

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI**



**KURAKLIK STRESİ ŞARTLARINDA SAN ANDREAS ÇİLEK
ÇEŞİDİNDE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ VERİM,
KALİTE, MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK PARAMETRELER
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Mohammed GHALEB DAKHEEL

Danışman

Prof. Dr. Leyla DEMİRİSOY

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.ZRT.1904.22.022 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Mohammed GHALEB DAKHEEL tarafından, **Prof. Dr. Leyla DEMİRSOY** danışmanlığında hazırlanan “**KURAKLIK STRESİ ŞARTLARINDA SAN ANDREAS ÇİLEK ÇEŞİDİNDE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ VERİM, KALİTE, MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 4.7.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Leyla DEMİRSOY Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Bilal CEMEK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Gülden BALCI Yozgat Bozok Üniversitesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

13/06/ 2023

Mohammed GHALEB DAKHEEL

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : KURAKLIK STRESİ ŞARTLARINDA SAN ANDREAS ÇİLEK ÇEŞİDİNDE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ VERİM, KALİTE, MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 13.06.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 16

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

13 /06 / 2023

Prof. Dr. Leyla DEMİRSOY

ÖZET

KURAKLIK STRESİ ŞARTLARINDA SAN ANDREAS ÇİLEK ÇEŞİDİNDE SALİSİLİK ASİT UYGULAMALARININ VERİM, KALİTE, MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ

Mohammed GHALEB DAKHEEL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Haziran/2023
Danışman: Prof. Dr. Leyla DEMİRİSOY

Bu çalışmanın amacı San Andreas nötr gün çilek çeşidinde kuraklık stresi ve kurak koşulların oluşturduğu olumsuzlukları azaltmak için yapılan salisilik asit uygulamalarının morfolojik, fizyolojik, verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesidir. Araştırma OMÜ Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait bir sera ve laboratuvarlarda yürütülmüştür.

Denemede San Andreas çilek çeşidine ait frigo fideler 27 Nisan 2022’de 9 litre hacimli siyah renkli saksılarda toprak, torf, perlitten oluşan harç karışımına (2:1:1) dikilmiştir. Dikimden sonra bitkilere 3-4 yapraklı oluncaya kadar eşit miktarda sulama suyu verilmiş, bu dönemden itibaren tarla kapasitesinin % 100’ü, % 80’i ve % 60’ı olacak şekilde 3 farklı sulama konusu uygulanmıştır. Salisilik asit uygulamaları 0 (kontrol), 1 ve 2 mM dozlarında, kuraklık uygulamalarından 2 hafta sonra başlayarak, 2 hafta aralıklarla 3 kez yapraktan sprey şeklinde yapılmıştır.

Çalışmamızda kuraklık stresinin San Andreas nötr gün çilek çeşidinde çiçek salkım sayısı, kol sayısı, gövde sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, yaprak su içeriğinde azalmaya; yapraklarda klorofil içeriği, yaprak sıcaklığı, prolin ve MDA içeriğinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi toplam verim ve ortalama meyve ağırlığında azalmaya neden olurken, meyve sertliği, SÇKM içeriği, titre edilebilir asit içeriğinde artışa neden olmuştur.

Salisilik asit uygulamaları denemede incelenen pek çok parametre üzerinde etkili olmamış, sadece klorofil içeriği (1 ve 2 mM), toplam verim (1 mM) ve titre edilebilir asit içeriğinde (1 mM) artış, meyve sertliğinde (1 ve 2 mM) ise azalmaya neden olmuştur.

Sonuç olarak, kuraklık stresi San Andreas nötr gün çilek çeşidinin yaz-sonbahar üretiminde bitki büyümesi ve verim üzerine önemli bir sınırlayıcı etki göstermiştir. Salisilik asit uygulamaları (1 mM) toplam verim üzerinde olumlu etki yapmıştır.

Anahtar Sözcükler: *Fragaria X ananassa*, gün- nötr çilekleri, kuraklık, biyo-aktivatör, büyüme, verim, kalite

ABSTRACT

EFFECT OF SALICYLIC ACID APPLICATIONS ON MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND FRUIT PRODUCTION OF STRAWBERRY cv. SAN ANDREAS UNDER DROUGHT STRESS CONDITION

Mohammed GHALEB DAKHEEL

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Horticulture

Master, June/2023

Supervisor: Prof. Dr. Leyla DEMİRİSOY

The aim of this study is to determine the effects of drought stress and salicylic acid applied to reduce the negative effects of drought conditions on morphological, physiological, yield and quality parameters in San Andreas day-neutral strawberry cultivar. The research was carried out in the greenhouse and laboratories of the Horticulture Department of Faculty of Agriculture at Ondokuz Mayıs University.

In the experiment, frigo seedlings of the San Andreas strawberry cultivar were planted using mixture consisting of soil, peat and perlite (2:1:1) in black pots with a volume of 9 liters on April 27, 2022. After planting, an equal amount of irrigation water was given to the plants until they had 3-4 leaves, and from this period on, 3 different irrigation subjects were applied as 100 %, 80 % and 60 % of the field capacity. Salicylic acid applications at doses of 0 (control), 1 and 2 mM were made as a foliar spray 3 times at 2-week intervals, starting 2 weeks after the drought applications.

In our study, it was found that drought stress caused a decrease in the number of inflorescences, number of arms, number of stems, root length, number of leaves, leaf area, plant fresh and dry weight, leaf water content in the San Andreas day-neutral strawberry cultivar. However, it was determined that it caused an increase in chlorophyll content, leaf temperature, proline and MDA content in leaves. While drought stress caused a decrease in total yield and average fruit weight, it caused an increase in fruit firmness, TSS content and titratable acid content.

Salicylic acid applications were not effective on many parameters examined in the experiment, only the chlorophyll content (1 and 2 mM), total yield (1 mM) and titratable acid content (1 mM) increased, and fruit firmness (1 and 2 mM) decreased with its application.

As a result, drought stress showed a significant limiting effect on plant growth and yield in summer-autumn production of San Andreas day-neutral strawberry cultivar. Salicylic acid applications (1 mM) had a positive effect on the total yield.

Keywords: *Fragaria X ananassa*, drought, bio-regulator, growth, yield, quality

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik eğitimim sürecince yüksek lisans tez konumun belirlenmesi, hazırlanması ve yazım aşamalarında bilgi, deneyim, öneri ve görüşleriyle bana destek veren ve her zaman yanımda olan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Leyla DEMİRİSOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın kurulması, takibi ve deneme sonuçlarımın değerlendirilmesinde desteklerini esirgemeyen OMÜ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğretim üyesi Sn. Prof. Dr. Hakan ARSLAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca hep yanımda olan ilgi ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocalarım; Prof. Dr. Hüsnü DEMİRİSOY'a ve Dr. Öğr. üyesi Dilek SOYSAL'a gönülden teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca yardım ve desteklerini benden esirgemeyen Dr. Adis LİZALO, Ziraat Yüksek Mühendisi İzhar ULLAH ve Araş. Gör. Derviş Emre DOĞAN'a teşekkür ederim.

Lisans eğitimimden bu zamana kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zorlukta yanımda olan benimle aynı duyguları paylaştığına inandığım eğitim hayatım boyunca birçok fedakârlık göstererek beni destekleyen annem Batool AHMED, babam Ghaleb DAKHEEL ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ediyorum.

Mohammed GHALEB DAKHEEL

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Denemede Kullanılan Çilek Çeşidinin Özellikleri.....	11
3.1.2. Saksı Harcı Olarak Kullanılan Toprağın Özellikleri.....	12
3.1.1. Deneme Yerinin İklim Özellikleri	12
3.2. Metot	13
3.2.1. Deneme Yerinin Hazırlanması, Dikim ve Dikimden Sonra Yapılan Kültürel İşlemler	13
3.2.2. Kuraklık Stresi Uygulamaları	16
3.2.3. Salisilik Asit Uygulamaları.....	16
3.2.4. Su Stresi ve Salisilik Asit Uygulamalarının Bitki Fenolojisi, Morfolojik ve Fizyolojik Parametreler ile Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	16
3.2.4.1. Fenolojik Gözlemler	17
3.2.4.2. Morfolojik ve Fizyolojik Parametreleri	17
3.2.4.3. Verim ve Kalite Parametreleri	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Fenolojik Gözlemler	22
4.1.1. İlk Hasat Tarihi, Son Hasat Tarihi ve Hasat Süresi	22
4.2. Morfolojik Parametreler.....	23
4.2.1. Salkım Sayısı, Kol Sayısı, Gövde Sayısı, Kök Uzunluğu.....	23
4.2.2. Yaprak Sayısı ve Yaprak Alanı.....	25
4.2.3. Bitki Taze Ağırlıkları.....	27
4.2.4. Bitki Kuru Ağırlıkları.....	31
4.3. Fizyolojik Parametreler.....	32
4.3.1. Klorofil İçeriği, Yaprak Sıcaklığı ve Yaprak Su İçeriği	32
4.3.2. Prolin ve MDA İçeriği	34
4.4. Verim ve Kalite Parametreleri	36
4.4.1. Toplam Verim, Ortalama Meyve Ağırlığı, Küçük Meyve Verimi	36
4.4.2. Meyve Eti Sertliği	38
4.4.3. Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde İçeriği (SÇKM) (%).....	39
4.4.4. Titre Edilebilir Asit İçeriği.....	40
5. SONUÇ	42
KAYNAKLAR	44
ÖZ GEÇMİŞ.....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
SPAD	: Klorofil Miktarı Ölçü Birimi
g	: Gram
K	: Potasyum
MDA	: Malondialdehit
°C	: Derece
ÖD	: Önemli Değil
SA	: Salisilik Asid
SÇKM	: Suda Çözünür Kuru Madde
SPSS	: Sosyal Bilimler İçin İstatistik Paketi
Mg	: Mikrogram
μmol	: Mikro Mol
μg	: mikrogram

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. San Andreas çilek çeşidinin meyveleri.....	12
Şekil 3.2. Deneme yerine ait sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) değerlerinin değişimi.....	13
Şekil 3.3. Seranın hazırlanması, dikim, bitkilerin farklı büyüme aşamalarından görüntüler	15
Şekil 3.4. Denemede yaprak su potansiyeli, yaprak sıcaklığı ve klorofil ölçümlerine ait görüntüler	20
Şekil 4.1. % 100 ve % 60 sulama seviyelerinde bitki gelişimlerine ait görüntüler.....	30
Şekil 4.2. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarına göre meyve sertliği değerleri	39
Şekil 4.3. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarına göre titre edilebilir asit içeriği değerleri.....	41



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Denemede kullanılan toprağın özellikleri.....	12
Tablo 4.1. San Andreas çilek çeşidinde kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarına göre hasat tarihleri ve hasat süresi.....	23
Tablo 4.2. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının salkım sayısı, kol sayısı, gövde sayısı ve kök uzunluğu üzerine etkileri	25
Tablo 4.3. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının yaprak sayısı ve toplam yaprak alanı üzerine etkileri	26
Tablo 4.4. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının yaprak, gövde, kök ve toplam bitki taze ağırlığı üzerine etkileri.....	28
Tablo 4.5. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının yaprak, gövde, kök ve toplam bitki kuru ağırlığı üzerine etkileri.....	31
Tablo 4.6. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının klorofil içeriği, yaprak sıcaklığı ve yaprak su içeriği üzerine etkileri.....	34
Tablo 4.7. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının prolin ve MDA içeriği üzerine etkileri.....	35
Tablo 4.8. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının toplam verim, ortalama meyve ağırlığı ve küçük meyve verimi üzerine etkileri.....	37
Tablo 4.9. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının meyve eti sertliği üzerine etkileri.....	38
Tablo 4.10. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının suda çözünabilir toplam kuru madde içeriği (SÇKM) üzerine etkileri	40
Tablo 4.11. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının titre edilebilir asit içeriği üzerine etkileri.....	41

1. GİRİŞ

Rosaceae familyasının *Fragaria* cinsine ait olan kültür çilekleri (*Fragaria x ananassa* Duch), dünyanın ılıman ve subtropik bölgelerinde ticari önemi olan bir türdür. Islah çalışmalarıyla farklı ekolojilerde yüksek verim ve kalite gösteren çok sayıda çeşidin geliştirilmesi ve modern yetiştirme sistemlerinin uygulanması sayesinde dünya üzerinde çilek üretim alanları çok genişlemiş, 2022 yılında dünya çilek üretimi 9 175 384 tona ulaşmıştır (FAO, 2022). Çilek, Türkiye için ekonomik açıdan önemli tarımsal ürünlerden biri olup 669 195 ton üretimi ile Türkiye Avrupa'da lider, dünyada ise Çin (3 389 620 ton) ve ABD'den (1 211 090 ton) sonra 3. büyük çilek üreticisi konumundadır (FAO, 2023). Çilek yüzlek bir kök sistemine, geniş yaprak alanına ve meyvelerinde önemli miktarda su içeriğine sahiptir, bu nedenle çok fazla su kullanır (Klamkowski ve Treder 2006). Küresel ısınma sonucunda yüksek sıcaklık ile birlikte yaşanan kuraklığın, gelecekte çilek ve diğer ürün gruplarının yetiştirilmesi için sınırlayıcı olacağı tahmin edilmektedir.

Bitkiler yaşamları boyunca birçok stres faktörü ile karşılaşır. Bu faktörler abiyotik (yüksek sıcaklık, tuzluluk, kuraklık, don vb.) ve biyotik (patojenler, organizmalar arası rekabet vb.) olarak iki grupta incelenir (Levitt, 1980). Bu stres faktörleri bitkilerin biyosentetik kapasitelerini azaltıp, normal fonksiyonlarını değiştirir, bitkinin ölümüne yol açabilir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Abiyotik stresler bitkilerde fizyolojik, morfolojik, moleküler ve biyokimyasal olarak olumsuzluklara yol açarlar (Wang vd., 2001), dünya çapında % 50'den fazla ürün kaybı ve verim düşüklüğüne sebep olurlar (Wang vd., 2003).

Abiyotik stresler arasında kuraklık; bitki büyümesi, verimlilik ve ekonomik geliri olumsuz etkileyen en yaygın çevresel streslerden biridir (Ghaderi ve Javadi, 2015). Su, bitki büyümesi ve gelişimini düzenleyen temel abiyotik faktörlerdendir, noksanlığı bitkilerin morfolojik ve fizyolojik özelliklerini değiştirir (Tiwari vd., 2013). Bitkiler, su kullanım verimliliklerini artırarak morfolojik, biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalarla kuraklık stresine karşı kendilerini korurlar.

Küresel ısınma nedeniyle dünya tarım arazilerinin yaklaşık % 45'i kuraklık stresine ve tuzluluğa maruz kalmakta ve tarım arazilerinin % 6'sı kuraklıktan zarar görmektedir (Kuşvuran, 2010). Bahçe bitkileri de bu streslerden önemli ölçüde olumsuz etkilenmektedir (Klamkowski ve Treder, 2008; Shao vd., 2008). Dünya su kaynaklarındaki azalmalar, sulama stratejilerine özel dikkat gösterilmesini ve su

kullanım verimliliğini iyileştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Mevcut sulamanın azaltılması, tüm vejetatif hücrelerde dramatik fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır (Klamkowski ve Treder, 2008; Kapur vd., 2018). Özellikle otsu karakterdeki çilek bitkisinde yüksek sıcaklık ve su stresi, bitki turgorunun azalmasına, bitkinin büyüme ve gelişmesinin kısıtlanmasına neden olmaktadır (Blanke ve Cooke, 2004; Shao vd., 2008; Grant vd., 2010). Kuraklık, çileklerde bitki büyüme ve gelişmesi ile meyve verim ve kalitesini olumsuz etkileyen en önemli çevresel tehditlerden biridir. Çileklerde su stresinin, yaprak su potansiyeli ve stoma iletkenliğinde, yaprak alanı ve bitki kuru maddesinde yaprak sayısı, sürgün uzunluğu, bitki boyu, klorofil içeriğinde, yaprak oransal su içeriği, membran stabilite indeksi, stoma iletkenliği, CO₂ asimilasyon oranı, transpirasyon, protein, klorofil düzeyi ve çözünebilir karbonhidrat miktarında azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir (Klamkowski ve Treder 2006; Klamkowski ve Treder 2008; Ghaderi ve Siosemardeh, 2011; Grant vd., 2012; Nezhadahmadi vd., 2015; Kapur vd., 2018; Kapur vd., 2019, Ödemiş vd, 2020). Ayrıca kuraklığın çileklerde verimde azalmaya neden olduğu da bildirilmiştir (Liu vd., 2007; Klamkowski ve Treder, 2008; Li vd., 2010; Grant vd., 2012; Nezhadahmadi vd., 2015; Kapur vd., 2018; Çeliktöpus vd., 2018). Çilek dünyada yaygın yetiştirilen bir tür olmasına rağmen, çilek genotiplerinin kuraklığa karşı verdiği morfolojik ve fizyolojik cevaplar hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Kuraklık stresine tepkileri bakımından çilek çeşitlerinde geniş bir varyasyon vardır (Klamkowski ve Treder, 2008; Grant vd., 2010; Gine ve Terry, 2010). Çeşitlerin genetik yapıları ve çevreyle ilgili isteklerindeki değişiklikler, üreticilerin besleme ve sulama gibi konularda sorun yaşamasına yol açmaktadır. Klamkowski ve Treder (2008), üç çilek çeşidi içinde Elsanta'nın kuraklığa en dayanıklı çeşit olduğunu bildirmiştir. Grant vd. (2010), %70 kuraklık seviyesinde on çilek çeşidinin performansını karşılaştırmışlar; osmotik uyum, yaprak alanı ve transpirasyon hızı gibi bazı özelliklerin kuraklık toleransı ıslah programı için yararlı veriler olduğunu bildirmişlerdir. Çetinkaya (2013), çilek çeşitlerinin ısı ve kuraklık toleransı arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ; ısıya dayanıklı R. Hope ve Camarosa çeşitlerinin kurağa tolerant, ısıya hasas Festival ve CG3 çeşitlerinin kurağa hassasiyet gösterdiğini belirtmiştir.

Günümüzde tarımsal alandaki en önemli zorluklardan biri, abiyotik stresler, özellikle de kuraklıkla çevresel olarak sürdürülebilir bir yaklaşımla nasıl baş edileceğidir. Bu konuda verim ve kaliteyi artırmak için, optimum sulama miktarının

tespit edilmesi ve biyo-aktivatör uygulamaları gibi yenilikçi uygulamalar önem taşımaktadır. Günümüzde biyo-aktivatörler artık tarımsal üretim materyali olarak kabul görmektedir. Biyo-aktivatörler mineral besin alımı, bitki gelişimi, bitki adaptasyonu ve abiyotik streslere toleransı destekleyebilen doğal bileşenlerdir (Vernieri vd., 2006; Kunichi vd., 2010; Spinelli vd., 2010; Bulgari vd., 2015). Çileklerde biyo-aktivatör uygulamalarının verimi, yaprak klorofil içeriğini, vegetatif gelişmeyi, fotosentetik aktivite ve stoma yoğunluğunu artırdığı, meyve ağırlığında da artış sağladığı ortaya konmuştur (Spinelli vd., 2010; Bulgari vd., 2015; Mozafari, vd., 2018; Hasan vd., 2022). Bir biyo-aktivatör olan salisilik asit (SA), endojen büyüme düzenleyici olup bitkilerde farklı fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri etkileyen, biyotik ve abiyotik streslere karşı savunma rolü olan doğal bir moleküldür (Arfan vd., 2007; Wang vd., 2010). SA uygulaması bitki fizyolojik süreçlerini, büyümeyi, gelişmeyi, üretkenliği ve abiyotik streslere cevapları etkiler (Arfan vd., 2007). SA antioksidan enzim aktivitelerini değiştirir, süperoksit radikallerini detoksifiye ederek bitkileri oksidatif hasara karşı korumada önemli bir rol oynar (Munns ve Tester, 2008). Hayat vd. (2010), bitkilere uygulanan salisilik asitin (SA) bitkisel üretkenlik, büyüme, fotosentez, bitki su ilişkileri ve antioksidan enzim aktivitelerini etkilediğini ve çeşitli biyotik ve abiyotik streslere maruz kalan bitkilerde oluşan toksik etkileri etkili bir şekilde azalttığını bildirmiştir. SA uygulamasının çilek bitkilerinde yaprak alanı ve kuru madde üretimini arttırdığı (Karlıdağ vd., 2009), kök ve sürgün taze ağırlığını, çiçeklenme sayısını, meyve verimini ve meyve kalitesini arttırdığı (Jamali vd., 2011) bildirilmiştir. Lolaei vd. (2012), salisilik asidin çilekte olgunlaşmayı geciktirdiği, meyve verimi ve kalitesini geliştirdiğini gözlemlemişlerdir. Bano ve Qureshi (2017), SA uygulamasının çilekte bitki taze ve kuru ağırlığı, yaprak alanı ve prolin seviyesini önemli ölçüde artırdığını; kök sayısı, kök uzunlu, ve su kullanım etkinliğini azalttığını, böylece stresin çilek bitkileri üzerindeki olumsuz etkisini azalttığını bildişlerdir. Asghari (2006) 2 mM SA konsantrasyonunun, çilekte antioksidan aktivitesi ve askorbik asit içeriğini etkili bir şekilde artırdığını, ayrıca mantar enfeksiyonunu da önlediğini belirtmiştir.

Çiçeklenme için fotoperiyodik ihtiyaçlarına göre çilekler uzun gün, kısa gün ve nötr gün çilekleri olmak üzere üç grupta sınıflandırılır. Ticari olarak yetiştirilen çilek çeşitleri kısa gün ve nötr gün çilekleridir (Darrow, 1936; Hancock, 2008; Demirsoy vd., 2012). Dünyada yetiştiriciliği yapılan çilek çeşitlerinin çoğu, kısa-gün veya haziran çilekleri olarak bilinen ilkbahar aylarında kısa bir hasat sezonuna sahip olan

ileklerdir. Genellikle fakültatif kısa gün bitkileri olarak sınıflandırılırlar. Başka bir deyişle, kısa gün ileklerinde iek tomurcukları 15 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kısa gün koşullarında (<14 saat) oluşurken 15°C'nin altındaki sıcaklıklarda fotoperiyottan bağımsız olarak oluşur (Darrow, 1936; Guttridge, 1985; Demirsoy vd., 2012). Haziran ileklerinin aksine, nötr gün çilekleri fotoperiyoda bağılı değildir ve ilkbahardan itibaren yaz-sonbahar sonuna kadar çiçeklenmeyi sürdürür ve meyve verirler (Ballington vd., 2008). Dünyada nötr gün ilek çeşitlerinin kullanımı son 20-30 yıl içinde yaygınlaşmıştır. Hasat periyodunun uzatılması amacıyla kullanımları giderek artmaktadır.

ilekte kısıtlı su şartları altında bitkilerde görülen morfolojik, fizyolojik, verim ve kalite değişimleri ile biyo-aktivatör uygulamalarının bu faktörler üzerindeki etkileri kısmen incelenmiştir (Klamkowski ve Treder, 2006; Klamkowski ve Treder, 2008; Sarıdaş vd., 2017a,b; Çeliktopuz vd., 2018; Korkmaz, 2018; Adak vd., 2018). Bununla birlikte dünyada gelişimi nispeten yeni olan ve ülkemizde de son 10 yıl içinde kullanımı özellikle Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinde artan nötr gün çilekleri üzerinde çalışmalar sınırlıdır. Karadeniz Bölgesinde ilek yetiştiriciliği giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle global ısınma ve iklim değişimi nedeniyle bölgenin tarımsal açıdan önem kazanacağı öngörülmektedir. Yaz aylarının nispeten serin geçtiği Karadeniz Bölgesi nötr gün çeşitlerinin yetiştiriciliği için uygun görünmektedir (Mısır, 2016; Kandemir, 2016; Ateş, 2021; Demirsoy ve Lizalo, 2022). Bölgemizde giderek yaygınlaşması öngörülen bu çeşitlerin, küresel ısınma ve kuraklık nedeniyle ortaya çıkacak olumsuz şartlar karışısında büyüme, gelişme ve verimlilik açısından davranışlarının ortaya konması ve yaşanacak problemlere çözüm nerileri geliştirilmesi çok önemlidir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, nötr gün çeşitlerinin yaz-sonbahar üretiminde başarılı sulama programının uygulanması ve kurak şartlarda bitki büyümesini düzenleyen biyo-aktivatör uygulamalarına yönelik olarak ilek üreticileri için pratiğe dönük öneriler sunacaktır.

Bu alışma, su kısıtı uygulamaları ile kuraklığın olumsuz etkilerini hafifletmek amacıyla kullanılan salisilik asit uygulamalarının, San Andreas nötr gün çeşidinin fenolojik, morfolojik, fizyolojik, verim ve kalite bakımından gösterdiği değişimlerin incelenmesi amacıyla planlanmıştır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Korkmaz (2005), Muir çilek çeşidinde değişik gölgeleme (% 35 gölge, % 55 gölge ve açıkta) ve farklı sulama (% 40, % 60, % 100) uygulamaları yapmışlardır. Denemede klorofil içeriği, yaprak alanı, meyve iriliği gölgeleme oranı ve su düzeyi arttıkça yükselmiş; membran permeabilitesi azalmıştır. Uygulamaların bitki kök yaş ağırlığı, bitki taze ve kuru ağırlıkları, meyve SÇKM ve asit içeriği, meyve pH'sı üzerine değişik etkilerinin olduğu saptanmıştır.

Klamkowski ve Treder (2008), üç çilek çeşidinin ('Elsanta', 'Elkat', 'Salut') kuraklık stresine cevabını incelemek amacıyla verim, morfolojik (yaprak alanı, kök gelişimi) parametreler ile fizyolojik (yaprak gaz değişimi, yaprak su potansiyeli) parametreleri değerlendirmiştir. Bitkilere optimum sulama (kontrol) ve azaltılmış sulama (kuraklık stresi) olmak üzere iki farklı sulama rejimi uygulanmıştır. Denemede genotiplerin su noksanlığına cevapları farklı olmuştur. 'Elsanta' çeşidi su kıtlığı koşullarında yüksek su kullanım etkinliği ile (fotosentez hızının terleme hızına oranı) yüksek net fotosenteze hızına sahip olmuştur. Kuraklık stresi tüm çeşitlerde yaprak alanını azaltmış, fakat sadece 'Elkat'ta kök gelişimi gecikmiştir. Su eksikliği koşullarında Elsanta en yüksek, Elkat en düşük verimi vermiştir. İncelenen çeşitler arasında 'Elsanta' büyüme ve verim parametreleri dikkate alınarak kurağa en dayanıklı çeşit olarak saptanmıştır.

Ghaderi ve Siosemardeh (2011), 'Kurdistan' and 'Selva' çilek çeşidine dört farklı kuraklık stresi uygulamasının (% 100, % 75, % 50, % 25) bazı fizyolojik parametrelere olan etkisini incelemişlerdir. Topraktaki su miktarındaki azalmanın yaprak oransal su içeriği, membran stabilite indeksi, stoma iletkenliği, CO₂ asimilasyon oranı, transpirasyon, protein, klorofil düzeyi ve çözünür karbonhidrat miktarında azalmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Orta şiddetteki kuraklık stresinin gaz alışverişini etkilediği, şiddetli kuraklık stresinin ise klorofil, prolin ve çözünür karbonhidrat seviyelerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir.

Sun vd. (2013), salisilik asidin (SA) çözünür karbonhidratların içeriği üzerindeki etkileri, Kuraklık stresi altında çilek fidesi (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. 'Toyonoka') yapraklarında serbest prolin, malonaldehit (MDA) ve süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), katalaz (CAT) aktivitelerini incelemişlerdir. Sonuçlar, kuraklık stresi altında uygun SA konsantrasyonunun (kontrol, 0.1, 1 ve 10 mM), çilek yapraklarında çözünür karbonhidratlar ve serbest prolin gibi ozmotik

maddelerin içeriğini artırdığını göstermiştir. Ayrıca, antioksidan enzimlerin aktivitesini teşvik etmiş, membran lipid peroksidasyonu ve membran hasarını hafifletmiş, böylece çilek bitkilerinin kuraklık direncini geliştirmiştir.

Jamali vd. (2015), Selva çilek çeşidinde salisilik asit uygulama zamanı ve tuz stresinin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda, tuz stresi uygulamasından (40 mM NaCl) 1 hafta önce, tuz stresi uygulaması ile aynı anda ve tuz stresi uygulamasından 1 hafta sonra 0,5 ve 1 mM SA uygulaması yapmışlardır. Sonuçlar, tuzlu koşulların normal bitki büyümesini bozduğunu ve meyve kalitesini düşürdüğünü; SA'nın (her iki konsantrasyonda da) tuzluluğun zararlı etkilerini iyileştirdiğini göstermiştir. Tuz stresinin uygulanmasından önce ve tuz stresi uygulaması ile aynı anda yapılan SA uygulaması daha büyük sürgün ve kök kuru ağırlığı, daha fazla çiçeklenme ve toplam çözünür maddelere (TSS) yol açtığı için SA'nın uygulama zamanının önemli olduğu vurgulanmıştır.

Ghaderi ve Javadi (2015), iki çilek çeşidinde (Kürdistan ve Kraliçe Elisa) salisilik asidin (SA) (0 ve 0,1 mM) büyüme parametreleri ve bazı fizyolojik özellikler üzerindeki etkisini kuraklık stresi uygulamaları (-0,1 ve -1 MPa) altında incelemiştir. Salisilik asidin, çevresel streslere tepki olarak bitki büyümesi ve gelişiminin düzenlenmesinde önemli bir rol oynadığı bulunmuştur. Sonuçlar, kuraklık stresinin yaprak alanı, yaprak kuru maddesi, sürgün kuru maddesi, toplam kuru madde, nispi su içeriği, stoma iletkenliği, verim ve meyve ağırlığını azalttığını göstermiştir. Salisilik asit uygulaması her iki çeşitte de toplam yaprak alanı ve yaprak ve sürgün kuru maddesini artırmıştır. Kuraklık stresi altında "Kürdistan" çeşidinde SA uygulaması yaprak sayısı, kök kuru maddesi, toplam kuru madde, verim ve meyve ağırlığını artırmıştır.

Nezhadahmadi vd. (2015), kontrollü çevre ve doğal şartlarda su noksanlığı koşullarına üç çilek çeşidinin (Bogota, Chandler, ve Festival) morfolojik ve fizyolojik tepkilerini karşılaştırmak için çalışmalar yürütmüşlerdir. Çilek çeşitlerine ait bitkiler % 25 (şiddetli stres), % 50 (hafif stres) ve % 75 (normal sulama) olmak üzere farklı toprak nemi seviyelerinde yetiştirilmiş ve stres süresi olarak 2 ay olarak belirlenmiştir. Farklı özellikler için çeşitler, kuraklık stresi rejimleri, ortamlar ve kuraklık stresi süresi arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Yaprak alanı, toplam sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, klorofil içeriği, klorofil stabilite indeksi, yaprak genişleme oranı ve bitki boyu, kuraklık stresi altında korunmuş çevreye kıyasla doğal koşullarda daha yüksek olmuştur. Bu parametreler stres şartları altında

önemli ölçüde azalmıştır. Doğal koşullarda yetişen bitkiler korunmuş çevrede yetişenlere göre, kuraklık koşullara karşı daha yüksek dirence işaret eden daha kalın yapraklar üretmişlerdir. Şiddetli stres (% 25), diğer kuraklık uygulamalarına göre yaprak kalınlığını önemli ölçüde azaltmıştır. Sera koşullarında yetiştirilen çeşitler, %25 stres seviyesi koşullarında daha yüksek yaprak nemi üretmiştir. Bitkiler yaprak verimi açısından seraya göre doğal ortamda daha yüksek performans göstermiştir. Her iki ortamda da % 50 ve % 25 toprak nemi düzeylerine kıyasla optimum toprak nemi koşullarında yaprak verimi daha yüksek olmuştur. Bitkiler yaprak verimi açısından seraya göre doğal ortamda daha yüksek performans göstermiştir. Her iki ortamda da % 50 ve % 25 toprak nemi düzeylerine kıyasla optimum toprak nemi koşullarında yaprak verimi daha yüksek olmuştur. Doğal koşullarda meyve verimi sera koşullarına göre daha yüksek olmuş ve bitkiler stres şartları altında daha düşük meyve verimi göstermiştir. Korelasyon analizi, özellikler arasında güçlü ilişkiler göstermiştir. Kuraklık stresi ve stres süresinin farklı büyüme parametreleri üzerinde olumsuz etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, doğal koşullarda yetiştirilen bitkiler, kontrollü ortamda yetiştirilen bitkilere göre stresle daha iyi başa çıkmıştır.

Sarıdaş vd. (2017a), “Kabarla” çilek çeşidinde farklı sulama rejimlerinde (% 100, % 50, % 75 ve % 125), biyostimülant (Comcat) uygulamasının meyve kalitesine etkisini incelemişlerdir. Yapılan uygulamaların aktif hasat döneminde (Mart-Mayıs) meyve boyutu (çap, uzunluk ve ağırlık), çözünür kuru madde, asitlik, pH ve titre edilebilir asitlik ile toplam çözünebilir kuru madde (TSS) gibi özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Biyostimülant uygulaması TSS içeriğini olumsuz etkilemiş, % 50 sulama rejimi ise önemli ölçüde artırmıştır. Biyostimülant uygulaması ve sulama rejimleri pH değerini etkilememiş; şeker/asit oranı azalan su miktarı ile önemli düzeyde artış göstermiştir.

Bano ve Qureshi (2017) çilek bitkilerinin (Chandler) hasattan önce salisilik asit uygulaması ve kuraklık uygulamalarına tepkilerini incelemiştir. Araştırmada beş su rejimi (150, 175, 200, 225, 250 ml) ve beş SA seviyesi (0.0, 0.5, 1, 2 ve 3 mML-1) kullanılmıştır. Deneme sonucunda kuraklık stresinin değişik biyokimyasal özelliklerle birlikte vejetatif ve generatif büyümeyi önemli ölçüde azalttığını, ancak yaprak prolinini artırdığını göstermiştir. SA uygulaması bitki yaş ve kuru ağırlığını, yaprak alanını, prolini önemli ölçüde artırırken, kök uzunluğunu, kök sayısını ve su kullanım etkinliğini azaltmıştır. Böylece SA uygulaması stresin çilek bitkileri üzerindeki olumsuz etkisini azaltmıştır. Sonuç olarak, 3 mML-1

konsantrasyonundaki SA'nın çileklerde verimi artırmak için ticari olarak kullanılabileceği ileri sürülmüştür.

Kapur vd. (2018), yüksek tünellerde Rubygem çilek çeşidinin farklı sulama rejimlerine (% 100, 50, 75, 125) ve biyostimülant (yosun özü) uygulamalarına cevabını, verim ve bazı morfo-fizyolojik parametreleri değerlendirerek araştırmıştır. Araştırmada % 50 sulama seviyesinde toplam verim ve meyve sayısında önemli ölçüde azalma olmuştur. Denemede maksimum verim her iki uygulamada da (kontrol ve biyostimülant) % 75 sulama seviyesinde belirlenmiştir. Biostimülant uygulaması verimde %17 artış sağlamıştır. Sulama suyu miktarı azaldıkça stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli azalmıştır. Tersine, biyostimülant kullanımından sonra, su stresinin olumsuz etkilerini hafıflettiği için, stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli sırasıyla $41 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ve 0.5 bar olmak üzere istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. Biyostimülant uygulaması ayrıca meyve nitrojen içeriğini yaklaşık %14 oranında artırmıştır.

Mohamed vd. (2018), salisilik asidin üç çilek çeşidinin (Festival, Sweet Charlie ve Vertuna) büyüme, çiçeklenme, verim, verim bileşenleri ve meyve kalitesi üzerindeki etkisini incelemiştir. Denemede 0, 1, 2 ve 3 mM seviyelerinde salisilik asidin yaprak uygulamaları yapılmıştır. 3 mM seviyesinde salisilik asit uygulaması, incelenen çilek çeşitlerinde vejetatif büyümeyi, çiçek salkım sayısını ve erkenciliği önemli ölçüde artırmıştır. Çeşitler arasında bitki başına en yüksek meyve verimi, uzun hasat sezonu ve en düşük gri küf yüzdesine Festival çeşidi sahip olmuştur. Vertuna çeşidi diğer çeşitlere göre daha yüksek toplam çözünür madde içeriğine sahip olmuş, Sweet Charli çeşidi ise en yüksek titre edilebilir asit içeriğine sahip olmuştur.

Adak vd. (2018) Camarosa, Albion, Amiga ve Rubygem çilek çeşitlerine iki farklı sulama rejimi (kontrol, % 30; su stresi, % 15 drenaj) uygulamışlardır. Albion çeşidi toplam fenol, toplam antosiyanin, antioksidan aktivite ve şeker içeriği bakımından en yüksek değerlere sahip olmuştur. Diğer çeşitlerde biyokimyasal özelliklerin çoğu stres koşullarından olumsuz etkilenmiştir. Çalışmada stres koşullarının, antioksidan miktarını arttırdığı belirlenmiştir.

Çeliktöpus vd. (2018), yüksek tünel koşulları altında yetiştirilen Fortuna çilek çeşidinin su eksikliğine ve biostimülant uygulamalarına verdiği tepkileri verim, morfolojik (yaprak alanı, gövde sayısı ve tüm gövde kalınlığı) ve fizyolojik (stoma iletkenliği ve yaprak su potansiyeli) parametreleri inceleyerek değerlendirmişlerdir.

Uygulanan sulama suyu miktarları, standart bir Class A panın yüzeyinden buharlaşan suyun 1.00 ve 0.50 katı olarak belirlenmiştir. Biyo-uyarıcı olarak ComCat seçilmiştir (ComCat: aljinik asit (% 18), organik madde (% 67) ve giberellik asit (250 ppm). ComCat yaprakdan 4 kez, her uygulamada 40 gr/30 L su da-1 içinde olacak şekilde uygulanmıştır. Mevcut çalışmada, su eksikliği koşulları ile kıyaslandığında, biostimulant uygulamaları gövde sayısını (% 25), verimi (% 13), ortalama meyve ağırlığını (% 11), yaprak alanını (% 9), stoma iletkenliğinin (% 8), yaprak su potansiyelini (% 6), tüm gövde kalınlığını (% 5) ve meyve sayısını (% 3) arttırmıştır. Çalışmada Fortuna çeşidinin su eksikliği koşullarına verdiği tepkiler stomaların kapanmasının yanı sıra yaprak alanı, meyve sayısı, gövde sayısı, tüm gövde kalınlığı, yaprak su potansiyeli, ortalama meyve ağırlığı ve verimde düşüşler olarak gözlemlenmiştir. Biostimulant uygulamaları ve su kısıntısı uygulaması (Ir50) arasındaki etkileşimler, morfo-fizyolojik tepkileri açısından incelendiğinde, stoma iletkenliği (% 12), yaprak alanı (% 4), yaprak su potansiyeli (% 5) ve ortalama meyve ağırlığı (% 8) bakımından önemli farklılıklar göstermiştir. Araştırmada biostimulant uygulamalarının en uygun miktarda sulama suyuyla birleştirilmesi gerektiği, ayrıca kuraklık koşulları altında bitki morfo-fizyolojik tepkileri hakkında bilgi elde edilmesinin, çoklu stres koşulları altında çilekte bitki adaptasyonunun geliştirilmesine katkıda bulunabileceği ileri sürülmüştür.

Kapur vd. (2019), dört farklı sulama rejiminin (%125, 100, 75 ve 50) ve absisik asit uygulamasının Rubygem çeşidinde yaprak alanı, bitki kuru maddesi ve gövde sayısı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. % 50 sulama seviyesi, sulama suyu miktarının bitkinin su ihtiyacını karşılamadığını gösterecek şekilde morfolojik parametrelerde önemli bir düşüşe neden olmuştur. Artan sulama suyu miktarı yaprak alanı, kuru madde ve gövde sayısını önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca ABA uygulaması yaprak alanını %15, bitki kuru maddesini %12 ve gövde sayısını %8 artırmıştır. Su stresi koşullarında (% 50), ABA, kontrol ile karşılaştırıldığında büyüme hızını önemli ölçüde artırmış, yaprak alanını, bitki kuru maddesini ve gövde sayısını sırasıyla %13, %12 ve %11 artırmıştır. Sonuç olarak, örtüaltı yetiştiriciliğinde % 125 sulama seviyesi ve ABA uygulaması vejetatif büyümeyi ve dolayısıyla toplam pazarlanabilir meyve verimini ve bileşenlerini artırmıştır.

Ödemiş vd. (2020), "Camarosa" çeşidinin saksılı bitkilerini kullanarak sera koşullarında bitkilerin kuraklık stresine tepkisini incelemiştir. Saksıların mevcut toprak su içeriğinin tarla kapasitesine getirilmesi (I100-kontrol) ve sulamada bunun

%66 (I66-hafif kuraklık stresi) ve %33'ünün (I33-şiddetli kuraklık stresi) kullanılmasıyla bir kontrol ve iki kuraklık seviyesi oluşturulmuştur. Farklı stres seviyelerine bitki tepkisini belirlemek için stoma iletkenliği, toplam klorofil içeriği, klorofil konsantrasyonu, yaprak yüzey sıcaklığı, fotosentetik verim, fotosentetik aktif radyasyon, yaprak su içeriği, verim, yaprak alanı, yaprak sayısı ve ürün su kullanımı gibi parametreler incelenmiştir. Ortalama meyve verimi 80 - 400 g saksı⁻¹ arasında değişmiştir. Artan kuraklık stresi stoma iletkenliği, toplam klorofil içeriği, klorofil konsantrasyonu, fotosentetik verim, fotosentetik aktif radyasyon, yaprak su içeriği, yaprak alanı ve yaprak sayısını azaltmış, yaprak yüzey sıcaklığını artırmıştır. Ölçülen tüm değişkenler ile sulama suyu ve ürün su kullanımı arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir. Verim ile yaprak yüzey sıcaklığı ve yaprak sayısı arasında linear; stoma iletkenliği, toplam klorofil içeriği, klorofil konsantrasyonu, fotosentetik verimi, fotosentetik aktif radyasyon, yaprak su içeriği ve yaprak alanı arasında polynomial bir ilişki belirlenmiştir.

Hasan vd. (2022), hasat öncesi salisilik asit (SA) uygulamasının (0-kontrol, 2 mM, 4 mM ve 6 mM) Chandler çilek çeşidinde büyüme ve meyve kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. 4mM SA konsantrasyonunun bitki boyu (14.60 cm), bitki başına yaprak sayısı (5.27), yaprak alanı (68.40 cm²) ortalama meyve ağırlığı (13.53 g) ve toplam çözünebilir katı madde (5.10 °Brix), askorbik asit (12.41 mg/100 ml) ve toplam şeker içeriği (%6.54) bakımından en yüksek değerleri verdiği belirlenmiştir. Benzer bir eğilim antioksidan enzim aktivitesi (SOD, POD ve CAT) ve fizyolojik parametreler (fotosentetik hız, terleme hızı ve stoma iletkenliği) ile ilgili olarak gözlenmiştir. Sonuç olarak, çilekte büyüme ve meyve kalitesi için yapraktan 4 mM SA uygulaması tavsiye edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu araştırmada arazi alışmaları Nisan – Aralık 2022 tarihleri arasında OMÜ Ziraat Fakóltesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait sera kompleksinde ve laboratuvarlarda yürütölmüştür. Deneme alanı 41° 22' kuzey enleminde, 36° 11' doėu boylamında bulunmakta olup deniz seviyesinden yüksekliği 115 m'dir. Deneme 6x20x3 m boyutlarında üstten ve yandan havalandırılmalđ bir serada yürütölmüştür. Sera çatısı 10 mm kalınlığında UV katkılı polikarbonat oluklu levha ile, yan kısımlar UV (ultraviyole), IR (kızılötesi) ve AF (buėu önleyici) katkılı 6 mm kalınlığında şeffaf polietilen ile kaplanmıştır. Sıcak yaz günlerinde etkili bir havalandırma sağlamak için seraların yan kısımlarında bulunan örtüler kaldırılmış, çatı pencereleri açılmıştır.

Denemede kullanılan San Andreas nötr gün ilek çeşidine ait frigo fideler Adana'da bulunan özel bir fide şirketinden temin edilmiştir.

Denemede ilek fideleri 9 litre hacimli siyah renkli saksılara dikilmiştir. Saksılarda 2:1:1 oranında sırasıyla toprak, torf, perlit'den oluşan harç karışımı kullanılmıştır. Harç karışımı doldurulan saksılar serada yerden 30 cm yükseğe yerleştirilen ahşap banklar üzerine yerleştirilmiştir.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrörlü olarak yürütölmüştür. Her tekerrürde başlangıçta 8 bitkiye yer verilmiş, homojen gelişme gösteren 6 bitki etiketlenerek ölçüm ve analizler için kullanılmıştır. 3 sulama konusu, 3 SA seviyesi, 3 tekerrür ve her tekerrürde 8 bitki olacak şekilde denemede toplam 216 adet saksđ ve bitki kullanılmıştır.

3.1.1. Denemede Kullanılan ilek eşidinin Özellikleri

San Andreas ilek çeşidi (şekil 3.1) 2001'de Albion ve Cal 97.86-1 seleksiyonun melezlenmesi sonucu Kaliforniya Üniiversitesinde elde edilmiştir. Bitkisi küresel şekilli, orta sıklıkta, orta güçlüdür. Sürekli meyve verir. ieklenmesi orta sezondur. Meyve yüzeyi orta pürüzlü, kırmızı ve homojen renklidir. Meyve eti oldukça sıkđ, turuncu renkli, az tatlı ve zayıf asitlidir. Erkencidir. Botrytis'e hassas, mildiyöye dayanıklđ, virüs hastalıklarına hassastır.



Şekil 3.1. San Andreas çilek çeşidinin meyveleri

3.1.2. Saksı Harcı Olarak Kullanılan Toprağın Özellikleri

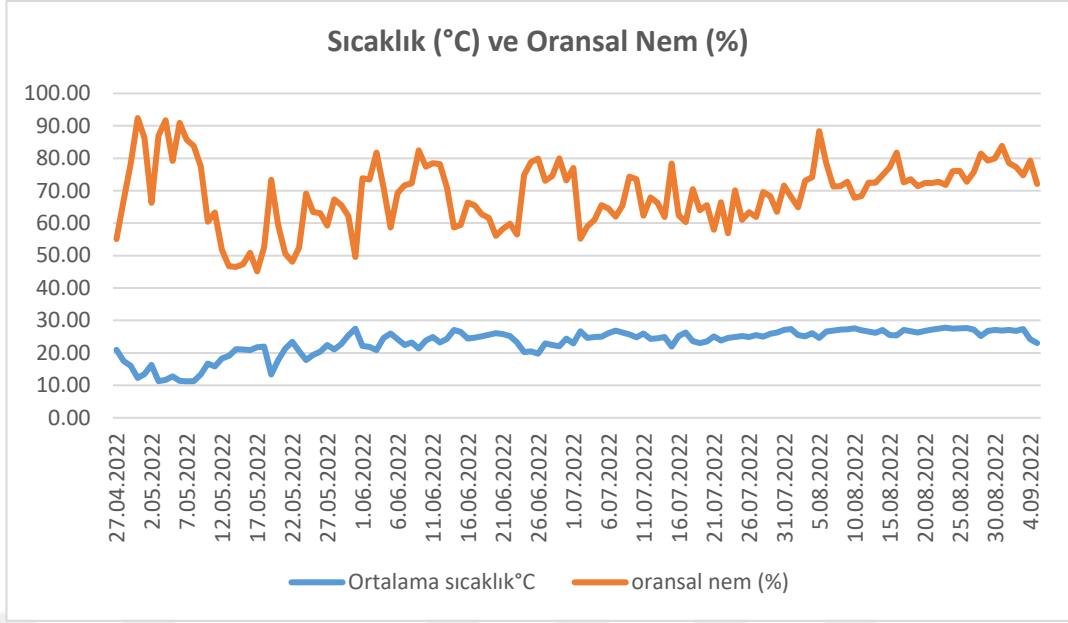
Saksı harcında kullanılan toprağın analizleri, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde yapılmıştır. Toprağın özellikleri Tablo 3.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Denemede kullanılan toprağın özellikleri

	Analiz Sonuçları
Kil (%)	49
Silt (%)	36
Kum (%)	15
Bünye (%)	Killi tın
pH	7,20
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	450
Organik madde (%)	5,56
Kireç (%)	7,64
Azot (%)	0,36
Fosfor (ppm)	284
Potasyum (me/100g)	4,80

3.1.1. Deneme Yerinin İklim Özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü seraya yerden 75 cm yükseğe yerleştirilen veri kaydediciler (Data Logger, Kistock KH200) ile iklim verileri günlük olarak ölçülmüştür. Deneme alanına ait ortalama ve maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ile oransal nem (%) değerleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Deneme yerine ait sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) değerlerinin değişimi

3.2. Metot

3.2.1. Deneme Yerinin Hazırlanması, Dikim ve Dikimden Sonra Yapılan Kültürel İşlemler

Denemede San Andreas çilek çeşidine ait frigo fideler 27 Nisan 2022'de 9 litre hacimli siyah renkli saksılara dikilmiştir. Dikim öncesinde serada saksıların konulacağı yere zemin örtüsü serilmiş ve saksılar yerden 20-30 cm yükseklikte oluşturulan ahşap banklar üzerine üçgen dikim sistemine uygun olarak bitkiler arası mesafe 30x30 cm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Saksılarda kullanılacak harç 2:1:1 oranında sırasıyla toprak, torf, perlit olacak şekilde hazırlanmıştır.

Dikim yaptıktan hemen sonra fidelere bol can suyu verilmiştir. Fideler sürekli kontrol edilerek gerekli oldukça boğaz doldurma işlemi yapılmıştır. Belirli aralıklarla yabancı otlar temizlenerek toprak havalandırması yapılmıştır. Dikimi takiben ilk açan çiçekler (1 salkım) koparılmıştır.

Denemede bitki büyüme ve gelişmesi sırasında görülen besin noksanlıklarına bağlı olarak mono amonyum fosfat (MAP) (90 gr / 100 lt), üre (30 gr / 100 lt), hümkik asit (100 ml / 100 lt), fetrilon combi (100 gr / 100 lt), NPK (9-30-9 + 2MgO + me) (20 gr/ 5 lt), NPK (17-17-17 + me) (2 gr/saksı) ile gübreleme işlemleri yapılmıştır. Yapraklarda görülen yaprak bitlerine karşı kimyasal ilaçlar (deltamethrin + tiakloprid; 25 ml / 100 ml su) ile mücadele yapılmıştır. Bitkilerde sararan, kuruyan

ve yaşlanan yapraklar belli aralıklarla temizlenerek deneme alanından uzaklaştırılmıştır.

Denemde seranın hazırlanması, bitki dikimi ve bitki büyüme aşamalarına ait görüntüler şekil 3.3’de gösterilmiştir.





Şekil 3.3. Seranın hazırlanması, dikim, bitkilerin farklı büyüme aşamalarından görüntüler

3.2.2. Kuraklık Stresi Uygulamaları

Dikimden sonra tüm bitkiler eşit miktarda sulama suyuna maruz bırakılmıştır. Bitkiler 3-4 yapraklı olunca (dikimden 5 hafta), 3 farklı sulama konusu uygulanmaya başlamıştır. Sulama uygulamaları tarla kapasitesinin % 100'ü, % 80'i ve % 60'ı olacak şekilde planlanmıştır. Denemede kullanılan topraklar öncelikle hava kurusu olacak şekilde kurutulmuş ve ardından 4 mm'lik elekten elenmiştir. Saksıların tabanına drenajı sağlamak amacıyla 1.0 kg kum-çakıl karışımı konulmuş ve çakılın üzerine her saksıya eşit miktarda saksı harcı doldurulmuştur.

Saksıların tarla kapasitesindeki ağırlıklarını belirlemek amacıyla saksılar önce tamamen doymun hale gelecek şekilde şebeke suyu ile sulanmış ve saksıların altından drenaj suyu çıkana kadar su ilavesi yapılmıştır. Saksıların altından drenaj suyu çıkmaya başladığı anda her bir saksının üst yüzeyi toprak yüzeyinden buharlaşma olmaması için plastik örtü kapatılmıştır. Drenaj suyu akışı durduktan sonra saksıların ağırlıkları tartılmış ve bu sayede her bir saksının tarla kapasitesindeki ağırlığı belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında saksıların nem durumu günlük olarak takip edilmiş ve kullanılabilir nem düzeyi % 30 azalınca sulama yapılmıştır. Tam sulama konuları tarla kapasitesine getirilmiş, diğer sulama konularına ise tam sulamanın % 80 ve % 60'ı oranında sulama suyu verilmiştir.

3.2.3. Salisilik Asit Uygulamaları

Denemede Biyoaktivatör olarak 0 (kontrol), 1, 2 mM dozlarında salisilik asit kullanılmıştır. Uygulamalar, kuraklık uygulamalarının başlamasından 2 hafta sonra başlayarak 2 hafta aralıklarla 3 kez yapraktan sprey şeklinde yapılmıştır. Uygulama tüm yapraklar ıslanıncaya kadar yapılmıştır.

3.2.4. Su Stresi ve Salisilik Asit Uygulamalarının Bitki Fenolojisi, Morfolojik ve Fizyolojik Parametreler ile Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Denemede kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarına San Andreas nötr gün çeşidinin morfolojik ve fizyolojik parametreler, bitki fenolojisi ile meyve verim ve kalitesi bakımından gösterdiği cevaplar su kısıtı uygulamalarının başlamasından deneme sonuna kadar olan sürede (9 Haziran – 1 Eylül) aşağıda belirtilen gözlem, ölçüm ve analizler ile belirlenmiştir.

3.2.4.1. Fenolojik Gözlemler

Hasat Tarihleri: İlk ve son hasadın yapıldığı tarih olarak belirlenmiştir.

Hasat Süresi: İlk hasat tarihi ile son hasat tarihi arasındaki süre olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.2. Morfolojik ve Fizyolojik Parametreleri

Deneme sonunda her tekerrürdeki bitkilerin tamamının sökülmesiyle aşağıdaki morfolojik ve fizyolojik parametreler belirlenmiştir.

Salkım Sayısı (adet/bitki): Sökümü yapılan bitkilerde sayılarak belirlenmiştir. Kurumuş haldeki ve söküm öncesinde yeni oluşmuş olan küçük salkımların tamamı sayılarak 6 bitkideki toplam değer olarak gösterilmiştir.

Kol Sayısı (adet/bitki): Kolların oluşmaya başlamasından itibaren kollar sayılıp koparılmıştır.

Gövde Sayısı (adet/bitki): Sökülen bitkilerde gövdelerin sayılmasıyla belirlenmiştir.

Kök Uzunluğu (cm): Kök uzunluğu köklerin başlangıcından kök ucuna kadar olan kısımda bir cetvel yardımıyla ölçülmüştür.

Yaprak Sayısı (adet/bitki): İşaretlenen bitkilerde yaprakların sayılması ve toplam yaprak sayısının bitki sayısına bölünmesiyle belirlenmiştir.

Toplam Yaprak Alanı (cm²): Yaprak alanı Demirsoy vd. (2005), nin çilek için elde ettikleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Sökülen bitkilerdeki tüm yaprakların alanının tek tek hesaplanması ve toplam yaprak alanının yaprak sayısına bölünmesiyle birim yaprak alanı belirlenmiştir. Birim yaprak alanı ile bitkideki yaprak sayısının çarpımıyla bir bitkinin toplam yaprak alanı bulunmuştur.

$$YA=1.89+(2.145*\ddot{U}YU*SoYG)$$

YA: Yaprak alanı cm², $\ddot{U}YU$: üst yaprağın uzunluğu (cm), SoYG: Sol yaprağın genişliği (cm)

Bitki Taze Ağırlıkları (g): Kökleri zedelenmeden sağlam bir şekilde sökülen bitkiler, yapraklarındaki yabancı artıklar (toz, toprak vs.) ve kök bölgesindeki toprak artıkları laboratuarda yıkanıp temizlendikten sonra kök, gövde ve taç kısımlarına (yapraklar) ayrılmıştır. Bu bitki kısımlarının taze halde tartılması ile bitki yaş

ağırlıkları belirlenmiştir. Her bitkiye ait kök, gövde ve yaprak aksamalarının yaş ağırlıklarının toplanmasıyla bitki toplam yaş ağırlığı belirlenmiştir.

Bitki Kuru Ağırlığı (g) :Sökülen her bir bitkinin kök, gövde ve yaprak kısımları ayrı ayrı saman kâğıttan hazırlanmış olan kese kâğıtlarına konularak kuru ağırlıklarının belirlenmesi için 70 derecedeki etüvde 5-7 gün süre ile sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan bu örneklerin kuru ağırlıkları 0,01 g'a duyarlı terazide belirlenmiştir. Her bitkiye ait kök, gövde ve yaprak aksamalarının kuru ağırlıklarının toplanmasıyla bitki toplam kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Klorofil İçeriği (SPAD): İşaretlenen bitkilerin yaşlı, orta, genç yapraklarında klorofilmetre (SPAD-502, Minolta, Osaka, Japan) kullanılarak yapraklardaki klorofil konsantrasyonu tespit edilmiştir (Şekil 3.4).

Yaprak Sıcaklığı (°C): İnfrared termometre tekniği ile bitkiye dokunmaksızın yapılmıştır. Bu teknik, transpirasyonun yaprak sıcaklığını düşürmesi ilkesine dayanmaktadır. Ölçümler her tekerrürdeki her bir bitkide en son tam olarak açmış bir yaprakta ölçülmüştür (Şekil 3.4).

Yaprak Su İçeriği (%): Yaprak su potansiyeli Gülen ve Eriş (2003)'e göre belirlenmiştir. 1.5 cm çapındaki yaprak diskleri her tekerrürden üniform ve tam açmış yapraklardan alınmıştır. Alınan örneklerin taze ağırlıkları belirlendikten sonra örnekler, içerisinde destile su bulunan bir petriye yerleştirilmiş ve 4 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Örneklerin yüzeyindeki fazla su kurulama kâğıdı ile silindikten sonra örnekler tartılmış ve turgor ağırlığı kaydedilmiştir. Daha sonra yaprak örnekleri bir petri içerisinde 24 saat 70°C'deki etüvde tutulmuş ve kuru ağırlıkları saptanmıştır. Yaprak su potansiyeli aşağıdaki formüllere göre belirlenmiştir.

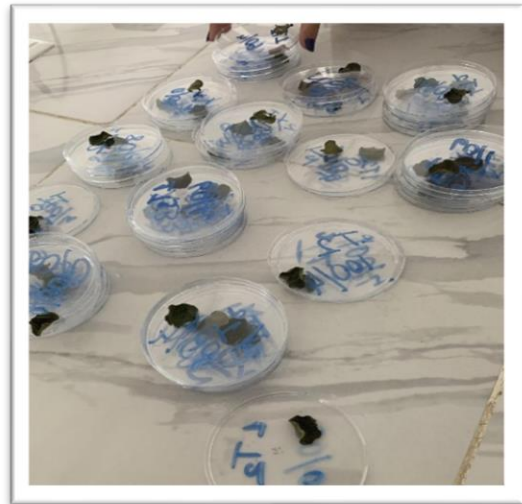
Yaprak Su Potansiyeli (%)=[(taze ağırlık-kuru ağırlık) / (turgor ağırlığı-kuru ağırlık)] × 100.

Prolin İçeriği (µmol g⁻¹): Prolin içeriği Bates vd. (1973)'nin yöntemi ve Reddy vd. (2004) ile Ashraf ve Foolad (2007)'in çilek yaprakları için bu yöntemde yaptıkları modifikasyonlar dikkate alınarak belirlenmiştir. 0.2-0.3 g taze yaprak örneği 1 mL % 3'lük sülfosalisilik asit ile homojenize edildikten sonra 4 °C'de 15 dakika süreyle 14000 × g de santrifüj edilmiştir. 0.1 mL ekstrakt alınarak üzerine 0.2 mL asit anhidrin, 0.1 ml %3 sulpho-salicylic acid ve 0.2 mL %96 glasiyal asetik asit

eklenerek, karışım önce 1 saat 95 °C’de su banyosunda ve sonra da 5 dakika buz banyosunda bekletilmiştir. Karışıma 1 mL toluen ilave edilmiş, vortex ile 15-20 saniye karıştırılarak iki faz oluşması için bir süre bekletilmiştir. Üst faz alınarak absorbans değerleri spektrofotometrede 520 nm’de okunmuştur. Sonuçlar, L-prolin standardından elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmış ve $\mu\text{mol g}^{-1}$ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

Lipid Peroksidasyonu (MDA) ($\mu\text{mol g}^{-1}$): Uygulamaların yaprak malondialdehit (MDA) içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesinde Ohkawa vd. (1979)’ın yöntemi kullanılmıştır. Çilek yapraklarından alınan 0.2-0.3g taze yaprak örneği % 5’lik 2 mL trikloroasetik asit (TCA) içinde homojenize edilmiş ve elde edilen ekstrakt 12000 rpm’de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Bu ekstraktan 500 μl alınarak üzerine 500 μl % 20’lik TCA içerisinde çözünmüş % 0.5’lik thiobarbiturik asit (TBA) ilave edilerek 30 dakika 95 °C’de su banyosunda tutulmuş ve buz banyosunda soğutulmuştur. Son karışım tekrar 10000 rpm’ de 15 dakika santrifüj edilmiş, daha sonra 532 nm ve 600 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans okumaları yapılmıştır. Sonuçlar $\mu\text{mol g}^{-1}$ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

$$\text{MDA } (\mu\text{mol g}^{-1}) : = \frac{[\text{Ekstrakt hacmi } \frac{(\text{ml})}{155} \text{ mM} - 1\text{cm} - 1]}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 10^3$$



Şekil 3.4. Denemede yaprak su potansiyeli, yaprak sıcaklığı ve klorofil ölçümüne ait görüntüler

3.2.4.3. Verim ve Kalite Parametreleri

Her tekerrürden işaretlenen 6 bitkide aşağıdaki parametreler incelenmiştir.

Toplam Verim (g/bitki): Her tekerrürde olgunlaşan meyvelerin haftada iki kez toplanarak 0,1g'a duyarlı terazide tartılması ile belirlenmiştir. Toplam ürün miktarı sezon boyunca 6 bitkiden elde edilen toplam değer olarak gösterilmiştir.

Ortalama Meyve Ağırlığı (g): Her tekerrürdeki toplam meyve ağırlığının meyve sayısına bölünmesiyle belirlenmiştir.

Küçük Meyve Verimi (g/bitki): 6 g'dan küçük meyveler her hasatta tartılmış ve 6 bitkideki toplam ağırlık olarak gösterilmiştir.

Meyve Eti Sertliği (kg/cm²): Her parselden alınan 3 adet meyvede dijital el penetrometresi (PCE-PTR 200N) kullanılarak ölçülecektir. Penetrometre ucunun, meyve eksenine dik olarak ve sabit bir hızla girmesine özen gösterilerek bulunan değerlerin ortalaması alınmıştır (Şekil 3.5).

Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde İçeriği (SÇKM) (%): Hasadın başından itibaren 15 gün aralıklarla her tekerrürden alınan 3 adet olgun meyveden elde edilen meyve suyunda el refraktometresiyle okunarak saptanmıştır.

Titre Edilebilir Asit İçeriği (%): Hasadın başından itibaren 15 gün aralıklarla her parselden alınan 3 adet meyvenin sıkılarak elde edilen meyve suyunda titrasyonla, sitrik asit cinsinden toplam asit olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel Analiz : Deneme iki faktörlü ve üç tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Denemede kuraklık stresi uygulamasında sulama seviyeleri (% 100, 80, 60) ana parsel; salisilik asit uygulamaları (0, 1 ve 2 mM) alt parsel olarak kabul edilmiştir. Araştırma süresince elde edilen tüm verilerin hesaplanmasında, tablo ve grafiklerin çizilmesinde 'Microsoft Office XP EXCEL 2016' programı kullanılmış, istatistiki analizler SPSS 21.0 paket programında yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde aynı paket programı kullanılarak 'Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi' uygulanmıştır. Farklılık gösteren ortalamaların harflendirilmesi $p < 0.05$ önem düzeyine göre yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu araştırmada, San Andreas nötr gün çilek çeşidinde kuraklık stresi ve salisilik asit (SA) uygulamalarının bitki büyümesi, bazı fizyolojik özellikler ile meyve verim ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla farklı kuraklık seviyeleri (% 60, % 80, % 100) ve farklı salisilik asit uygulamalarına göre (0, 1, 2 mM) ilk ve son hasat tarihi, hasat süresi; çiçek salkım sayısı, kol sayısı, gövde sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve yaprak alanı, bitki taze ağırlıkları, bitki kuru ağırlıkları; yaprak su potansiyeli, yaprak sıcaklığı, klorofil içeriği, prolin ve lipid peroksidasyon içeriği (MDA); toplam verim, meyve ağırlığı, küçük meyve verimi, meyve eti sertliği, suda çözünebilir toplam kuru madde içeriği (SÇKM), titre edilebilir asit içeriği, PH, meyve rengi gibi parametrelere ait bulgular tablolar eşliğinde aşağıda verilmiştir.

4.1. Fenolojik Gözlemler

4.1.1. İlk Hasat Tarihi, Son Hasat Tarihi ve Hasat Süresi

Denemede kullanılan San Andreas çeşidinde dikimden itibaren bitki tesisini sağlamak için ilk çiçek salkımları kaparıldıktan sonra ilk çiçeklenme 09.05.2022 tarihinde tespit edilmiştir. En erken hasat (29 Haziran) salisilik asit uygulamalarına göre bir farklılık olmaksızın en düşük sulama seviyesinde (% 60) gerçekleşmiştir. Diğer tüm sulama seviyeleri ve salisilik asit uygulamalarında hasat 5 Temmuz'da başlamıştır.

Denemede tüm sulama seviyeleri ve salisilik uygulamalarında son hasat tarihi 15 Ağustos olarak gerçekleşmiştir.

Hasat dönemi uygulamalara göre 42 - 48 gün sürmüştür. % 100 ve % 80 sulama seviyelerinde hasat 42 gün, % 60 sulama seviyesinde ise hasadın erken başlamasına bağlı olarak 48 gün sürmüştür.

Tablo 4.1. San Andreas çilek çeşidinde kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarına göre hasat tarihleri ve hasat süresi

Uygulamalar	İlk Hasat Tarihi	Son Hasat Tarihi	Hasat Süresi (gün)
60/0*	29 Haziran	15 Ağustos	48
60/1	29 Haziran	15 Ağustos	48
60/2	29 Haziran	15 Ağustos	48
80/0	5 Temmuz	15 Ağustos	42
80/1	5 Temmuz	15 Ağustos	42
80/2	5 Temmuz	15 Ağustos	42
100/0	5 Temmuz	15 Ağustos	42
100/1	5 Temmuz	15 Ağustos	42
100/2	5 Temmuz	15 Ağustos	42

*kuraklık stresi / SA dozu

4.2. Morfolojik Parametreler

4.2.1. Salkım Sayısı, Kol Sayısı, Gövde Sayısı, Kök Uzunluğu

San Andreas çeşidinde çilek salkım sayısı, kol sayısı, gövde sayısı ve kök uzunluğu üzerine kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının etkisi Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Kuraklık stresi uygulamasında farklı sulama seviyelerinin salkım sayısı, kol sayısı, gövde sayısı ve kök uzunluğu üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Kuraklık stresi uygulamasında çilek salkım sayısı en yüksek % 100 (38.1 adet/bitki), en düşük ise % 60 (17.6 adet/bitki) sulama seviyesinden elde edilmiştir (Tablo 4. 2). Denemede sulama düzeyinin azalmasıyla salkım sayısında azalma meydana gelmiştir. Salkım sayısı, orta şiddetteki su stresi (% 80) altında yaklaşık % 21 oranında azalırken, şiddetli su stresi (% 60) altında % 53 oranında azalmıştır. Bu durum su stresinin çilek salkımı sayısı, dolayısıyla verim üzerinde önemli etkisinin olduğunu göstermektedir. Bizim bulgularımıza benzer şekilde Ibrahim vd. (2022), Earlibrite, California ve Sweet Charlie çilek çeşitlerinde su kıtlığı koşullarında çilek ve meyve sayısının önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Belirtilen çalışmada çilek sayısı ile meyve sayısı arasında güçlü bir ilişki bulunmuş, çilek sayısının artmasıyla meyve sayısının arttığı bildirilmiştir. Sonuç olarak denememizde kısıtlı su şartlarının San Andreas çilek çilek salkım sayısını azalttığı, buna bağlı olarak verimde de azalma meydana geldiği (Tablo 4.8) tespit edilmiştir. Salisilik asit

uygulamaları çiçek salkım sayısı üzerinde önemli farklılık yapmamış, kuraklık x SA interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Kuraklık stresi uygulamasında kol sayısı en yüksek % 100 (67.2 adet/bitki), en düşük ise % 60 (47.1 adet/bitki) sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Denemede kuraklık stresinin kol sayısını azalttığı tespit edilmiştir. Kol sayısı tam sulamaya (% 100) göre % 80 sulama altında yaklaşık % 18, % 60 sulama altında % 30 oranında azalmıştır. Salisilik asit uygulamaları kol sayısı üzerinde önemli farklılık yapmamış, kuraklık x SA interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4. 2).

Kuraklık stresi uygulamasında gövde sayısı en fazla % 100 (4.3 adet/bitki), en az ise % 60 sulama düzeyinden (3.1 adet/bitki) elde edilmiştir. Kuraklık stresi gövde sayısını tam sulamaya göre % 80 sulama seviyesinde yaklaşık % 14, % 60 sulama seviyesinde % 28 oranında azaltmıştır. Çalışmamızda kurak şartların çilekte gövde sayısını büyük ölçüde azalttığı gözlenmiştir. Benzer şekilde Çeliktöpus vd. (2018), farklı sulama seviyelerinde (% 100, % 50, % 75, % 125) Fortuna çilek çeşidi üzerinde yaptığı çalışmada gövde sayısının su eksikliğinden olumsuz etkilendiğini belirtmektedir.

Kuraklık stresi kök morfolojisi ve fizyolojisinde değişikliklere yol açmaktadır (Reddy vd., 2004). Kuraklık stresi uygulamasında kök uzunluğu % 100 (36.3 cm) ve % 80 (38.0 cm) sulama düzeylerinde en fazla, % 60 (32.1 cm) sulama düzeyinde ise en az olarak belirlenmiştir. Kök uzunluğu bakımından tam sulama ile orta şiddetteki su stresi uygulaması arasında istatistiksel olarak fark bulunmamakla birlikte orta şiddetteki su stresi altında kök uzunluğunun biraz daha fazla olduğu görülmektedir (38.0 cm) (Tablo 4.2). Benzer bir çalışmada, kuraklık stresi uygulandığında Albion çilek çeşidinde kök uzunluğu üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmuştur (Zahedi vd., 2020). Diğer türlerde yapılan bazı çalışmalarda ayçiçeği (Tahir vd., 2002) ve *Catharanthus roseus*'ta (Jaleel vd., 2008) su stresine bağlı olarak artan kök büyümesi bildirilmiştir. Mısır ve buğdayda yapılan çalışmalarda ise su eksikliği altında kök büyümesi önemli ölçüde azalmamıştır (Sachs vd., 1997). Kuraklığa bitkinin göstereceği ilk tepkilerden biri, suya ulaşabilmek için gövde uzamasını azaltıp kök sisteminin geliştirilmesi şeklinde adaptasyon sağlamaktır. Bununla birlikte kuraklık durumunun devam etmesi, dolayısıyla stresin artması gövde ve kök gelişimini durdurabilir (Mahajan ve Tuteja., 2005; Anjum vd., 2011). Çalışmamızda şiddetli

stres koşulunda (% 60) en düşük kök uzunluğu değerinin elde edilmesi bu durumu doğrulamaktadır.

Denememizde salisilik asit uygulamaları yukarıda belirtilen parametreler üzerinde önemli farklılık yapmamış, kuraklık x SA interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yani çalışmamızda SA uygulamalarının yukarıdaki parametreler üzerinde, kuraklığın olumsuz etkilerini azaltacak olumlu etkileri olmamıştır.

Tablo 4.2. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının salkım sayısı, kol sayısı, gövde sayısı ve kök uzunluğu üzerine etkileri

Uygulamalar	Salkım Sayısı* (adet/bitki)	Kol Sayısı* (adet/bitki)	Gövde Sayısı (adet/bitki)	Kök Uzunluğu (cm)
Kuraklık (%)				
60	17.6 c	47.1 c	3.1 c	32.1 b
80	30.0 b	55.2 b	3.7 b	38.0 a
100	38.1 a	67.2 a	4.3 a	36.3 a
	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05
Salicylic acid (SA)				
0mM	30.3	57.3	3.75	35.0
1mM	28.1	57.4	3.78	34.8
2mM	27.3	54.7	3.67	36.6
	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır (P≤0.05)

ÖD Önemli değil

*6 bitkiden elde edilen toplam değerlerdir

4.2.2. Yaprak Sayısı ve Yaprak Alanı

San Andreas nötr gün çilek çeşidinde su stresi ve su stresinin etkilerini azaltmak amacıyla yapılan salisilik asit uygulamalarının yaprak sayısı ve toplam yaprak alanı üzerine etkilerine ait bulgular Tablo (4. 3) görülmektedir. Denemede yaprak sayısı ve toplam yaprak alanı üzerine farklı sulama düzeylerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, salisilik asit uygulamaları bu parametreler üzerinde önemli farklılık yapmamış, kuraklık x SA interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Yaprak sayısı farklı sulama düzeylerinden önemli ölçüde etkilenmiş (P<0.05), en düşük değerler % 60 (15.8 adet/bitki), en yüksek değerler ise % 100 (25.4 adet/bitki) sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Su stresinin artışına bağlı

olarak yaprak sayısı tam sulamaya göre % 80 sulama seviyesinde yaklaşık %18; %60 sulama seviyesinde % 38 oranında azalmıştır.

Farklı sulama seviyeleri toplam yaprak alanı bakımından önemli farklılıklar göstermiş ($P<0.05$), en düşük yaprak alanı değerleri % 60 (505.3 cm²), en yüksek yaprak alanı değerleri ise % 100 (1475.7 cm²) sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Tam sulamaya göre orta şiddetteki su stresi toplam yaprak alanını yaklaşık % 37, şiddetli su stresi % 65 oranında azaltmıştır.

Tablo 4.3. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının yaprak sayısı ve toplam yaprak alanı üzerine etkileri

Uygulamalar	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Toplam Yaprak Alanı (cm ²)
Kuraklık (%)		
60	15.8 c	505.3 c
80	20.8 b	929.2 b
100	25.4 a	1475.7 a
	$P\leq 0.05$	$P\leq 0.05$
Salicylic acid (SA)		
0mM	20.57	986.7
1mM	21.38	973.1
2mM	20.20	950.4
	ÖD	ÖD

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır ($P\leq 0.05$)
ÖD Önemli değil

Görüldüğü gibi çalışmamızda farklı sulama seviyeleri hem yaprak sayısı hem de yaprak alanını etkilemiş, bu bakımdan en yüksek değerler tam sulama koşullarından elde edilmiş, su stresinin artışına paralel olarak yaprak sayısı ve yaprak alanı değerleri azalmıştır. Benzer şekilde çilekte yapılan önceki çalışmalarda da su stresinin yaprak alanında (Liu vd., 2007; Grant vd., 2010; Grant vd., 2012; Ghaderi ve Javadi, 2015; Kapur vd., 2018) ve yaprak sayısında (Ghaderi ve Javadi, 2015) önemli ölçüde azalmaya yol açtığı bildirilmektedir. Klamkowski ve Treder (2008), yaptıkları çalışmada, stres altındaki çilek bitkilerinin yaprak alanlarının, kontrole kıyasla önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Yaprak alanındaki en keskin azalma 'Elkat' (% 34) ve 'Salut' (yaklaşık % 19) çeşitlerinde kaydedilmiştir. Korkmaz (2018) Rubygem çilek çeşidinde en yüksek yaprak alanı değerini % 100, en düşük ise % 40 sulama düzeylerinden elde etmişlerdir. Diğer türlerde (mısır, kavak, soya fasulyesi)

yapılan çalışmalarda da stres düzeyinin artmasıyla birlikte yaprak alanının azaldığı belirtilmektedir (Khan vd., 2003; Zhang vd., 2004).

Denememizde su stresi altındaki çilek bitkilerine yapılan salisilik asit uygulamaları ve kuraklık x SA interaksiyonunun yaprak sayısı ve yaprak alanı üzerine etkili olmadığı tespit edilmiştir. Rubygem çilek çeşidinde yapılan bir çalışmada Kapur vd. (2018) benzer şekilde biyostimülant (yosun özü) uygulamasının yaprak alanı üzerinde etkili olmadığını belirtmişlerdir. Ancak araştırmacılar su stresi koşullarında (% 50) biyostimülant uygulamasının kabul edilir ölçüde destekleyici olduğu ve kontrol ile karşılaştırıldığında yaprak alanını artırarak büyüme oranını azalttığını belirtmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda ise SA'nın yaprak sayısı ve alanı üzerine olumlu etkiler yaptığını belirten sonuçlar vardır. Bano ve Qureshi (2017), farklı SA konsantrasyonlarının uygulanmasıyla kuraklık stresi altında yetiştirilen Chandler çilek çeşidinde yaprak alanında artışlar olduğunu tespit etmişlerdir. En yüksek yaprak alanı değeri 3 mM SA uygulaması ve 250 ml su stresi seviyesinde, en az yaprak alanı değeri ise SA uygulanmaksızın 150 ml su stresi seviyesinde elde edilmiştir. Biyostimülant uygulamalarının yaprak alanını artırması ve ışığın kesilmesini iyileştirmesi, böylece fotosentetik hızı yükseltmesi ve bitki üretkenliğini artırması mümkündür (Koester vd, 2014).

4.2.3. Bitki Taze Ağırlıkları

Denemede kuraklık stresinin bitki taze ağırlıkları (yaprak, gövde, kök ve toplam bitki taze ağırlığı) üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (Tablo 4.4).

En yüksek yaprak taze ağırlığı % 100 (69.70 g), en düşük ise % 60 (26.52 g) sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Gövde ve kök taze ağırlıkları bakımından tam sulama ile orta şiddetteki su stresi koşulları arasında istatistiksel bir farklılık olmamış, en yüksek gövde ve kök taze ağırlığı % 100 (sırasıyla 9.81 ve 22.57 g) ve % 80 (sırasıyla 8.85 ve 20.76 g), en düşük ise % 60 (sırasıyla 5.55 ve 15.82 g) sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Bu duruma göre yaprak büyümesinin, gövde ve kök büyümesine göre su azlığına daha duyarlı olduğu söylenebilir. Toplam bitki taze ağırlığı bakımından en yüksek değerler yine % 100 (106.27 g), en düşük değerler ise % 60 (50.90g) sulama seviyesinde belirlenmiştir (Tablo 4.4) .

Tablo 4.4. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının yaprak, gövde, kök ve toplam bitki taze ağırlığı üzerine etkileri.

Uygulamalar	Yaprak Taze Ağırlığı (g)	Gövde Taze Ağırlığı (g)	Kök Taze Ağırlığı (g)	Toplam Bitki Taze Ağırlığı (g)
Kuraklık (%)				
60	26.52 c	5.55 b	15.82 b	50.90 c
80	51.54 b	8.85 a	20.76 a	84.44 b
100	69.70 a	9.81 a	22.57 a	106.27 a
	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05
Salicylic acid (SA)				
0mM	50.52	7.80	20.04	81.65
1mM	46.84	7.66	20.24	78.76
2mM	50.41	8.75	18.87	81.20
	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır (P≤0.05)
ÖD Önemli değil

En yüksek yaprak taze ağırlığı % 100 (69.70 g), en düşük ise % 60 (26.52 g) sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Gövde ve kök taze ağırlıkları bakımından tam sulama ile orta şiddetteki su stresi koşulları arasında istatistiksel bir farklılık olmamış, en yüksek gövde ve kök taze ağırlığı % 100 (sırasıyla 9.81 ve 22.57 g) ve % 80 (sırasıyla 8.85 ve 20.76 g), en düşük ise % 60 (sırasıyla 5.55 ve 15.82 g) sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Bu duruma göre yaprak büyümesinin, gövde ve kök büyümesine göre su azlığına daha duyarlı olduğu söylenebilir. Toplam bitki taze ağırlığı bakımından en yüksek değerler yine % 100 (106.27 g), en düşük değerler ise % 60 (50.90 g) sulama seviyesinde belirlenmiştir (Tablo 4.4). Sonuç olarak denememizde yapılan kuraklık uygulamasında bitki taze ağırlıkları genel olarak en yüksek % 100, en düşük ise % 60 sulama seviyesinde belirlenmiştir (Şekil 4.1). Su stresinin yetiştiriciliği yapılan bitkiler üzerindeki yaygın bir olumsuz etkisi, taze ve kuru biyokütle üretimindeki azalmadır (Farooq vd., 2009).

Çalışmamızda azalan sulama düzeyleri yaprak, gövde, kök taze ağırlıklarının ve dolayısıyla toplam bitki taze ağırlıklarının azalmasına neden olmuştur. Taze ağırlıktaki azalma, genel olarak stres düzeyinin artışıyla orantılı olmuştur. Rubygem çilek çeşidinde farklı sulama düzeyleri (%100, % 70 ve % 40) ve boyoaktivatör uygulamalarının tüm bitki taze ağırlığı üzerine etkisini inceleyen Korkmaz (2018) da

su stresindeki artış ile birlikte tüm bitki taze ağırlığında azalma meydana geldiğini belirlemiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar Korkmaz (2018) ile benzerlik göstermektedir.

Diğer taraftan SA uygulamaları ve kuraklık x SA interaksyonu toplam bitki taze ağırlığı üzerinde kontrole göre önemli bir artış oluşturmamıştır (Tablo 4.4).





Şekil 4.1. % 100 ve % 60 sulama seviyelerinde bitki gelişimlerine ait görüntüler

4.2.4. Bitki Kuru Ağırlıkları

Kuraklık stresi bitki kuru ağırlıkları (yaprak, gövde, kök ve toplam bitki kuru ağırlığı) üzerinde istatistiksel olarak önemli etki yapmıştır (Tablo 4.5). Sulama seviyelerindeki azalış yaprak, gövde, kök ve toplam bitki kuru ağırlığında azalmaya yol açmıştır.

Kuraklık uygulamasında denemede incelenen tüm bitki kuru ağırlık parametreleri açısından en yüksek değerler % 100, en düşük değerler ise % 60 sulama seviyesinde elde edilmiştir. Genel olarak kuraklık stresinin şiddeti arttıkça bitki kuru ağırlıkları da buna paralel olarak azalmıştır. Sadece gövde kuru ağırlığı bakımından tam sulama ile orta şiddetteki sulama seviyesi arasında istatistiksel anlamda farklılık olmamış, bununla birlikte % 80 sulama seviyesinde gövde kuru ağırlığının daha az olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.5). Korkmaz (2018) çilekte yürüttükleri çalışmalarda bitki kuru ağırlıklarının % 100'lük sulama düzeyinden % 40'luk sulama düzeyine doğru azaldığını belirlemişlerdir. Çalışma bulgularımız bu sonuçlarla uyum halindedir.

Tablo 4.5. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının yaprak, gövde, kök ve toplam bitki kuru ağırlığı üzerine etkileri

Uygulamalar	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Toplam Bitki Kuru Ağırlığı (g)
Kuraklık (%)				
60	8.6 c	1.7 b	5.1 c	15.3 c
80	16.0 b	2.4 a	7.1 b	25.5 b
100	21.0 a	2.8 a	8.0 a	31.9 a
	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05
Salicylic acid (SA)				
0mM	15.8	2.4	6.8	24.8
1mM	14.3	2.2	6.9	23.3
2mM	15.6	2.4	6.6	24.6
	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır (P≤0.05)
ÖD Önemli değil

Su stresi nedeniyle bitkinin ihtiyacı olan suyu alamaması, vegetatif gelişiminde azalmalara, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında düşümlere yol açmaktadır. Üzüm, kiraz, fasulye, börülce, antep fıstığı, badem, domates, biber, elma , ayva gibi bahçe bitkilerine ait farklı türlerde su stresinin bitki kuru ağırlıklarını azalttığı

saptanmıştır (Bertamini vd., 2006; Sivritepe vd., 2008; Emam vd., 2014; Hayatu ve Mukhtar, 2010; Abbaspour vd., 2012; Karimi vd., 2012; Rezaei vd., 2012).

Denemede SA uygulamaları ve kuraklık x SA interaksyonu bitki kuru ağırlıkları üzerinde kontrole göre dikkate değer bir artış oluşturmamıştır (Tablo 4.5).

4.3. Fizyolojik Parametreler

4.3.1. Klorofil İçeriği, Yaprak Sıcaklığı ve Yaprak Su İçeriği

San Andreas çilek çeşidinde yaprak klorofil içeriği üzerine kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının etkisi Tablo 4.6'da gösterilmiştir. Klorofil içeriğine, farklı sulama seviyeleri ve salisilik asit uygulamalarının etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

Klorofil miktarındaki en düşük değerler %100 sulama seviyelerinde (41.74), en yüksek değerler ise % 60 sulama seviyelerinde (45.21) elde edilmiştir. *Helianthus annuus* bitkisinde yapılan bir çalışmada klorofil a/b oranının kuraklık stresi koşullarında arttığı bildirilmiştir (Kele ve Ünyayar , 2004). Diğer taraftan, farklı bitki türleriyle yapılan çalışmalarda kuraklık stresi altında klorofil içeriğinin azaldığı veya değişmediği; kuraklığın süresine ve şiddetine bağlı olarak klorofil içeriğinin değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Fu ve Huang, 2001). Buğdayda ise klorofil içeriğinin stresli koşullarda arttığı bildirilmiştir (Singh vd., 2003).

Genel olarak fotosentetik etkinliğin klorofil a ve b gibi fotosentetik pigmentlere bağlı olduğu kabul edilir. Fotosentez işleminde klorofiller ışık enerjisinin alıcısı olarak anahtar bir rol oynarlar (Taiz ve Zeiger, 2002). Denememizde SA uygulamaları kontrole göre klorofil içeriğini artırmıştır. Buğday (Iqbal vd., 2006) ve mısır (Abdel-Wahed vd., 2006) bitkilerinde yapılan çalışmalarda SA'nın yaprak klorofil içeriğinde önemli bir artışa neden olduğu gösterilmiştir. Çileklerde yapılan önceki bir çalışmada da (Jamali vd., 2011) SA ile muamele edilen bitkilerin muamele edilmemiş bitkilere kıyasla klorofil içeriğinin % 11 oranında arttığı bildirilmiştir. Denememizde klorofil içeriği bakımından 1 mM ve 2 mM SA dozları arasında istatistiksel olarak farklılık olmamıştır. Bununla birlikte 1 mM SA dozunda, 2 mM SA dozuna göre bir miktar daha yüksek klorofil içeriği saptanmıştır. 1 ve 2 mM SA dozları kontrole göre klorofil içeriğinde sırasıyla % 2.77 ve % 2.42 oranında artış sağlamıştır. Gharib (2006) mercanköşk ve fesleğen bitkilerinde yaptıkları 5-10 mM SA uygulamaları sonucunda klorofil içeriği bakımından en yüksek değerleri 2 mM SA dozundan elde etmiş; daha yüksek SA dozlarında klorofil

içeriğinin düştüğünü bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda 2 mM den daha yüksek SA dozu bulunmamakla birlikte, elde ettiğimiz sonuçlar kısmen Gharib (2006)'ın sonuçlarıyla benzerlik göstermekte ve daha yüksek SA dozunun klorofil içeriğini olumsuz etkileyeceği izlenimini vermektedir.

Çalışmamızda kuraklık x SA interaksyonunun klorofil içeriğine etkisi önemli bulunmamıştır. Literatürde soya ve mısırdaki kuraklık stresi altında klorofil pigment içeriklerinin SA uygulamaları ile arttığı bildirilmektedir (Khodary, 2004 ; Singh vd., 2008; Zhao vd., 2014).

Tablo 4. 6'da görüldüğü gibi, kuraklık stresinin yaprak sıcaklığı üzerindeki etkisi önemli bulunmuş ve en yüksek yaprak sıcaklığı değeri 38.4°C ile % 60, en düşük yaprak sıcaklığı sıcaklığı değerleri ise sırasıyla 37.2 ve 36.5°C ile istatistiksel olarak aynı grupta yer alan % 80 ve % 100 sulama seviyelerinde belirlenmiştir. % 80 ve %100 sulama seviyelerinde belirlenen yaprak sıcaklıkları istatistiksel olarak farklı olmamakla birlikte genel olarak yaprak sıcaklığı stresin şiddetine bağlı olarak artmıştır. Kuraklık gibi abiyotik stres şartlarında kanopi sıcaklığında artış meydana geldiği ve bu artışın verim ile negatif bir korelasyon halinde olduğu bildirilmiştir (Blum, 2009). Denememizde elde edilen verim değerleri (Tablo 4.8) ile yaprak sıcaklığı değerleri (Tablo 4.6) birlikte incelendiğinde kurak stresinin şiddetinin artmasıyla yaprak sıcaklığının arttığı, aynı şekilde verimin azaldığı görülmektedir. Buna göre bulgularımız, kanopi sıcaklığı ile verim arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bildiren araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Klamkowski ve Treder (2008), stres altındaki çilek bitkilerinin yaprak sıcaklığının kontrole kıyasla önemli ölçüde arttığını; en yüksek yaprak sıcaklığının 32,88°C ile en yüksek kuraklık stresinde (% 40) ve en düşük yaprak sıcaklığının ise 30,43°C ile kontrolde gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızla benzerlik göstermektedir.

Denemede yapılan SA uygulamalarının yaprak sıcaklığı üzerine etkili olmadığı ve uygulamalara göre yaprak sıcaklığı değerlerinin 37.3 - 37.5°C arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yaprak sıcaklığı üzerine kuraklık x SA interaksyonu da önemli bulunmamıştır.

Kuraklık stresinin yaprak su içeriği üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. SA uygulamaları ile kuraklık x SA interaksyonu ise yaprak su içeriğinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Tablo 4.6). Sulama düzeyindeki azalış yaprak su içeriğinde azalma meydana getirmiştir. En yüksek

yaprak su içeriği % 100 (81.37), en düşük ise % 60 (75.41) sulama düzeyinde belirlenmiştir. Yaprak su içeriği, % 100 sulamaya kıyasla kuraklık stresi altında % 60 sulama durumunda yaklaşık % 7, ve % 80 sulama durumunda % 2 oranında azalmıştır. Su stresi durumunda bitkinin yeterli su alamaması, hücrelerde turgorun kaybolmasına ve büzölmeye yol açmaktadır (Çırak ve Esendal, 2006). Çalışmamızda su stresinin, yaprak su içeriğini azalttığı ve en yüksek değerin tam sulama koşullarında olduğu tespit edilmiştir. Domates ve çilek üzerinde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Rahman vd., 2002; Ghaderi ve Siosemardeh, 2011).

Tablo 4.6. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının klorofil içeriği, yaprak sıcaklığı ve yaprak su içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	Klorofil İçeriği (SPAD)	Yaprak Sıcaklığı (°C)	Yaprak Su İçeriği (%)
Kuraklık (%)			
60	45.21 a	38.4 a	75.41 b
80	43.61 b	37.2 b	79.61 ab
100	41.74 c	36.5 b	81.37 a
	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05
Salicylic acid (SA)			
0mM	42.76 b	37.5	80.1
1mM	43.98 a	37.3	78.0
2mM	43.82 a	37.4	78.1
	P≤0.05	ÖD	ÖD

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır (P≤0.05)
ÖD Önemli değil

4.3.2. Prolin ve MDA İçeriği

Denemede yaprak prolin içeriği üzerine farklı sulama düzeylerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sulama düzeylerinin prolin miktarına olan etkisi incelendiğinde; San Andreas çeşidinde su stresinin prolin miktarını artırdığı, en yüksek değerin % 60 (27.8), en düşük değerin ise % 100 (20.1) sulama düzeyinde meydana geldiği tespit edilmiştir (Tablo 4.6). Ayrıca su stresi düzeyinin artışıyla prolin içeriğinin de arttığı görölmüştür. Stres koşullarında biriken prolin suda çözünebilir bir aminoasittir ve stres koşullarına dayanım sağlamaktadır (Bian vd., 1988). Farklı türlerde aynı konuda çalışan birçok araştırmacı üzüm (Bertamini vd., 2006), çilek (Ghaderi ve Siosemardeh, 2011), elma (Alizadeh vd., 2011), nohut (Patel

vd., 2011), fıstık (Abbaspour vd., 2012) türlerinde su stresinin bitkide prolin miktarında artışa yol açtığını saptamışlardır.

Salisilik asit uygulamaları prolin içeriği üzerinde önemli farklılık yapmamıştır. Bununla birlikte Tablo 4.6 incelendiğinde, yaprak prolin içeriğinin kontrole göre SA uygulamalarında (1 ve 2 mM) daha yüksek olduğu görülmüştür. Kuraklık x SA interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

San Andreas nötr gün çilek çeşidinde su stresi ve su stresinin etkilerini azaltmak amacıyla yapılan salisilik asit uygulamalarının Lipid peroksidasyon içeriği (MDA) üzerine etkilerine ait bulgular Tablo 4. 7’de görülmektedir. Denemede MDA içeriği üzerine farklı sulama düzeylerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. MDA içeriği en yüksek, şiddetli su stresi koşulunda (1.49) belirlenmiş, en düşük ise istatistiksel olarak aynı grupta bulunan % 80 ve % 100 sulama koşullarında (sırasıyla 1.27 ve 1.22) belirlenmiştir.

MDA, lipid peroksidasyonunun ana ürünlerinden biridir ve MDA içeriği, lipid peroksidasyonunun bir ölçüsü olarak kullanılır. Lipid peroksidasyonun, membran yapısında ve hücre bölünmesinde etkili olduğu bilinmektedir (Karadağ, 2013). Çalışmamızda su stresi, yaprak lipid peroksidasyon içeriğinde artış meydana getirmiştir. Sun vd. (2013) çilek yapraklarındaki MDA içeriğinin, kuraklık stresinin şiddeti ve süresinin artışıyla arttığını ileri sürmüşlerdir. Diğer çalışmalarda da kiraz (Kaya vd., 2006), soya fasulyesi (Shen vd., 2010) ve domates (Shi vd., 2014) türlerinde su stresinin lipid peroksidasyon miktarında artışa neden olduğu ortaya konmuştur.

Denemede salisilik asit uygulamaları MDA içeriği üzerine önemli farklılık yapmamış, MDA içeriği bakımından kuraklık x SA interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Diğer taraftan Sun vd. (2013), kuraklık stresi altında 0,1 ve 1,0 mmol L⁻¹ SA ile muamele edilen çilek bitkilerinin yapraklarında MDA birikiminin önemli ölçüde azaldığını; böylece membran lipid peroksidasyonunun azaldığı, membran stabilitesinin arttığı ve çileklerin kuraklık direncinin geliştiğini bildirmiştir.

Tablo 4.7. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının prolin ve MDA içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	Prolin ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}$)
Kuraklık (%)		
60	27.8 a	1.49 a
80	24.0 ab	1.27 b
100	20.1 b	1.22 b
	$P \leq 0.05$	$P \leq 0.05$
Salicylic acid (SA)		
0mM	20.1	1.37
1mM	27.1	1.27
2mM	24.7	1.35
	ÖD	ÖD

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır ($P \leq 0.05$)
ÖD Önemli değil

4.4. Verim ve Kalite Parametreleri

4.4.1. Toplam Verim, Ortalama Meyve Ağırlığı, Küçük Meyve Verimi

San Andreas çilek çeşidinde toplam verim, ortalama meyve ağırlığı ve küçük meyve verimi üzerine kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının etkisi Tablo 4.8'de gösterilmiştir.

Farklı sulama seviyelerinin toplam verim, ortama meyve ağırlığı ve küçük meyve verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Kuraklık uygulamasında toplam verim ve ortalama meyve ağırlığı bakımından en yüksek değerler tam sulama düzeyinden elde edilirken, en düşük değerler şiddetli su stresi koşullarından elde edilmiştir. En yüksek toplam verim 854.9 g/bitki ile % 100, en düşük ise 158.1 g/bitki ile % 60 sulama düzeyinden elde edilmiştir. En yüksek ortalama meyve ağırlığı değeri 13.5 g ile % 100, en düşük değer ise 9.6 g ile % 60 sulama seviyesinde belirlenmiştir. Bu sonuçlar verim parametrelerinin su eksikliğinden olumsuz etkilendiğini göstermektedir. Toplam meyve verimi ve ortalama meyve ağırlığı bakımından su kısıtı (% 60 ve % 80) altındaki bitkiler ile tam sulama (% 100) koşullarındaki bitkiler arasında önemli farklılıklar olmuş, sulama suyu miktarının artışıyla verim ve meyve iriliği değerleri artmıştır. Tam sulamaya göre orta şiddetteki su stresi toplam verimi yaklaşık % 60, şiddetli su stresi % 82 oranında azaltmıştır. Bano ve Qureshi (2017), kuraklığın Chandler çilek

çeşidinde verimi önemli ölçüde etkilediğini, en az verimin en yüksek kuraklık stresi altında gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Fortuna çilek çeşidi üzerinde yapılan benzer bir çalışmada su noksanlığından tüm verim parametrelerinin olumsuz etkilendiği; su stresinin (% 50) iyi sulanan bitkilere (% 100) göre toplam çilek verimini, ortalama meyve ağırlığını olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Çeliktöpez vd., 2018). Ayrıca ortalama meyve iriliği dikkate alındığında, tam sulama koşullarına göre orta şiddetteki su stresi şartlarında meyve iriliği yaklaşık % 22, şiddetli su stresi şartlarında ise % 29 oranında azalmıştır. Sulamanın çileklerde özellikle ortalama meyve ağırlığını artırarak verimi artırdığı önceki çalışmalarda bildirilmektedir (Kapur vd., 2018; Çeliktöpez vd., 2018).

Denememizde küçük meyve veriminin, kuraklık stresi şiddetinin artmasıyla azaldığı; % 100 sulamada en yüksek (51.4 g/bitki), % 60 sulamada ise en düşük (25.4g) değere sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.8). Bu durum muhtemelen toplam verimlerinde % 100 sulamada en yüksek, % 60 sulamada en düşük olmasından kaynaklanmıştır.

Tablo 4.8. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının toplam verim, ortalama meyve ağırlığı ve küçük meyve verimi üzerine etkileri.

Uygulamalar	Toplam Verim* (g/bitki)	Ortalama Meyve Ağırlığı (g)	Küçük Meyve Verimi* (g)
Kuraklık (%)			
60	158.1 c	9.6 c	25.4 c
80	345.5 b	10.5 b	31.4 b
100	854.9 a	13.5 a	51.4 a
	P≤0.05	P≤0.05	P≤0.05
Salicylic acid (SA)			
0mM	421.9 b	10.7	30.82 b
1mM	537.5 a	11.9	42.31 a
2mM	399.0 b	11.0	35.24 b
	P≤0.05	ÖD	P≤0.05

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır (P≤0.05)

ÖD Önemli değil

*6 bitkiden elde edilen toplam değerlerdir.

Salisilik asit uygulamalarının toplam verim ve küçük meyve verimi üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Özellikle yapraktan 1 mM

SA uygulamasında verim en yüksek bulunmuştur. Bano ve Qureshi (2017) 3 mM SA uygulanmasının verimde en yüksek artışla sonuçlandığını bildirmiştir. Yapraktan salisilik asit uygulamasının mısır (Abdel-Wahed vd., 2006) ve buğday (Shakirova vd., 2003; Iqbal vd., 2006) bitkilerinde verimi ve verim bileşenlerini önemli ölçüde artırdığı gösterilmiştir. Toplam verime bağlı olarak 1 mM SA uygulamasında küçük meyve verimi de en yüksek (42.3 g/bitki) olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan SA uygulamalarının ortalama meyve ağırlığında kontrole göre önemli bir farklılık oluşturmadıkları, bununla birlikte 1 mM SA dozunda meyve iriliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.8). Çalışmamızda kuraklık x SA interaksiyonunun da toplam verim, ortalama meyve ağırlığı ve küçük meyve verimi üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

4.4.2. Meyve Eti Sertliği

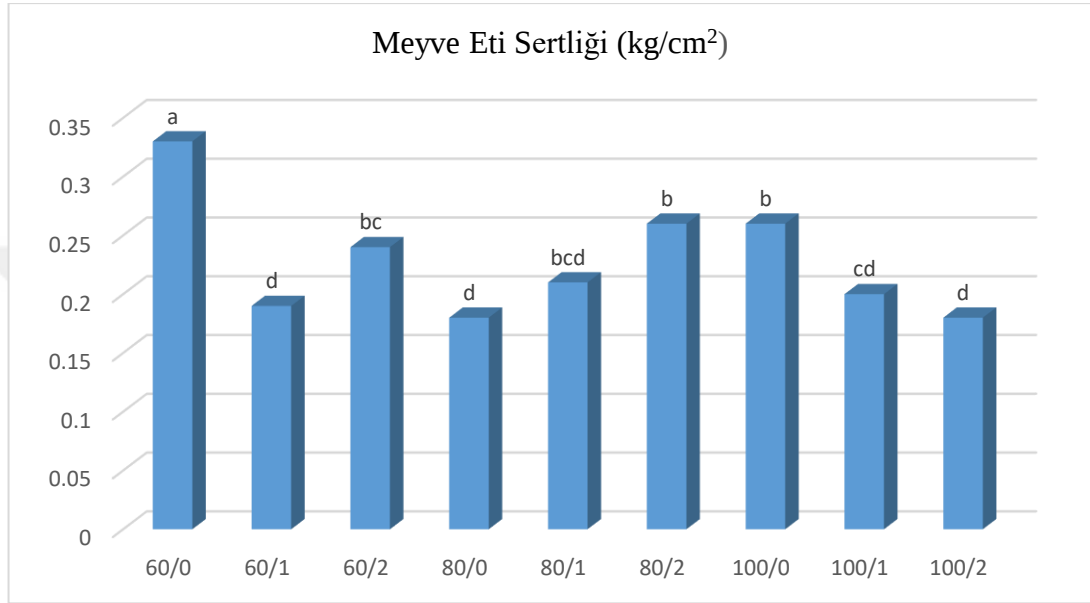
San Andreas çilek çeşidinde meyve eti sertliği üzerine kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının etkisi Tablo 4.9’da gösterilmiştir. Meyve eti sertliği üzerine sulama düzeylerinin, stresi azaltmak amacıyla uygulanan SA uygulamalarının ve kuraklık x SA interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur ($P < 0.05$). Sulama düzeylerinin meyve eti sertliğine etkisine bakıldığında; en yüksek sertlik değerinin % 60 (0.25 kg/cm^2) sulama düzeyinde olduğu, en düşük değerlerin ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan % 100 (0.21 kg/cm^2) ve % 80 (0.22 kg/cm^2) sulama konularında meydana geldiği tespit edilmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının meyve eti sertliği üzerine etkileri

Uygulamalar	Meyve Eti Sertliği (kg/cm^2)
Kuraklık (%)	
60	0.25 a
80	0.22 b
100	0.21 b
	$P \leq 0.05$
Salicylic acid (SA)	
0mM	0.25 a
1mM	0.20 ab
2mM	0.22 b
	$P \leq 0.05$

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır ($P \leq 0.05$)
ÖD Önemli değil

Meyve sertliği bakımından SA uygulamalarının nispeten olumsuz etki yaptığı ve kontrole göre SA uygulamalarının daha düşük meyve sertliği değerlerine yol açtığı görölmüştür (Tablo 4.9). Kuraklık x SA interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuş, en yüksek meyve sertliği değeri SA uygulaması yapılmayan (kontrol) % 60 sulama düzeyindeki bitkilerden elde edilmiş, diğer tüm kombinasyonlarda meyve sertliği azalmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarına göre meyve sertliği değerleri

4.4.3. Suda Çözünebilir Toplam Kuru Madde İçeriği (SÇKM)

San Andreas çilek çeşidinde suda çözünebilir toplam kuru madde (SÇKM) içeriği üzerine kuraklık stresi salisilik asit uygulamalarının etkisi Çizelge 4.10'de verilmiştir.

Çilek meyvesinin yeme kalitesini önemli ölçüde etkileyen en önemli parametrelerden biri olan SÇKM içeriği, sulama seviyeleri ve SA uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Çalışmamızda kuraklık x SA interaksyonunun SÇKM üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

Denemede en yüksek SÇKM değeri % 80 (% 7.2) ve takiben % 60 (% 6.6), en düşük SÇKM değeri ise % 100 (% 6,1) sulama seviyesinde belirlenmiştir. Sarıdaş vd. (2017b) Rubygem çilek çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada, verilen su miktarı azaldıkça SÇKM içeriğinin arttığını belirlemiştir. Giné-Bordonaba ve Terry (2010), farklı çilek çeşitlerinde, kısıtlı sulama koşullarında meyvelerin daha az su alarak kuru madde miktarını önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

SA uygulamalarına bakıldığında, 2 mM SA uygulanan bitkilerden elde edilen çilek meyvelerinin % 6.9 ile en yüksek SÇKM içeriğine sahip olduğu, bunu % 6.6 SÇKM değeriyle 1mM SA uygulamalarından elde edilen meyvelerin izlediği görülmüştür. En düşük SÇKM değeri ise kontrol grubundan (0 mM) elde edilen meyvelerde ölçülmüştür. Çalışma sonuçlarımız, salisilik asit uygulaması altında çileklerde suda çözünebilir toplam kuru madde İçeriğinin arttığını bildiren Ghaderi ve Javadi (2015)'nin sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Ghaderi ve Javadi (2015), 0.1 mM SA uygulamasının kuraklık stresi altındaki "Kurdistan" çilek çeşidinde suda çözünür kuru madde içeriğini artırdığını bildirmiştir

Tablo 4.10. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının suda çözünebilir toplam kuru madde içeriği (SÇKM) üzerine etkileri

Uygulamalar	SÇKM (%)
Kuraklık (%)	
60	6.6 b
80	7.2 a
100	6.1 c
	P≤0.05
Salicylic acid (SA)	
0 mM	6.4 b
1 mM	6.6 ab
2 mM	6.9 a
	P≤0.05

^{abc} Aynı sütünde farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır (P≤0.05)
ÖD Önemli değil

4.4.4. Titre Edilebilir Asit İçeriği

San Andreas çilek çeşidinde meyvelerin titre edilebilir asit içeriği üzerine kuraklık stresi salisilik asit uygulamalarının etkisi Tablo 4.11'de verilmiştir.

Titre edilebilir asit içeriği, sulama seviyeleri ve SA uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Denemede en yüksek asit değeri % 80 (% 1.1), en düşük asit değeri ise % 60 (% 1.0) ve % 100 (% 1.0) sulama seviyesinde belirlenmiştir (Tablo 4.11).

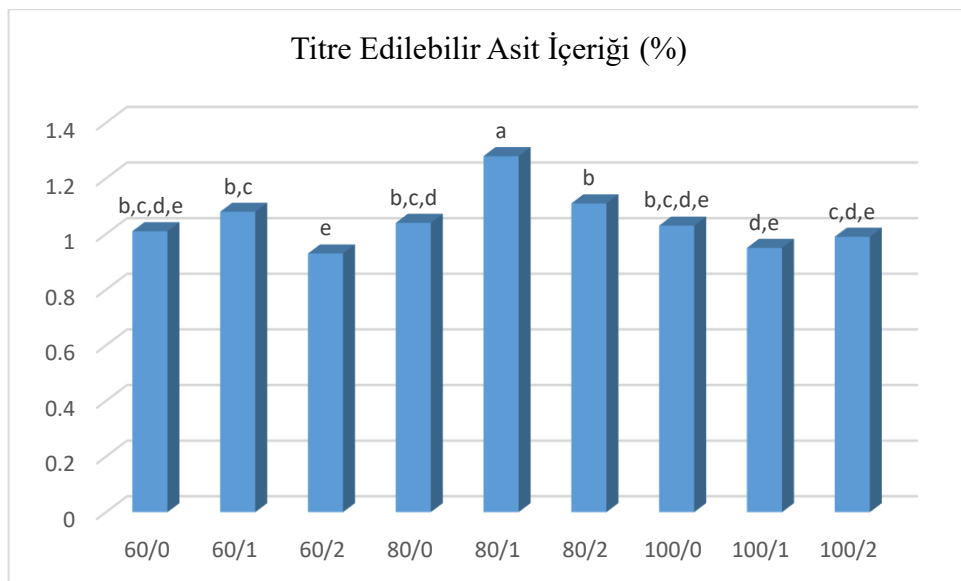
SA uygulamalarında, 1 mM SA uygulanan bitkilerden elde edilen meyvelerin % 1.1 ile kontrol (% 1.0) ve 2 mM (% 1.0) SA uygulamalarına kıyasla daha yüksek asit içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.11).

Çalışmamızda meyvelerin asit içeriği üzerine kuraklık x SA interaksyonunun etkisi de önemli bulunmuş, % 80 sulama düzeyinde 1 mM SA uygulanan bitkilere ait meyvelerin asit içerikleri en yüksek olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3).

Tablo 4.11. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarının titre edilebilir asit içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	Titre Edilebilir Asit İçeriği (%)
Kuraklık (%)	
60	1.0 b
80	1.1 a
100	1.0 b
	P≤0.05
Salicylic acid (SA)	
0mM	1.0 b
1mM	1.1 a
2mM	1.0 b
	P≤0.05

^{abc} Aynı sütunda farklı harflarla gösterilen ortamlar birbirinden farklıdır (P≤0.05)
ÖD Önemli değil



Şekil 4.3. Kuraklık stresi ve salisilik asit uygulamalarına göre titre edilebilir asit içeriği değerleri

5. SONUÇ

Karadeniz Bölgesi, genel olarak çileklerde çiçek tomurcuğu oluşumu için sınır değer olan 26 °C'yi aşmayan nispeten ılımlı yaz (temmuz, ağustos) sıcaklıkları nedeniyle nötr gün çeşitlerinin yaz-sonbahar üretimi için uygun gözükmektedir. Bununla birlikte küresel ısınma nedeniyle yaşanan yüksek sıcaklık ve kuraklığın bu çeşitlerin yetiştiriciliğini etkileyeceği öngörülmektedir. Şimdiye kadar farklı çilek genotiplerinin kurak şartlar altında gösterdiği morfolojik ve fizyolojik değişimler konusunda çalışmalar yürütülmekle birlikte, kurak koşulların verim ve kalite üzerine etkilerini ortaya koyan sonuçlar azdır. Diğer taraftan sürdürülebilir tarım açısından abiyotik streslere karşı kullanımları giderek daha fazla dikkat çeken çevre dostu doğal bitki büyüme maddeleri ile ilgili çalışmalar da oldukça yenidir. Çilekte bu maddelerin kurak şartlardaki etkinliği üzerine yürütülen fazla çalışma yoktur. Kurak şartlara bitki tepkilerinin anlaşılması; ekstrem koşullarda bitki adaptasyonunun geliştirilmesine ve kurağa tolerans mekanizmalarının öğrenilmesine katkıda bulunabilir. Diğer yandan son yıllarda ıslah edilmiş olan ve ülkemizde de kullanımı giderek artan nötr gün çeşitlerinin, kurak stresine karşı tepkileri ile ilgili literatürde bilgi yoktur. Dolayısıyla yeni nötr gün çileklerinin kurak stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi, ticari çilek yetiştiriciliğinde çeşit seçimi açısından önemli olacaktır. Ayrıca çileklerin su stresine cevabına biyo-aktivatörlerin etkisinin öğrenilmesi, kısıtlı su şartlarında sürdürülebilir çilek yetiştiriciliği açısından önemli bilgiler temin edecektir. Bu konulara ışık tutmak için planlanan bu çalışmada, önemli bir ticari nötr gün çeşidi olan San Andreas çilek çeşidinde kurak şartların morfolojik, fizyolojik, verim ve kalite parametrelerinde meydana getirdiği değişimler ile kuraklığın olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla uygulanan salisilik asidin bu parametreler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Denemeden elde edilen sonuçlara göre, serada yetiştirilen San Andreas nötr gün çilek çeşidinde ölçülen fenolojik, morfolojik, fizyolojik, verim ve kalite parametrelerinin hepsi üzerinde kuraklığın önemli bir etkisi olmuştur.

Kuraklığın bitki fenolojisi üzerine etkilerine baktığımızda, şiddetli su stresine (% 60) maruz kalan bitkilerde, orta şiddette su stresi (% 80) ve tam sulamaya (% 100) maruz kalan bitkilere göre daha erken çiçeklenme ve meyve olgunlaşması gerçekleşmiş, dolayısıyla kurak şartlar erkenciliği teşvik etmiştir. Buna göre kurak şartların erken çiçek oluşumuna yol açtığı da söylenebilir

Çalışmamızda çilekte kuraklık stresinin verimlilikle alakalı olan salkım sayısı, bitki büyümesi ile alakalı olan kol sayısı, gövde sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı, toplam yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlıkları gibi parametrelerde azalmaya neden olduğu belirlenmiş, kuraklık stresinin bitkinin vejetatif ve generatif büyümesini engellediği; bitki büyümesi ve gelişiminde çok önemli bir sınırlayıcı faktör olduğu gösterilmiştir.

Kuraklığın fizyolojik parametreler üzerindeki etkileri, yapraklarda su içeriğinin azalması; klorofil içeriği, yaprak sıcaklığı, prolin ve MDA içeriğinin artması şeklinde gerçekleşmiştir.

San Andreas nört gün çilek çeşidinde kurak stresinin verim ve kalite parametrelerini önemli ölçüde etkilediği, kuraklığın toplam verim ve meyve ağırlığında azalmaya neden olduğu; bununla birlikte kuraklık stresinin meyve sertliği ve SÇKM içeriği gibi meyve kalite özelliklerini olumlu etkilediği, meyve sertliği ve SÇKM içeriği değerlerinin kurak koşullarda arttığı belirlenmiştir.

Çalışmamızda bir biyo-aktivatör olan SA uygulamaları bitki fenolojisi ile salkım sayısı, bitki büyümesi ile alakalı olan kol sayısı, gövde sayısı, kök uzunluğu, yaprak sayısı, toplam yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlıklarından ibaret bitki morfolojisi üzerinde etkili olmamıştır. Bununla birlikte uygun dozda (1 mM) SA uygulamaları toplam verimi artırmış; istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte 1 mM Sa dozunda meyve iriliği de daha yüksek olmuştur. SA uygulamaları fizyolojik parametrelerden yalnızca klorofil içeriği üzerine etkili olmuş, yaprak klorofil içeriğini artırmıştır. SA uygulaması SÇKM ve titre edilebilir asit içeriğini artırmış, meyvelerin sertliğini azaltmıştır.

Sonuç olarak San Andreas nötr gün çilek çeşidinde kuraklığın bitki büyüme ve gelişmesi üzerinde önemli bir sınırlayıcı etki yaptığı, verimde azalmaya yol açtığı görülmüş; buna göre San Andreas nötr gün çeşidinin yaz-sonbahar üretiminde su kısıtının olumsuz sonuçlara yol açacağı ileri sürülmüştür. Bir biyoaktivatör olan SA'nın denemede incelenen pek çok parametrede etkili olmadığı belirlenmiş; bu durumun yetiştirme periyodumuzun, bitkinin yüksek su ihtiyacı duyduğu yaz-sonbahar yetiştirme periyodu olmasıyla alakalı olabileceği düşünülmüştür. Bu konuda biyo-aktivatörlerin kuraklığın olumsuz etkilerini hafifletmedeki etkilerini belirlemek için, hem SA hem de diğer biyoaktivatörlerin nötr gün çileklerinin yaz-sonbahar yetiştiriciliğindeki etkilerinin belirlenmesi üzerine araştırmaların devam etmesinde fayda olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbaspour, H., Saeidi-Sar, S., Afshari, H., and Abdel-Wahhab, M. A. (2012). Tolerance of mycorrhiza infected pistachio (*Pistacia vera* L.) seedling to drought stress under glasshouse conditions. *Journal of Plant Physiology*. 169(7), 704-709.
- Abdel-Wahed, M.S.A., A.A. Amin and S.M. El-Rashad, 2006. Physiological effects of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maizeplants. *World. J. Agric. Sci.* 2: 149-155.
- Adak, N., Gubbuk, H., and Tetik, N. (2018). Yield, quality and biochemical properties of various strawberry cultivars under water stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(1), 304-311.
- Alizadeh, A., Alizade, V., Nassery, L., and Eivazi, A. (2011). Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. *Technical Journal of Engineering and Applied Science*. 1(3), 86-94.
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., and Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*. 6(9). 2026-2032.
- Arfan, M., Athar, H. R., and Ashraf, M. (2007). Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress?. *Journal of Plant Physiology*. 164(6), 685-694.
- Asghari, M. (2006). Effects of salicylic acid on selva strawberry fruit, antioxidant activity, ethylene production and senescence, fungal contamination and some other quality attributes. *Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Tehran. Iran*.
- Ashraf, M. F., and Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59(2), 206-216.
- Ateş, N. (2021). Bazı nötr gün çilek çeşitlerinin yaz-sonbahar üretiminde büyüme ve meyve verme davranışları. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun. 105p.
- Ballington, J. R., Poling, B., and Olive, K. (2008). Day-neutral strawberry production for season extension in the midsouth. *HortScience*. 43(7), 1982-1986.
- Bano, N., and Qureshi, K. M. (2017). Responses of strawberry plant to pre-harvest application of salicylic acid in drought conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 30(3).
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39 (1): 205-207.
- Bertamini, M. O., Zulini, L. A., Muthuchelian, K., and Nedunchezian, N. (2006). Effect of water deficit on photosynthetic and other physiological responses in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) plants. *Photosynthetica*. 44, 151-154.
- Bian, Y. M., Chen, S. Y., Liu, S. K., and Xie, M. Y. (1988). Effects of HF on praline of some plants. *Plant Physiol. Commun*. 6, 19-21.
- Blanke, M. M., and 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, 153-160.

- Blum, A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*. 112(2-3), 119-123.
- Bordonaba, J. G., and 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.
- Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P., Ferrante, A. (2015). Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture & Horticulture*. 31: 1–17.
- Çeliktöpez, E., Kapur, B., Sarıdaş, M., and Paydaş Kargı, S. (2018). Determining the yield and morphophysiological responses of 'Fortuna' strawberry cv. of using different irrigation levels with biostimulant application. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 28 (4), 368-374.
- Çetinkaya, C. (2013). Bazı çilek çeşitlerinde kuraklık stresi ile geri kazanım uygulamalarının fizyolojik etkileri (Master's thesis, Uludağ Üniversitesi). pp. 2.
- Çırak, C., and Esendal, E. (2006). Drought stress of soybean. *The Journal of Agricultural Faculty of Ondokuz Mayıs University*. 21, 231-237.
- Darrow, G. M. (1936). Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit-buds and runners in the strawberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 34. pp. 360-363.
- Demirsoy, L., Oztürk, A., ve Serçe, S. (2012). Çileklerde (*Fragaria*) Çiçeklenme ile Fotoperiyot Arasındaki İlişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*. 27(2), 110-119.
- Demirsoy, H., Demirsoy, L., and Öztürk, A. (2005). Improved model for the non-destructive estimation of strawberry leaf area. *Fruits*. 60(1), 69-73.
- Demirsoy, L. ve Lizalo, A. (2022). Nötr gün çilekleri ile yaz-sonbahar çilek üretimi. 'E-Çilek Çalıştayı' Antalya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Antalya Ticaret Borsası, Antalya Tarım Konseyi. 234, 28-40.
- Emam, M. M., Khattab, H. E., Helal, N. M., and Deraz, A. E. (2014). Effect of selenium and silicon on yield quality of rice plant grown under drought stress. *Australian Journal of Crop Science*. 8(4), 596-605.
- FAO, (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. www.fao.org/faostat (Accessed: May 2023).
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. A., and Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Sustainable agriculture*. 153-188.
- Fu, J., and Huang, B. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany*. 45(2), 105-114.
- Ghaderi N, and Siosemardeh, A. (2011). Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Hort. Environ. Biotechnol.* 52: 6–12.
- Ghaderi, N., S., and Javadi, T. (2015). Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. 167-178.
- Gharib, F. A. (2006). Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. *International Journal Of Agriculture And Biology*. 4, 485-492.

- Giné-Bordonaba, J., and Terry, L. A. (2010). Manipulating the taste related composition of strawberry fruits (*Fragaria* × *ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chem.* 122, 1020-1026.
- Grant, O. M., Davies, M. J., Johnson, A. W., and Simpson, D. W. (2012). Physiological and growth responses to water deficits in cultivated strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) and in one of its progenitors, *Fragaria chiloensis*. *Environmental and Experimental Botany.* 83, 23-32.
- Grant, O. M., Johnson, A. W., Davies, M. J., James, C. M., and 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.
- Guttridge, C.G. 1985. *Fragaria* × *ananassa* : In *CRC Handbook of Flowering*. 3,16-33.
- Hancock, J. F., Sjulín, T. M., and Lobos, G. A. (2008). Strawberries. In: James F. Hancock (Ed.). *Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics*. p: 393-438.
- Hasan, S. Z. U., Hassan, I., Khan, M. A., Jilani, G., and Asghar, S. (2022). Morphological and biochemical response of strawberry to salicylic acid application. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology.* 26-33.
- Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., and Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A Review. *Environmental And Experimental Botany.* 68(1), 14-25.
- Hayatu, M., and Mukhtar, F. B. (2010). Physiological responses of some drought resistant cowpea genotypes (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) to water stress. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences.* 3(2), 69-75.
- Ibrahim, M. H., Nulit, R., and Sakimin, S. Z. (2022). Influence of drought stress on growth, biochemical changes and leaf gas exchange of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) in Indonesia. *AIMS Agriculture and Food.* 7(1), 37-60.
- Iqbal, M., Ashraf, M., and Jamil, A. (2006). Seed enhancement with cytokinins: changes in growth and grain yield in salt stressed wheat plants. *Plant growth regulation.* 50, 29-39.
- Jaleel, C. A., Gopi, R., Sankar, B., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. (2008). Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. *Comptes Rendus Biologies.* 331(1), 42-47.
- Jamali, B., Eshghi, S., and Tafazoli, E. (2011). Vegetative and reproductive growth of strawberry plants cv. 'Pajaro' affected by salicylic acid and nickel. *Journal of Agricultural science and Technology.* 13(6), 895-904.
- Jamali, B., Eshghi, S., and Shahidi-Rad, K. (2015). Growth and fruit characteristics of strawberry cv. Selva as affected by different application timing of salicylic acid under saline conditions. *International Journal of Fruit Science.* 15(3), 339-352.
- Kalefetoğlu, T., and Ekmekci, Y. (2005). The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi University Journal of Science.* 18(4), 723-740.
- Kandemir, A. (2016). *Bazı çilek çeşitlerinin örtü altında performanslarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun. 79p.
- Kapur, B., Celiktopuz, E., Sarıdas, M. A., Sarwarı, A. Q., Sarwarı, Q., and Kargı, S. P. (2019). abscisic acid and irrigation levels effects on morphological characteristics of strawberry. *Agrofor*, 4(3).

- Kapur, B., Çeliktopuz, E., Sarıdaş, M. A., and Kargı, S. P. (2018). Irrigation regimes and bio-stimulant application effects on yield and morpho-physiological responses of strawberry. *Horticultural Science and Technology*. 36(3), 313-325.
- Karadağ, F. (2013). Farklı dozlarda selenyum uygulamalarının haşhaş (*Papaver somniferum* L.) yapraklarında antioksidan enzimler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karimi, S., Hojati, S., Eshghi, S., Moghaddam, R. N., and Jandoust, S. (2012). Magnetic exposure improves tolerance of fig 'Sabz' explants to drought stress induced in vitro. *Scientia Horticulturae*. 137, 95-99.
- Karlıdag, H., Yildirim, E., and Turan, M. (2009). Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola*, 66, 180-187.
- Kaya, C., Tuna, L., and Higgs, D. (2006). Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*. 29(8). 1469-1480.
- Kele, Y., and Ünyayar, S. (2004). Responses of antioxidant defense system of *Helianthus annuus* to abscisic acid treatment under drought and waterlogging. *Acta Physiologiae Plantarum*. 26, 149-156.
- Khan, W., Prithiviraj, B., & Smith, D. L. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of plant physiology*. 160(5), 485-492.
- Khodary, S. E. A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Int. J. Agric. Biol.* 6(1), 5-8.
- Klamkowski K., and Treder W. (2006). Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agric. Conspec. Sci.* 71: 159-165.
- Klamkowski, K., and Treder, W. (2008). Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 16(16), 179-188.
- Koester, R. P., Skoneczka, J. A., Cary, T. R., Diers, B. W., and Ainsworth, E. A. (2014). Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. *Journal Of Experimental Botany*. 65(12), 3311-3321.
- Korkmaz, K. (2018). Çilekte su stresi altındaki bitkiler üzerine hümitik asit ve silikonun etkisinin incelenmesi. (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Korkmaz, Ş. (2005). Gölgeleme ve su düzeylerinin çilekte bazı fenoloji, kalite, verim ve bitkisel özellikler üzerine etkisi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kuşvuran, Ş., 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana*. 356.
- Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Academic Press.
- Li, H., Li, T., Gordon, R. J., Asiedu, S. K., and Hu, K. (2010). Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation. *Environmental and Experimental Botany*. 68:165-174.
- Liu, F., Savić, S., Jensen, C. R., Shahnazari, A., Jacobsen, S. E., Stikić, R., and Andersen, M. N. (2007). Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae*. 111(2), 128-132.

- Lolaei, A., Kaviani, B., Rezaei, M. A., Raad, M. K., and Mohammadipour, R. (2012). Effect of pre-and postharvest treatment of salicylic acid on ripening of fruit and overall quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch cv. Camarosa) fruit. *Annals of Biological Research*. 3(10), 4680-4684.
- Merwad, A. R. M., Desoky, E. S. M., and Rady, M. M. (2018). Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. *Scientia Horticulturae*. 228, 132-144.
- Mısır, D. (2016). Bazı çilek çeşitlerinin adaptasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun. 73p.
- Mohamed, R. A., Abdelbaset, A. K., and Abd-Elkader, D. Y. (2018). Salicylic acid effects on growth, yield, and fruit quality of strawberry cultivars. *Journal of Medicinally Active Plants*. 6(2), 1-11.
- Mozafari, A. A., Havas, F., and 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, 511-523
- Munns, R. ve Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651- 681.
- Nezhadahmadi, A., Faruq, G., and 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).
- Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*. 95, 351.
- Ödemiş, B., Candemir, D. K., and Evrendilek, F. (2020). Responses to drought stress levels of strawberry grown in greenhouse conditions. *Horticultural Studies*, 37(2), 113-122.
- Patel, P. K., Hemantaranjan, A., Sarma, B. K., and Radha, S. (2011). Growth and antioxidant system under drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) as sustained by salicylic acid. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 7(4), 130-144.
- Rahman, S. L., Mackay, A. W., Quebedeaux, B., Nawata, E., Sakuratani, T., and Mesbahuddin, A. S. M. (2002). Superoxide dismutase activity, leaf water potential, relative water content, growth and yield of a drought-tolerant and a drought-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *Subtropical Plant Science*. 54, 16-22.
- Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., and Vivekanandan, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of plant physiology*. 161(11), 1189-1202.
- Rezaei, M. A., Kaviani, B., and Jahanshahi, H. (2012). Application of exogenous glycine betaine on some growth traits of soybean (*Glycine max* L.) cv. DPX in drought stress conditions. *Scientific Research and Essays*. 7(3), 432-436.
- Sachs, C. E., Gajurel, K., and Bianco, M. (1997). Gender, seeds and biodiversity. *Women Working in the Environment*. 178-92.
- Sarıdaş, M. A., Paydas Kargı, S., Kapur, B., and Celiktopuz, E. (2017a). Effect of the bioactivator application on fruit quality under different irrigation regime in “Kabarla” strawberry variety. *American Journal of Plant Biology*. 2(5), 114-119.
- Sarıdaş, M. A., Kapur, B., Çeliktopuz, E., and Kargı, S. P. (2017b). Farklı sulama düzeyi ve biyoaktivatör uygulamalarının ‘Rubygem’ çilek çeşidinde meyve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*. 5(10), 1221-1227.

- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A., and Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*. 164(3), 317-322.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies*. 331(3), 215-225.
- Shehata, S. A., Gharib, A. A., El-Mogy, M. M., Gawad, A., and Shalaby, E. A. (2011). Influence of compost, amino and humic acids on the growth, yield and chemical parameters of strawberries. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(11), 2304-2308.
- Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Li, Z., Eneji, A. E., and 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.
- Shi, Y., Zhang, Y., Yao, H., Wu, J., Sun, H., and Gong, H. (2014). Silicon improves seed germination and alleviates oxidative stress of bud seedlings in tomato under water deficit stress. *Plant Physiology and Biochemistry*. 78, 27-36.
- Singh, M. B., Lakshminarayana, J., and Fotedar, R. (2008). Chronic energy deficiency and its association with dietary factors in adults of drought affected desert areas of Western Rajasthan, India. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 17(4).
- Singh, R. P., Roy, S., and Kogan, F. (2003). Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. *International Journal of Remote Sensing*. 24(22), 4393-4402.
- Sivritepe, N., Erturk, U., Yerlikaya, C., Turkan, I., Bor, M., and Ozdemir, F. (2008). Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro. *Biologia Plantarum*. 52, 573-576.
- Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., and Costa, G. (2010). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Sci. Hortic*. 125:63–269.
- 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*. 1, 106-111.
- Tahir, M. H. N., Imran, M. U. H. A. M. M. A. D., and Hussain, M. K. (2002). Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines for drought tolerance. *International Journal of Agriculture and Biology*. 3, 398-400.
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2002). Photosynthesis: physiological and ecological considerations. *Plant Physiol*. 9, 172-174.
- Tiwari N, Purohit M, Sharma G, Nautiyal AR (2013). Changes in morpho-physiology of grown under different water regimes. *Nat. Sci*. 11(9):76-83.
- Vernieri, P., Ferrante, A., Borghesi, E., Mugnai, S. (2006). Biostimulants: a tool for improving quality and yield. *Fertilitas Agrorum. In Italian*. 1:17–22.
- Walter, A, Shurr, U. (2005). Dynamics of Leaf and Root Growth: Endogenous Control Versus Environmental Impact. *Ann. Bot*. 95, 891–900.
- Wang, L. J., Fan, L., Loescher, W., Duan, W., Liu, G. J., Cheng, J. S., and Li, S. H. (2010). Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves. *BMC plant biology*, 10, 1-10.
- Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A. (2003). Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218, 1-14.

- Wang, W. X., Vinocur, B., Shoseyov, O., Altman, A. 2001. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Hort.* 560:285–292.
- Zahedi, S. M., Moharrami, F., Sarikhani, S., and Padervand, M. (2020). Selenium and silica nanostructure-based recovery of strawberry plants subjected to drought stress. *Scientific reports.* 10(1), 17672.
- Zanjani, K. E., Rad, A. H. S., Naeemi, M., and Taherkhani, T. (2012). Effects of zeolite and selenium application on some physiological traits and oil yield of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under drought stress. *Current Research Journal of Biological Sciences.* 4(4), 462-470.
- Zhang, J. Z., Creelman, R. A., and Zhu, J. K. (2004). From laboratory to field. Using information from *Arabidopsis* to engineer salt, cold, and drought tolerance in crops. *Plant Physiology.* 135(2), 615-621.
- Zhao, L., Lyu, A., Wu, J., Hayes, M., Tang, Z., He, B., and Liu, M. (2014). Impact of meteorological drought on streamflow drought in Jinghe River Basin of China. *Chinese Geographical Science.* 24, 694-705.