 0,62 (U/g TA) ile kontrol grubunda ölçülmüştür.

Adak ve ark. (2018) yılında yaptıkları bir *in vitro* çalışmada, kuraklık toleransının çilek bitkisi üzerine etkileri incelemişlerdir. Çalışmada SOD aktivitesi incelendiğinde en yüksek değer % 6 PEG uygulanan grupta görölürken (96,19 U/g TA), en düşük değer kontrol grubunda ölçülmüştür (29,90 U/g TA). CAT aktivitesi incelendiğinde en yüksek değer % 6 PEG uygulamasından, en düşük değer ise kontrol grubundan elde edilmiştir.

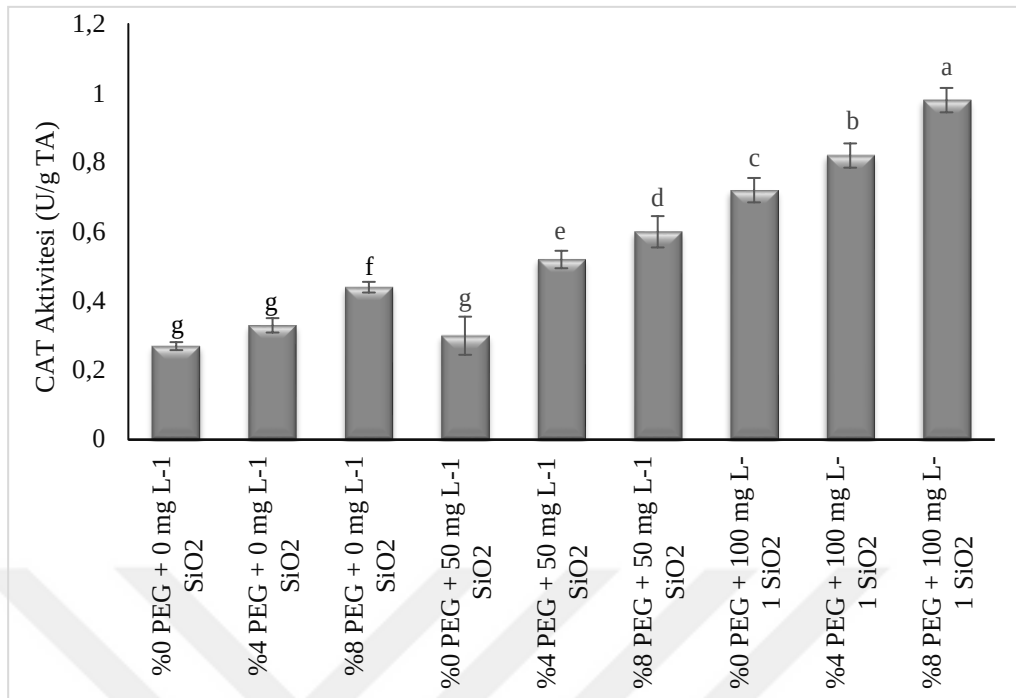
Zhang ve ark . (2005) yılında yaptıkları bir *in vitro* çalışmada, çilek bitkisinin gümüş nitrata olan tepkisini incelemişlerdir. Araştırmada SOD ve CAT değerleri incelenmiş ve sonuçlar istatistiksel olarak incelenmiştir. SOD aktivitesi bakımından en en yüksek değer 1,0 mg L⁻¹ gümüş nitrat uygulanan grupta ölçülürken (326,27 U/g TA), en düşük değer 290,51 U/g TA ile kontrol grubunda ölçülmüştür.CAT aktivitesi bakımından incelendiğinde en yüksek değer 1,0 mg L⁻¹ gümüş nitrat uygulanan grupta

ölçülürken (0,67 U/g TA), en düşük değere kontrol grubunda rastlanmıştır (0,26 U/g TA).

Elde edilen bulgular çalışmamızla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.11. Kuraklık stresinin ve Na SiO₂ uygulamasının SOD aktivitesine etkisi



Şekil 4.12 Kuraklık stresinin ve Nano SiO₂ uygulamasının CAT enzim aktivitesine etkisi

6. SONUÇLAR

Gün nötr özelliğe sahip ‘Albion’ çilek çeşidinde *in vitro* kuraklık koşullarında farklı konsantrasyonlarda uygulanan Na SiO₂ uygulamalarının kuraklık stresi üzerine toleransı araştırılmış, aşağıda bildirilen sonuçlar alınmıştır.

1.Yapılan çalışmada Si uygulamaları sürgün ağırlığını etkilemiş ve en yüksek sürgün ağırlığı %0 PEG+100 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından ölçülmüştür.

2.Kök ağırlığı üzerine en yüksek değer %0 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından ölçülmüştür.

3.Sürgün uzunluğu üzerine en yüksek değer %0 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilmiştir.

4.Kök uzunluğu üzerine en yüksek değer %0 PEG+100 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilmiştir.

5.Gövde çapına ait en yüksek değer %0 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilmiştir.

6.En yüksek yaprak sayısı değerine kontrol grubunda rastlanmıştır.

7.Yaprak eni parametreleri incelendiğinde %0 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulaması en başarılı uygulama olmuştur.

8.Yaprak boyu parametreleri incelendiğinde ise en yüksek değer kontrol grubundan ölçülmüştür.

9.Yaprak oransal su içeriğine ait en yüksek değer %0 PEG+50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilmiştir.

10. En yüksek SOD aktivitesi %6 PEG+ 50 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilmiştir.

11.En yüksek CAT aktivitesi %8 PEG + 1000 mg L⁻¹ SiO₂ uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 5.1. Bitki yaş sürgün ve kök ağırlığı, sürgün ve kök boyu ve gövde çapı değerleri

	Uygulamalar	Yaş Sürgün Ağırlığı	Yaş Kök Ağırlığı	Sürgün Boyu	Kök Boyu	Gövde Çapı
1	%0 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	0,95 ab	1,23 ab	44,88 abc	36,22 a	7,36
2	%4 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	0,63 b	0,83 bc	27,84 de	16,69 c	7,09
3	%8 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	0,62 b	0,47 c	18,53 e	14,32 c	6,46
4	%0 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	1,21 a	1,57 a	57,85 a	34,00 a	9,52
5	%4 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	1,20 a	1,24 ab	40,09 bcd	34,26 a	8,26
6	%8 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	0,70 b	0,84 bc	32,42 cde	23,08 bc	7,58
7	%0 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	1,23 a	1,53 a	53,55 ab	38,01 a	9,06
8	%4 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	1,00 ab	1,21 ab	39,88 bcd	30,01 ab	8,71
9	%8 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	0,90 ab	0,79 bc	29,77 cde	27,53 ab	7,90

Çizelge 5.2. Bitki yaprak sayısı, yaprak eni ve yaprak boyu değerleri

	Uygulamalar	Yaprak Sayısı (Adet)	Yaprak Eni (mm)	Yaprak Boyu (mm)
1	%0 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	17,00 a	13,04 a	13,85
2	%4 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	13,00 b	12,18 a	12,16
3	%8 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	13,00 b	7,89 b	10,29
4	%0 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	15,00 ab	13,23 a	13,15
5	%4 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	16,66 ab	8,98 ab	12,39
6	%8 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	13,67 ab	7,26 b	11,83
7	%0 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	14,66 ab	13,09 a	13,05
8	%4 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	14,70 ab	10,98 ab	12,71
9	%8 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	14,33 ab	7,33 b	13,07

Çizelge 5.3. SOD aktivitesi, CAT aktivitesi ve yaprak oransal su içeriği (YOSİ) analizlerine ait değerler

	Uygulamalar	SOD Aktivitesi (U/ g TA)	CAT Aktivitesi (U/g TA)	YOSİ (%)
1	%0 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	118 f	0,27 g	77,96 a
2	%4 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	135 de	0,33 g	62,82 bc
3	%8 PEG + 0 mg L ⁻¹ SiO ₂	186 b	0,44 f	56,55 bc
4	%0 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	125 ef	0,30 g	80,40 a
5	%4 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	153 c	0,52 e	51,19 cd
6	%8 PEG + 50 mg L ⁻¹ SiO ₂	205 a	0,60 d	34,21 e
7	%0 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	143 cd	0,72 c	66,89 b
8	%4 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	176 b	0,82 b	61,84 bc
9	%8 PEG + 100 mg L ⁻¹ SiO ₂	218 a	0,98 a	40,41 de

6. KAYNAKLAR

- Aab, K. (1999). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual review of plant biology*, 50(1), 601-639.
- Aaby, K., Skrede, G., and WROLSTAD, R.E., 2005. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53(10):4032-4040
- Adak, N., Tozlu, I., Nasircilar, A. G., & Ulukapi, K. (2018). In vitro assessment of drought tolerance responses in strawberry. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12B), 9481-9486.
- Agarwal, S., & Pandey, V. (2004). Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. *Biologia Plantarum*, 48(4), 555-560.
- Ağaoğlu, S., 1986. Üzümsü Meyveler. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi yayınları, 984, S: 377.
- Ağaoğlu, Y.S., 1986. Üzümsü Meyveler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 290 s, Ankara.
- Ahmad, S., Anwar, A. and Saleemuddin, M. (2001). Immobilization and stabilization of invertase on *Cajanus cajan* lectin support. *BIORES TECH*, 79(2): 121-127.
- Akbar Mozafari, A., Havas, F., & Ghaderi, N. (2018). Application of iron nanoparticles and salicylic acid in in vitro culture of strawberries (*Fragaria× ananassa* Duch.) to cope with drought stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 132(3), 511-523.
- Aksoy, M., (2008). Beslenme Biyokimyası, 2. Baskı, Hatipoğlu Yayınları, Ankara
- Anonim (2019). <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2015/makaleler/tarim-ve-iklim-degisikligi>
- Anonim, 1998. “1997 yılı çalışma raporu”, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, Antalya, 71s
- Anonim, 2008. Bahçecilik, Çilek Yetiştiriciliği. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Ders Notu.51sy.
- Asada, K. (1999). The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons. *Annual review of plant biology*, 50(1), 601-639.
- Ashraf, M. F. M. R., & Foolad, M. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and experimental botany*, 59(2), 206-216.

- Ashraf, M., Afzal, M., Ahmed, R., Mujeeb, F., Sarwar, A., & Ali, L. (2010). Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Plant and Soil*, 326(1), 381-391.
- Ateş, S. (2015). Nevşehir ili organik çilek yetiştiriciliğinde kullanılabilecek farklı gübre ve malç materyallerinin verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana).
- Avcu S, Akhoundnejad Y, Daggan HY 2013. Domateste Tuz Stresi Üzerine Selenyum ve Silikon Uygulamasının Etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 6 (1): 183-188.
- Avestan, S., Ghasemnezhad, M., Esfahani, M., & Byrt, C. S. (2019). Application of nano- silicon dioxide improves salt stress tolerance in strawberry plants. *Agronomy*, 9(5), 246.
- Azodanlou, R., Darbellay, C., Luisier, J.L., Villettaz, J.C., Amado, R., 2004. Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries. *European Food Research and Technology*, 218 (2), 167-172
- Başayığıt, L., Ersan, R. (2013) Isparta Gülü (*Rosa Damascena* Mill.) Klorofil İçeriğinin Hiperspektral Algılama Teknikleriyle Tahmini.
- Beattie, J., Crozier, A., Duthie, G.G., 2005. Potential health benefits of berries. *Current Nutrition Food Science*, 1 (1), 71-86.
- Blanke, M. M., & Cooke, D. T. (2004). Effects of flooding and drought on stomatal activity, transpiration, photosynthesis, water potential and water channel activity in strawberry stolons and leaves. *Plant Growth Regulation*, 42(2), 153-160.
- Bordonaba, J. G., & Terry, L. A. (2010). Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria* × *ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chemistry*, 122(4), 1020-1026.
- Borkowska, B. (2002). Growth and photosynthetic activity of micropropagated strawberry plants inoculated with endomycorrhizal fungi (AMF) and growing under drought stress. *Acta physiologiae plantarum*, 24(4), 365-370.
- Bota, B. J., Flexas, J., & Medrano, H. (2001). Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Annals of Applied Biology*, 138(3), 353- 361.
- Cakmak, I. (1994). Activity of ascorbate-dependent H₂O₂-scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-and potassium-deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves. *Journal of Experimental Botany*, 45(9), 1259-1266.
- Carrow, RN (1996). Güneydoğudaki çimlerin kuraklığa dayanıklılık yönleri: Kök atış tepkileri. *Crop Science* , 36 (3), 687-694.

- Cassel, A., & Curry, R. (2001). Oxidative stress and physiological, epigenetic and genetic variability in plant tissue culture: implication for micropropagators and genetic engineers. *Plant, Cell Tissue and Organ Culture*, 64, 145-157.
- Caulet, R. P., Gradinariu, G., Iurea, D., & Morariu, A. (2014). Influence of furostanol glycosides treatments on strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) growth and photosynthetic characteristics under drought condition. *Scientia Horticulturae*, 169, 179-188.
- Cemeroğlu, B., 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 1. Cilt. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 35, Ankara, 77-88.
- Chandler, C.K., Herrington, M., And Slade, A., 2003. Effect of harvest date on soluble solids and titratable acidity in fruit of strawberry grown in a winter, annual hill production system, *Acta Hort.*, 626:345-346
- Chaudière, J., and Ferrari-Iliou, R. (1999). Intracellular antioxidants: from chemical to biochemical mechanisms, *F*, 37(9-10): 949-62.
- Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P. P., Osório, M. L., ... & Pinheiro, C. (2002). How plants cope with water stress in the field Photosynthesis and growth. *Annals of botany*, 89(7), 907-916.
- Chen, W., Yao, X., Cai, K., & Chen, J. (2011). Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. *Biological trace element research*, 142(1), 67-76.
- Curran, P.J., J.L. Dungan, and H.L. Gholz. 1990. Exploring the relationship between reflectance red edge and Chl content in slash pine. *Tree Physiol.* 7:33–48.
- De Ribou, S. D. B., Douam, F., Hamant, O., Frohlich, M. W., & Negrutiu, I. (2013). Plant science and agricultural productivity: why are we hitting the yield ceiling *Plant Science*, 210, 159-176.
- Dehghanipoodeh, S., Ghobadi, C., Baninasab, B., Gheysari, M., & Bidabadi, S. S. (2016). Effects of potassium silicate and nanosilica on quantitative and qualitative characteristics of a commercial strawberry (*fragaria× ananassa* cv. 'camarosa'). *Journal of Plant Nutrition*, 39(4), 502-507.
- Demir, S., Ellialtıoğlu, Ş., Yaşar, F., Kuşvuran, Ş., Yücer, M., Türközü, D. (2012). Tuz stresi uygulanmış yerli kavun aksesyonlarına ait fidelerde iyon dağılımının incelenmesi. *Nevşehir Üniv. Fen Bil. Enst. Dergisi*
- Demiral, T., & Türkan, I. (2005). Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and experimental botany*, 53(3), 247-257.

- Demirsoy, L., Öztürk, A., Serçe, S. (2012). Çileklerde (Fragaria) Çiçeklenme İle Fotoperiyot Arasındaki İlişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 110-119.
- Demirtaş, N. M., Kırnak, H., 2009. Kayısıda Farklı Sulama Yöntemleri ve Aralıklarının Fizyolojik Parametrelere Etkisi. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 19(2), 79-83.
- Ekmekçi, T , Geren, H . (2013). Kısıtlı Su ve Jel Uygulamalarının Yemlik Bakla (Vicia faba var. minor L.)'da Hasıl Verimi ve Bazı Verim Özellikleri Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* , 50 (3) , 0-0 .
- Erdem, S. Ö., Çekiç, Ç. Geçmişten Günümüze Çilek Islahı. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(3), 105-115.
- Erenoğlu, B., Erbil, Y., Ufuk, S., 2000. Melezleme yolu ile elde edilen bazı çilek çeşitlerinin in vitro şartlarda tuza (NaCl) mukavemetleri üzerine araştırmalar. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bilimsel Araştırma ve Güncelemeler, Yayın No:130 36 s, Yalova,
- FAO, (2019). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/> Erişim tarihi: 01.10.2019.
- Özhan, F. (2014). Katalaz aktivitesi üzerine cyprodinil ve fludioxonil pestisitlerin etkisi (Yüksek lisans tezi, Adıyaman Üniversitesi 47 s.
- Fernandez-Conde, M. E., De La Haba, P., Gonzalez-Fontes, A., & Maldonado, J. M. (1998). Effects of drought (water stress) on growth and photosynthetic capacity of cotton (Gossypium hirsutum L.). In *5th Internet World Congress for Biomedical Sciences* (pp. 7-16).
- Filiz, B.E., Seydim, A.C., 2014. Bazı Kurutulmuş Meyvelerin Antioksidan Özellikleri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(3):128-131.
- Fitiyani, H. P., & dan Haryanti, S. (2016). The effect of using nano-silica fertilizier on growth tomato plant (Solanum lycopersicum) var. Round. *Bulletin Anatomi dan Fisiologi*, 24(24), 34-41.
- Flexas, J., Bota, J., Escalona, J. M., Sampol, B., & Medrano, H. (2002). Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. *Functional Plant Biology*, 29(4), 461-471.
- Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J. F., & Dommes, J. (2002). Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regulation*, 37(3), 263-285.
- Geçer, M. K. (2019). Humik Asit Uygulamalarının Bazı Çilek Çeşitlerinin Meyve Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(1), 21-27.

- Gehrmann H. 1985. Growth, yield and fruit quality of strawberries as affected by water supply. *Acta Hort.* 171: 463-469.
- Ghaderi, N., & Siosemardeh, A. (2011). Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52(1), 6-12.
- Gowayed, M. H., Al-Zahrani, H. S., & Metwali, E. M. (2017). Improving the salinity tolerance in potato (*Solanum tuberosum*) by exogenous application of silicon dioxide nanoparticles. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(1).
- Grant, O. M., Johnson, A. W., Davies, M. J., James, C. M., & Simpson, D. W. (2010). Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria× ananassa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 68(3), 264-272.
- Guerriero, G., Hausman, J. F., & Legay, S. (2016). Silicon and the plant extracellular matrix. *Frontiers in plant science*, 7, 463.
- Gürel, A., R. Avcıoğlu. 2001. Bitki Biyoteknolojisi, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. S.Ü Vakfı Yayınları, 21:297
- Hale, M.G., And D.M. Orcutt. 1987. *The Physiology of Plants Under Stress*, p.206
- Hancock, J.F. 1999. Strawberries. *Crop production science in hoticulture*, ISBN 0-85199-339-
- Hendry, G.A.F., J.D. Houghton, and S.B. Brown. 1987. The degradation of chlorophyll-A biological enigma. *New Phytol.* 107:255–302.
- Horoz A, Korkmaz A 2014. Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Tuz Stresinin Azaltmada Silisyumlu Gübrelerin Etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20:215 229.Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 30-45.
- Huang, B. ve Gao, H. (1999). Kuraklık stresine karşı çeşitli uzun çayır bitkilerinin fizyolojik tepkileri. *HortScience* , 34 (5), 897-901.
- <https://dergipark.org.tr/tr/pub/zfdergi/issue/40172/477918>
- <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2015/makaleler/tarim-ve-iklim-degisikligi>
- In VI International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climate: Product and Process Innovation 614 (pp. 605-611).
- Janick, J., Moore, J.N., 1996. *Fruit breeding Vol. II. Vine and small fruits*. Wiley, New York, 477p.

- Jensen, N. L., Jensen, C. R., Liu, F., Petersen, K. K. (2009). Water relations and abscisic acid in pot-grown strawberry plants under limited irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(5), 574-580.
- Jiang, Y. ve Huang, B. (2001). Antioksidan metabolizması ve lipid peroksidasyonu ile ilişkili olarak iki soğuk mevsim çim çimeninde kuraklık ve ısı stresi hasarı. *Mahsul bilimi* , 41 (2), 436-442.
- Jones, H.G., *Plants and Microclimate*, Cambridge University Press, Cambridge, (1992).
- Kafkas, E. (2016, August). Strawberry growing in Turkey: current status and future prospects. In *VIII International Strawberry Symposium 1156* (pp. 903-908).
- Kafkas, E., Koşar, M., Paydaş, S., Kafkas, S., Başer, K.H.C., 2007. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. *Food Chemistry*, 100 (3), 1229-1236.
- Kähkönen, M.P., Hopia, A.I. And Heinonen, M., 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8):4076-4082.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekci, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi University Journal of Science*.
- Kanber, R., Baştuğ, R., Büyüktaş, D., Ünlü, M. ve Kapur, B., 2010, Küresel İklim Değişikliğinin Su Kaynakları ve Tarımsal Sulamaya Etkileri, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara, s:83- 118.
- Karimi, J., & Mohsenzadeh, S. (2016). Effects of silicon oxide nanoparticles on growth and physiology of wheat seedlings. *Russian Journal of plant physiology*, 63(1), 119-123.
- Keutgen, A. J., Pawelzik, E. (2008). Quality and nutritional value of strawberry fruit under long term salt stress. *Food chemistry*, 107(4), 1413-1420.
- Khan, A. N., Qureshi, R. H., & Ahmad, N. (2004). Salt tolerance of cotton cultivars in relation to relative growth rate in saline environments. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(5), 786-787.
- Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian journal of chemistry*, 12(7), 908-931.
- Klamkowski, K., & Treder, W. (2008). Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 16, 179-188.
- Keha, E. E., Küfrevioğlu Ö. Ğ., (2000). *Biyokimya*, 2. Baskı, Aktif Yayınevi, İstanbul.

- Korkmaz, K. 2018. Çilekte su stresi altındaki bitkiler üzerine hümik asit ve silikonun etkisinin incelenmesi. Doktora tezi, Harran üniversitesi, 45s.
- Koşar, M., Kafkas, E., Paydaş, S., Başer, K.H.C., 2004. Phenolic composition of strawberry genotypes at different maturation stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (6), 1586-1589
- Kozlowski, T.T. and Pallardy, S.G., *Physiology of Woody Plants*, Academic Press, San Diego, (1997).
- Kuşvuran, Ş. (2010). Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 355s.
- Lawlor, D. W. (1995). The effects of water deficit on photosynthesis. *Environment and Plant Metabolism.*, 129-160.
- Lei, Y., Yin, C., Li, C. (2006). Differences in some morphological, physiological, and biochemical responses to drought stress in two contrasting populations of *Populus przewalskii*. *Physiologia Plantarum*, 127(2), 182-191.
- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, p.497.
- Luck, H., 1965, Catalase. In: *Method in enzymatic analysis*, Academic Press, New York, 885-894.
- Lucock M., “Folic acid: nutritional biochemistry, molecular biology, and role in disease processes”, *Molecular Genetics and Metabolism*, 71(1-2), 121-138, 2000.
- Lund, A., P. Blum, D. Bhatramakki, T. Elthon. 1998. Heat Stress Response of Maize Mitochondria. *Plant Physiol.*, 116:1097–1110.
- Lux, A., Luxová, M., Hattori, T., Inanaga, S., & Sugimoto, Y. (2002). Silicification in sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivars with different drought tolerance. *Physiologia Plantarum*, 115(1), 87-92.
- Ma, J. F., & Takahashi, E. (2002). *Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan*. Elsevier.
- Määttä-Riihinen, K.R., Kamal-Eldin, A., And Törrönen, A.R., 2004. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family Rosaceae). *J Agric Food Chem.*, 52(20):6178- 6187.
- Manzer, H., Siddiqui, M., & Al-Whaibi, H. (2014). Role of nano-SiO₂ in germination of tomato (*Lycopersicum esculentum* seeds Mill.). *Saudian Jour. Biological Sciences*, 21, 13-17.
- Mckersie, B.D., And Y.Y. Leshem. 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants, p.256.

- Medrano, H., Escalona, J. M., Cifre, J., Bota, J., & Flexas, J. (2003). A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology*, 30(6), 607-619.
- Moradtalab, N., Hajiboland, R., Aliasgharzad, N., Hartmann, T. E., & Neumann, G. (2019). Silicon and the association with an arbuscular-mycorrhizal fungus (*Rhizophagus clarus*) mitigate the adverse effects of drought stress on strawberry. *Agronomy*, 9(1), 41.
- Mozafari, A., Havas, F., & Ghaderi, N. (2018). Application of iron nanoparticles and salicylic acid in in vitro culture of strawberries (*Fragaria× ananassa* Duch.) to cope with drought stress. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 132(3), 511- 523.
- Munné-Bosch, S., Peñuelas, J. (2004). Drought-induced oxidative stress in strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) growing in Mediterranean field conditions. *Plant Science*, 166(4), 1105-1110.
- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. Arevised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant* 15:473– 497
- Natsheh, B., Abu-Khalaf, N., & Mousa, S. (2015). Strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) plant productivity quality in relation to soil depth and water requirements. *International Journal of Plant Research*, 5(1), 1-6.
- Naumann, W.D., Seipp, D., 1989. Erdbeeren. Ulmer Verlag, Stuttgart, 373s.
- Nancy, J., Brown-Peterson., Salin, M. L. (1995). Purification and Characterization of a Mesohalic Catalase from the Halophilic Bacterium *Halo bacterium halobium* (177), No. 2 *Journal of Bacteriology*, Jan., 378–384.
- Neri, D., Lodolini, E. M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G., & Zucconi, F. (2002). Foliar application of humic acids on strawberry (cv Onda). *Acta horticulturae*, 297-302.
- Nezhadahmadi, A., Faruq, G., Rashid, K. (2015). The impact of drought stress on morphological and physiological parameters of three strawberry varieties in different growing conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 52(1).
- Nizamlioğlu, N. M., Nas, S., 2010. Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Electronic Journal of Food Technologies*, 5(1):20-35.
- Oral E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., Kulaz, H. (2020). Silisyumun Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Tuz (NaCl) Stresini Azaltmadaki Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1616-1625.

- Oszmianski, J., Wojdylo, A., 2009. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *European Food Research and Technology*, 228(4):623-631.
- Örs., S. & Ekinçi, M. (2015). Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32(2), 237-250.
- Özcan S., Babaoğlu, M., Gürel, E., 2004. Bitki Biyoteknolojisi Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları, S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya.
- Özdemir, E., 1999. Çilek Yetiştiriciliği. T.C Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Teşilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Yayım Dairesi Başkanlığı. Ankara
- Özgen, M., 2006. Ahududunun antikanser özelliği. *Hasad-Gıda*, 21,252:14-15
- Özkaynak, E., Samancı, B. (2016). Mikroçoğaltımda Çevresel Kontrol Faktörleri. *Derim*, 20(1), 7-18.
- Özlü, H. (2007). Kuraklık ve su yönetimi. İklim Değişimi ve Su Ekonomisi Paneli, 17.
- Özlü, H., 2007, Kuraklık ve Su Yönetimi, İklim Değişimi ve Su Ekonomisi Paneli G.Ü. Bilim ve Teknoloji Stratejileri Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Perin, E. C., da Silva Messias, R., Borowski, J. M., Crizel, R. L., Schott, I. B., Carvalho, I. R. And Galli, V. (2019). ABA-dependent salt and drought stress improve strawberry fruit quality. *Food chemistry*, 271, 516-526.
- Perkins-Veazie P. (1995) Growth and ripening of strawberry fruit. *HortRev* 17, 267-297
- Pinheiro, C., Passarinho, J. A., & Ricardo, C. P. (2004). Effect of drought and rewatering on the metabolism of *Lupinus albus* organs. *Journal of plant physiology*, 161(11), 1203-1210.
- Pirker, K. F., Goodman, B. A., Pascual, E. C., Kiefer, S., Soja, G., & Reichenauer, T. G. (2002). Free radicals in the fruit of three strawberry cultivars exposed to drought stress in the field. *Plant Physiology and Biochemistry*, 40(6-8), 709-717.
- Qin, Y., Zhang, S., Zhang, L., Zhu, D., & Syed, A. (2005). Response of *in vitro* strawberry to silver nitrate (AgNO₃). *HortScience*, 40(3), 747-751.
- Razavi, F., Pollet, B., Steppe, K., & Van Labeke, M. C. (2008). Chlorophyll fluorescence as a tool for evaluation of drought stress in strawberry. *Photosynthetica*, 46(4), 631-633.
- Reynolds, G.H., 2002. Forward to the future MATERtechnology and regulatory policy. *Pacific Res. Inst.*, 24: 1-23

- Rizwan, M., Ali, S., Ibrahim, M., Farid, M., Adrees, M., Bharwana, S. A., ... & Abbas, F. (2015). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(20), 15416- 15431.
- Rosmarkam, A., & Yuwono, N. W. (2002). Soil fertility science. Kanisius. Yogyakarta.[Indonesia]. pp 86-89.
- Sánchez, F. J., De Andres, E. F., Tenorio, J. L., & Ayerbe, L. (2004). Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Research*, 86(1), 81-90.
- Sánchez-Rodríguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L. M., Blasco, B., Rios, J. J., Rosales, M. A., ... & Ruiz, J. M. (2010). Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant science*, 178(1), 30-40.
- Seeman, J. R., & Critchley, C. (1985). Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt sensitive species. *Phaseolus vulgaris*, 161-162.
- Seleiman, M. F., Refay, Y., Al-Suhaibani, N., Al-Ashkar, I., El-Hendawy, S., & Hafez, E. M. (2019). Integrative effects of rice-straw biochar and silicon on oil and seed quality, yield and physiological traits of *Helianthus annuus* L. grown under water deficit stress. *Agronomy*, 9(10), 637.
- Sen S, Chakraborty R, Sridhar C, Reddy YSR, De B. Free radicals, antioxidants, diseases and phytomedicines: Current status and future prospect. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2010; 3(1): 91-100
- Sen S, Chakraborty R. The Role of Antioxidants in Human Health. American Chemical Society, *Oxidative Stress: Diagnostics, Prevention and Therapy*. Chapter 1: 1-37. 2011.
- Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Eneji, A. E., & Li, J. (2010). Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Journal of plant physiology*, 167(15), 1248-1252.
- Singh, S., Singh, R.P., 2008. *In Vitro* Methods of Assay of Antioxidants: An Overview. *Food Rev Int.*, 24(4):392-415.
- Siddiqui, M. H., Al- Whaibi, M. H., Faisal, M., & Al Sahli, A. A. (2014). Nano- silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on *Cucurbita pepo* L. *Environmental toxicology and chemistry*, 33(11), 2429-2437.

- Singer, S. M., Helmy, Y. I., Karas, A. N., & Abou-Hadid, A. F. (2002, March). Influences of different water-stress treatments on growth, development and production of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.).
- Šircelj, H., Tausz, M., Grill, D., & Batič, F. (2007). Detecting different levels of drought stress in apple trees (*Malus domestica* Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters. *Scientia Horticulturae*, 113(4), 362-369.
- Sivritepe, H. Ö., Sivritepe, N., Eriş, A., & Turhan, E. (2005). The effects of NaCl pre-treatments on salt tolerance of melons grown under long-term salinity. *Scientia Horticulturae*, 106(4), 568-581.
- Sowik, I., Borkowska, B., & Markiewicz, M. (2016). The activity of mycorrhizal symbiosis in suppressing *Verticillium* wilt in susceptible and tolerant strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) genotypes. *Applied soil ecology*, 101, 152-164.
- Sun, C. H., Wang, D., Hu, Y. L., Li, X. H., Zhang, W. D., Sun, J., and Gao, X. L. (2013). Effects of salicylic acid on physiological characteristics of strawberry leaves under drought stress. *Eur J Hortic Sci*, 78(3), 106-111.
- T.C. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012. Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu. Çilek yetiştiriciliği. <http://www.alata.gov.tr/?p=499>. Erişim, 03.08.2012.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). Abiotic stress. *Plant physiology and development* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc, 730-731.
- Temür, G. (2016). Bazı Çeltik (*Oryza Sativa* L.) Çesitlerinde Silisyumun Verim, Verim Öğeleri ve Kaliteye Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Ordu, 70 s.
- Tuik (2016) Tarımsal Veriler. Türkiye İstatistik Kurumu. Available via http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=10016
- Türemiş, N., Ağaoğlu, Y. S., 2013. Çilek. Üzümsü Meyveler, Editörler: Ağaoğlu, S. ve R., Gerçekcioğlu, Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, No:1, Ankara, s. 57-120.
- Türemiş, N., Özgüven, A.I., Paydaş, S., 2000. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Çilek Yetiştiriciliği. Tübitak Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları. Adana, 36s.
- Van Breusegem, F., Vranová, E., Dat, J. F., and Inzé, D. (2001). The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science*, 161(3), 405-414.

- Virgona, J. M., & Barlow, E. W. R. (1991). Drought stress induces changes in the non-structural carbohydrate composition of wheat stems. *Functional Plant Biology*, 18(3), 239-247.
- Wahid, A., And T. J. Close. 2007. Expression of Dehydrins Under Heat Stress and Their Relationship With Water Relations of Sugarcane Leaves. *Biologia Plantarum*, 51(1):104–109.
- Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, M.R. Foolad. 2007. Heat Tolerance in Plants: An Overview. *Environmental and Experimental Botany*, Doi: 10.1016/J.Envexpbot.2007.05.011
- Wang, S.Y., Lin, H.S., 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2):140-146.
- Werner-Felmayer G., Golderer G., Werner E.R., “Tetrahydrobiopterin biosynthesis, utilization and pharmacological effects”, *Current Drug Metabolism*, 3, 159-173, 2002.
- Xu, Z., & Zhou, G. (2008). Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of experimental botany*, 59(12), 3317-3325.
- Yassen, A., Abdallah, E., Gaballah, M., & Zaghloul, S. (2017). Role of silicon dioxide nano fertilizer in mitigating salt stress on growth, yield and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Int. J. Agric. Res*, 12, 130-135.
- Yassen, A., Abdallah, E., Gaballah, M., & Zaghloul, S. (2017). Role of silicon dioxide nano fertilizer in mitigating salt stress on growth, yield and chemical composition of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Int. J. Agric. Res*, 12, 130-135.
- Yin, L., Wang, S., Liu, P., Wang, W., Cao, D., Deng, X., & Zhang, S. (2014). Silicon-mediated changes in polyamine and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid are involved in silicon-induced drought resistance in *Sorghum bicolor* L. *Plant physiology and biochemistry*, 80, 268-277.
- Young IS, Woodside JV. Antioxidants in Health and Disease. *J Clin Pathol*. 2001; 54(3): 176-186.
- Zahedi, S. M., Abdelrahman, M., Hosseini, M. S., Hoveizeh, N. F., & Tran, L. S. P. (2019). Alleviation of the effect of salinity on growth and yield of strawberry by foliar spray of selenium-nanoparticles. *Environmental Pollution*, 253, 246-258.
- Zahedi, S. M., Moharrami, F., Sarikhani, S., & Padervand, M. (2020). Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. *Scientific reports*, 10(1), 1-18

ÖZGEÇMİŞ

CANAN NİLAY DURAN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2018-2021	Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi
2009-2013	Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tokat

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1-Şener S., Gübbük H., Esen O. ,Demir Kaplan G., **Duran CN** "Bioaktivatör Uygulamasının Papaya (Carica Papaya L.) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi", Iv. Ines Uluslararası Akademik Araştırma Kongresi (Ines - 2018), Antalya, Türkiye, 30 Ekim - 2 Kasım 2018, s.557-557
- 2-Şener S., **Duran CN.**, Demir Kaplan.G., “Çeşitli Biyoaktivatör Uygulamalarının Çarkıfelek Ve Guava Bitkilerinin Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri” Iv. Ines Uluslararası Akademik Araştırma Kongresi (Ines - 2018), Antalya, Türkiye, 30 Ekim - 2 Kasım 2018, s.557-557
- 3-Şener S., Gübbük H., Esen O. ,Demir Kaplan G., **Duran CN**, "Örtüaltı Koşullarında Pasiflora (Passiflora Edulis L.) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Bazı Bioaktivatör Uygulamalarının etkisi", Iv. Ines Uluslararası Akademik Araştırma Kongresi (Ines - 2018), Antalya, Türkiye, 30 Ekim - 3 Kasım 2018, S.556-556

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1-Şener S., **Duran CN**, "Farklı mikrobiyal gübrelerin boysenberry çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri", Akdeniz Tarım Bilimleri, no.3, s.309-313, 2020

2-**Duran CN**, Demirkaplan G., Şener S., "Çeşitli Biyoaktivatör Uygulamalarının Çarkıfelek ve Guava Bitkilerinin Fidan Gelişimine Etkileri", Türkiye Tarım - Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, cilt.8, no.2, s.421-425 , 2020

3-Şener S., **Duran CN**, "Mikoriza Uygulamalarının ve Farklı Sulama Rejimlerinin Böğürtlen Çeliklerinin Büyüme ve Gelişim Özelliklerine Etkisi", Türkiye Tarım - Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi, cilt.8, no.3, s.638-642 , 2020

4-Şener S., **Duran CN**, "Mikrobiyal İçerikli Bazı Bitki Büyüme Ve Gelişme Düzenleyicilerin Örtüaltı Çilek Yetiştiriciliğinde Bitkilerin Vejetatif Gelişimi Ve Meyve Kalitesi Üzerine Olan Etkileri", Euro1- Kalitesi Üzerine Olan Etkileri " 38, 2020

5-Şener S., **Duran CN**, "Prunus Spinosa L. nın Özellikleri ve kullanım alanları", İn: Tarım Ve Hayvancılıkta Yapılan Çalışmalar Ve Güncel Değişimler, Dr. Uğur Sevilmiş, Eds., İksad Uluslararası Yayınevi, Ankara, S.113-134 , 2020