

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI



**FARKLI SU KISITI KOŞULLARINDA SALİSİLİK ASİT VE
PROLİN UYGULAMALARININ KARPUZ BİTKİSİNİN (*Citrullus
lanatus*) VERİM, KALİTE PARAMETRELERİ VE ENZİM
AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Doktora Tezi

Alper GÜNGÖR

Danışman

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.ZRT.1901.17.011 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Alper GÜNGÖR tarafından, Prof. Dr. Hakan ARSLAN danışmanlığında hazırlanan “FARKLI SU KISITI KOŞULLARINDA SALİSİLİK ASİT VE PROLİN UYGULAMALARININ KARPUZ BİTKİSİNİN (*Citrullus lanatus*) VERİM, KALİTE PARAMETRELERİ VE ENZİM AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 26.07.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

| | Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı | İmza | Sonuç | |
|--------|---|------|-------------------------------------|-------|
| Başkan | Prof. Dr. Zeki GÖKALP Erciyes Üniversitesi Arazi ve Su Kaynakları Anabilim Dalı | | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
| | | | <input type="checkbox"/> | Ret |
| Üye | Prof. Dr. Hakan ARSLAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı | | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
| | | | <input type="checkbox"/> | Ret |
| Üye | Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı | | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
| | | | <input type="checkbox"/> | Ret |
| Üye | Doç. Dr. Sultan KIYMAZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Arazi ve Su Kaynakları Anabilim Dalı | | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
| | | | <input type="checkbox"/> | Ret |
| Üye | Dr. Öğr. Üyesi Dilek KANDEMİR Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitkisel ve Hayvansal Üretim Anabilim Dalı | | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
| | | | <input type="checkbox"/> | Ret |

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

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
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

İmza
... / ... / 2022
Alper GÜNGÖR

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : FARKLI SU KISITI KOŞULLARINDA SALİSİLİK ASİT VE PROLİN UYGULAMALARININ KARPUZ BİTKİSİNİN (*Citrullus lanatus*) VERİM, KALİTE PARAMETRELERİ VE ENZİM AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 05.06.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 10

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

İmza
... / ... / 20...
Prof. Dr. Hakan ARSLAN

ÖZET

FARKLI SU KISITI KOŞULLARINDA SALİSİLİK ASİT VE PROLİN UYGULAMALARININ KARPUZ BİTKİSİNİN (*Citrullus lanatus*) VERİM, KALİTE PARAMETRELERİ VE ENZİM AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Alper GÜNGÖR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Doktora, Temmuz/2022

Danışman: Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Günümüzde kısmi zamanlı yaşanan ancak gelecekte artacağı belirtilen kuraklık koşullarında, tarımsal girdilerin en önemli unsuru olan sulama suyuna erişim imkanı sınırlı bir hal alacaktır. Bu nedenle, yenilikçi yetiştirme tekniklerine duyulan ihtiyaç giderek önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, kısıtlı sulama koşullarında salisilik asit (SA) ve prolin (P) uygulamalarının karpuzda verim, kalite ve bitki su tüketimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, ilk aşamada arazide uygulanacak dozu belirlemek için, yetiştirme saksılarına dikilen karpuzlara, 4 farklı sulama suyu düzeyinde (S₁:%100, S₂: %80, S₃:%60 ve S₄:%40), 5 farklı Salisilik asit dozu (SA₁: 1 mM, SA₂: 2 mM, SA₃: 3 mM, SA₄: 5 mM ve SA₅: 7 mM) ve 5 farklı Prolin dozu (P₁: 1 mM, P₂: 3 mM, P₃: 7 mM, P₄: 15 mM ve P₅: 20 mM) kullanılarak sera ortamında ön uygulama çalışması yapılmıştır. Dozlar belirlendikten sonra, 2018 ve 2019 yıllarında, 4 farklı sulama suyu düzeylerinde (S₁:%100, S₂: %80, S₃:%60 ve S₄:%40) yetiştirilen karpuz bitkisine 3 farklı dışsal uygulama (K: Kontrol, SA: Salisilik Asit, P: Prolin) yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre, dışsal uygulamalar bitki su tüketimi ve verimi artırmıştır. Bununla birlikte, klorofil miktarı, stoma iletkenliği, meyve eni, meyve eti sertliği, SÇKM, meyve et rengi, SOD, CAT, APX ve GPX parametrelerini artırırken yaprak sıcaklığı, meyve kabuk kalınlığı ve titre edilebilir asitlik değerlerini azaltmıştır. K uygulamasında $K_{yK} = 1.08$ olarak belirlenirken, SA uygulamasında $K_{ySA} = 0.82$ ve P uygulamasında $K_{yP} = 0.87$ olarak belirlenmiş olup dışsal uygulamalar bitkiyi toleranslı hale getirmiştir. Kısıtlı sulama koşullarında SÇKM değeri olumlu etkilenecek artış göstermiştir. Ayrıca, su kullanım etkinliği, yıllar ortalamasında %20 su kısıtı (S₂) koşullarında en yüksek değere ulaşmıştır. Su kullanım etkinliği, K – S₂ parselinde 17.38 kg.m⁻³ iken SA - S₂ parselinde %12.60 artış ve P – S₂ parselinde %12.51 artış göstermiştir. Genel olarak yenilikçi yetiştirme koşullarının, incelenen hem su kullanımına bağlı parametrelerde hemde fizyolojik parametrelerde kontrol konularına göre olumlu katkı sağladığı istatistiksel olarak belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, salisilik asit ve prolinin kuraklık stresi koşulları altında bitki büyüme ve gelişmesini, bitki üretkenliğini, meyve kalitesini ve WUE'yi geliştirerek olumlu bir şekilde yansıtmıştır. Bununla birlikte, SA uygulaması, %40 kuraklık koşullarına kadar bitki veriminde önemli kayıp olmadan, bitki yetiştirme koşullarını iyileştirmek için potansiyel bir büyüme düzenleyicisi olarak kullanılabilirliği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Su kısıtı, Dışsal uygulama, Antioksidan enzim, Stres, Karpuz

ABSTRACT

THE EFFECT OF SALICYLIC ACID AND PROLINE APPLICATIONS ON THE YIELD, QUALITY PARAMETERS AND ENZYME ACTIVITIES OF WATERMEON PLANT IN DIFFERENT WATER DEFICIT CONDITIONS

Alper GÜNGÖR

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Ph.D., July / 2022

Supervisor: Prof. Dr. Hakan ARSLAN

In drought conditions that are experienced part-time today but are expected to increase in the future, access to irrigation water, which is the most important element of agricultural inputs, will become limited. Therefore, we need innovative growing techniques.

This study investigated the effects of applications of salicylic acid (SA) and proline (P) on yield, quality, and evapotranspiration in watermelon under deficit irrigation conditions. To this end, to determine the dose to be applied in the field at the first stage, a pre-application treatment was conducted in the greenhouse environment using 5 different Salicylic acid and Proline doses on watermelons planted in growing pots at 4 different irrigation water levels (S_1 :%100, S_2 : %80, S_3 :%60 and S_4 :%40). After determining the doses, 3 different exogenous applications (K: Control, SA: Salicylic Acid, P: Proline) were made to watermelon plant grown at 4 different irrigation water levels in 2018 and 2019. These results indicated that exogenous applications increased evapotranspiration and yield. However, while exogenous applications increased the parameters of the amount of chlorophyll, stomatal content, fruit width, fruit firmness, TSS, fruit colour, SOD, CAT, APX and GPX, it decreased the rates of leaf temperature, rind thickness, and titratable acidity. In the application of K, Ky_K was determined as 1.08, in the application of SA, Ky_{SA} was determined as 0.82, in the application of P, Ky_P was determined as 0.87, and exogenous applications made the plant tolerant. Under the deficit irrigation conditions, the TSS rate was positively affected and increased. Also, water use efficiency reached the highest level under 20% water deficit (S_2) conditions on the average of years. While the water use efficiency was 17.38 kg.m^{-3} in the K – S_2 parcel, it increased by 12.60% in the SA - S_2 parcel, and by 12.51% in the P – S_2 parcel. Generally, it was statistically determined that innovative growing conditions contributed positively to both water-use related parameters and physiological parameters analyzed compared to control subjects.

In These study results positively reflected that Salicylic acid (SA) and proline (P) improved plant growth and development, plant productivity, fruit quality and WUE in drought stress conditions. However, it is advisable to use application of SA as a potential growth regulator to enhance the plant growing conditions without significant plant yield loss up to 40% drought conditions.

Keywords: Water deficit, Exogenous application, Antioxidant enzyme, Stress, Watermelon

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik çalışmalarında bilgi ve birikimlerini paylaşarak yol gösteren, araştırma hipotezimden araştırmanın sonucuna kadar ki süreçte öngörülerini paylaşan ve gerekli desteği sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Hakan ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince, araştırma bulguları ve methodolojinin dönemsel olarak değerlendirilmesinde, önemli bilgi ve tecrübeleri sayesinde katkı sağlayarak tez çalışmamın şekillenmesinde emeği geçen değerli Tez İzleme Komitesi üyeleri Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL'e ve Dr. Öğretim Üyesi Dilek KANDEMİR'e çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimimin ders aşamasında bilgi ve birikimlerini aktararak tecrübelerime katkıda bulunan hocalarım Prof. Dr. Bilal CEMEK'e, Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL'a, Prof. Dr. Vedat CEYHAN'a, Prof. Dr. Deniz EKİNCİ'ye ve Doç. Dr. Alper TANER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamın yürütülmesi için araştırma alanının 2 yıl boyunca bana tahsis edilmesini sağlayan Dr. İdris Macit'e ve Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Araştırma süresince ihtiyaç duyduğumda benimle birlikte araziye gelerek özverili çalışma sergileyen Araştırma Görevlisi Mehmet ALTUN'a ve gerek çalışma süresince arazi hazırlığından çalışmada kullanılan verilerin temin edilmesine kadar gerekse laboratuvar çalışmalarımın yürütülmesinde bana yardım eden, başta Tarım Ekonomisi ve Tarımsal Biyoteknoloji bölümü 2018-2019 yıllarındaki stajyer arkadaşlar olmak üzere, benimle arazi şartlarında ve laboratuvarda mesai harcayan tüm stajyer arkadaşlara emeklerinden ötürü sonsuz teşekkür ederim.

Araştırmada, laboratuvar kısmının bir bölümünün yürütülmesinde görev üstlenerek sabırlı ve özverili bir çalışma sergileyen çok değerli arkadaşlarım Araştırma Görevlisi Gürkan BİLİR'e ve Araştırma Görevlisi Ömer TAŞ'a çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, PYO.ZRT.1901.17.011 nolu Bilimsel Araştırma Projesi olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Proje Yönetim Ofisi tarafından desteklenmiştir. Bu amaçla katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Doktora eğitim ve öğrenimi gördüğüm sürede, gerek yoğun mesai harcadığım zamanlarda gerekse karşılaştığım iş ve yaşam zorluklarında sürekli yanımda olarak desteğini hissettirdiği ve hepsini aşmamda etkisi ve emeği olan saygıdeğer eşim Büşra GÜNGÖR'e,

Bu süreçte bana babalık duygusunu yaşatan, hem yorgunluğumu unutturan hem de mutluluğu çokça yaşatan canım kızım Arya Beren GÜNGÖR'e

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim - öğrenimimin her aşamasında ve yaşamımın her anında bana güç ve destek veren, maddi ve manevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, tecrübeleri ile yolumu aydınlatan ve isimleri ile halen güç aldığım ve sonsuza kadar güç alacağım Annem N. Diler GÜNGÖR'e ve Babam Erdoğan GÜNGÖR'e en içten duygularım ile teşekkür ederim.

Merhume N. Diler GÜNGÖR'e

ve

Merhum Erdoğan GÜNGÖR'e

İthafen...

Alper GÜNGÖR

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------------|
| TEZ KABUL VE ONAYI | i |
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI | ii |
| TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI | ii |
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iv |
| ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR | v |
| SİMGELER VE KISLATMALAR | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | x |
| TABLolar DİZİNİ | xi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETLERİ | 3 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 10 |
| 3.1. Sera Çalışması | 10 |
| 3.1.1. Araştırma Yeri ve Ön Uygulama Hazırlık Aşaması | 10 |
| 3.1.2. Bitkilerde kısıtlı sulama ve dışsal uygulamalar..... | 12 |
| 3.1.3. Bitkilerde Stres Parametrelerinin Ölçümü | 13 |
| 3.2. Arazi Çalışması..... | 15 |
| 3.2.1. Araştırma Yeri..... | 15 |
| 3.2.2. Araştırma Yerine Ait Toprak Özellikleri | 16 |
| 3.2.3. Araştırmada Kullanılan Bitki Çeşidi ve Özellikleri | 17 |
| 3.2.4. Araştırma Yerinin İklim Özelliği | 18 |
| 3.2.5. Araştırma Yerinin Hazırlığı ve Deneme Deseni | 19 |
| 3.2.6. Toprak - Su Bütcesi Yaklaşımı | 24 |
| 3.2.7. Su – Üretim Fonksiyonları ve Verim İlişkileri..... | 24 |
| 3.2.8. Dışsal Uygulama Zamanı ve Hazırlığı | 26 |
| 3.2.9. Su Uygulama Zamanı ve Hazırlığı | 27 |
| 3.2.10. Toprakta Yapılan Ölçümler..... | 27 |
| 3.2.11. Bitkide Yapılan Ölçümler | 28 |
| 3.2.12. Meyvede Yapılan Ölçümler ve Analizler..... | 29 |
| 3.2.13. Antioksidan Enzim Analizleri | 29 |
| 3.2.14. Yüzey Tepki Metodu Modellemesi İle Verim Tahmini | 33 |
| 3.2.15. İstatistiksel Analizler..... | 34 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 35 |
| 4.1. Sera Çalışmasına Ait Bulgular..... | 35 |
| 4.1.1. Salisilik Asit (SA) Uygulamalarına Ait Bulgular..... | 35 |
| 4.1.2. Prolin (P) Uygulamalarına Ait Bulgular | 38 |
| 4.2. Arazi Çalışmasına Ait Bulgular | 41 |
| 4.2.1. Sulama Suyu Yönetimi ve Biti Su Tüketimine Ait Bulgular | 41 |
| 4.2.2. Verim ve Su Verim Bileşenlerine Ait Bulgular | 48 |
| 4.2.2.1. Bitki Su Tüketimi | 48 |
| 4.2.2.2. Hasat Edilen Pazarlanabilir Verim | 51 |
| 4.2.2.3. Verim Tepki Etmeni (Ky)..... | 55 |
| 4.2.2.4. Su Kullanım Etkinliği (WUE) | 58 |
| 4.2.2.5. Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)..... | 60 |
| 4.3. Kalite Özelliklerine Ait Bulgular..... | 63 |
| 4.3.1. Meyve Boyu (cm)..... | 63 |
| 4.3.2. Meyve Eni (cm)..... | 66 |
| 4.3.3. Meyve Kabuk Kalınlığı (mm)..... | 67 |
| 4.3.4. Meyve Eti Sertliği (N)..... | 71 |
| 4.3.5. Meyve Et Rengi (L, a, b)..... | 73 |
| 4.3.6. Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) içeriği (%)..... | 77 |
| 4.3.7. Titre Edilebilir Asitlik (%) | 79 |

| | |
|---|------------|
| 4.3.8. Meyve Sayısı/Bitki..... | 81 |
| 4.3.9. Dekara Verim (t da ⁻¹) | 84 |
| 4.4. Antioksidan Enzim Özelliklerine Ait Bulgular | 86 |
| 4.4.1. Süperoksit Dismutaz (SOD) Enzimi (U mg-1) | 87 |
| 4.4.2. Katalaz (CAT) Enzimi (U mg-1)..... | 89 |
| 4.4.3. Askorbat Peroksidaz (APX) Enzimi (U mg-1)..... | 92 |
| 4.4.4. Guaiakol Peroksidaz (GPX) Enzimi (U mg-1)..... | 95 |
| 4.5. Bitki Ölçümlerine Ait Bulgular | 97 |
| 4.5.1. Klorofil Miktarının Belirlenmesi (SPAD)..... | 97 |
| 4.5.2. Stoma İletkenliğinin Belirlenmesi (mmol m ⁻² s ⁻¹)..... | 100 |
| 4.5.3. Yaprak Sıcaklığının Belirlenmesi (°C)..... | 103 |
| 4.6. Ölçümlere Dayalı Regresyon Analizi Bulguları | 106 |
| 4.6.1. Bitki Su Tüketimi (ET) ile verim ve meyve özelliklerine ait ilişkiler..... | 106 |
| 4.6.2. Parametreler Arasındaki İlişkiler | 111 |
| 5. KARPUZDA YETİŞTİRME OLANAKLARINA BAĞLI TASARIMLAR | 114 |
| 5.1. Askorbat Peroksidaz aktivitesi ve Stoma İçeriğine Bağlı Verim Tahmin Modeli.... | 114 |
| 5.2. Askorbat Peroksidaz aktivitesi ve Klorofil Miktarına Bağlı Verim Tahmin Modeli | 116 |
| 5.3. Guaiakol Peroksidaz aktivitesi ve Stoma İçeriğine Bağlı Verim Tahmin Modeli.... | 118 |
| 5.4. Katalaz aktivitesi ve Stoma İçeriğine Bağlı Verim Tahmin Modeli..... | 120 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER..... | 123 |
| KAYNAKLAR | 130 |
| ÖZ GEÇMİŞ..... | 136 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-------------|------------------------------------|
| 1-(ETa/ETm) | : Oransal bitki su tüketimi açığı |
| 1-(Ya/Ym) | : Oransal verim azalması |
| APX | : Askorbat Peroksidaz |
| CAT | : Katalaz |
| D | : Drenaj miktarı |
| ET | : Bitki su tüketimi |
| ETa | : Gerçek bitki su tüketimi |
| ETa/ETm | : Oransal bitki su tüketimi |
| ETm | : Maksimum bitki su tüketimi |
| GPX | : Guaiakol Peroksidaz |
| I | : Sulama suyu miktarı |
| IWUE | : Sulama suyu kullanım etkinliği |
| Ky | : Su-verim ilişkisi faktörü |
| P | : Düşen yağış |
| R | : Yüzey akış miktarı |
| SÇKM | : Suda Çözünebilir Kuru madde |
| SOD | : Süperoksit Dismutaz |
| WUE | : Su kullanım etkinliği |
| Y | : Verim |
| Ya | : Gerçek verim |
| Ya/Ym | : Oransal verim |
| Ym | : Maksimum verim |
| ΔS | : Toprak profilindeki nem değişimi |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|-----|
| Şekil 3. 1. Çalışmanın yürütüldüğü sera | 10 |
| Şekil 3. 2. Saksıların toprak ile doldurulması ve dikime hazırlanması | 11 |
| Şekil 3. 3. Fide dikimi ve can suyu verilmesi | 12 |
| Şekil 3. 4. Serada dışsal uygulama yapılması | 13 |
| Şekil 3. 5. Klorofil miktarının belirlenmesi | 14 |
| Şekil 3. 6. Stoma iletkenlik değerinin belirlenmesi | 14 |
| Şekil 3. 7. SOD ve CAT aktivitesinin belirlenmesi | 15 |
| Şekil 3. 8. 2018-2019 yıllarına ait TAGEM deneme alanı | 16 |
| Şekil 3. 9. Damla sulama sistemi kurulumu..... | 19 |
| Şekil 3. 10. Fide dikimi ve elyaf çekimi | 20 |
| Şekil 3. 11. Toprak örneği alınması | 20 |
| Şekil 3. 12. Akses tüpü ve nötronmetre okuması..... | 21 |
| Şekil 3. 13. Deneme deseni detayı | 22 |
| Şekil 3. 14. Deneme deseni a) 2018 yılı b) 2019 yılı..... | 23 |
| Şekil 3. 15. Araziye dışsal uygulama yapılması | 26 |
| Şekil 4. 1. Yetiştirme dönemi toprak nem düzeyi değişimi (K)..... | 45 |
| Şekil 4. 2. Yetiştirme dönemi toprak nem düzeyi değişimi (SA) | 46 |
| Şekil 4. 3. Yetiştirme Dönemi toprak nem düzeyi değişimi (P) | 47 |
| Şekil 4. 4. Karpuz bitkisinin 2018 ve 2019 yıllarında ait verim-tepki grafiği | 56 |
| Şekil 4. 5. Karpuz bitkisine ait verim-tepki grafiği..... | 57 |
| Şekil 4. 6. Klorofil ölçümüne ait LSD analiz sonuçları | 99 |
| Şekil 4. 8. Stoma iletkenliğine ait LSD analiz sonuçları | 102 |
| Şekil 4. 6. Yaprak sıcaklığı ölçümüne ait LSD analiz sonuçları..... | 105 |
| Şekil 4. 9. Bitki su tüketimi ile verime ait ilişkiler | 107 |
| Şekil 4. 10. Bitki su tüketimi ile SÇKM değerine ait ilişkiler | 108 |
| Şekil 4. 11. Bitki su tüketimi ile meyve eni değerine ait ilişkiler | 109 |
| Şekil 4. 12. Bitki su tüketimi ile meyve boyu değerine ait ilişkiler | 110 |
| Şekil 4. 13. Korelasyon tablosu | 113 |
| Şekil 5. 1. APX aktivitesi ve stoma iletkenliğinin verime etkisi | 115 |
| Şekil 5. 2. APX aktivitesi ve klorofil miktarının verime etkisi..... | 117 |
| Şekil 5. 3. GPX aktivitesi ve stoma iletkenliğinin verime etkisi | 119 |
| Şekil 5. 4. CAT aktivitesi ve stoma iletkenliğinin verime etkisi | 121 |

TABLolar DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Tablo 3. 1. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel özellikleri..... | 17 |
| Tablo 3. 2. Deneme yeri topraklarının bazı kimyasal özellikleri | 17 |
| Tablo 3. 3. Bafra ilçesi iklim verileri | 18 |
| Tablo 3. 4. SOD enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği | 31 |
| Tablo 3. 5. CAT enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği | 32 |
| Tablo 3. 6. APX enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği | 32 |
| Tablo 3. 7. GPX enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği | 33 |
| Tablo 4. 1. CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları | 36 |
| Tablo 4. 2. Salisilik asit uygulamalarının CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları | 36 |
| Tablo 4. 3. CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları | 39 |
| Tablo 4. 4. Prolin uygulamalarının CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliği üzerine etkisi..... | 39 |
| Tablo 4. 5. Deneme parsellerine ait sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri | 42 |
| Tablo 4. 6. Yıllara ait sulama yönetimine başlamadan uygulanan sulama suyu ve toplam düşen yağış miktarları (mm)..... | 43 |
| Tablo 4. 7. Yıllara ait sulama yönetimine göre uygulanan sulama suyu miktarları (mm)..... | 44 |
| Tablo 4. 8. Bitki su tüketimine ait varyans analiz sonuçları | 48 |
| Tablo 4. 9. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) bitki su tüketimi üzerine etkisi | 49 |
| Tablo 4. 10. Pazarlanabilir verim değerlerine ait varyans analiz sonuçları | 51 |
| Tablo 4. 11. Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) pazarlanabilir verim üzerine etkisi | 52 |
| Tablo 4. 12. Su kullanım etkinliğine ait varyans analiz sonuçları | 58 |
| Tablo 4. 13. Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) su kullanım etkinliği üzerine etkisi | 59 |
| Tablo 4. 14. Sulama suyu kullanım etkinliğine ait varyans analiz sonuçları | 61 |
| Tablo 4. 15. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) sulama suyu kullanım etkinliği üzerine etkisi | 61 |
| Tablo 4. 16. Meyve boyuna ait varyans analiz sonuçları..... | 64 |
| Tablo 4. 17. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve boyu üzerine etkisi..... | 65 |
| Tablo 4. 18. Meyve enine ait varyans analiz sonuçları | 67 |
| Tablo 4. 19. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve eni üzerine etkisi..... | 67 |

| | |
|---|-----|
| Tablo 4. 20. Meyve kabuk kalınlığına ait varyans analiz sonuçları..... | 69 |
| Tablo 4. 21. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve kabuk kalınlığı üzerine etkisi..... | 70 |
| Tablo 4. 22. Meyve eti sertliğine ait varyans analiz sonuçları..... | 71 |
| Tablo 4. 23. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve eti sertliği üzerine etkisi..... | 72 |
| Tablo 4. 24. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) L, a ve b değerleri üzerine etkisi | 74 |
| Tablo 4. 25. Suda çözünebilir kuru madde içeriğine ait varyans analiz sonuçları | 77 |
| Tablo 4. 26. Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) suda çözünebilir kuru madde içeriği üzerine etkisi..... | 78 |
| Tablo 4. 27. Titre edilebilir asitlik'e ait varyans analiz sonuçları..... | 79 |
| Tablo 4. 28. Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) titre edilebilir asitlik üzerine etkisi | 80 |
| Tablo 4. 29. Meyve sayısı/bitki 'ye ait varyans analiz sonuçları | 82 |
| Tablo 4. 30. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve sayısı/bitki üzerine etkisi | 83 |
| Tablo 4. 31. Dekara verime ait varyans analiz sonuçları | 84 |
| Tablo 4. 32. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) dekara verim üzerine etkisi | 85 |
| Tablo 4. 33. Süperoksit dismutaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları..... | 87 |
| Tablo 4. 34. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) süperoksit dismutaz aktivitesi üzerine etkisi..... | 88 |
| Tablo 4. 35. Katalaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları | 90 |
| Tablo 4. 36. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) katalaz aktivitesi üzerine etkisi | 92 |
| Tablo 4. 37. Askorbat peroksidaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları | 94 |
| Tablo 4. 38. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) askorbat peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi | 95 |
| Tablo 4. 39. Guaiakol peroksidaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları | 96 |
| Tablo 4. 40. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) guaiakol peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi..... | 97 |
| Tablo 4. 41. Klorofil miktarına ait varyans analiz sonuçları..... | 99 |
| Tablo 4. 42. Stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları..... | 102 |
| Tablo 4. 43. Yaprak sıcaklığına ait varyans analiz sonuçları..... | 105 |
| Tablo 5. 1. APX aktivitesi ve stoma iletkenliğinin yüzey tepki metoduna ait varyans analizi | 116 |
| Tablo 5. 2. APX aktivitesi ve klorofil miktarına yüzey tepki metoduna ait varyans analizi | 118 |
| Tablo 5. 3. GPX aktivitesi ve stoma iletkenliğinin yüzey tepki metoduna ait varyans analizi | 120 |

| | |
|---|-----|
| Tablo 5. 4. CAT aktivitesi ve Stoma iletkenliğinin yüzey tepki metoduna ait varyans analizi | 122 |
|---|-----|

1. GİRİŞ

Dünyada her yıl yaklaşık 3 milyon ha alanda, 101.6 milyon ton karpuz üretimi yapılmaktadır (URL – 2). Karpuzda, Çin üretim ve ekimde ilk sırada yer alırken, Türkiye ikinci sırada yer almaktadır. Karpuz ihracatında, en büyük ihracatçı ülke İspanya olurken, en büyük ithalatçı ülke ABD olarak bilinmektedir. Türkiye’de, karpuz üretiminde en büyük paya sahip iller arasında bulunan Samsun ili önemli bir pazar oluşturmaktadır. Samsunda, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla 15130 da ve 14800 da alanda karpuz tarımı yapılırken yıllara göre sırasıyla yaklaşık 101 ton da⁻¹ ve 100 ton da⁻¹ üretim yapılmıştır (URL – 3).

Tarımsal üretimde sulama suyuna olan ihtiyacın, dünya çapında, günden güne arttığı belirtilmektedir. Bu konudaki yeni yaklaşımlardan biri bitki büyüme ve gelişme dönemlerindeki sulama suyuna olan ihtiyacın belirlenerek eldeki suyun daha etkili kullanılabilmesi yönündedir. Diğer bir yöntem ise dışsal uygulamalar ile bitki büyüme mekanizması teşvik edilerek, bitkinin topraktaki suyu daha etkili kullanmasının sağlandığı yetiştirme teknikleridir. Bu nedenle, gelecek yıllardaki yenilikçi teknikler sayesinde gerek suyun etkili kullanılması gerekse bitkinin kaliteli bir vejetasyon süreci geçirecek verimin hat safhada elde edilmesi, olmazsa olmaz bir hal alacaktır.

Optimum bitki gelişimi için düşen yağışın bitki yetiştirme süresince hem miktar hemde dağılım açısından dengeli olması gereklidir. Aksi halde bu durum bitkide doğrudan stres oluşturmaktadır. Bu nedenle özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkisel üretimi en çok etkileyen unsur sulamada kullanılacak suyun varlığıdır. Bitkisel üretimin temel girdisi olan sulama suyu miktarı, bitkinin ihtiyaç duyduğundan daha az olduğunda, bitkinin topraktan aldığı su miktarı su tüketiminden daha az olmaktadır. Bu sebeple, bitkinin eşik değerine kadar, artan su tüketimi ile verimin artacağı düşünüldüğünde, bitkilerin sulama suyuna ihtiyaç duyduğu miktar ve zaman aralığında bitkinin yeter derecede suya erişiminin sağlanması gerekecektir. Bitkinin tüm vejetasyon süresince düzenli büyüme ve gelişme kaydetmesi ile kaliteli ürün eldesi ancak bu şekilde sağlanabilmektedir. Bu yönden yapılacak çalışmalarda su yönetimi, tarımsal girdilerin etkinliğini artıran ve ekonomi ile sosyal düzenin bir denge oluşturmasını sağlayan kompleks bir uygulamalar bütünüdür.

Gelişen ve değişen çevre şartlarında su yönetiminin önemi daha da ön plana çıkmaktadır. Bitkisel üretimin etkinliğinin artırılmasında üst sınırı belirleyici etmenler arasında başta bitkinin genetik yapısı olmakla beraber bitki yetiştirme koşulları ve yetiştirme teknikleri bulunmaktadır. Bu sınıra ulaşmak, bitkinin adaptasyonunu destekleyen ve topraktaki suyun etkili kullanılmasını sağlayan dışsal uygulama (Salisilik Asit, Prolin) teknikleri ile mümkün olabilmektedir.

Dışsal uygulamalar, bitkide ozmolit koruyucu görevini üstlenerek bitkiyi fizyolojik olarak çevre şartlarına uyumlu hale getirmektedir. Bu durum bitki bünyesinde sentezlenen antioksidan enzimleri aktif hale getirmekle kalmayıp, bitki bünyesinde oluşan ara bileşiklerin uzaklaştırılmasında da etkili olmaktadır. Bu sayede tüm bitkilerde kullanılabilecek olan dışsal uygulama teknikleri, bitkilerin büyüme ve gelişmesini zorlayıcı şartlarda veya başka bir deyişle bitkilerde meydana gelen stres koşullarında bitkide tolerans oluşturarak bitkinin normal gelişimini devam ettirmesini sağlamaktadır. Ayrıca dışsal uygulamalar, üretim aşamasında normal gelişim sürdüren bitkilerin de bünyesinde ozmolit koruyucu görevi üstlenmesinden dolayı gelişimi üst sınırlara taşımakta ve verim artışı sağlamaktadır.

Günümüz çalışmalarında bitki fizyolojisindeki değişimler gözlemlenerek, strese ilk tepki veren mekanizmalar incelenmektedir. Bu amaçla, sulama çalışmalarında da, bitkiler büyüme ve gelişme evresinde iken, verimi etkileyecek unsurların yani her türlü stres koşullarının aşılabilmesi için antioksidan enzimler ve ozmolit koruyuculardan yararlanılması, bu konudaki çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmada; ön uygulama ile sera kapsamında yapılan çalışma sonucunda en uygun salisilik asit (SA) dozunun 2mM ve en uygun prolin dozunun 7 mM olduğu belirlenmiştir. Belirlenen ozmolit koruyucu dozlarının kullanıldığı arazi çalışmasında ise; farklı seviyedeki kuraklık koşullarında yetiştirilen karpuz bitkisinin su verim ilişkilerinin incelenmesi ile dışsal olarak yapraktan uygulanan farklı ozmolit koruyucu dozlarının bitkinin fizyolojik, metabolik ve morfolojik değerleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Ayrıca; antioksidan enzim aktiviteleri ile toprak nemi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile bitkilerin kuraklığa dayanımının dışsal uygulamalar ile artırılmasının olanakları değerlendirilmiştir. Çalışma bu özelliği ile literatürde ilk olma özelliği taşımaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Günümüzde giderek azalan su kaynaklarından maksimum miktarda yararlanılarak bitki yetiştirilmesi amaçlanmakta ve konu ile ilgili bir çok farklı çalışma yürütülmektedir.

Dünya karpuz verimi ortalaması 2017 yılında dekara 3405 kg olmuştur. Aynı yıl verimin en yüksek olduğu ülkeler 4274 kg da⁻¹ ile Çin, 4219 kg da⁻¹ ile ABD ve 4200 kg da⁻¹ ile Türkiye olmuştur (URL – 4). Türkiye, dünyadaki dekara karpuz verim ortalamasının, üzerinde seyretse de bölgesel bazda ortalamanın düştüğü görülebilmektedir. Bu düşüş sebeplerinin başında ise biyotik (mantarlar, funguslar ve böcekler gibi etmenler) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık gibi etmenler) stres koşulları gelmektedir. Stres ile mücadele amacıyla, kapsamlı çalışmalar içeren ıslah çalışmaları yapılması veya daha spesifik sonuçlar için aşılı fide kullanımı yaygın olarak tercih edilmektedir (Karaağaç vd., 2018).

Cui vd. (2019), domateste iki sezonda yaptıkları çalışmada T1 (kontrol), T2, T3 ve T4 olmak üzere 4 farklı seviyede kuraklık stresi oluşturmuşlardır. Bu amaçla domateste verim ve kalite bileşenlerini değerlendirmişlerdir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, ilk sezon T3 ve T4 uygulamalarında pazarlanabilir meyve verimi sırasıyla %9 ve %13 daha düşük olurken, ikinci sezonda sırasıyla %13 ve %27 düşük olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca farklı sulama uygulamalarının sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) üzerindeki etkisini incelemişler ve kontrol ile karşılaştırıldığında, T2 ve T3 uygulamalar için IWUE ilk sezon sırasıyla %8 ve %10 artarken ikinci sezonda sırasıyla %6 ve %5 arttığını belirtirken ikinci sezon en düşük IWUE'nin T4 uygulamasında olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte meyve sertliği ve renk indeksi kuraklık stresinden olumlu etkilenirken, meyve su içeriği ve şekil indeksinin uygulamalar arasında herhangi bir farklılık göstermediğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, T2 konusundaki kuraklık stresinin uygulanmasının, su tasarrufu sağladığı ve diğer konulardaki kuraklık stresi uygulanmasına kıyasla daha az olumsuz etkiye sahip olduğu ve böylece kuraklık stresinin olumsuz etkilerini en aza indirdiği için olumlu bir yönetim yaklaşımı olabileceğini önermişlerdir.

Sharma vd. (2014), iki sezonluk bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, 3 farklı kavun çeşidi (Mission, Da Vinci ve Super Nectar) kullanarak bitki su tüketiminin %100'ü ve %50'si olmak üzere 2 farklı sulama oranı uygulamışlardır. Bitkide verim

ve meyve kalitesini belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre; kısıtlı sulama uyguladıkları konuda (%50 ETc) meyve boyutundaki azalmaya bağlı olarak her iki mevsimde de pazarlanabilir verimde %100 sulama uyguladıkları konuya göre %30'luk bir düşüş yaşandığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte meyve kalitesi açısından çözünebilir katı madde içeriğinin kısıtlı sulamada (%50 ETc) Da Vinci ve Super Nectar çeşitlerinde %23 arttığını belirtmişlerdir. β -karoten içeriğinin ise 2011 yılında Da Vinci çeşidinde %25 düzeyinde önemli bir artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Ghodke vd. (2018), 4 farklı seviyede uygulanan sulama ile oluşturdukları kuraklık koşullarında, soğanın fizyolojik ve morfolojik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Soğana ait klorofil değerinin kuraklık koşullarında sulama koşullarına göre %10.1 arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca soğan bitkisinde çözülebilir şeker oranını belirlemişler ve kuraklık koşullarını sulama konusu ile kıyasladıklarında %8.33 düzeyinde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Anjum vd. (2018), iki biber (*Capsicum annuum* L.) çeşidinin (Shanshu-2001 ve Nongchengjiao-2) kuraklık stresi altında fizyolojik tepkilerini belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada %80, %60, %40 ve %20 olarak toplamda 4 farklı su stresi konusu oluşturmuşlardır. Artan kuraklık şartlarının, başlangıçta katalaz (CAT), peroksidaz (POD) ve süperoksit dismutaz (SOD) antioksidan enzim aktivitelerini arttırdığını, daha sonra ise antioksidan enzim aktivitelerini azalttığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte Shanshu-2001'de belirlenen SOD, POD ve CAT in aktivitelerinin Nongchengjiao-2'den daha yüksek olduğunu ve bunun sonucunda Shanshu-2001'deki büyüme, gelişme ve verim değerlerinin Nongchengjiao-2'den daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda ise yüksek antioksidan enzimlerin varlığı, azaltılmış lipid peroksidasyonu, daha iyi ozmolit birikimi ve bitkide doku su içeriğinin korunması nedeniyle daha iyi büyüme ve verim kaydedilerek kuraklığa dayanımının artırıldığını ifade etmişlerdir.

Abdelaal vd, (2020), yaptıkları çalışmada, salisilik asit (0.5 mM) ve prolin (10 mM) uygulamalarını, 4 farklı sulama seviyesi (1- tam sulama, 2- çimlenmeden sonra 1 adet sulama, 3- çimlenmeden sonra 1 adet sulama + 0.5 mMSA uygulaması, 4- çimlenmeden sonra 1 adet sulama + 10 mM P uygulaması) ile oluşturdukları kuraklık stresine maruz bırakılan arpa bitkilerine uygulamışlar ve arpa üzerine etkilerini incelemişlerdir. Salisilik asit ve P uygulamalarının verimi kontrol konusuna göre

sırasıyla ilk sezon %35.45 ve %22.72 artırırken, ikinci sezon %33.04 ve %34.82 düzeyinde artırdığını belirlemişlerdir. Yapılan çalışma ile verim ve verimi etkileyen unsurlarda dışsal olarak SA ve P uygulamalarının yapılması, bitkide stresi azaltarak bitkiyi toleranslı hale getirmiştir. Bu durum dışsal uygulamalar ile bitkiden daha yüksek verim elde edilebileceğini göstermiştir.

Ghaffari H vd. (2019), yaptıkları çalışmada, %100, %75 ve %50 olmak üzere 3 farklı sulama uygulamaları ile 3 farklı düzeyde (0, 5mM, 10mM) prolin (P) uygulaması kullanarak şeker pancarının kuraklık koşullarına toleransını belirlemeye çalışmışlardır. Kuraklık stresi sonucunda yaprakta prolin içeriği, malondialdehit (MDA) içeriği, hidrojen peroksit (H₂O₂) içeriği, askorbat peroksidaz, katalaz, peroksidaz enzimatik aktivitelerinde ve fotosentetik pigmentlerinde artış olduğunu belirlemişlerdir. Ancak bu artışın yapraktan uygulanan prolin, MDA ve H₂O₂ içeriğini düzenlediğini ve azalttığını ifade ederek prolin uygulamalarının fotosentetik pigmentleri, yaprak bağıl su içeriğini, membran stabilite indeksin ve şeker pancarı kökü üretimini artırdığını tespit etmişlerdir.

Osman (2015), farklı büyüme evrelerinde uygulanan kuraklığın ve yaprağa dışsal olarak uygulanan glisin betain (GB) ve prolinin (P) bezelye bitkisinde osmolit durumu ve antioksidan savunma sistemi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışmada bezelye bitkisinin farklı büyüme aşamalarında kuraklık stresi oluşturmak amacıyla 4 farklı sulama rejimi ((1) vejetatif dönem, (2) çiçeklenme dönemi, kısa süreli kuraklık stresi olarak, (3) vejetatif + çiçeklenme gelişimi aşamaları boyunca (uzun süreli kuraklık stresi)) ve (4) kontrol (stres olmadan)) uygulamışlardır. Bununla birlikte dışsal olarak her bir uygulama için 4mM dozunda GB ve P uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, GB uygulaması; vejetatif dönem kuraklık stresi uygulanan (1) konuya ait yapraklardaki CAT aktivitesini kontrole göre %36.93 artırırken, çiçeklenme dönemi kuraklık stresi uygulanan (2) konu ile vejetatif ve çiçeklenme dönemi kuraklık stresi uygulanan (3) konuda CAT aktivitesini kontrole göre sırasıyla %21.28 ve % 22.27 azalttığını belirlemişlerdir. Dışsal olarak P uygulamaları yapılan 1, 2 ve 3 konularında CAT aktivitesinin kontrole göre sırasıyla %9.8, %45 ve %30.5 azaldığını belirlemişlerdir.

Dianat vd. (2008), 4 farklı sulama seviyesi (%100, %75, %50 ve %25) ve 3 farklı SA dozu (0, 150 ve 300 mg/l⁻¹) kullanarak limon mine çiçeğinin biyokimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik çalışma yapmışlardır. Çalışmadan elde ettikleri

sonuçlarda; kuraklık stresinin şeker, prolin miktarı ve süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte 300 mg/L⁻¹'deki SA uygulaması, büyüme hızı ve fizyolojik parametreler üzerinde iyileştirme yaparak kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azalttığını ifade etmişlerdir.

Azimi vd. (2013), salisilik asit (SA) ve amino asit uygulamasının buğdayın verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışmada 3 farklı büyüme koşulunda (tam sulama, çiçeklenme dönemi sulama ve tane doldurma dönemi sulama) dışsal olarak uygulanan 2 farklı amino asit (kontrol ve 1/1000 su) ve 3 farklı salisilik asit (kontrol, 0.75 mM ve 3 mM) uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda amino asit uygulanan konu, uygulanmayan konuya göre verimi %25.7 artırırken, 1.5 mM SA uygulanan konu uygulanmayan konuya göre verimi %37.8 artırdığını belirtmişlerdir. Su eksikliğinin buğdayda tüm özellikleri azalttığını ancak dışsal uygulanan amino asit ve salisilik asidin ise buğday üzerindeki bu olumsuz etkilerini azalttığını belirlemişlerdir.

Hussain, vd. (2009), farklı sulama rejimleri altında hibrit ayçiçeğinin büyüme ve su ilişkilerini iyileştirmede, dışsal olarak glisin betain (GB) ve salisilik asit (SA) uygulamalarının rolünü belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu amaçla 3 farklı sulama seviyesi olan normal sulama (CKI), tomurcuklanma aşamasında su stresi (VS) ve çiçeklenme aşamasında su stresi (FS) koşullarında yetiştirilen ayçiçek bitkisine GB 100 mM ve SA 0.724 mM dozlarını dışsal olarak uygulamışlardır. En düşük verimi kontrol konusundan 10.680 kg ha⁻¹ olarak elde ederken, en yüksek biyolojik verimi kontrol konusuna göre çiçeklenme aşamasında uygulanan GB konusundan almış olup %10.7 artış görülmüştür. Çiçeklenme aşamasında uygulanan SA konusundan ise kontrol konusuna göre %7.24 oranında artış görüldüğünü belirlemişlerdir. Ayrıca ayçiçek bitkisinde yaşanan su stresi, yaprak alan indeksini (LAI), yaprak alan süresini (LAD), mahsul büyüme hızını (CGR), yaprak bağıl su içeriğini, su potansiyelini, ozmotik potansiyeli, turgor basıncını, aken verimini ve su kullanım verimliliğini azaltırken, dışsal uygulanan GB ve SA uygulamalarının su stresi altında bu özellikleri iyileştirdiğini ifade etmişlerdir.

Shao vd. (2005), yapmış oldukları bir çalışmada farklı toprak nem koşullarında yetiştirilen 10 farklı buğday genotipinde, antioksidatif enzimlerin (POD, SOD ve CAT) nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Buğdayda meydana gelen antioksidan enzim

değişimlerini, yetiştirme periyodu olarak tohum, kardeşlenme ve olgunlaşma olarak 3 farklı döneme ayırmışlar ve çalışma sonucunda; farklı buğday genotiplerinin yetiştirme dönemleri boyunca değişen toprak nem içeriğine bağlı olarak, POD, SOD ve CAT antioksidan enzim seviyelerinde farklılık olduğunu belirlemişlerdir.

Akça vd. (2008), defne bitkisinin (*Laurus nobilis* L.) tohumlarına absisik asit ve prolin uygulamış ve fidelerde meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal kuraklığa tolerans tepkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, tohumların 100µM ABA, 1mM prolin ve ABA + prolin kombinasyonu içeren steril su içerisinde +4°C'de 3 hafta süreyle tutulması sağlanmış ve elde edilen fideler saksılara alınarak 6 ay süresince düzenli olarak sulanmışlardır. Çalışma sonucunda; en yüksek SOD ve CAT aktivitesinin ABA uygulanan grupta, en yüksek POX aktivitesinin ise ABA + prolin kombinasyonunun uygulandığı grubun yapraklarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tohumlara ABA uygulanması, defne fidelerinin kuraklığa toleransının artırılması için kullanılabilir ve uygulamanın büyüme üzerindeki negatif etkisi prolinin ABA ile kombine kullanımıyla giderilebileceği önerilmiştir.

Hojati vd. (2011), önemli bir yağ bitkisi olan aspirde; toleranslı Isfahan ve yüksek toleranslı IL.111 tohumlarını kullanarak bitki vegetatif kısımları ile yaprak ve kökteki SOD, CAT ve POX antioksidan enzim aktivitelerinin değişimini gözlemlemişlerdir. Uygulamalarda 30 gün boyunca, %100 (Kontrol) sulama ve %85, %70, %55 su kısıtı uygulamışlardır. Çalışma sonucunda kontrol grubuna kıyasla SOD, CAT ve POX antioksidan enzim seviyelerinin arttığını gözlemlemişler, bitkilerdeki SOD, CAT ve POX gibi antioksidan enzim düzenleyicilerinin artması sonucu reaktif oksijen bileşiklerinin zararlı etkisinden arındırılabilceğini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, antioksidan enzimlerin yüksek seviyelerde çıkmasının bitkilerin su kısıtına toleransları ile ilişkili olduğunu açıklamışlardır.

Özdüven vd. (2016), salisilik asit uygulamalarının farklı sulama uygulamalarında yetiştirilen yazlık kabak bitkisindeki verim ve kalite üzerine etkisini belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada; üretimi sırasında su ihtiyacı yüksek olan yazlık kabak bitkisinin farklı uygulama metotlarıyla [(tohum (T), yaprak (Y), tohum+yaprak)] ve değişik dozlarda (0, 0,5, 1 mM SA) dışarıdan verilen SA'in normal ve geç ekim dönemlerinde kısıtlı su koşullarında bitki gelişimi (çıkış, ilk çiçeklenme, meyve eni, boyu, çapı vb.) ve verim (meyve sayısı, toplam verim vb.) gibi birçok parametreye etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda

araştırıcılar; uygulaması çok pratik ve kolay olan, çevreye zararı olmayan, aynı zamanda ucuz olan SA'in verim ve verimle ilişkili bazı değerleri arttırmak için önermişlerdir. Özellikle salisilik asitin tohuma ve yaprağa 0,5mM (T0,5+Y0,5) uygulama dozunun diğer dozlara göre birçok parametrede öne çıktığını belirtmişlerdir. Ayrıca salisilik asitin etkilerini daha iyi görebilmek için uygulama sayısını artırarak periyodik uygulamalar yapılarak yeni çalışmalar gerçekleştirilmesi gerektiğini önermişlerdir.

Culpan (2015), gibberellik asit ve salisilik asidin aspirde verim ve kalite özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla bir araştırma yapmıştır. Çalışmada metaryal olarak iki aspir çeşidi (Dinçer ve Balcı) kullanmıştır. Denemede dışsal olarak uygulanan salisilik asidin kontrol, 0.1, 0.5 ve 1 mM dozları ile gibberellik asidin kontrol, 100, 200 ve 300 ppm dozları kullanılmıştır. Belirtilen bu dozları çiçeklenme öncesi dönemde bitkiye püskürtme yoluyla uygulamış ve denemede bitki boyu, dal sayısı, tabla sayısı, tabladaki tohum sayısı, tabla çapı, çiçeklenme gün sayısı, olgunlaşma gün sayısı, tane verimi, 1000 tane ağırlığı, kabuk oranı, iç oranı, yağ oranı, protein oranı ve yağ verimi gibi karakterleri incelemiştir. Elde edilen verilere göre, tane verimi ve yağ oranı bakımından çeşitler ile hormonlar arasındaki farklılıkların yanı sıra çeşit x hormon ve hormon x doz interaksiyonları da önemli olduğunu vurgulamıştır. Dekara en yüksek tane verimi (120,496 kg/da) SA uygulamasıyla Dinçer çeşidinden, en düşük verim ise (55,111 kg/da) GA₃ uygulamasıyla Balcı çeşidinden elde edildiğini belirtmiştir.

Huseynova vd. (2012), yapmış oldukları çalışmada; 2 farklı makarnalık (*Triticum durum L.*), Barakatli-95 (toleranslı) ve Garagylchyg-2 (duyarlı); ile 2 farklı ekmeklik (*Triticum aestivum L.*) Azamatli-95 (toleranslı) ve Giymatli-2/17 (duyarlı) buğday çeşitlerini normal sulama ve aşırı su kısıtı koşullarında yetiştirmişlerdir. Yetiştirme periyodunu, 7 farklı gelişim evresine ayırarak her evredeki enzim değişimini gözlemlemişlerdir. Yetiştirme periyodu süresince; yaprak su içeriği (RWC), toplam klorofil, fotokimyasal verim (Fv/Fm), protein içeriği ve enzim aktivitelerinin (CAT, APX, GR ve SOD) nasıl değiştirdiğini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; kuraklığa toleranslı yetiştirme koşulunda CAT aktivitesinin kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında önemli dercede arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca makarnalık buğdayda CAT aktivitesinin maksimum seviyesi süt olum evresinde gerçekleşirken ekmeklik buğdayda çiçeklenme sonunda gözlemlenmiştir. APX

aktivitesinin ise kuraklık uygulamalarında yapraklarda arttığı belirtilmiştir. Bu durum bitkinin yetiştirme periyodunun farklı evrelerinde enzim aktivitelerinin strese bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

Bu doktora çalışmasında, Mara F1 karpuz (*Citrullus lanatus L.*) çeşidinde tam ve kısıtlı sulama koşullarında dışsal uygulama ile farklı yetiştirme koşulları oluşturulmuştur. Bu amaçla, bitki yetiştirme koşullarındaki stres durumu değerlendirilerek yetiştirme tekniklerine bağlı bitki su tüketimi, su üretim fonksiyonları ve antioksidan enzim aktiviteleri değerlendirilmiştir.

Bununla birlikte yetiştirme koşullarına göre değişkenlik gösteren verim ve verim bileşenlerine ait farklar ortaya koyulmuştur. Ayrıca elde edilen tüm parametrelerin birbiriyle olan ilişkileri belirlenerek değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma 2 aşamalı olarak yürütülmüştür. Öncelikle araştırmanın, ön uygulama çalışması kapsamında sera şartlarında kısıtlı sulama koşullarına maruz bırakılan karpuz fidelerine sprey ile 5 farklı dozda konularına göre salisilik asit (SA) ve prolin (P) uygulaması yapılarak en uygun doz miktarının belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Daha sonra; arazi şartlarında tam ve kısıtlı sulama koşullarında karpuz yetiştiriciliği yapılarak, belirlenen en uygun SA ve P dozlarının uygulanması amacıyla ikinci bir araştırma yürütülmüştür.

3.1. Sera Çalışması

3.1.1. Araştırma Yeri ve Ön Uygulama Hazırlık Aşaması

Çalışmanın ilk kısmı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait araştırma ve uygulama arazisinde bulunan plastik örtülü serada yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü sera Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3. 1. Çalışmanın yürütüldüğü sera

Denemede kullanılan toprak hava kurusu ağırlığa geldikten sonra elek ile elenmiş ve saksılara doldurulmuştur. Denemede kullanılan saksılar; 24 cm çapında ve 25 cm yüksekliğinde olup 13 lt hacimlidir. Saksıların tabanına 2 kg çakıl konulmuş ve üzeri 9 kg hava kurusu toprak ile doldurulmuştur (Şekil 3.2). Toprakların dolun işlemi bittikten sonra her saksı drene olana kadar su ile doldurularak doyurulmuş ve buharlaşmanın önlenmesi için üzerleri kapatılmıştır. 48 saat süresince serbest drenaj koşullarına bırakılan saksılar tartılmış ve ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3. 2. Saksıların toprak ile doldurulması ve dikime hazırlanması

Çalışma kapsamında aşılı karpuz fideleri her saksıya 1 adet olacak şekilde 20.04.2018 tarihinde dikilmiş ve can suyu verilmiştir (Şekil 3.3). Su kısıtı ve dışsal uygulamalar başlayana kadar tüm konulara aynı miktarda su verilmiştir. Fideler 3-5 gerçek yaprak olunca su kısıtı ve dışsal uygulamalara başlanmıştır. Yapraktan yapılacak dışsal uygulamalarda, çözeltilinin yaprak üzerinde tutunmasını sağlamak amacıyla içerisine birkaç damla Tween-20 eklenmiş ve her iki sulamada bir olmak üzere pülverize şeklinde yaprakların alt ve üst tüm yüzeyleri tamamen ıslanacak şekilde uygulama yapılmıştır.



Şekil 3. 3. Fide dikimi ve can suyu verilmesi

3.1.2. Bitkilerde kısıtlı sulama ve dışsal uygulamalar

Çalışmada; tam sulama konularında, önceden belirlenen tarla kapasitesi değerine ulaşıncaya kadar sulama yapılmıştır (%100). Diğer sulama konuları ise kısıtlı olacak şekilde, bu değer, %80'i, %60'ı ve %40'ı olarak uygulanmıştır. Sulama aralığı, topraktaki kullanılabilir nemin %30'u kullanıldığında sulama yapılacak şekilde belirlenmiştir.

Dışsal uygulamalar için, 5 farklı salisilik asit (1, 2, 3, 5, 7 mM) ve prolin (1, 3, 7, 15, 20 mM) dozu belirlenmiştir. Bu uygulamalar her iki sulamada bir olacak şekilde, bitkilerin yapraklarına toplam 4 kez uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise yapraktan pülverize şekilde şebeke suyu uygulanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4. Serada dışsal uygulama yapılması

3.1.3. Bitkilerde Stres Parametrelerinin Ölçümü

Çalışmanın sera uygulama aşamasında, bitki stres parametrelerinden; stoma iletkenliği, yaprak sıcaklığı ve toplam klorofil miktarı ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca antioksidan enzimlerden Katalaz (CAT) ve Süperoksitdismutaz (SOD) analizleri yapılmıştır. Proje kapsamında arazi çalışması aşamasında kullanılacak dışsal uygulama dozları sera aşamasında belirlenen ölçüm sonuçlarına göre istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada 24.05.2018 ve 30.05.2018 tarihlerinde aşılı karpuz bitkilerinde ait aşağıda verilen ölçümler yapılmıştır.

- **Klorofil miktarı (SPAD):** Her bitkide 3'er okuma yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır (Şekil 3.5).



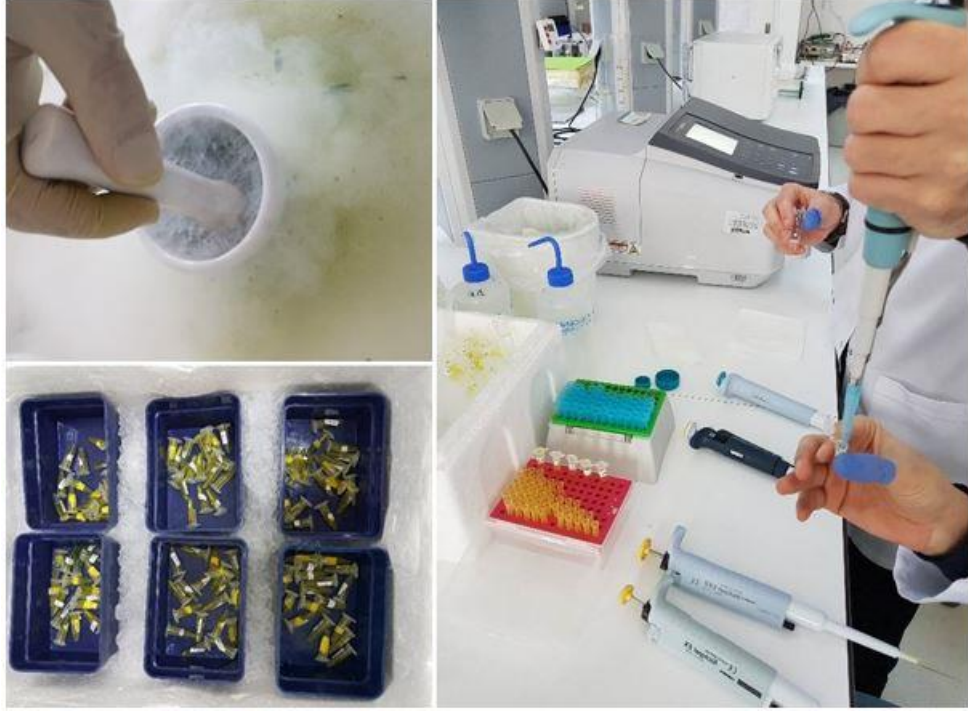
Şekil 3. 5. Klorofil miktarının belirlenmesi

- **Stoma iletkenliği ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$):** Her bitkide 3'er okuma yapılmış ve bu değerlerin ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3. 6. Stoma iletkenlik değerinin belirlenmesi

- **Antioksidan enzim aktivitesi (SOD ve CAT) ($U\ mg^{-1}$):** Her bitkide gelişimini tamamlamış 3'er yaprak örneği alınmış ve bu değerlerin ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3. 7. SOD ve CAT aktivitesinin belirlenmesi

Çalışma kapsamında; 20.04.2018 tarihinde dikimi yapılan fideler 31.05.2018 tarihinde hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerde bitki yaş ağırlığı, kol sayısı ve kol uzunluğu parametreleri belirlenmiştir.

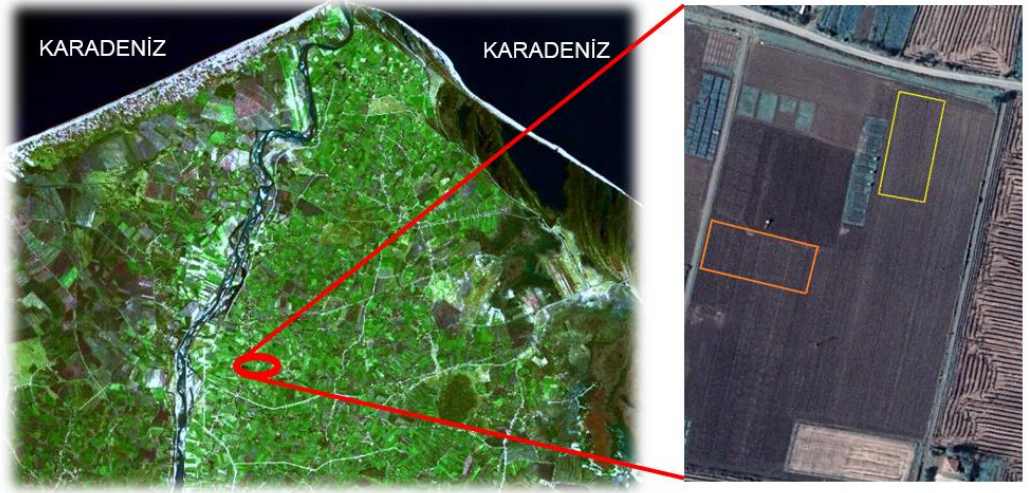
3.2. Arazi Çalışması

3.2.1. Araştırma Yeri

Karadeniz sahil şeridinin orta bölümünde Yeşilırmak ve Kızılırmak nehirlerinin Karadeniz'e döküldükleri deltalar arasında yer alan Samsun ili 9,083 km^2 ' lik bir yüz ölçüme sahiptir. Coğrafi konum olarak $40^{\circ} 50'$ - $41^{\circ} 51'$ kuzey enlemleri, $37^{\circ} 08'$ ve $34^{\circ} 25'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Deneme, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra Deneme İstasyonu arazisinde yürütülmüştür (Şekil 3.8). Bafra Ovası Samsun ili' nin 20 km batısındaki Çakırlaraltı mevkiinden başlayıp, batıda Yakakent ilçesine kadar devam etmektedir.

Yaklaşık 80.000 ha büyüklüğündeki Ova 41° 26' – 41° 45' kuzey enlemleri, 35° 30' – 36° 11' doğu boylamları arasında yer almakta ve üzerinde Ondokuzmayıs, Bafra ve Alaçam ilçeleri bulunmaktadır.

Ovanın doğu-batı mesafesi 60 km ve kuzey-güney mesafesi 32 km'dir. Ovanın kuzeyinde Karadeniz ve güneyinde Canik Dağları yer almaktadır (Anonim, 1970).



Şekil 3. 8. 2018-2019 yıllarına ait TAGEM deneme alanı

3.2.2. Araştırma Yerine Ait Toprak Özellikleri

Çalışma alanını temsil edebilecek farklı noktalardan bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak analiz yapılmıştır. Bu analizlere ait toprağın bazı fiziksel (bünye, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi) ve kimyasal özellikleri (tuzluluk, pH) belirlenmiştir. Topraklara ait fiziksel özellikler Tablo 3.1'de kimyasal özellikler ise Tablo 3.2' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Deneme yeri topraklarının bazı fiziksel özellikleri

| Derinlik (cm) | Bünye Analizi | | | Bünye Sınıfı | Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³) | Tarla Kapasitesi (mm) | Solma Noktası (mm) |
|------------------|---------------|----------|---------|-----------------|--|--------------------------|--------------------------|
| | Kum (%) | Silt (%) | Kil (%) | | | | |
| 0-30 | 15.55 | 36.40 | 48.05 | C | 1.27 | 115.82 | 73.16 |
| 30-60 | 16.80 | 37.90 | 45.30 | C | 1.25 | 115.50 | 73.80 |
| 60-90 | 24.40 | 34.20 | 41.40 | C | 1.32 | 121.18 | 74.45 |
| 90-120 | 31.25 | 32.85 | 35.90 | CL | 1.36 | 113.02 | 66.51 |

Hacim ağırlığı değerleri 1.25-1.36 g cm⁻³; tarla kapasitesi 113.02-121.18 mm, solma noktası ise 66.51-74.45 mm arasında değişim göstermiştir. Araştırma alanı topraklarının profil boyunca 0-30; 30-60; 60-90 cm kil (C), 90-120 cm siltli kil (CL) olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.2. Deneme yeri topraklarının bazı kimyasal özellikleri

| Yıllar | Derinlik (cm) | EC (dS m ⁻¹) | pH | | |
|--------|------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|------|
| | | | CaCO ₃ (%) | Organik Madde (%) | |
| 2018 | 0-30 | 0.474 | 7.60 | 6.80 | 1.70 |
| | 30-60 | 0.466 | 7.75 | 13.70 | 0.60 |
| | 60-90 | 0.460 | 7.82 | 11.90 | 0.40 |
| | 90-120 | 0.415 | 7.80 | 15.10 | 0.30 |
| 2019 | 0-30 | 0.415 | 7.80 | 6.80 | 1.70 |
| | 30-60 | 0.408 | 7.85 | 13.70 | 0.60 |
| | 60-90 | 0.410 | 7.78 | 11.90 | 0.40 |
| | 90-120 | 0.445 | 7.90 | 15.10 | 0.30 |

Tablo 3.2 incelendiğinde, katmanlara göre toprak pH'sının ilk yılda 7.60-7.80 ve ikinci yılda 7.78-7.90 arasında değiştiği görülmektedir. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise 2018 yılında 0.415-0.474 dS m⁻¹ arasında ve 2019 yılında ise 0.408-0.445 dS m⁻¹ arasında değişmiştir.

3.2.3. Araştırmada Kullanılan Bitki Çeşidi ve Özellikleri

Araştırmada çeşit olarak Mara F1 karpuz çeşidi (*Citrullus lanatus L.*) kullanılmıştır. Bahsi geçen çeşit hem sera hem de açık saha üretimine uygun olup, çeşitte 3-4 adet kol sayısı ve 5 m civarında kol uzunluğu görülmektedir. Meyve büyüklüğü ortalama 8-10 kg arasında değişen, sulu, orta sert ve parlak kırmızı meyve özelliğine sahip, albenisi yüksek uzun tip karpuz çeşidi olarak bilinmektedir.

Mara F1 çeşidi, özellikleri ve bölge ekolojik koşullarında üretime elverişli olmakla beraber çiftçiler tarafından en çok tercih edilen çeşittir.

3.2.4. Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Araştırma alanının yer aldığı Bafra ilçesinde, karadeniz iklim tipi yaşanmakta olup yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise serin ve yağışlı geçmektedir. İlçenin iklim özelliği Karadeniz iklim özelliği gibi yarı nemli özelliktedir. Yağışlar genel olarak batıdan doğuya doğru artış gösterme niteliğindedir. Yağışların büyük bir çoğunluğu sonbahar ve kış aylarında düşmektedir. İlkbahar ve yaz ayları ise az yağışlı geçmektedir. Bölgede kar örtüsü kısa süreli olarak görülmekle birlikte bazı yıllar hiç kar yağmamaktadır. Bölgede ilk don olayı Kasım ayında görülürken son don ise Nisan - Mayıs aylarında görülebilmektedir.

Samsun ilinin uzun yıllar ortalamalarına göre belirlenen iklim verileri incelendiğinde; uzun yıllar en düşük sıcaklık ortalaması Ocak (4.1 °C) ve Şubat (3.9 °C) aylarında görülmüştür. En yüksek sıcaklık ortalaması ise Temmuz (26.5 °C) ve Ağustos (27.1 °C) aylarında görülmüştür (URL 1). Bafra ilçesinde ise Tablo 3.3'de verilen iklim verilerine göre; yetiştirme periyodunda görülen en düşük sıcaklık her iki yılda da Mayıs ayında (2018: 6.7 °C, 2019: 7.80 °C) görülmüştür. En yüksek sıcaklık değerleri ise her iki yılda Ağustos ayında (2018: 31.80 °C, 2019: 30.30 °C) görülmüştür.

Tablo 3.3. Bafra ilçesi iklim verileri

| Yıllar | İklim | Aylar | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-------|---------|--------|---------|
| | | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos |
| 2018 | Ortalama Sıcaklık (°C) | 21.91 | 22.98 | 24.75 | 24.75 |
| | En Düşük Sıcaklık (°C) | 6.70 | 11.70 | 16.80 | 16.60 |
| | En yüksek Sıcaklık (°C) | 27.50 | 31.40 | 31.40 | 31.80 |
| | Bağıl Nem (%) | 71.63 | 66.93 | 64.75 | 64.57 |
| | Toplam Yağış (mm) | 4.50 | 39.00 | 24.00 | 40.70 |
| 2019 | Ortalama Sıcaklık (°C) | 17.51 | 23.53 | 23.01 | 22.76 |
| | En Düşük Sıcaklık (°C) | 7.80 | 13.40 | 13.90 | 15.20 |
| | En yüksek Sıcaklık (°C) | 28.50 | 29.90 | 30.20 | 30.30 |
| | Bağıl Nem (%) | 79.60 | 78.06 | 72.32 | 77.36 |
| | Toplam Yağış (mm) | 41.7 | 39.9 | 30.1 | 50.8 |
| Uzun Yıllık (1929- 2020) | Ortalama Sıcaklık (°C) | 15.60 | 20.20 | 23.20 | 23.60 |
| | En Düşük Sıcaklık (°C) | 2.70 | 7.80 | 13.40 | 12.40 |
| | En yüksek Sıcaklık (°C) | 37.40 | 37.40 | 37.50 | 39.00 |
| | Bağıl Nem (%) | 64.76 | 66.41 | 57.62 | 56.71 |
| | Toplam Yağış (mm) | 52.00 | 35.30 | 14.20 | 12.50 |

3.2.5. Araştırma Yerinin Hazırlığı ve Deneme Deseni

Arazi, tesadüf bloklarda 2 faktörlü faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde hazırlanmıştır. Toprak işleme ve sürüm yapılan arazide, tesviye yapıldıktan sonra karık açılmış ve damla sulama sistemi kurulmuştur (Şekil 3.9).



Şekil 3. 9. Damla sulama sistemi kurulumu

Hazır hale getirilen araziye ilk yıl 07.05.2018, ikinci yıl 06.05.2019 tarihinde fide dikimi yapılarak gece donlarından korunması için bitki üzerlerine elyaf çekilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10. Fide dikimi ve elyaf çekimi

Arazinin çalışma başlangıcındaki toprak neminin belirlenmesi amacıyla araziyi temsil edecek şekilde farklı noktalardan 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 ve 120-150 olmak üzere 5 katmandan toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11. Toprak örneği alınması

Arazi gübrelemesi ise, analiz edilen toprak sonuçlarına göre yapılmıştır. Çalışma süresince toprak nem takibi nötronmetre cihazı ile yapılmıştır. Bunun için; parsellerin ortasına, 150 cm uzunluğunda, bitki sıra üzerine gelecek Şekil de akses tüpü yerleştirilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3. 12. Akses tüpü ve nötronmetre okuması

Deneme deseni 1.5 m sıra arası ve 1.5 m sıra üzeri dikim planında oluşturulmuştur ve her bir parsel 45 m² lik (7.5 m x 6.0 m) bir alan kaplayacak şekilde düzenlenmiştir. (Şekil 3.13). Çalışma toplam 36 parselde ve her bir parselde 20 bitki olacak şekilde yürütülmüş olup, Tam sulama (%100) konularındaki topraktaki yararlı nemin %30'u düştüğünde sulama yapılmıştır. Su kısıtı uygulamaları; tam sulama (S₁ = %100) konularına verilecek su miktarının S₂= %80'i, S₃= %60'ı ve S₄= %40'ı olacak şekilde uygulanmıştır (Şekil 3.14).

Sulama Suyu Konuları

S₁: Topraktaki elverişli nemin %100 ünün verileceği uygulama

S₂: Topraktaki elverişli nemin %80 inin verileceği uygulama

S₃: Topraktaki elverişli nemin %60 mın verileceği uygulama

S₄: Topraktaki elverişli nemin %40 mın verileceği uygulama

Dışsal Uygulama Konuları

K: Kontrol

SA: Salisilik Asit

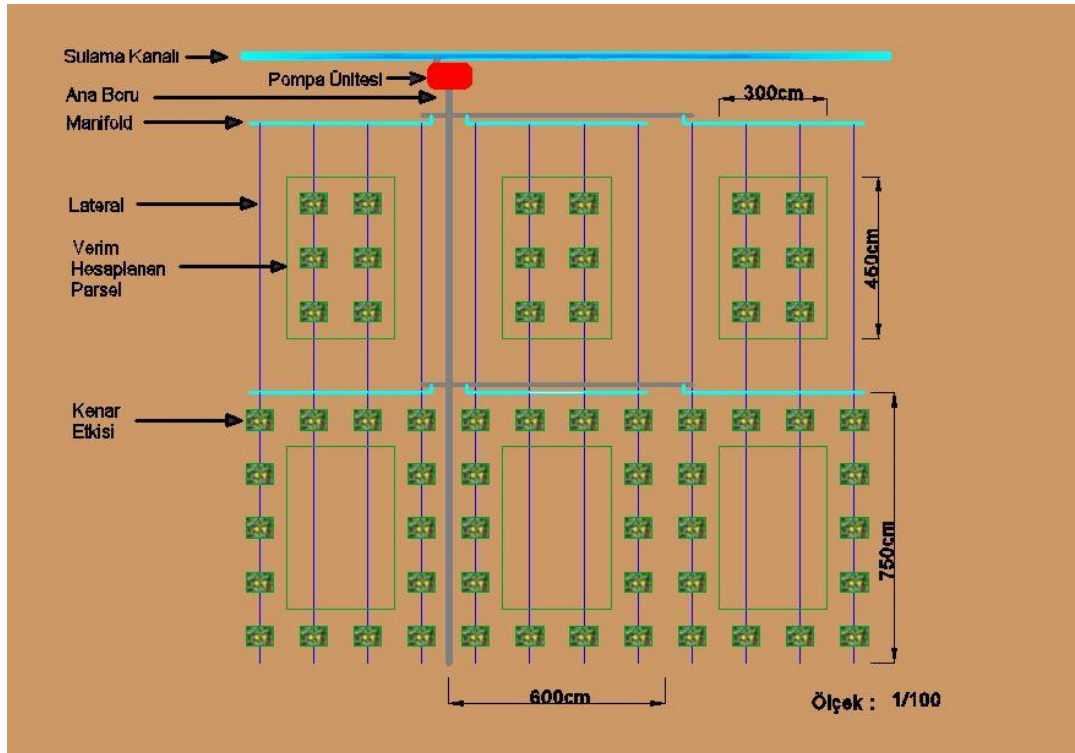
P: Prolin

Tekerürler

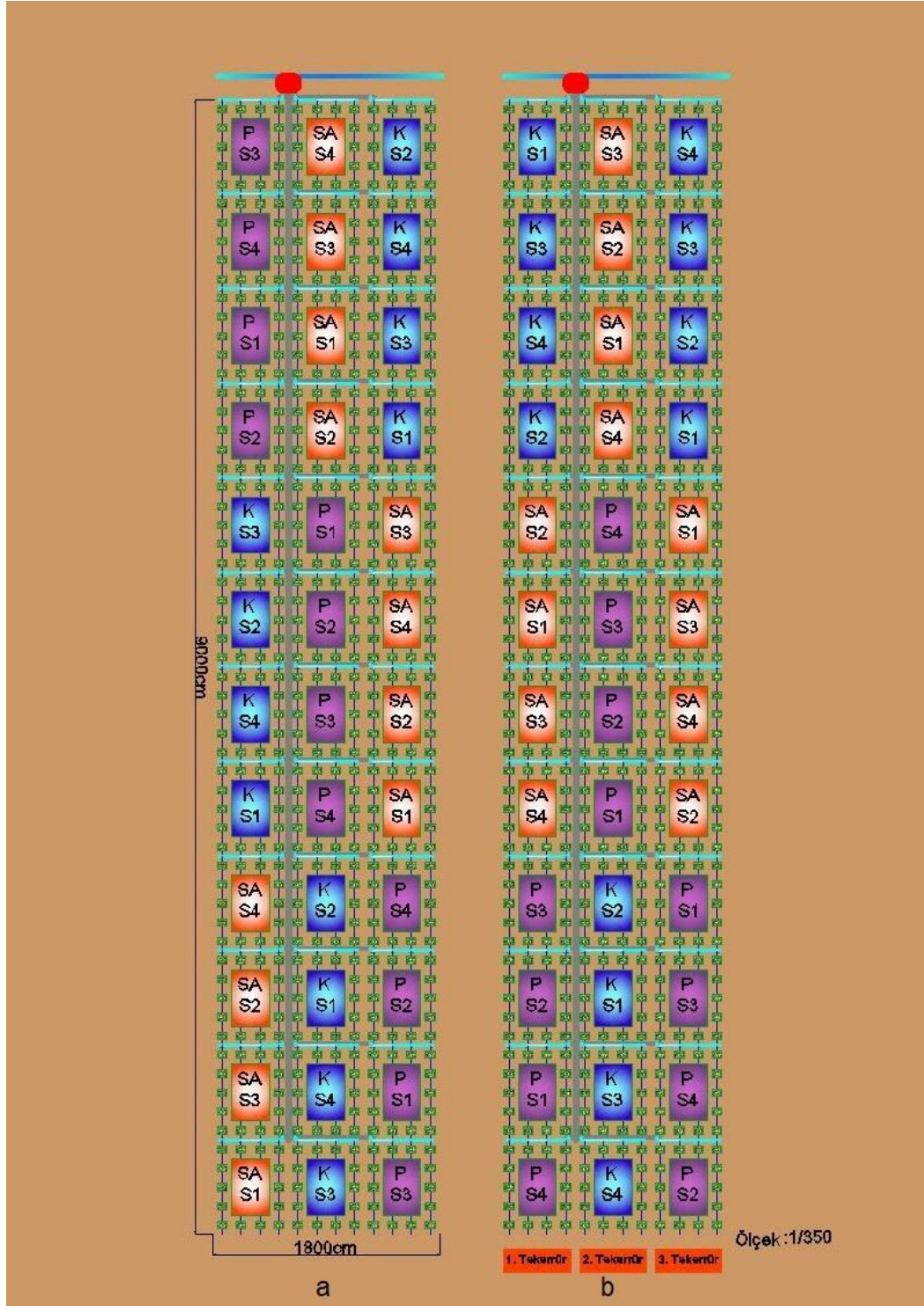
T₁: 1. Tekerrür

T₂: 2. Tekerrür

T₃: 3. Tekerrür



Şekil 3. 13. Deneme deseni detayı



Şekil 3. 14. Deneme deseni a) 2018 yılı b) 2019 yılı

3.2.6. Toprak - Su Bütçesi Yaklaşımı

Araştırmada, bitki su tüketimi; her iki toprak su ölçümü arasındaki zaman dilimine ait olarak, nötronmetre ile 90-120 cm toprak derinliğinde her 30 cm'lik toprak katmanı için belirlenmiştir.

Etkili kök derinliği 60-90 cm olup, bitki su tüketimi değerleri 90 cm toprak derinliğini ifade eden su bütçesi yaklaşımına göre hesaplanmıştır (Walker ve Skogerboe, 1987). Bu amaçla aşağıdaki eşitlik 3.1 kullanılmıştır.

$$ET = I + P \pm \Delta S - D - R \quad 3.1$$

Eşitlikte;

ET = Bitki su tüketimi, mm,

I = Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

P = Düşen yağış, mm,

ΔS = Toprak profilindeki nem değişimi, mm/90 cm,

D = Drenaj miktarı, mm,

R = Yüzey akış miktarı, mm olarak ifade edilmektedir.

Çalışmada sulama yöntemi olarak damla sulama seçilmiş ve sulama suyun miktarı konulara göre tam ve kısıtlı sulama olacak şekilde planlanmıştır. Bu nedenle, kısıtlı sulama yapılan parsellerde verilen sulama suyu miktarı tarla kapasitesi değerini aşmayacağı için yüzey akış (R) ihmal edilmiştir. Ayrıca, her parsel toprak setler ile sınırlandırılmıştır ve deneme konularında, tam sulama yapılan parseller de dahil, tarla kapasitesinin üzerinde toprak nemi oluşacak miktarda sulama suyu verilmediğinden yüzey akış ve derine sızma önlenmiştir.

3.2.7. Su – Üretim Fonksiyonları ve Verim İlişkileri

Elde edilen sonuçların değerlendirilebilmesi için, uygulanan sulama suyu ve ölçülen bitki su tüketimi ile hasat verimi arasındaki ilişkilerden yararlanarak su - üretim fonksiyonları belirlenmiştir (Howell vd., 1990).

Araştırmada konulara uygulanan sulama suyu miktarına göre ölçülen bitki su tüketimi ve elde edilen hasat verimleri göz önüne alınarak hesaplanan su kullanım

etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri aşağıdaki eşitlik 3.2 ve 3.3 yardımı ile hesaplanmıştır (Zhang vd., 1999).

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

Y: Verim, kg ha⁻¹

ET: Bitki su tüketiği, mm

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

Y: Verim, kg ha⁻¹

I: Sulama suyu miktarı, mm

Son yıllarda su - verim ilişkilerini belirlemek için birçok model geliştirilmiştir. Bunlar içerisinde Stewart eşitliği en yaygın kullanılan modellerden birisidir (Stewart vd. 1976; Doorenbos ve Kassam, 1979). Bu model oransal su tüketiği eksikliği ile oransal verim azalışı arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Bu modele ait eşitlik 3.4 aşağıda verilmistir.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

Y_a : Gerçek verim, kg da⁻¹,

Y_m : Maksimum verim, kg da⁻¹,

Y_a/Y_m : Oransal verim,

1-(Y_a/Y_m) : Oransal verim azalması,

K_y : Su-verim ilişkisi faktörü,
 ET_a : Gerçek bitki su tüketimi, mm,
 ET_m : Maksimum bitki su tüketimi, mm,
 ET_a/ET_m : Oransal bitki su tüketimi,
 $1-(ET_a/ET_m)$: Oransal bitki su tüketimi açığıdır.

3.2.8. Dışsal Uygulama Zamanı ve Hazırlığı

Araştırmanın ikinci aşaması olan arazi şartlarında 4 farklı su düzeyinde (%100, %80, %60 ve %40) ve 3 farklı uygulama olarak (sadece sulama, sulama+prolin ve sulama+salisilik asit) karpuz bitkisi yetiştirilmiş ve her bir konudaki bitki su tüketimi, verim ve kalite parametreleri ile bitkilerdeki antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Çalışma kapsamında bir konuda sadece su kısıtı (Kontrol: K) uygulanacak olup, diğer konularda ise su kısıtı ile birlikte prolin (P) ve salisilik asit (SA) uygulaması yapılmıştır.

Dışsal uygulamalar laboratuvar ortamında hazırlanmış olup arazide motorlu sırt pülverizatörü ile uygulama yapılmıştır (Şekil 3.15). Uygulama esnasında pülverize şekilde verilen çözelti, her yaprak ıslatılana kadar uygulanmıştır. Dışsal uygulamalarda, 12 parsel salisilik asit, 12 parsel prolin olmak üzere toplamda 24 parsel çözelti uygulanmıştır. Her parsel eşit olarak uygulanan ozmolit çözeltiler, kontrol grubunda, aynı miktarda ve şekilde şebeke suyu olarak uygulanmıştır.



Şekil 3. 15. Arazide dışsal uygulama yapılması

Prolin ve salisilik asit uygulaması her iki sulamada bir, yaprakların yüzeyine ve tüm yaprakların ıslatılması sağlanana kadar uygulanmıştır. Uygulanan çözeltinin

yaprakta tutunması ve kalıcı etkisinin daha uzun olması açısından çözeltiye %0.02 Tween-20 ilave edilmiştir.

3.2.9. Su Uygulama Zamanı ve Hazırlığı

Bitkilerin sulanmasında damla sulama yöntemi kullanılmış ve bitkiler ekimden kol atım aşamasına kadar, kök bölgesindeki toprak nemi tarla kapasitesine gelene kadar sulanmıştır, tüm bitkilerde kol atımı gerçekleştikten sonra uygulamalara başlanılmıştır.

Deneme parsellerinde toprak nem takibi Nötron metre ile yapılmıştır. Deneme alanında her bir tekerrürün orta noktasına 1 adet 1.5 m boyunda 50 mm çapında akses tüpü yerleştirilmiştir. Akses tüpünün 15 cm'si toprak yüzeyi üzerinde ve 120 cm'si toprak profilinde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yüzeyden 15 cm derinlikten başlanarak 15, 30, 45, 60, 75 ve 90 cm derinliklerden nem ölçümü alınmıştır. Yüzeyden ilk 15 cm tabakadan toprak örnekleri alınarak toprak nemi gravimetrik olarak belirlenmiştir. Buna göre deneme parselleri için toplam 48 akses tüpü kullanılmıştır. Deneme başlamadan önce deneme alanında nötron metre için kalibrasyon yapılmıştır. Deneme başında ve sonunda ise 120 cm derinliğe kadar toprak nemi her 30 cm için gravimetrik olarak belirlenmiştir.

Deneme alanındaki toprak, analiz edildikten sonra gerekli olan, bitkinin standart kültürel uygulamaları yetiştirme mevsimleri boyunca yapılmıştır. Gübreler ($20 \text{ Kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, 18 Kg N ve $18 \text{ Kg K}_2\text{O da}^{-1}$) fidenin 7-8 cm dışına ve 10 cm toprak derinliğine verilmiştir. Dikimden önce, fosforlu ve potasyumlu gübrenin tamamı ile bitkinin ihtiyacı olan azotlu gübrenin yarısı verilmiştir. Azotlu gübrenin diğer yarısı ise; iki zamanlı olarak, ilki çiçeklenme döneminde, ikincisi meyve oluşumunda damla sulama sistemi ile verilmiştir. Böylece gübreleme dikimden önce, çiçeklenme dönemi ve meyve oluşum dönemi olmak üzere üç ayrı zamanda yapılmıştır.

Karpuz hasadı, çiftçilerin pazarlanabilir karpuz hasad şartlarını sağlamak amacıyla; her parselde orta sıradaki bitkilerde; kulakçık ve sülüğün tamamıyla kurduğu, kabuk renginin olgunluk parlaklığına ulaştığı ve meyve sapının inceldiği dönem yapılmıştır.

3.2.10. Toprakta Yapılan Ölçümler

Projenin yürütüleceği alandan çalışmaya başlanılmadan önce toprak örnekleri alınmış ve aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

- **Toprak Reaksiyonu (pH):** Saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre kullanarak belirlenmiştir. (Tüzüner, 1990).
- **Elektriksel İletkenlik (EC):** Saturasyon çamurunda kondaktivimetre aleti kullanılarak belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).
- **Kireç (%):** Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).
- **Organik Madde (%):** Modifiye Walkley Black metoduna göre yapılmıştır (Tüzüner, 1990).
- **Tekstür (%):** Bouyoucous Hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Tüzüner, 1990).
- **Tarla Kapasitesi:** 1/3 atm basınç altında basınçlı membran aleti ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).
- **Solma Noktası:** 15 atm basınç altında basınçlı membran aleti ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).
- **Hacim Ağırlığı:** Silindir yöntemi ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

3.2.11. Bikide Yapılan Ölçümler

- **Klorofil içeriği (SPAD):** Klorofil ölçümü; yaprak tarafından emilen ve yapraktan geçen kırmızı ışık arasındaki ilişkiden yararlanarak klorofil miktarını dolaylı olarak SPAD değeri cinsinden ölçen taşınabilir klorofil metre cihazı (SPAD 502; Minolta Co., Osaka, Japan) ile yapılmıştır (Kapur, 2010). SPAD değeri 0'a yaklaştıkça sarı renk, 50 ve üzeri değeri ise koyu yeşil renk tonlarını ifade etmektedir. Ölçümler sulamanın başlamasıyla beraber 20 günde bir her parselden tesadüfi olarak seçilecek olan 3 bitki üzerinde farklı sürgün uçlarında bulunan gelişimini tamamlamış üçer adet yaprak ele alınmış ve orta kısmındaki yaprakçığın merkezi ölçülmüştür. Klorofil içeriğinin cihaz ile ölçülmesinin sebebi örneklenen yaprakların laboratuvar koşullarına getirilmesi için geçen süre yaklaşık 2,5 saat olup bu zaman diliminde klorofil içeriğinde değişimler tespit edilmiştir.

- **Stoma iletkenliği ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$):** Stoma iletkenliğini ölçmek üzere (DECAGON SC-1) yaprak porometresi kullanılmıştır (Bengal, 2009). Ölçümler, çalışmanın başlangıcından itibaren 20 günde bir, her parselde gelişimini tamamlamış 3 örnek seçilerek yapılmıştır.

- **Yaprak sıcaklığı (°C):** Bitki yaprak sıcaklıkları, taşınabilir bir infrared

termometre yardımıyla ölçülmüştür. Ölçümler her bir tekerrürde güneş gören 3 yaprakta, yakın odak özelliği olan infrared termometre (Testo 845, Testo,USA) yardımıyla 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.12. Meyvede Yapılan Ölçümler ve Analizler

- **Ortalama meyve boyu (cm):** Hasat döneminde, her parselde tesadüfi seçilecek 3 meyvenin sap çukuru ile çiçek burnu arasındaki mesafe, cetvel yardımıyla ölçülmüştür.
- **Ortalama meyve eni (cm):** Her parselde tesadüfi seçilerek hasat edilen 3'er adet meyve dikine kesilmiş ve meyvenin orta kısmındaki maksimum en değeri cetvelle ölçülmüştür.
- **Meyve kabuk kalınlığı (mm):** Her parselden tesadüfi olarak alınan 3'er adet meyvenin üç farklı yerinden dijital kompas ile ölçüm yapılarak tespit edilmiştir.
- **Meyve sayısı / bitki:** Hasat döneminde her parselde tesadüfi seçilen 3 bitkideki toplam meyve sayısının ortalaması alınmıştır.
- **Pazarlanabilir verim ($t\ ha^{-1}$):** Hasatta parsellerden alınan ve Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen sınıflandırma içerisinde, 1. sınıfta yer alan, 3000 g'ın üzerinde olan verimler birleştirilerek toplam verim tespit edilmiştir. Parselden alınan verimler oranlanarak hektara verim hesaplanmıştır (TSE, 2007).
- **Meyve eti sertliği (N):** Ölçümlerde her parselden tesadüfi olarak alınan 3 adet meyvede, ekvatorial ve dış bölgesinden alınan küp şeklinde iki örnek kullanılmıştır (Bruton vd; 2009). Meyve eti sertliğinin tespit edilmesinde 5.0-50.0 N (1 N = 0.102 kg) arası okuma yapabilen 8.0 mm'lik uca sahip penetrometre kullanılmıştır. Penetrometre ucunun, meyve eti eksenine dik olarak ve sabit bir hızla girecek şekilde ölçüm yapılmıştır. Her küpün karşı kenarlarından ikişer kez penetrometre ile meyve eti sertliği belirlenmiştir.
- **Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) (%):** Numune örneği Bruton vd. (2009)'a göre hazırlanmıştır. Her genotipe ait 3'er adet meyveden elde edilen örneğin suyu çıkarılmıştır. SÇKM değerinin ölçülmesinde el refraktometresi kullanılmıştır.

3.2.13. Antioksidan Enzim Analizleri

Çalışmada farklı toprak nem değerlerinde bitkilerdeki antioksidan enzim aktivitelerini belirlemek ve bitki parametreleri ile enzimsel aktiviteler arasındaki

ilişkiyi incelemek için vejetasyon süresince bitkide; çiçeklenme, meyve oluşumu ve olgunlaşma dönemlerinde yaprak örnekleri alınmıştır. Örneklerde, Süperoksit dismutaz (SOD), Katalaz (CAT), Askorbat Peroksidaz (APX) ve Guaiakol Peroksidaz (GPX) değerleri belirlenmiştir.

Homojenat Hazırlama

Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi üç tekerrürlü olacak şekilde ve her bir konuya ait bitkilerin en genç üç yaprağı alınmıştır. Homojenat hazırlanmasında gelişimini tamamlamış en genç yaprak örneklerinden 1 g taze olarak alınıp sıvı azotta öğütüldükten sonra 5 ml %1 (w/v) PVP içeren 100 mM KH_2PO_4 /0,5 mM EDTA pH (7,7) tamponunda homojenize edilmiştir. Soğutmalı santrifüjde 15.000xg'de 20 dakika boyunca 4°C'de santrifüj edilip süpernatant çökelekten ayrılmıştır. Elde edilen süpernatant kullanılıncaya kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.

- %1 PVP içeren 100 mM KH_2PO_4 /0,5 mM EDTA (pH=7,7): 6,8 g KH_2PO_4 alınarak 400 ml saf suda çözülür. pH'ı ayarlandıktan sonra 0.073 g EDTA ve 5 g PVP eklenir. Tekrar pH'ı ayarlanıp saf su ile hacmi 500 ml'ye tamamlanmıştır.

Hazırlanan örnek özütlerinde Süperoksit dismutaz (SOD), Katalaz (CAT), Askorbat Peroksidaz (APX) ve Guaiakol Peroksidaz (GPX) aktivitelerinde meydana gelen değişimler spektrofotometre yardımıyla tespit edilmiştir.

Bradford Yöntemi İle Protein Tayini

Bu yöntem ile protein tayini yapılması için standart bir grafiğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla 1 ml'sinde 1 mg protein ihtiva eden sığır serum albümin (BSA) çözeltisinden tüplere 1, 2, 4, 6 ve 10 µl konulmuştur. Saf su ile bütün tüplerin hacmi 0.1 ml'ye tamamlanmış ve 0.9 ml Coomassie brilliant blue G-250 çözeltisi ilave edilip vorteks ile karıştırılmıştır. 10 dakika inkübe edildikten sonra 595 nm'de 1 ml'lik küvetlerde köre karşı absorbans değerleri okunmuştur.

Elde edilen sonuçlardan absorbans değerlerine karşılık gelen µg protein değerleri standart grafik haline getirilmiştir (Bradford, 1976).

96 µl saf su, 900 µl Coomassie brilliant blue G-250 çözeltisi ve homojenat sonucunda elde edilen süpernatant numunelerinden 4 µl küvete konularak 595 nm'de

absorbans değerleri kre karşı okunmuştur. Her bir numuneden elde edilen değerlere göre standart grafikten yararlanılarak protein miktarları belirlenmiştir.

- 5X Bradford Reaktifi: 500 mg Commassie Brillant Blue G-250, 250 mL %95'lik etanolde zlmştir. zerine 500 mL %85'lik fosforik asit ilave edildi. Filtre kâğıdı ile süzülerek saf su ile 1L'ye tamamlanmıştır. Ölçümler sırasında 1X'e seyreltilerek kullanılmıştır.
- 1 mg/ml BSA: 1 mg BSA 1 ml saf suda zlmştir.

Süperoksit Dismutaz (EC 1.15.1.1, SOD) Enzim Aktivitesi lm

6-Hidroksidopamin (6-OHDA), fizyolojik koşullar altında hızla okside olur ve 490 nm'de SOD ile inhibe edilen absorbans artışına neden olmaktadır. Bu absorbans artışı Shimadzu UV-1800 spektrofotometrede ölçülerek saptanmıştır (Heikkilä ve Cabbat, 1976).

Tablo 3.4. SOD enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği

| | Hacim | Küvet Konsantrasyonu |
|---|--------------|-----------------------------|
| 125 mM KH ₂ PO ₄ Tamponu (pH=7.0) | 850 µl | 109.4 mM |
| Süpernatant | 50 µl | - |
| Substrat (10 mM 6-OHDA) | 100 µl | 1 mM |
| Toplam | 1000 µl | |

- 125 mM KH₂PO₄ (pH=7.0) tampon çözeltisi: 1.7 g KH₂PO₄ tartılarak 80 ml saf su içinde çözüldü ve pH'ı ayarlanmıştır. Son hacmi 100 ml olacak şekilde saf su eklenmiştir.
- 10 mM 6-OHDA zeltisi: 0.0205 g 6-OHDA alınarak bir miktar saf suda çözüldü ve hacim saf su ile 10 ml'ye tamamlanmıştır.

Katalaz (EC 1.11.1.6,CAT) Enzim Aktivitesi lm

Enzimatik aktivite tayini Shimadzu UV-1800 spektrofotometrede, hidrojen peroksidin (H₂O₂) 240 nm'deki absorbans değerinin enzim ile etkileşmesi sonucu zamanla azalmasına bağlı olarak gerçekleştirilmiştir (Aebi, 1984).

Tablo 3.5. CAT enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği

| | Hacim | Küvet Konsantrasyonu |
|--|---------|----------------------|
| 50 mM KH ₂ PO ₄ Tamponu (pH=7.0) | 835 µl | 42 mM |
| Süpernatant | 15 µl | - |
| Substrat (120 mM H ₂ O ₂) | 150 µl | 18 mM |
| Toplam | 1000 µl | |

- 50 mM KH₂PO₄ (pH=7.0) tampon çözeltisi: 0.68 g KH₂PO₄ tartılarak 80 ml saf su içinde çözüldü ve pH'ı ayarlanmıştır. Son hacmi 100 ml olacak şekilde saf su eklenmiştir.
- 120 mM H₂O₂ çözeltisi: 114 µl %35.5'lik H₂O₂'den alınıp saf su ile hacmi 10 ml'ye tamamlanmıştır.

Askorbat Peroksidaz (EC 1.11.1.11, AP) Enzim Aktivitesi Ölçümü

AP aktivitesi Shimadzu UV-1800 spektrofotometrede 290 nm'de askorbat oksidasyon oranı ölçülerek saptanmıştır. Reaksiyon karışımı (1 ml), 40 mM KH₂PO₄ tamponu (pH 6.0), 1 mM EDTA, 20 mM H₂O₂, 2,5 mM L(+) askorbik asit (ASA) ve enzim ekstraktından oluşmaktadır (Cakmak ve Marschner, 1992).

Tablo 3.6. APX enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği

| | Hacim | Küvet Konsantrasyonu |
|---|---------|----------------------|
| 0,04 M KH ₂ PO ₄ Tamponu (pH=6.0) | 725 µl | 0.029 M |
| Süpernatant | 25 µl | - |
| Substrat (1 mM EDTA) | 100 µl | 0.1 mM |
| Substrat (20 mM H ₂ O ₂) | 50 µl | 1 mM |
| Substrat (2,5 mM L(+) askorbik asit) | 100 µl | 0.25 mM |
| Toplam | 1000 µl | |

- 0.04 M KH₂PO₄ (pH=7.0) tampon çözeltisi: 0.544 g KH₂PO₄ tartılarak 80 ml saf su içinde çözüldü ve pH'ı ayarlanmıştır. Son hacmi 100 ml olacak şekilde saf su eklenmiştir.
- 20 mM H₂O₂ çözeltisi: 20 µl % 35.5'lik H₂O₂'den alınıp saf su ile hacmi 10 ml'ye tamamlanmıştır.

- 1 mM EDTA çözeltisi: 0.029 g EDTA alınarak bir miktar saf su içerisinde çözüldü ve hacmi saf su ile 10 ml'ye tamamlandı.
- 2.5 mM L(+) askorbik asit çözeltisi: 5 mg L(+) askorbik asit tartılarak bir miktar saf su içerisinde çözüldü ve hacmi saf su ile 10 ml'ye tamamlandı.

Guaiakol Peroksidaz (EC 1.11.1.7, GPX) Enzim Aktivitesi Ölçümü

Peroksidaz enziminin aktivite ölçümü Shimadzu UV-1800 spektrofotometrede, Şişecioğlu ve arkadaşlarının uyguladığı prosedüre göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Bu prosedür, H₂O₂ tarafından guaiakol kromojenik substratın yükseltgenmesi ve oluşan renkli bileşiğin meydana getirdiği absorbans artışının 470 nm'de izlenmesi esasına dayanır (Şişecioğlu vd; 2010).

Tablo 3.7. GPX enzim aktivitesi için kullanılan küvet içeriği

| | Hacim | Küvet Konsantrasyonu |
|--|---------|----------------------|
| 0,2 M KH ₂ PO ₄ Tamponu (pH=7.0) | 550 µl | 0.11 M |
| Süpernatant | 50 µl | - |
| Substrat (50 mM H ₂ O ₂) | 200 µl | 10 mM |
| Substrat (100 mM Guaiakol) | 200 µl | 20 mM |
| Toplam | 1000 µl | |

- 100 mM Guaiakol Çözeltisi: 560 µL guaiakol alınarak son hacim 50 ml'ye tamamlandı.
- 50 mM H₂O₂ çözeltisi: 49 µl %35.5'lik H₂O₂'den alınıp saf su ile hacmi 10 ml'ye tamamlandı.
- 0.2 M KH₂PO₄ (pH=7.0) tampon çözeltisi: 2.72 g KH₂PO₄ tartılarak 80 ml saf su içinde çözüldü ve pH'ı ayarlandı. Son hacmi 100 ml olacak şekilde saf su eklendi.

3.2.14. Yüzey Tepki Metodu Modellemesi İle Verim Tahmini

Bitki vejetasyon süresince elde edilen parametrelerden klorofil miktarı ve stoma iletkenliği ile antioksidan enzimlerden Süperoksit Dismutaz (SOD), Askorbat Peroksidaz (APX), Katalaz (CAT), ve Guaiakol Peroksidaz (GPX) aktivitelerinin 2'li

kombinasyonları kullanılarak Design Expert 11.0 paket programı ile 3 boyutlu verim tahmin modellemesi yapılmıştır.

3.2.15. İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilere; JMP 5.0.1 istatistik programı kullanılarak, varyans analizi (one-way ANOVA) uygulanmıştır, ortalamalar arasındaki fark ise LSD (Least Significant Difference) ($P \leq 0.05$) testi ile değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sera Çalışmasına Ait Bulgular

Dışsal uygulama çalışmalarında, çalışmaya konu edilen uygulamanın seçimi kadar uygulanacak miktarın belirlenmesi de büyük önem taşımaktadır. Dışsal uygulamalara yönelik ön uygulamalarda, seçilen dozların etkisine göre bitki fizyolojisinin verdiği tepki çok iyi okunmalıdır. Aksi takdirde; bitkinin yetiştirme koşulları ne olursa olsun, bitki bünyesine alınan doz bitkide var olan metabolik aktiviteyi olumsuz etkileyerek reaktif oksijen türlerinin (ROS) aniden yüksek oranda ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Bu durum, antioksidan savunma sisteminin yetersiz kalmasına neden olacağı için bitkide biyosentezi durduracaktır. Diğer bir deyişle, bitki bünyesinde meydana gelen moleküler değişim sonucunda, bitki topraktan yeteri kadar su ve mineral alımını gerçekleştiremediği için bitki ölümü kaçınılmaz olacaktır. Çalışma kapsamında arazide uygulanacak dozu belirlemek için 5 farklı salisilik asit ve 5 farklı prolin dozu kullanılarak sera ortamında ön çalışma yapılmış olup, çalışmaya ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.1.1. Salisilik Asit (SA) Uygulamalarına Ait Bulgular

Araştırmada, tam (%100) ve kısıtlı (%80, %60, %40) sulama koşullarında 5 farklı Salisilik Asit (SA) ve Prolin (P) dozları kullanılmıştır. Çalışmada farklı aralık değerlerine sahip 5 farklı SA dozu; (1mM, 2mM, 3mM, 5mM ve 7mM) denenmiştir. Deneme sadece üzeri yağış örtüsü ile kapalı bir alanda 47 gün süresince yürütülmüş ve çalışma esnasında 4 defa dışsal uygulama yapılmıştır.

Su kısıtı şartlarında dışsal uygulamalarının bitki gelişimi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla karpuz fidelerinde antioksidan enzimlerden Katalaz (CAT) ve Süperoksit Dismutaz (SOD) aktivite değerlerinin yanı sıra, fizyolojik parametrelerden bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliği değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler, istatistiksel olarak değerlendirilerek varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | CAT | SOD | Bitki Yaş Ağırlığı | Kol Sayısı | Kol Uzunluğu | Klorofil Miktarı | Stoma İletkenliği |
|----------------------|---------------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|------------------|-------------------|
| Tekerrür | 2 | 53.24ns. | 0.18ns. | 2.44ns. | 0.01ns. | 30.20ns. | 6.20ns. | 7.19ns. |
| SA | 4 | 3295.78** | 3.19** | 1073.96* | 0.14ns. | 215.21* | 105.93** | 378.00** |
| Hata | 8 | 16.02 | 0.10 | 354.35 | 0.07 | 20.05 | 6.24 | 12.72 |
| Genel | 14 | 1022.45 | 0.99 | 509.68 | 0.08 | 77.26 | 34.72 | 116.29 |
| V.K. (%) | | 6.72 | 5.84 | 10.28 | 7.04 | 3.61 | 2.81 | 3.88 |

** : p < 0.01; * : p < 0.05; ns : p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.1’de verilen varyans analiz sonucuna göre; dışsal olarak yaprakтан pülverize şekilde verilen SA uygulamasının; CAT, SOD, klorofil içeriği ve stoma iletkenliği değerleri üzerine %1 düzeyinde etkili olduğu görülürken, bitki yaş ağırlığı, kol uzunluğu değerleri üzerine ise; %5 önem düzeyinde etkili olmuştur. SA uygulamaları, tam ve kısıtlı sulama koşullarında kol uzunluğu değeri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki etmemiştir.

Dışsal olarak uygulanan SA dozlarının karpuz fideleri üzerine etkisine ait sonuçlar Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2. Salisilik asit uygulamalarının CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları

| SA Uygulaması | SA Dozları | CAT (U mg ⁻¹) | SOD (U mg ⁻¹) | Bitki Yaş Ağırlığı (g) | Kol Sayısı (adet) | Kol Uzunluğu (cm) | Klorofil Miktarı (SPAD) | Stoma İletkenliği (mmol m ⁻² s ⁻¹) |
|-----------------|------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---|
| SA ₁ | 1 mM | 134.60 ^b | 4.00 ^b | 200.33 ^a | 3.75 ^{ab} | 124.5 ^b | 84.42 ^b | 74.26 ^c |
| SA ₂ | 2 mM | 212.52 ^a | 5.96 ^a | 204.64 ^a | 4.00 ^a | 135.29 ^a | 94.35 ^a | 102.83 ^a |
| SA ₃ | 3 mM | 194.12 ^a | 4.38 ^b | 159.43 ^b | 3.83 ^{ab} | 126.31 ^b | 96.40 ^a | 96.52 ^a |
| SA ₄ | 5 mM | 147.25 ^b | 6.23 ^a | 175.08 ^{ab} | 3.75 ^{ab} | 111.75 ^c | 86.04 ^b | 88.63 ^b |
| SA ₅ | 7 mM | 154.38 ^b | 5.95 ^a | 176.28 ^{ab} | 3.42 ^b | 122.06 ^b | 83.70 ^b | 88.35 ^b |

Dışsal uygulamanın 7 farklı parametre üzerine etkisi incelendiğinde uygulanan dozların artışı ile bitki parametrelerinin genel olarak olumlu etkilendiği ve bir miktar artış gösterdiği görülmüştür. Ancak uygulanan dozların daha çok artması sebebiyle bitki parametrelerini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu durum bitkinin o anda maruz kaldığı abiyotik koşullara bağlı olarak değişmektedir. Antioksidan enzimlerden; CAT aktivitesi, istatistiksel olarak 2 farklı grup oluşturmuştur.

Aktivite değeri SA₂ uygulamasında en yüksek değere ulaşmıştır. SA₂ ve SA₃ uygulamaları arasında istatistiksel olarak farklılık olmamıştır. En düşük aktivite değeri SA₁ uygulamasından ölçülmüş ve SA₁, SA₄ ve SA₅ konuları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır. En yüksek SOD aktivite değeri SA₄ uygulamasında 6.23 ve en düşük aktivite değeri ise SA₁ uygulamasında 4.0 olmuştur. Konular arasında istatistiksel olarak 2 farklı grup oluşmuştur. En yüksek ortalamayı oluşturan grupta SA₂, SA₄ ve SA₅ uygulamaları yer almakla birlikte SA₂, SA₄ ve SA₅ uygulamaları arasında istatistiksel fark bulunmamaktadır. En düşük ortalama ise SA₁ ve SA₃ uygulamalarına ait olmakla beraber SA₁ ve SA₃ uygulama arasında istatistiksel bir fark bulunmamaktadır. Bitki yaş ağırlıkları incelendiğinde salisilik asit dozları arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiş ve en yüksek bitki yaş ağırlığı değeri 204.64 g ile SA₂ uygulamasından elde edilirken, en düşük bitki yaş ağırlığı ise 159.43 g ile SA₃ uygulamasından elde edilmiştir.

Kol sayısı değerlerinde salisilik asit dozları ile birlikte çok fazla değişim olmamış en yüksek değer ise SA uygulama dozlarına göre çok fazla değişmediği belirlenmiştir. İstatistiksel olarak 2 farklı grup elde edilmiştir. SA₅ uygulaması hariç diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmamıştır. Dışsal uygulamalar kol uzunluğu üzerine istatistiksel olarak önemli etki etmiş ve en yüksek kol uzunluğu değeri 135.28 cm ile SA₂ uygulamasından elde edilirken, en düşük değer ise 111.75 cm ile SA₄ uygulamasından elde edilmiştir.

Bitkilerin gelişme ve büyüme açısından önemli bir parametresi ise klorofil içeriği olmaktadır. Çalışma sonucunda doz miktarındaki artış ile önce klorofil miktarında artış olmuş, ancak yüksek dozlarda ise toksik etki etmiş ve klorofil miktarında azalma olmuştur. En yüksek klorofil değeri SA₃ uygulamasında 96.43 ve en düşük klorofil içeriği ise 83.70 ise SA₅ uygulamasından ölçülmüştür. Konularına göre uygulamalar 2 grupta değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak SA₂ ve SA₃ uygulaması arasında bir farklılık olmamıştır. Stoma iletkenlik değerinde klorofil değerine benzer olarak bitki gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Stoma iletkenlik değerine göre en yüksek değer SA₂ konusunda ölçülürken, SA₂ ve SA₃ konuları aynı grupta yer almıştır. En düşük stoma iletkenlik değeri ise SA₁ konusunda 74.26 olarak ölçülmüştür.

Dışsal uygulamalarda doz seçimi, yetiştirme dönemi süresince yapılan tüm analiz ve ölçümlerden elde edilen veriler değerlendirilerek belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan salisilik asit uygulaması incelendiğinde CAT, Bitki yaş ağırlığı, Kol sayısı, Kol uzunluğu ve Stoma iletkenliği değerlerinde SA₂ uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiş, klorofil içeriğinde ise en yüksek değerin SA₃ uygulamasından elde edilmesine rağmen, SA₂ ve SA₃ uygulaması arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda su kısıtı koşulları altında SA₂ (2mM) uygulamanın bitki gelişimi açısından önemli katkılar sağlayacağı belirlenmiş ve arazi çalışmalarında bu dozun kullanılmasının daha fazla yarar sağlayacağı belirlenmiştir. Khan vd. (2021), 5 farklı buğday kullanarak, kuraklık stresi altında 3 farklı SA dozu (0, 0.7 mM ve 1.44 mM) uygulamışlardır. Çalışmadan elde ettikleri sonuca göre, sprey olarak uygulanan SA'nin kuraklığın zararlı etkilerini hafiflettiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, en yüksek verimi Khirman buğdayından (36.17 g plant⁻¹), 1.44 mM SA uygulanan konudan aldıklarını ve kuraklık şartlarında en iyi performansı bu konudan elde ettiklerini belirtmişlerdir. Soni vd. (2021), yaptıkları çalışmada; bezelyede tam ve kısıtlı sulama konularında 5 farklı SA dozu (0, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1 mM) uygulamışlardır. Araştırmada, bezelyeye ait bakla ağırlığı (g bitki⁻¹), tohum ağırlığı (g), bakla uzunluğu (cm), bakla genişliği (cm), bakla verimi (g bitki⁻¹) ve bakla verimi (g ha⁻¹) değerleri belirlenmiştir. Elde ettikleri sonuçlarda, dışsal olarak özellikle 0.5 mM SA uygulamasının, bakla başına tohum sayısı hariç tüm özellikleri iyileştirdiğini belirterek, hem tam sulama hemde kısıtlı sulama koşullarında 0.5 mM SA dozunun uygulanmasını önermişlerdir.

4.1.2. Prolin (P) Uygulamalarına Ait Bulgular

Prolin bitki bünyesinde doğal olarak sentezlenebilen ve bitkinin yaşadığı strese göre miktarı değişebilen bir role sahiptir. Çalışma kapsamında arazide uygulanacak en iyi prolin dozunu belirlemek amacıyla 5 farklı doz (1 mM, 3 mM, 7 mM, 15 mM ve 20 mM) seçilmiştir. Seçilen dozlar, tam ve kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen karpuz bitkisinde, dışsal olarak pülverize şeklinde yapraklara uygulanmıştır. Fide gelişim dönemi sonunda (40 gün) bitkilerdeki Katalaz (CAT), Süperoksit dismutaz (SOD), bitki yaş ağırlığı (BYA), kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliği değerleri ölçülmüş olup bu değerler kullanılarak en iyi doz miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler, istatistiksel olarak değerlendirilerek varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4. 3. CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | CAT | SOD | Bitki Yaş Ağırlığı | Kol Sayısı | Kol Uzunluğu | Klorofil Miktarı | Stoma İletkenliği |
|----------------------|---------------------|-----------|----------|--------------------|------------|--------------|------------------|-------------------|
| Tekerrür | 2 | 44.81ns. | 0.356ns. | 45.26ns. | 0.033ns. | 80.9ns. | 1.107ns. | 15.33ns. |
| P | 4 | 7760.05** | 3.63* | 1401.21* | 0.19ns. | 246.85ns. | 385.62** | 867.86** |
| Hata | 8 | 1037.57 | 1.053 | 864.52 | 0.383 | 172.87 | 61.61 | 40.868 |
| Genel | 14 | 8842.42 | 5.04 | 2311 | 0.608 | 500.62 | 448.34 | 924.057 |
| V.K. (%) | | 9.29 | 7.33 | 5.28 | 5.52 | 8.52 | 3.21 | 3.05 |

** : p < 0.01; * : p < 0.05; ns : p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.3’de verilen varyans analiz sonucuna göre; prolin uygulamalarının tam ve kısıtlı sulama koşullarında karpuz bitkisinin CAT, klorofil miktarı ve stoma iletkenliği değerleri üzerine %1 seviyesinde önemli etki ederken, SOD ve bitki yaş ağırlığı üzerine ise %5 seviyesinde etki ettiği belirlenmiştir. Dışsal prolin uygulamalarının ise kol sayısı ve kol uzunluğu üzerine istatistiksel olarak herhangi bir etkisi olmamıştır.

Tablo 4. 4. Prolin uygulamalarının CAT, SOD, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu, klorofil miktarı ve stoma iletkenliği üzerine etkisi

| P Uygulaması | P Dozları | CAT (U mg ⁻¹) | SOD (U mg ⁻¹) | Bitki Yaş Ağırlığı (g) | Kol Sayısı (adet) | Kol Uzunluğu (cm) | Klorofil Miktarı (SPAD) | Stoma İletkenliği (mmol m ⁻² s ⁻¹) |
|----------------|-----------|---------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|---|
| P ₁ | 1 mM | 98.12 ^b | 5.54 ^a | 193.59 ^{ab} | 3.75 ^a | 116.86 ^{ab} | 80.04 ^b | 63.26 ^b |
| P ₂ | 3 mM | 117.26 ^b | 4.13 ^c | 204.69 ^a | 4.00 ^a | 112.20 ^b | 88.40 ^a | 66.92 ^b |
| P ₃ | 7 mM | 155.20 ^a | 4.80 ^{bc} | 210.75 ^a | 4.08 ^a | 123.46 ^a | 88.80 ^a | 81.78 ^a |
| P ₄ | 15 mM | 142.32 ^a | 5.36 ^{ab} | 193.75 ^{ab} | 4.00 ^a | 112.92 ^b | 93.50 ^a | 77.59 ^a |
| P ₅ | 20 mM | 100.08 ^b | 4.93 ^{ab} | 182.97 ^b | 4.00 ^a | 118.13 ^{ab} | 81.11 ^b | 81.11 ^a |

Dışsal olarak uygulanan P dozlarının bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri Tablo 4.4’de verilmiştir. P uygulamasının CAT aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak 2 farklı grup oluşturmuştur. En yüksek değer P₃ uygulamasında 155.20 olmuş ve P₃ ile P₄ uygulamaları arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

En düşük CAT aktivite değeri 98.12 ile P₁ ve 100.08 ile P₅ konularından elde edilmiştir. İstatistiksel olarak ise P₁, P₂ ve P₅ konuları arasında bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Prolin uygulamalarının SOD aktivitesi üzerine etkileri

incelendiğinde en yüksek 5.54 ile P₁ uygulamasından en düşük değer ise 4.13 ile P₂ uygulamasından ölçülmüştür. P₁, P₄ ve P₅ uygulamaları arasında SOD aktivitesi açısından istatistiksel olarak bir farklılık olmamıştır. Bitki yaş ağırlığı incelendiğinde en yüksek değer 210.75 g ile P₃ konusunda olurken, en düşük yaş ağırlık ise 182.97 g ile P₅ uygulamasından elde edilmiştir. Bitki yaş ağırlıkları açısından P₁, P₂, P₃ ve P₄ konuları arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bitki yaş ağırlığına benzer şekilde en yüksek kol uzunluğunda P₃ konusunda olurken, en düşük kol uzunluğu ise P₂ uygulamasından ölçülmüştür. Kol uzunluğu değeri istatistiksel olarak 2 farklı grup oluşturmuştur. P₁, P₂ ve P₃ uygulamaları arasında kol uzunluğu açısından istatistiksel olarak farklılık olmamıştır. Bitkide önemli görev üstlenen parametrelerden klorofil miktarı ise uygulamalara göre değişim göstermiş, prolin dozundaki artış ile klorofil miktarı önce artış göstermiş, ancak yüksek dozlarda ise klorofil miktarında tekrar azalma görülmüştür. En yüksek değer 93.50 ile P₄ uygulamasında olurken, en düşük değer ise 80.04 ile P₁ konusunda ölçülmüştür. P uygulamaları istatistiksel olarak 2 farklı grup oluşturmuş ve P₂, P₃ ve P₄ konuları arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık oluşmamıştır. Stoma iletkenliği açısından ise P₃, P₄ ve P₅ konuları arasında farklılık oluşmazken, en yüksek değer 81.78 ile P₃ konusunda ölçülmüştür.

Arazide uygulanacak en iyi prolin dozunu belirlemek amacıyla bitki gelişim döneminde yapılan ölçüm ve analizler sonucunda CAT, bitki yaş ağırlığı, kol sayısı, kol uzunluğu ve stoma iletkenliği değerlerinde en iyi sonuçlar P₃ (7 mM) uygulamasından elde edilmiştir. Klorofil içeriği açısından ise en yüksek değer P₄ uygulamasından elde edilmiş olmasına rağmen, P₃ ile P₄ dozları açısından istatistiksel olarak bir farklılık olmaması, klorofil açısından yapılacak bir değerlendirmede P₃ dozunun en iyi doz olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Prolin değerlerine ait sonuçlar incelendiğinde P₃ ve P₄ uygulaması arasında 5 bitki gelişim parametresi arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte uygun doz seçiminde gözönünde tutulması gereken diğer bir konu ise uygulanan miktar olması gerekmektedir.

P₃ ve P₄ uygulamaları birçok bitki gelişim parametresinde en yüksek sonuçları almış olmasına rağmen, P₄ uygulamasında gerekli prolin miktarı P₃ uygulaması için gerekli olan prolin miktarınının 2 katından fazla olacaktır.

P uygulamasında ait değerlendirmelere göre; toplamda P₁ (1 mM), P₂ (3 mM), P₃ (7 mM), P₄ (15 mM), ve P₅ (20 mM) olmak üzere 5 farklı uygulama dozlarının, toplamda 7 farklı parametre üzerine etkileri incelendiğinde, P₃ uygulamasının hem en yüksek değerleri vermiş olması, hemde ekonomik olarak en iyi doz olması nedeniyle en uygun doz olarak seçilmesinin uygun olacağı belirlenmiştir. Ghaffari vd. (2019), yaptıkları çalışmada tam ve kısıtlı sulama koşullarında 3 farklı dozda prolin (0, 5 mM ve 10 mM) uyguladıkları şeker pancarı bitkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, yapraktan prolin uygulaması yapılan şeker pancarı bitkileri, kuraklık stresi altında daha yüksek büyüme gösterdiğini ifade ederek 10 mM prolin uygulamasının etkilerinin daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Araştırmanın sera kısmı tamamlandıktan ve salisilik asit ve prolin açısından en iyi dozlar belirlendikten sonra arazi çalışmalarına başlanılmıştır. Çalışma 4 farklı sulama suyu düzeyinde (tam sulama (%100), tam sulamanın %80, %60 ve %40'ı) ve 2 farklı dışsal uygulama (2 mM salisilik asit ve 7 mM prolin) olacak şekilde 2018 ve 2019 yıllarında 2 yıl süre ile yrtlmştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.2. Arazi alışmasına Ait Bulgular

4.2.1. Sulama Suyu Yönetimi ve Bitki Su Tüketime Ait Bulgular

Araştırmada, bitki su tüketimi değerleri toprak su bütçesi eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Her iki yıla ait her konu için hesaplanan sulama suyu, yağış miktarı ve bitki su tüketimi (ET) değerleri TABLO 4.5'de verilmiştir. Toprakta (0-90 cm derinlik) nötron okumaları sonucunda hesaplanan sulama suyu miktarı ile tüm S1 konuları her sulamada tarla kapasitesi (TK) değerine ulaşmıştır (şekil 4.1, şekil 4.2 ve şekil 4.3). Sulama zamanı belirlenirken toprakta kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30'unun tüketilmesi dikkate alınmıştır.

Fide dikimi sonrasında, toprak bünyesi ve nem değeri dikkate alınarak, sulama yönetiminin başlangıcına kadar tüm parsellere damla sulama yöntemi kullanılarak, 2018 yılında 114 mm ve 2019 yılında 60 mm sulama suyu verilmiştir.

Konulara göre sulama suyu yönetimine ise; ilk yıl 14.06.2018 tarihinde, ikinci yıl 22.06.2019 tarihinde başlanılmıştır. Çalışma kapsamında 2018 yılında 8 sulama ve 2019 yılında ise 9 sulama yapılmıştır. Deneme süresince 2018 yılında düşen yağış miktarı 63 mm iken; 2019 yılında düşen yağış miktarı 112 mm olarak, deneme

istasyonundan anlık olarak ölçülmüş ve tüm yağışlar etkili yağış olarak kabul edilmiştir.

Denemenin ilk yılında kontrol konularındaki S1, S2, S3 ve S4 parsellerine sırasıyla 504, 403, 303, 202 mm SA uygulamasındaki konulara sırasıyla 500, 400, 300 ve 200 mm sulama suyu verilmiştir. Prolin uygulanan S1, S2, S3 ve S4 konularına sırasıyla 502, 402, 302 ve 201 mm sulama suyu verilmiştir. Denemenin ikinci yılında ise S1, S2, S3 ve S4 parsellerine verilen sulama suyu miktarı kontrol uygulamasında sırasıyla 459, 367, 275 ve 184 mm, SA uygulamasında 472, 377, 283 ve 189 mm ve P uygulamasında ise 464, 371, 279 ve 186 mm olarak değişim göstermiştir.

Tablo 4.5. Deneme parsellerine ait sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri

| Deneme Konuları | Uygulama | K | | | | SA | | | | P | | | |
|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Sulama Konusu | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| 2018 Yılı | Sulama Yönetimi Öncesi Verilen Sulama Suyu (mm) | 114 | | | | | | | | | | | |
| | Sulama Suyu (mm) | 504 | 403 | 303 | 202 | 500 | 400 | 300 | 200 | 502 | 402 | 302 | 201 |
| | Yağış (mm) | 63 | | | | | | | | | | | |
| | ET (mm) | 642 | 550 | 469 | 396 | 649 | 560 | 481 | 399 | 654 | 552 | 480 | 394 |
| | Sulama Yönetimi Öncesi Verilen Sulama Suyu (mm) | 60 | | | | | | | | | | | |
| 2019 Yılı | Sulama Suyu (mm) | 459 | 367 | 275 | 184 | 472 | 377 | 283 | 189 | 464 | 371 | 279 | 186 |
| | Yağış (mm) | 112 | | | | | | | | | | | |
| | ET (mm) | 642 | 568 | 477 | 411 | 670 | 586 | 501 | 421 | 657 | 576 | 485 | 416 |
| | Sulama Yönetimi Öncesi Verilen Sulama Suyu (mm) | 60 | | | | | | | | | | | |

Bitki su tüketiminin hesaplanmasında; 0-90 cm'lik toprak derinliğine ait nem değişiminden yararlanılmıştır. Denemede fide dikim tarihine göre, su yönetimine 2019 yılında 9 gün daha geç başlanılmış ve bitkilerin hasat olgunluğuna erişmesi 8 gün daha geç olmuştur.

İlk yıl en yüksek bitki su tüketim değeri Prolin uygulanan S1 konusunda 654 mm olurken, ikinci yıl ise en yüksek bitki su tüketim değeri 670 mm ile SA uygulanan S1 konusunda gerçekleşmiştir.

En düşük bitki su tüketim değeri ise 2018 yılında 394 mm ile prolin uygulanan S4 konusunda ve 2019 yılında ise 411 mm ile kontrol uygulamasındaki S4 konusunda ölçülmüştür.

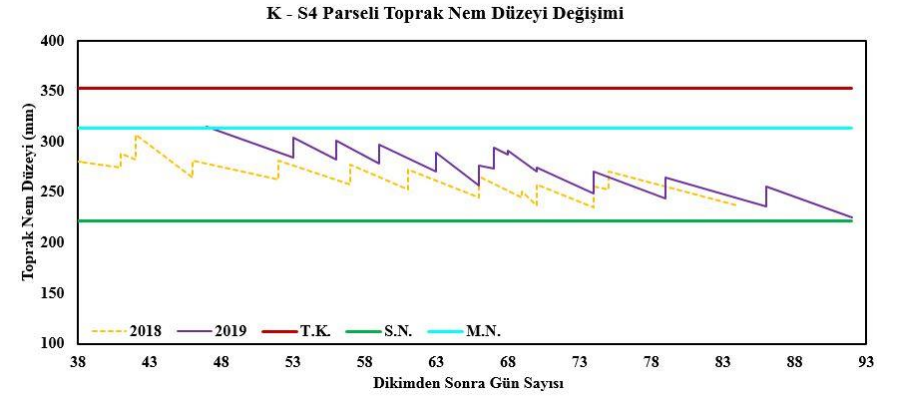
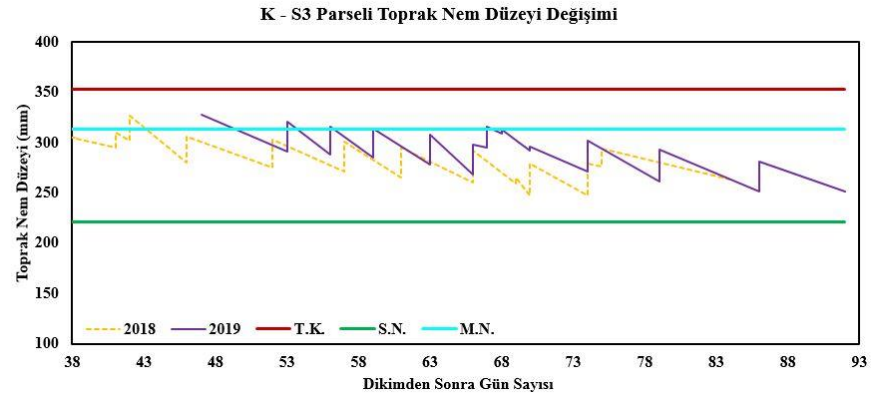
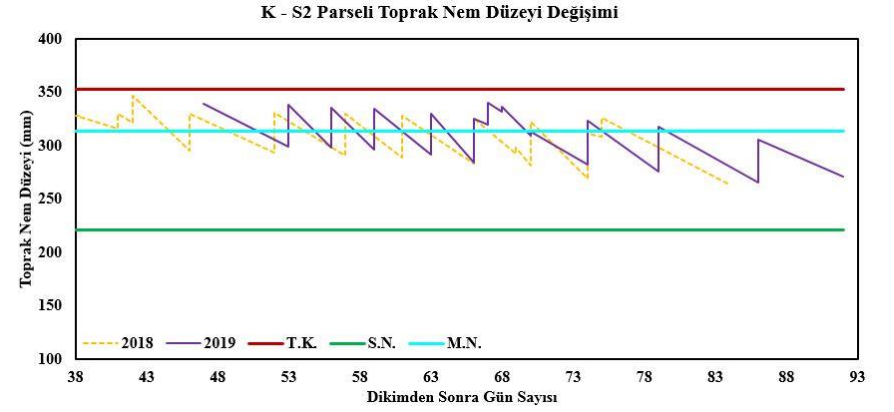
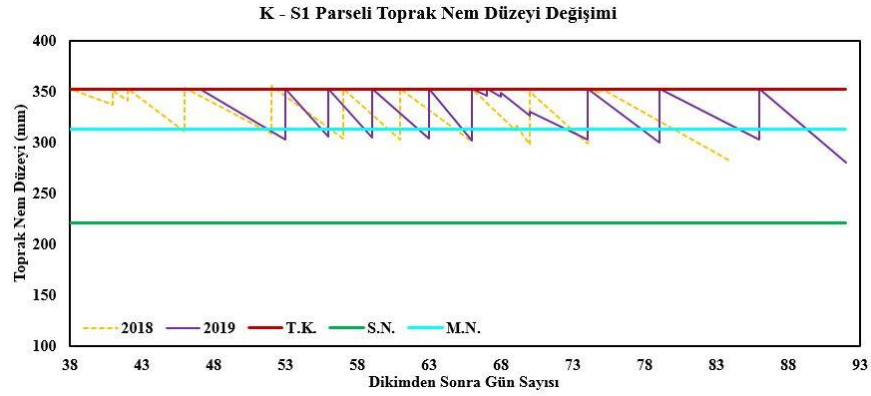
Nötronmetre cihazı ile elde edilen her iki yıla ait toprak nem değişimi grafikleri Şekil 4.1'den Şekil 4.3'e kadar olan bölümde verilmiştir. Buna göre; karpuz bitkisi ilk yıl 84 gün ikinci yıl ise 92 günde hasat olgunluğuna ulaşarak hasat edilmiştir. Araştırmada her iki yıl için her parselde toprak nem ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla, her iki yıl için de toprak su içeriği değişimleri hesaplanmıştır. Toprak nem değişimleri açısından, su yönetimine başlamadan uygulanan sulama suyu miktarı ve gerçekleşen yağışlar Tablo 4.6'da, su yönetimine göre uygulanan sulama suyu miktarları ise Tablo 4.7'de verilmiştir. Toprak nem değişim grafikleri incelendiğinde; uygulamalara göre, her su yönetimi için 2018 ve 2019 yıllarına ait sulama suyu miktarı görülmektedir.

Tablo 4.6.Yıllara ait sulama yönetimine başlamadan uygulanan sulama suyu ve toplam düşen yağış miktarları (mm)

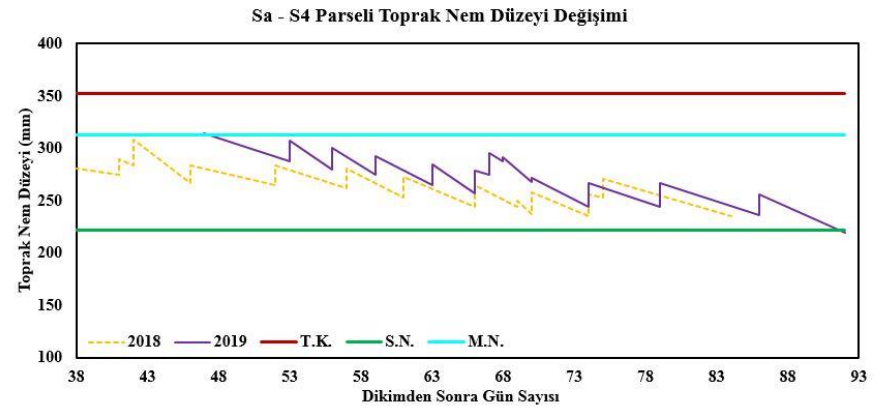
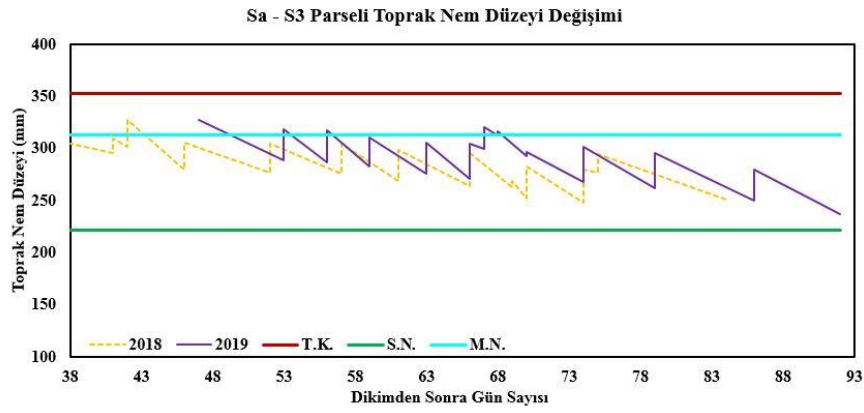
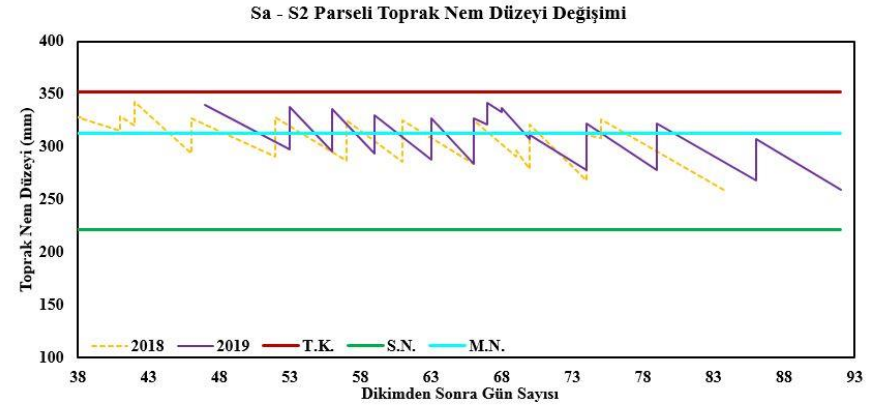
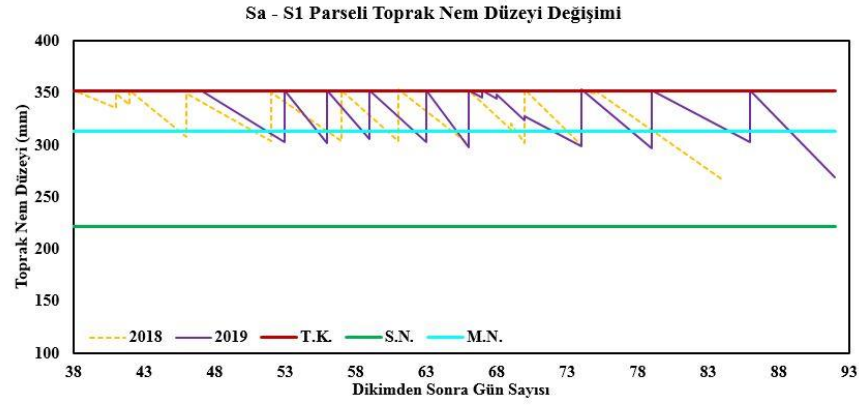
| Tarih | Sulama Yönetimi Öncesi Verilen Sulama Suyu (mm) | Yağış (mm) | Tarih | Sulama Yönetimi Öncesi Verilen Sulama Suyu (mm) | Yağış (mm) |
|-------------------|---|------------|-------------------|---|------------|
| 07.05.2018 | 12 | - | 06.05.2019 | 16 | 8.1 |
| 12.05.2018 | 12 | - | 10.05.2019 | 4 | 26.5 |
| 17.05.2018 | 10 | - | 16.05.2019 | 4 | 5.22 |
| 21.05.2018 | 14 | - | 21.05.2019 | 8 | 1.9 |
| 25.05.2018 | 10 | - | 28.05.2019 | 8 | - |
| 30.05.2018 | 13 | - | 03.06.2019 | 8 | - |
| 04.06.2018 | 15 | - | 08.06.2019 | 8 | - |
| 08.06.2018 | 13 | - | 10.06.2019 | 4 | 4.5 |
| 12.06.2018 | 15 | - | 18.06.2019 | - | 9.6 |
| 17.06.2018 | - | 14 | 19.06.2019 | - | 15 |
| 18.06.2018 | - | 25 | 21.06.2019 | - | 10.8 |
| 15.07.2018 | - | 6 | 12.07.2019 | - | 20.8 |
| 21.07.2018 | - | 18 | 13.07.2019 | - | 4 |
| | | | 15.07.2019 | - | 3.8 |
| | | | 19.07.2019 | - | 1.5 |
| Toplam | 114 | 63 | | 60 | 112 |

Tablo 4.7. Yıllara ait sulama yönetimine göre uygulanan sulama suyu miktarları (mm)

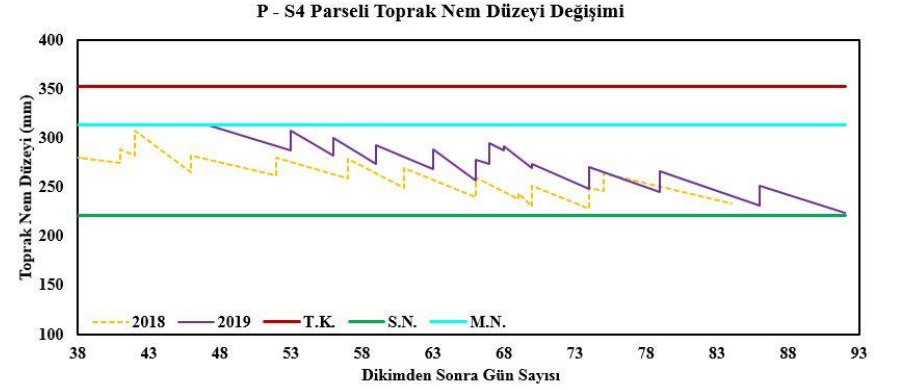
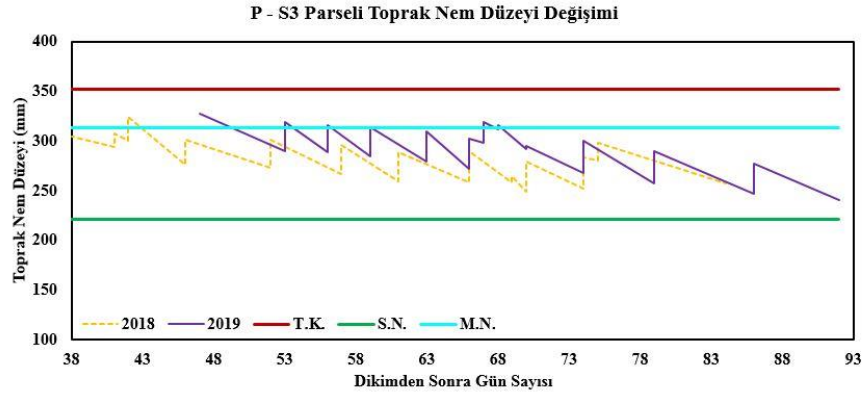
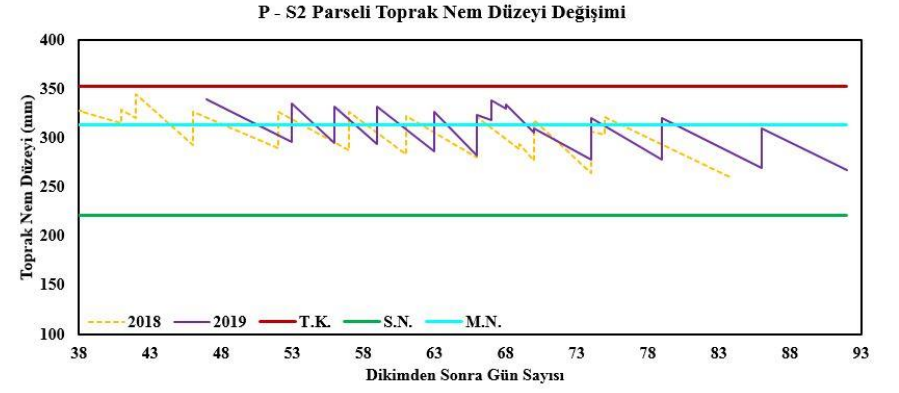
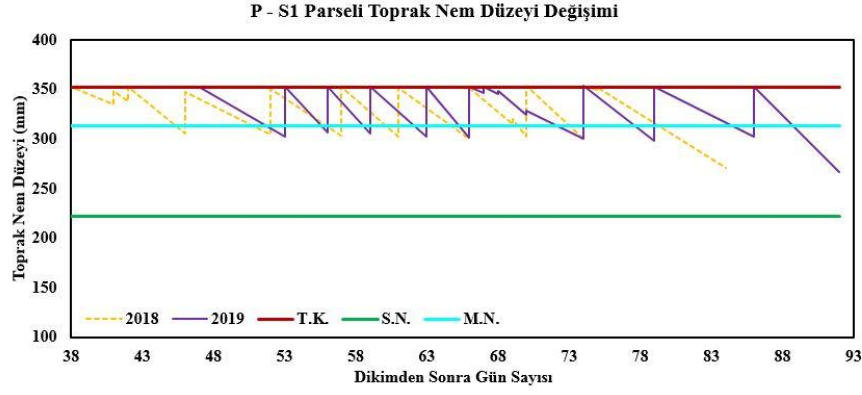
| Yıllara Ait Sulama Yönetimine Göre Uygulanan Sulama Suyu Miktarları (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Uygulamalar | | K | | | | SA | | | | P | | | |
| Sulama Konusu | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 | |
| Tarih | 14.06.2018 | 120.00 | 96.00 | 72.00 | 48.00 | 120.00 | 96.00 | 72.00 | 48.00 | 120.00 | 96.00 | 72.00 | 48.00 |
| | 22.06.2018 | 60.00 | 48.00 | 36.00 | 24.00 | 60.00 | 48.00 | 36.00 | 24.00 | 60.00 | 48.00 | 36.00 | 24.00 |
| | 28.06.2018 | 67.31 | 53.85 | 40.39 | 26.92 | 67.31 | 53.85 | 40.39 | 26.92 | 67.31 | 53.85 | 40.39 | 26.92 |
| | 03.07.2018 | 48.51 | 38.81 | 29.11 | 19.41 | 48.99 | 39.19 | 29.39 | 19.60 | 48.79 | 39.03 | 28.99 | 19.52 |
| | 07.07.2018 | 49.24 | 39.39 | 29.55 | 19.70 | 48.39 | 38.71 | 29.03 | 19.36 | 50.24 | 40.19 | 30.73 | 20.10 |
| | 12.07.2018 | 51.55 | 41.24 | 30.93 | 20.62 | 51.92 | 41.54 | 31.15 | 20.77 | 52.54 | 42.03 | 31.30 | 21.02 |
| | 16.07.2018 | 54.10 | 43.28 | 32.46 | 21.64 | 50.83 | 40.66 | 30.50 | 20.33 | 50.49 | 40.39 | 30.58 | 20.20 |
| | 20.07.2018 | 53.53 | 42.82 | 32.12 | 21.41 | 52.40 | 41.92 | 31.44 | 20.96 | 52.70 | 42.16 | 32.06 | 21.08 |
| | Toplam | 504 | 403 | 303 | 202 | 500 | 400 | 300 | 200 | 502 | 402 | 302 | 201 |
| Tarih | 22.06.2019 | 63.26 | 50.61 | 37.96 | 25.30 | 63.26 | 50.61 | 37.96 | 25.30 | 63.26 | 50.61 | 37.96 | 25.30 |
| | 28.06.2019 | 49.60 | 39.68 | 29.76 | 19.84 | 49.70 | 39.76 | 29.82 | 19.88 | 49.72 | 39.78 | 29.83 | 19.89 |
| | 01.07.2019 | 46.92 | 37.54 | 28.15 | 18.77 | 50.47 | 40.38 | 30.28 | 20.19 | 45.97 | 36.78 | 27.58 | 18.39 |
| | 04.07.2019 | 47.87 | 38.30 | 28.72 | 19.15 | 46.34 | 37.07 | 27.80 | 18.54 | 47.29 | 37.83 | 28.37 | 18.92 |
| | 08.07.2019 | 48.62 | 38.90 | 29.17 | 19.45 | 49.14 | 39.31 | 29.48 | 19.66 | 49.97 | 39.98 | 29.98 | 19.99 |
| | 11.07.2019 | 50.85 | 40.68 | 30.51 | 20.34 | 54.72 | 43.78 | 32.83 | 21.89 | 51.30 | 41.04 | 30.78 | 20.52 |
| | 19.07.2019 | 49.47 | 39.58 | 29.68 | 19.79 | 53.25 | 42.60 | 31.95 | 21.30 | 52.28 | 41.82 | 31.37 | 20.91 |
| | 24.07.2019 | 52.75 | 42.20 | 31.65 | 21.10 | 55.65 | 44.52 | 33.39 | 22.26 | 53.85 | 43.08 | 32.31 | 21.54 |
| | 30.07.2019 | 49.50 | 39.60 | 29.70 | 19.80 | 49.12 | 39.30 | 29.47 | 19.65 | 50.57 | 40.46 | 30.34 | 20.23 |
| | Toplam | 459 | 367 | 275 | 184 | 472 | 377 | 283 | 189 | 464 | 371 | 279 | 186 |



Şekil 4. 1. Yetiştirme dönemi toprak nem düzeyi değişimi (K)



Şekil 4. 2. Yetiştirme dönemi toprak nem düzeyi değişimi (SA)



Şekil 4. 3. Yetiştirme Dönemi toprak nem düzeyi değişimi (P)

4.2.2. Verim ve Su Verim Bileşenlerine Ait Bulgular

Araştırmada; deneme konularına ait bitki su tüketimi (ET), verim ve verime ait bulgular hesaplanmıştır. Verim ile bitki su tüketimi arasındaki ilişki ve verim ile sulama suyu arasındaki ilişkinin açıklanmasında, su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) hesaplanarak değerlendirmeler yapılmıştır.

4.2.2.1. Bitki Su Tüketimi

Vejetasyon süresince, su yönetimi göz önünde bulundurularak belirlenen sulama suyu miktarı, her parsel için ayrı ayrı uygulanmıştır. Dönem sonunda ise; uygulanan sulama suyu miktarı, yağış miktarı ve toprak nem değişimine göre her parsel için bitki su tüketimi (ET) hesaplanmıştır. ET'ye ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.8'de verilirken, ET'ye ait istatistiksel değerlendirmeler ise Tablo 4.9'da verilmiştir.

Bitki su tüketimine ait varyans analiz sonuçlarına göre hem 2018 hem de 2019 yıllarında, uygulama, sulama konusu ve uygulama x sulama konusu interaksiyonun (U * Sk) bitki su tüketimi üzerine $p < 0.001$ seviyesinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 8. Bitki su tüketimine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 8.32 | 4.16 | 0.73 ns |
| | Uygulama | 2 | 422.49 | 211.25 | 37.4544*** |
| | Sulama konusu | 3 | 312663.84 | 104221.28 | 18478.77*** |
| | U * Sk | 6 | 280.61 | 46.77 | 8.29*** |
| | Hata | 22 | 124.08 | 5.64 | |
| | Genel | 35 | 313499.35 | 8957.12 | |
| | VK (%) | | | 0.46 | |

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2019 | Tekerrür | 2 | 538.64 | 269.32 | 0.30 ns |
| | Uygulama | 2 | 2418.96 | 1209.48 | 13.43*** |
| | Sulama konusu | 3 | 295141.79 | 98380.60 | 1092.27*** |
| | U * Sk | 6 | 283.01 | 47.17 | 5.24*** |
| | Hata | 22 | 1981.54 | 90.07 | |
| | Genel | 35 | 300363.94 | 8581.83 | |
| | VK (%) | | | 1.78 | |

***: $p < 0.001$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Yıllar kendi içinde değerlendirildiğinde; ET değerleri ilk yılda; kontrol uygulamasında 395.67 ile 642.07 mm arasında, SA uygulamasında 399.37 ile 648.68 mm arasında ve P uygulamasında 393.89 ile 653.77 mm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. İkinci yılda ise bu değişimler, kontrol uygulamasında 410.92 ile 641.81 mm arasında, SA uygulamasında 421.35 ile 669.67 arasında ve P uygulamasında ise 416.15 ile 657.22 arasında değişim göstermiştir. Her iki yılda da SA uygulamalarında bitki su tüketimi en yüksek olmuştur. Dışsal uygulamaların ET üzerine etkisi, her iki yılda da istatistiksel açıdan önemli farklar oluşturmuştur. Bu etki incelendiğinde; ilk yıl Kontrol uygulamasında 514.17 mm olarak hesaplanan ET değeri, SA uygulaması ile %2 artış gösterirken, P uygulaması ile %1 artış göstermiştir. İkinci yılda ise Kontrol uygulamasında 524.28 mm olduğu hesaplanan ET değeri, SA uygulamasında %4 kadar bir artış sergilerken, P uygulamasında %2'lik bir artışa sebep olmuştur. Dışsal uygulamaların ET değerlerinde istatistiksel olarak önemli artış sergilemesi aslında verim ile birlikte değerlendirildiğinde daha anlamlı sonuçlar oluşturacaktır. Uygulamaların etkisi ile bitkinin fizyolojik yapısı, bitki gelişiminden meyve verimine kadar, içsel sentezi geliştirdiğinden kaynaklı bitki daha çok suya ihtiyaç duymuştur. Bu durumun ise ET değerinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.9. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) bitki su tüketimi üzerine etkisi

| | | ET (mm) | | | | | |
|------|---------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|-------------|--|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD | |
| 2018 | S1 (%100) | 642.07 ^c | 648.68 ^b | 653.77 ^a | 648.17A | 0.94 | |
| | S2 (%80) | 550.21 ^e | 559.71 ^d | 552.06 ^e | 553.99B | | |
| | S3 (%60) | 468.72 ^g | 481.49 ^f | 480.27 ^f | 476.83C | | |
| | S4 (%40) | 395.67 ^h | 399.37 ^h | 393.89 ⁱ | 396.31D | | |
| | Ort. | 514.17C | 522.31A | 519.99B | | | |
| 2019 | S1 (%100) | 641.81 ^b | 669.67 ^a | 657.22 ^{ab} | 656.24A | 1.73 | |
| | S2 (%80) | 567.67 ^d | 585.73 ^c | 575.98 ^{cd} | 576.46B | | |
| | S3 (%60) | 476.71 ^f | 500.62 ^e | 485.30 ^{ef} | 487.54C | | |
| | S4 (%40) | 410.92 ^g | 421.35 ^g | 416.15 ^g | 416.14D | | |
| | Ort. | 524.28C | 544.34A | 533.66B | | | |

Su yönetimine göre uygulanan sulama suyu miktarı S1'den S4 e gidildikçe azalması sebebiyle, ET değerleri de bu durum ile paralellik göstermiştir. Tam sulama yapılarak, en yüksek su uygulanan S1 konularında ET değeri 2018 yılında 648.17

mm olarak ölçülürken, 2019 yılında bu değer 656.24 mm olarak kaydedilmiştir. 2018 yılında S2 konularında ET değeri %85'e düştüğü görülürken, S3 konusunda %74'lere kadar düşmüştür. En düşük sulama suyu uygulanan S4 konularında ise en düşük ET hesaplanmış olup bu değer %61 olarak belirlenmiştir. 2019 yılında ise kısıtlı sulamalar sonucunda S2 konularında ET değeri %88'e gerilemişken, artan su kısıtı ile birlikte S3 ve S4 konularında sırasıyla %74 ve %63 olarak hesaplanmıştır.

Ancak değerler incelendiğinde yıllar arası istatistiksel fark olmasa da değerler arasında gerçekleşen farklar tamamıyla iklime bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir. Bu durum neticesinde; ET değerleri su yönetimine göre uygulanan sulama suyu miktarı ile doğru orantılı şekilde değişim göstermiştir.

Uygulama ve su kısıtı interaksiyonun değerleri incelendiğinde 2018 yılında en yüksek ET değeri 653.57 mm ile P x S1 uygulamasında gerçekleşirken, en düşük değer ise 393.89 mm ile P x S4 uygulamasından elde edilmiştir. 2018 yılında ET değerleri interaksiyona göre istatistiksel olarak 9 farklı grup oluşturmuştur. 2019 yılında ise en yüksek ET değeri 669.67 mm ile SA x S1 konusunda, en düşük değer ise K x S4 uygulamasında 410.92 mm olmuştur. SA x S1 ile P x S1 konuları arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmazken, benzer şekilde K x S4, SA x S4 ve P x S4 konuları arasında da ET açısından istatistiksel olarak farklılık oluşmamıştır.

Qin vd. (2020), karpuzda yaptıkları çalışmada, hümik asit uygulaması ile %100 ve %50 sulama koşullarında karpuz verimini değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuca göre; hümik asit uygulamasının kontrole kıyasla erken verimi %38.6, toplam verimi ise %11.8 düzeyinde artırdığını ifade etmişlerdir. Tam sulama ile kısıtlı sulamayı karşılaştırdıklarında ise; 5 kg üzerindeki karpuzlarda kısıtlı sulama ile verimde düşüşler görüldüğünü belirtmişlerdir.

Duraktekin vd. (2017), çalışmalarında karpuz bitkisinde damla sulama ile farklı sulama aralıkları ve sulama düzeyleri oluşturmuşlar ve bunun klorofil miktarı, verim ve bitki su tüketimini nasıl değiştirdiğini belirlemişlerdir. Çalışmalarında 4, 8 ve 12 gün olacak şekilde sulama aralığı kullanmışlardır. Sulama seviyeleri ise; TS: %100, KS₇₅: %75, KS₅₀: %50 sulama düzeylerine ek olarak PRD₁₀₀: %100 sulama uygulaması ile her sulamada köklerin yarısına, PRD₇₅: %75 sulama uygulaması ile köklerin yarısına ve PRD₅₀: %50 sulama uygulaması ile köklerin yarısına olmak üzere toplamda 6 farklı seviyede sulama uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuçlarda

ise; bitki su tüketiminin 379 – 486 mm arasında değişmesiyle birlikte, en yüksek bitki su tüketimi değerini (486 mm) sulama aralığı 4 gün olan PRD₁₀₀ uygulamasından elde etmişlerdir. Bununla beraber, verimin 4.52 – 10.84 kg da⁻¹ arasında değiştiğini ve en yüksek verimin ise yine sulama aralığı 4 gün olan konuya ait TS (10.84 kg da⁻¹) ve PRD₁₀₀ (10.51 kg da⁻¹) uygulamalarından elde ettiklerini belirtmişlerdir. Ayrıca klorofil miktarı ile verim arasında önemli ilişkiler olduğunu ve sulama suyu attrıkça ve sulama aralığı azaldıkça klorofil değerinde artışlar olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.2.2. Hasat Edilen Pazarlanabilir Verim

Araştırmanın yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarını kapsayan toplam pazarlanabilir verime ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.10'da, konularına göre elde edilen toplam pazarlanabilir verimlere ait istatistiksel değerlendirmeler Tablo 4.11'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; her iki yıl içinde pazarlanabilir verim değerleri üzerine uygulama ve sulama konusunun p<0.001 düzeyinde önemli etki ettiği belirlenmiştir. Pazarlanabilir verim üzerine U x Sk interaksyonu ilk yıl p<0.05 düzeyinde etki ederken, ikinci yıl ise p<0.001 düzeyinde etki etmiştir.

Tablo 4.10. Pazarlanabilir verim değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 40.35 | 20.18 | 1.10 ns |
| | Uygulama | 2 | 3832.17 | 1916.09 | 104.41*** |
| | Sulama konusu | 3 | 11022.64 | 3674.21 | 200.22*** |
| | U * Sk | 6 | 295.52 | 49.25 | 2.68* |
| | Hata | 22 | 403.74 | 18.35 | |
| | Genel | 35 | 15594.67 | 445.56 | |
| | VK (%) | | | 4.36 | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 2.80 | 1.40 | 0.27 ns |
| | Uygulama | 2 | 888.28 | 444.14 | 86.71*** |
| | Sulama konusu | 3 | 9977.01 | 3325.67 | 649.30*** |
| | U * Sk | 6 | 123.33 | 20.55 | 4.01** |
| | Hata | 22 | 112.68 | 5.12 | |
| | Genel | 35 | 11104.10 | 317.26 | |
| | VK (%) | | | 2.84 | |

***: p < 0.001 **: p < 0.01; *: p < 0.05; ns: p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Araştırmanın ilk yılındaki pazarlanabilir verim değerleri Kontrol, SA ve P uygulamalarında sırasıyla en yüksek 83.70, 105.30 ve 105.87 t ha⁻¹ olmuştur. SA ve P uygulanan konulardan elde edilen verim artışı kontrol konusuna göre sırasıyla %25.80 ve %26.49 olmuştur. İkinci yıldan elde edilen pazarlanabilir verim değerleri incelendiğinde en yüksek verim SA uygulamasından 85.51 t ha⁻¹ elde edilirken, en düşük verim kontrol uygulamasından 73.38 t ha⁻¹ elde edilmiştir. P uygulamasından elde edilen verim ise 80.25 t ha⁻¹ olarak belirlenmiştir. SA uygulanan konulardaki verim artışı kontrol konusuna göre %16.53 olurken, P uygulamalarındaki verim artışı ise %9.36 olmuştur.

Tablo 4. 11. Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) pazarlanabilir verim üzerine etkisi

| Pazarlanabilir Verim (t ha ⁻¹) | | | | | | |
|--|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 103.89 ^b | 117.88 ^a | 124.57 ^a | 115.44A | 1.79 |
| | S2 (%80) | 103.91 ^b | 121.12 ^a | 119.74 ^a | 114.92A | |
| | S3 (%60) | 71.54 ^e | 96.78 ^{bc} | 95.14 ^c | 87.82B | |
| | S4 (%40) | 55.46 ^f | 85.41 ^d | 84.03 ^d | 74.96C | |
| | Ort. | 83.70B | 105.30A | 105.87A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 86.01 ^c | 100.11 ^a | 92.01 ^b | 92.71B | 1.74 |
| | S2 (%80) | 90.04 ^b | 102.48 ^a | 100.35 ^a | 97.62A | |
| | S3 (%60) | 64.69 ^e | 77.78 ^d | 75.52 ^d | 72.66C | |
| | S4 (%40) | 52.77 ^f | 61.67 ^e | 53.14 ^f | 55.86D | |
| | Ort. | 73.38C | 85.51A | 80.25B | | |

Sulama düzeylerini göre verimler incelendiğinde 2018 yılında en yüksek verim S1 uygulamalarında 115.44 t ha⁻¹ olurken, en düşük verim ise 74.96 t ha⁻¹ ile S4 konularından elde edilmiştir. Bununla birlikte ilk yıl S1 ve S2 konularındaki verimler arasında istatistiksel olarak herhangi bir farklılık olmamıştır. 2019 yılında ise en yüksek verim S2 konularında 97.62 t ha⁻¹ olurken, en düşük verim ise S4 konularından elde edilmiştir. 2018 yılında en yüksek verimin alındığı S1 ile S4 konuları arasında verimde %35.1 azalma olurken, 2019 yılında %40 oranında azalma olmuştur. Bu veriler karpuz bitkisinde su kısıtının verimde önemli azalmalara neden olduğunu göstermektedir.

Pazarlanabilir verim 2018 yılında sırasıyla kontrol, SA ve P uygulamalarında, en yüksek; 103.91, 121.12 ve 124.57 t ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Kontrol ve SA uygulamalarındaki bu değerler S2 sulamalarında iken, P uygulamasına ait değer S1

sulama konusuna aittir. İlgili yıldaki kontrol, SA ve P uygulamalarında en düşük pazarlanabilir verim ise; 55.46, 85.41 ve 84.03 t ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Uygulamalara ait bu değerler su yönetimine göre en yüksek su kısıtının olduğu S4 parsellerine aittir. Pazarlanabilir verim değerleri 2019 yılında ise; K, SA ve P uygulamalarında en yüksek; 90.04, 102.48 ve 100.35 t ha⁻¹ olarak en düşük; 52.77, 61.67 ve 53.14 t ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Sulama suyu konularına göre %80 sulama uygulanan parsellerde (S2) en yüksek miktar elde edilirken % 40 sulama yapılan parsellerde (S4) en düşük miktar elde edilmiştir. Sulama suyu miktarının düşük olduğu parsellerde elde edilen verimin düşük olması doğaldır. Ancak en yüksek sulamanın uygulandığı parsellerde en yüksek verim elde edilmesi beklenirken, sadece 2018 yılına ait P uygulaması hariç, 2018 ve 2019 yılında tüm uygulamalar kendi içinde değerlendirildiğinde (K-SA-P) S2 su yönetiminden en yüksek verim elde edilmiştir. Bu durum; yetiştirme periyodu göz önüne alındığında; su yönetimine bağlı (%80) bir miktar stresinde etkisi ile birlikte, dışsal uygulamaların, bitki gelişimini tetikleyerek çiçeklenme zamanını değiştirmesi ve K, SA, P uygulamalarının farklı zamanlarda oluşum göstermesi ile düşen yağışların denk gelmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Yıllar arası P uygulamalarına ait S2 su yönetimindeki farklar ise yıllara bağlı çevresel etkilerin ve taban suyuna bağlı beslenmeden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. K ve SA uygulamalarında S2 parsellerinde yüksek çıkmasının sebebi; dışsal uygulamaların uygulandığı dönemlerdeki toprak nem dağılımı ve dışsal uygulamanın fizyolojik etkisi olarak görülmektedir.

Tablo 4.11’de verilen LSD testi sonuçlarına göre; 2018 ve 2019 yıllarına ait U x Sk interaksiyonunda 6 farklı grup oluşmuştur. İlk yıla ait; en yüksek pazarlanabilir verimin alındığı P x S1 parseli olmuştur. Fakat P x S1 ile P x S2, SA x S1 ve SA x S2 parselleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. En düşük pazarlanabilir verim ise; K x S4 parselinde aittir. İkinci yıl ise; en yüksek pazarlanabilir verim SA x S2 parselinde görülmüş olup SA x S1 ve P x S2 parselleri ile arasında istatistiksel fark oluşmamıştır.

En düşük pazarlanabilir verim ilk yıldan farklılık göstererek K-S4 parselinde görülmüştür. K x S4 parseli ile P x S4 parseli arasında istatistiksel fark bulunmamıştır.

Bu veriler açısından, her iki yılın ortalamasına göre değerlendirme yapıldığında; geleneksel yetiştirme koşullarında (kontrol) elde edilen pazarlanabilir verim, K x S2 parselinde 96.98 t ha⁻¹'a kadar ulaşmış olup %80 sulama yapılan (S2) konuya aittir. Tam sulama yapılan K x S1 parselinde ise 94.95 t ha⁻¹ pazarlanabilir verim elde edilmiş ve K x S2 ile birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Sulama suyundan %40 tasarruf edilecek şekilde oluşturulan K x S3 parselinde ise verim değerinde önemli düşüşler yaşanmış olup 68.12 t ha⁻¹ pazarlanabilir verim elde edilmiştir. Bununla beraber daha yüksek kuraklık şartlarına maruz kalan K x S4 parselinde ise pazarlanabilir verim oldukça düşmüş ve 54.12 t ha⁻¹ elde edilmiştir. Yenilikçi yetiştirme koşullarına ait SA uygulamasında yapılan kısıtlı sulama koşulları ele alındığında ise pazarlanabilir verim yine S2 sulama konusunda en yüksek değere ulaşmış olup SA x S2 parselinden 111.80 t ha⁻¹ elde edilmiştir. Bununla birlikte %40 kısıt uygulanan SA x S3 parselinde 87.28 t ha⁻¹ pazarlanabilir verim elde edilerek kontrol uygulamasına göre sadece %8.1 oranında verim kaybı yaşanmıştır. Bu da verimden düşük oranda taviz verilmesi durumunda ciddi bir su tasarrufu sağlanabileceğini göstermektedir.

Ayrıca %60 su kısıtı uygulanan SA x S4 parselinde ise 73.54 t ha⁻¹ pazarlanabilir verim elde edilmiştir. Bu da en yüksek verim alınan SA x S2 parseline göre %34.22 verim kaybına denk gelmektedir. Buna rağmen dışsal uygulamalarda SA uygulaması tercih edilerek sadece %40 sulama suyu kullanıldığında %60 sulama suyu kullanılan K x S3 parselinden daha çok verim alınabileceği gibi en yüksek verim elde edilen K x S2 parselinden ise sadece %10 daha düşük verim elde edilmiş olacaktır. Bu veriler ışığında kurak ve yarı kurak bölgelerde dışsal uygulamaların kullanıldığı yetiştirme teknikleri verim açısından önemli kazançlar sağlamaktadır. Bir diğer yetiştirme koşulu olan P uygulamalarında en yüksek değer diğer uygulamalar ile benzer şekilde P x S2 parseline ait olup 110.05 t ha⁻¹ pazarlanabilir verim elde edilmiştir. Kuraklık şartlarının artması P uygulamalarında da pazarlanabilir verimde düşüslere sebep olmuştur.

Ancak P x S3 parselinden elde edilen pazarlanabilir verim değeri 85.33 t ha⁻¹ olsada, kontrol uygulamasına göre kıyaslandığında K x S3 parselinden elde edilen pazarlanabilir verimden daha yüksek, K x S2 parselinden ise sadece %12 daha düşük olduğu tespit edilmiştir. P uygulamalarında en kurak parsel olan P x S4 parselinde, 68.59 t ha⁻¹ pazarlanabilir verim elde edilmiş olup K x S3 parseli ile benzerlik

göstermektedir. Bu durumda özellikle sulama suyu sıkıntısı olan bölgelerde, kontrol uygulamalarında %60 sulama suyu kullanılarak alınacak verim yerine P uygulaması yapılarak aynı miktarda suyun kullanılması ile verimin % 25 arttığı tespit edilmiştir. Bu duruma diğer bir alternatif ise, P uygulaması yapılarak %40 sulama suyu uygulanması durumunda verim kaybı yaşanmayacağı belirlenmiştir. Dışsal uygulamalardan SA ve P birbiri ile kıyaslandığında ise; %100 (S1) ve %80 (S2) sulama suyu konularında benzer verim değerlerine ulaşmışlardır. Ancak Sulama suyu miktarının azalması yani kuraklığın artması ile SA x S4 parseline P x S4 parseline göre %7.22 daha yüksek pazarlanabilir verim elde edilmiştir.

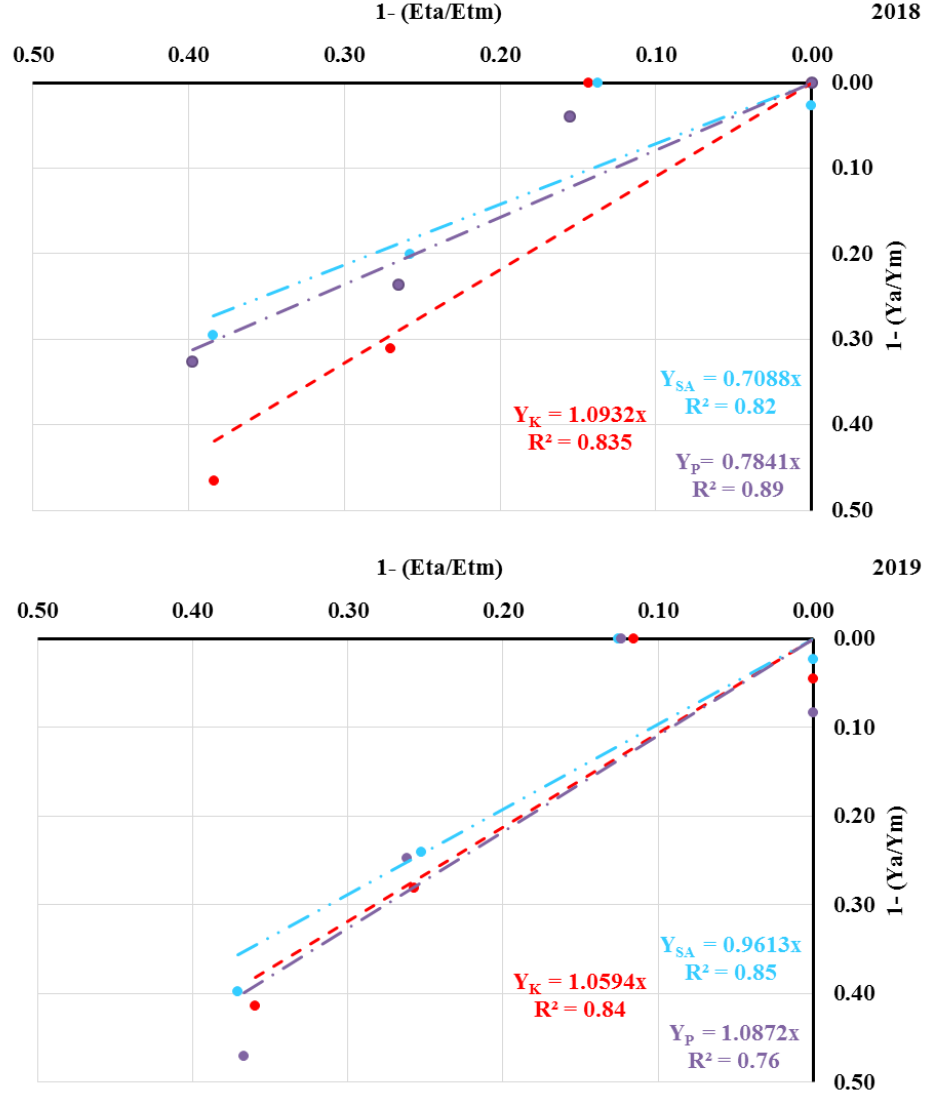
Kuşçu (2015), damla sulama ile sulanan karpuz bitkisinde, farklı sulama miktarlarının bitki su tüketimi, verim ve bazı meyve kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla, 4 farklı sulama konusu (%100, %75, %50 ve %25) oluşturmuşlardır. Çalışma sonucuna göre, ilk yıl 37.2-77.9 t ha⁻¹, ikinci yılı ise 38.2-80.3 t ha⁻¹ arasında karpuz verimi elde ettiklerini belirterek en yüksek verimi her iki yılda %100 sulama uygulaması yapılan konudan aldıklarını bildirmişlerdir.

4.2.2.3. Verim Tepki Etmeni (Ky)

Oransal evapotranspirasyon azalmasına karşın oransal verim azalması arasındaki ilişkinin açıklanmasında kullanılan Stewart eşitliğine göre Şekil 4.4 ve 4.5 elde edilmiştir. Buna ilişkin olarak; ilk önce 2018 ve 2019 yıllarına ait kontrol, SA ve P uygulamalarını kapsayan, oransal su tüketimine karşılık oransal verim azalışındaki (Ky) değişim belirlenmiştir (Şekil 4.4). Daha sonra birleştirilmiş yıllara göre hesaplanan, Samsun ili şartlarında Kontrol, SA ve P uygulamaları ile yetiştirilen karpuz bitkisine ait, verim-tepki etmeni ilişkisi ortaya koyulmuştur (Şekil 4.5).

2018 yılına ait kontrol, SA ve P uygulamalarında belirlenen Ky değerleri sırasıyla; 1.09, 0.71 ve 0.78 iken 2019 yılında 1.06, 0.96 ve 1.09 olarak belirlenmiştir.

Birleştirilmiş yıllara göre hesaplanan Ky değerleri ise kontrol uygulamasında $K_{yK} = 1.08$ olarak belirlenirken, SA uygulamasında $K_{ySA} = 0.82$ olarak ve P uygulamasında $K_{yP} = 0.87$ olarak belirlenmiştir.

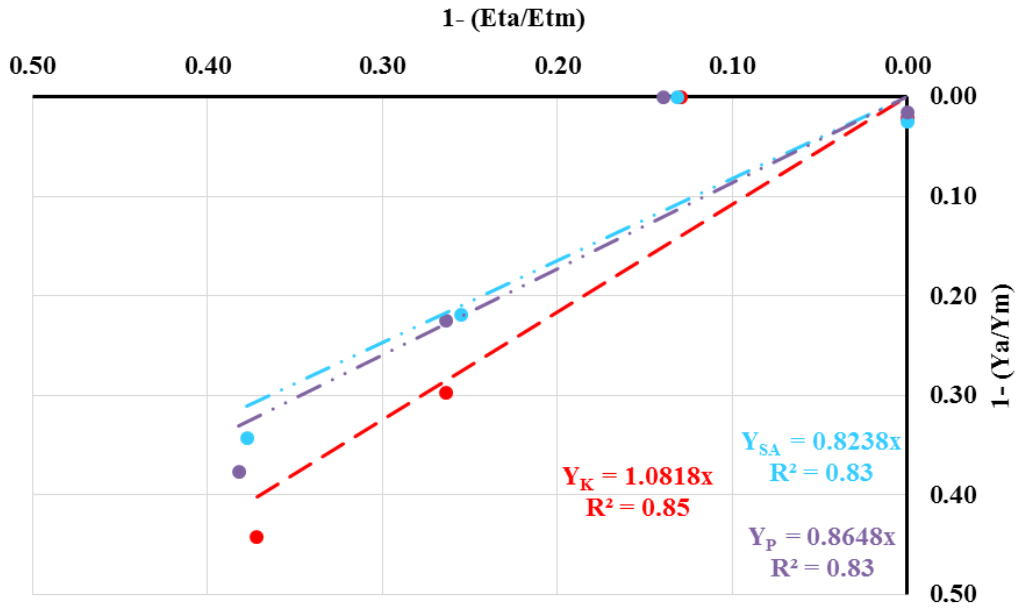


Şekil 4. 4. Karpuz bitkisinin 2018 ve 2019 yıllarında ait verim-tepki grafiği

Şekil 4.5’de ise; birleştirilmiş yıllara ait her uygulama için hesaplanmış K_y değerleri verilmiştir. Bu amaçla bitkinin su stresine karşı toleransının belirlenmesi esasına dayanan (Doorenbos ve Kassam, 1979) eşitliğe göre elde edilen K_y değerlerinde; $K_{yK} > 1$ olması geleneksel uygulamaların karpuz bitkisinin yetiştirilmesinde su stresine karşı duyarlı olduğunu yani sulama yönetimi doğrultusunda çok sulama ile daha çok verime ulaşılabileceğini ortaya koymuştur.

Bu durum literatür çalışmaları ile de paralellik göstermektedir. Ancak yapılan bu çalışmada elde edilen K_{ySA} ve $K_{yP} < 1$ olarak hesaplanması ise; yenilikçi bir dışsal uygulama sonucunda su stresine karşı daha toleranslı bir yetiştirme koşulu kazanılması yani büyüme mevsimi süresince su yönetimi ve çevre şartları göz önüne

alınarak oluşacak eksik toprak nemine karşılık verim azalmasının daha düşük olacağı tespit edilmiştir.



Şekil 4. 5. Karpuz bitkisine ait verim-tepki grafiği

Yavuz vd. (2020), yaptıkları çalışmada; karpuzun mevsimsel K_y değerini 1.12 olarak hesaplamışlar ve çalışma sonucunda karpuzun kurak ve yarı kurak koşullarda yetersiz sulamadan önemli derecede etkilenebileceğini belirlemişlerdir.

Bir başka çalışmada ise; (Kuşçu vd., 2015), farklı kısıtlarda sulama yönetimi uygulanarak yetiştirilen karpuz bitkisinde pazarlanabilir verim için hesapladıkları K_y değerini 1.01 bulmuşlardır. Ayrıca bu durumu mahsul verimliliğindeki azalmanın nispi ET açığı ile orantılı olduğunu belirtmişlerdir.

Karpuz bitkisi için verim tepki etmeni göz önüne alındığında geleneksel su kısıtı koşullarına göre literatür ile paralellik gösteren duyarlılığa ($K_{yK} > 1$) sahip; ancak yıllar arasında olduğu gibi iklim, toprak ve taban eğimi, bitki çeşidi ve su yönetimi farklılıkları ile değişebilen K_y değerlerinin hesaplanabileceği görülmüştür.

Bunun dışında, dışsal uygulamaların da etkisi ile belirtilen diğer etkilerin üzerine çıkarak su kısıtı koşullarında duyarlı olan bir çeşidi, aynı ortam şartlarında daha toleranslı hale getirmiş ve literatür ile ayrı sonuçlara ulaşılarak farklı bir bakış açısı kazandırılmıştır.

4.2.2.4. Su Kullanım Etkinliği (WUE)

Yetiştirme donemi suresince, her bir konu için elde edilen bitki su tuketimine gore su kullanım etkinliği (WUE) hesaplanmıştır. WUE değerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.12’de ve konuların ortalama değerlerine ait istatistiksel değerlendirmeler Tablo 4.13’de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına gore; her iki yılda da sulama konusu ve uygulama WUE değerleri uzerine; $p < 0.001$ onemlilik seviyesinde etkili bulunmuştur. Bununla birlikte U x Sk interaksiyonu ise ilk yıl $p < 0.001$ onemlilik seviyesinde etkili olurken ikinci yıl $p < 0.01$ onemlilik seviyesinde etkili bulunmuştur.

Tablo 4.12. Su kullanım etkinliğine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrur | 2 | 1.583 | 0.79 | 0.998 ns |
| | Uygulama | 2 | 148.700 | 74.35 | 93.697*** |
| | Sulama konusu | 3 | 43.490 | 14.50 | 18.269*** |
| | U * Sk | 6 | 31.526 | 5.25 | 6.622*** |
| | Hata | 22 | 17.457 | 0.79 | |
| | Genel | 35 | 242.757 | 6.94 | |
| | VK (%) | | | 4.70 | |
| 2019 | Tekerrur | 2 | 0.341 | 0.17 | 0.974 ns |
| | Uygulama | 2 | 18.2 | 9.10 | 51.976*** |
| | Sulama konusu | 3 | 62.14 | 20.71 | 118.315*** |
| | U * Sk | 6 | 4.996 | 0.83 | 4.756** |
| | Hata | 22 | 3.852 | 0.18 | |
| | Genel | 35 | 89.53 | 2.56 | |
| | VK (%) | | | 2.82 | |

***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; ns: $p > 0.05$ onemlilik duzeylerini ifade etmektedir.

Dışsal uygulamaların WUE uzerine etkileri incelendiğinde, 2018 yılına ait kontrol uygulaması 16.09 kg m^{-3} iken, 2019 yılında 13.92 kg m^{-3} olarak belirlenmiştir. Yetiştirme donemi suresince uygulanan SA ve P uygulamalarına ait WUE değerlerinde kontrol konusuna gore, sırasıyla ilk yıl %26 ve %27 artış olurken, ikinci yıl ise sırasıyla %12 ve %7 artış olmuştur. Her iki yılda da kontrol konusunun, SA ve P konularından daha duşuk WUE değerine sahip olduğu hesaplanmış ve ilk yıl kontrol konusuna gore, SA ve P konularında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. İkinci yılda ise SA konusunun istatistiksel olarak en yuksek değerde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.13.Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) su kullanım etkinliği üzerine etkisi

| Yıl | Sulama Konusu | WUE (kg m ⁻³) | | | Ort. | LSD |
|------|---------------|---------------------------|---------------------|---------------------|----------------|-------------|
| | | K | SA | P | | |
| 2018 | S1 (%100) | 16.18 ^e | 18.17 ^d | 19.05 ^{cd} | 17.80C | 0.35 |
| | S2 (%80) | 18.89 ^{cd} | 21.64 ^a | 21.69 ^a | 20.74A | |
| | S3 (%60) | 15.26 ^{ef} | 20.30 ^{bc} | 19.81 ^c | 18.39BC | |
| | S4 (%40) | 14.02 ^f | 21.39 ^{ab} | 21.34 ^{ab} | 18.92B | |
| | Ort. | 16.09B | 20.33A | 20.47A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 13.40 ^{fg} | 14.95 ^{cd} | 14.00 ^{ef} | 14.12C | 0.17 |
| | S2 (%80) | 15.87 ^b | 17.50 ^a | 17.42 ^a | 16.93A | |
| | S3 (%60) | 13.57 ^f | 15.54 ^{bc} | 15.57 ^{bc} | 14.89B | |
| | S4 (%40) | 12.85 ^g | 14.63 ^{de} | 12.78 ^g | 13.42D | |
| | Ort. | 13.92C | 15.65A | 14.94B | | |

Uygulanan su kısıtı koşullarının, WUE üzerine etkileri değerlendirildiğinde; 2018 yılında S1 konularına ait WUE değeri 17.80 kg m⁻³ olurken, 2019 yılında bu değer 14.12 kg m⁻³ olduğu kaydedilmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler ışığında, %20 su kısıtı ile sulama yapılması sonucunda her iki yılda en yüksek WUE değeri elde edilmiş olup istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu görülmüştür. WUE değerinde kontrol konusu olan S₁'e göre S₂ sulama konularında ilk yıl %17, ikinci yıl ise %20'lik bir artış olduğu gözlenmiştir. S₃ ve S₄ konularındaki WUE değerlerinde ise kontrol konusuna göre ilk yılda sırasıyla %3 ve %5 artış şeklinde görülürken, ikinci yılda bu değerler sırasıyla %5 artış ve %5 azalış yönünde gerçekleşmiştir. Sulama x uygulama interaksiyona göre WUE değerleri, 2018 yılında istatistiksel açıdan 5 farklı grup oluşurken 2019 yılında ise 7 farklı grup oluşmuştur. İlk yılda WUE değerleri; kontrol uygulamasında 14.02 ile 18.89 kg m⁻³ arasında, SA uygulamasında 18.17 ile 21.64 kg m⁻³ arasında ve P uygulamasında ise 19.05 ile 21.69 kg m⁻³ arasında belirlenmiştir. İkinci yıl WUE değerlerinde ise; Kontrol uygulaması 12.85 ile 15.87 kg m⁻³ arasında, SA uygulaması 14.63 ile 17.50 kg m⁻³ arasında ve P uygulaması 12.78 ile 17.42 kg m⁻³ arasında değişim göstermiştir. Her yıl kendi içinde değerlendirildiğinde ise, SAx S₂ ve PxS₂ parselleri en yüksek değere ulaşmış olup konular arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

En düşük değere sahip grupta ise; K-S4 parseli tek başına yer almıştır. Yetiştirme koşulları göz önüne alındığında, istatistiksel olarak hem %20 su kısıtı ile sulama uygulanan hem de SA ya da P dışsal uygulamaları ile yetiştirme koşullarının

desteklenmesi sonucunda su kullanım etkinliği açısından olumlu değerlere ulaşıldığı gözlenmiştir.

Yapılan çalışmalara göre; amoğlu vd. (2010), damla sulama yöntemi ile oluşturulan 6 farklı su kısıtı koşullarında yetiştirilen karpuz bitkisinde WUE değerini hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçta ise; WUE değerlerinin, tam sulama uygulanan S₁₀₀ konusunda 12.94 kg m⁻³ ile en yüksek değere ulaşırken, sulama yapılmayan S₀ konusunda 6.58 kg m⁻³ ile en düşük değerde olduğunu ifade etmişlerdir. Alghory ve Yazar (2019), geleneksel (CI) ve tamamlayıcı (SIF, SIG ve SIFG) olarak ifade ettikleri farklı sulama stratejileri ile buğdayda yaptıkları çalışmada %100, %75, %50 ve %25 su kısıtı uygulamışlardır. Çalışmada en yüksek WUE değerini CI₇₅ konusunda 1.20 kg m⁻³ elde ederken en düşük WUE değeri SIF₂₅ konusundan elde edildiğini belirtmişlerdir.

Tablo 4.13 incelendiğinde; WUE değerinde su yönetiminin çok etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca bitki su tketimeinin yüksek olduğu konularda en yüksek değere ulaşmıştır. Ancak özellikle 2018 yılı SA ve P uygulamalarında S4 parsellerinde de yüksek WUE değerleri görülmüştür. WUE değeri açısından; iklim şartları, toprağın bünyesi, taban suyu durumu ve toplam verim-pazarlanabilir verim ilişkisi gibi kaynaklar yn verebilmektedir. Bunun yanında yetiştirme stratejileri (dışsal uygulama teknikleri) ile de su kullanım etkinliğinde olumlu değerlere ulaşılabildiği bilgisi literatüre kazandırılmıştır.

4.2.2.5. Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)

Her iki yıl için, su yönetiminde uygulanan sulama suyuna göre hesaplanan sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.14'de sulama suyu etkinliğine ait değerlendirmeler ise Tablo 4.15'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre; her iki yılda da uygulama ve kısıt p<0.001 önemlilik seviyesinde etkili bulunurken, U x Sk interaksiyonu ilk yıl p<0.001, ikinci yıl p<0.01 önemlilik seviyesinde etkili bulunmuştur

Tablo 4.14.Sulama suyu kullanım etkinliğine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 1.921 | 0.9605 | 0.907 ns |
| | Uygulama | 2 | 232.230 | 116.1150 | 109.657*** |
| | Sulama konusu | 3 | 123.715 | 41.2383 | 38.945*** |
| | U * Sk | 6 | 55.910 | 9.3183 | 8.800*** |
| | Hata | 22 | 23.296 | 1.059 | |
| | Genel | 35 | 437.071 | 12.4877 | |
| VK (%) | | | 4.79 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.186 | 0.09 | 0.194 ns |
| | Uygulama | 2 | 46.511 | 23.26 | 48.585*** |
| | Sulama konusu | 3 | 150.95 | 50.32 | 105.119*** |
| | U * Sk | 6 | 11972 | 1995.33 | 4.169** |
| | Hata | 22 | 10.531 | 0.48 | |
| | Genel | 35 | 220.15 | 6.29 | |
| VK (%) | | | 3.28 | | |

***: p < 0.001 **: p < 0.01; ns: p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Dışsal uygulamaların IWUE değerlerini her iki yılda da artırdığı görülmüştür. İlk yıldak Kontrol uygulamasında IWUE değeri 17.91 kg m⁻³ ve ikinci yılda ise 19.66 kg m⁻³ olarak hesaplanmıştır. SA ve P uygulamalar 2018 yılında IWUE değerinde kontrol konusuna göre sırasıyla %45 ve %44 düzeyinde bir artış meydana getirirken 2019 yılında ise, IWUE değerinde sırasıyla %61 ve %52 oranındalari bir artış olmuştur. Araştırmanın ilk yılında SA ve P konuları istatistiksel olarak bir fark oluşturmazken, ikinci yılda SA ve P konularına ait IWUE değerleri arasında önemli farklar oluşturmuştur.

Tablo 4. 15. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) sulama suyu kullanım etkinliği üzerine etkisi

| Yıl | Sulama Konusu | IWUE (kg m ⁻³) | | | Ort. | LSD |
|------|---------------|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------|-------------|
| | | K | SA | P | | |
| 2018 | S1 (%100) | 16.80 ^e | 19.20 ^{cd} | 20.22 ^c | 18.74D | 0.41 |
| | S2 (%80) | 20.08 ^c | 23.57 ^b | 23.22 ^b | 22.29B | |
| | S3 (%60) | 17.17 ^e | 23.38 ^b | 22.87 ^b | 21.14C | |
| | S4 (%40) | 17.57 ^{de} | 27.21 ^a | 26.69 ^a | 23.82A | |
| | Ort. | 17.91B | 23.34A | 23.25A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 16.58 ^f | 18.83 ^e | 17.55 ^f | 17.65C | 0.27 |
| | S2 (%80) | 21.08 ^d | 23.43 ^b | 23.26 ^b | 22.59A | |
| | S3 (%60) | 19.29 ^e | 22.68 ^{bc} | 22.31 ^{bc} | 21.43B | |
| | S4 (%40) | 21.67 ^{cd} | 24.80 ^a | 21.63 ^{cd} | 22.70A | |
| | Ort. | 19.66C | 22.44A | 21.19B | | |

Sulama konusu açısından değerlendirildiğinde IWUE değerleri S₁ konusunda ilk yıl 18.74 kg m⁻³ ve ikinci yıl 17.65 kg m⁻³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca her iki yılda da %100 sulamanın yapıldığı S₁ konusu istatistiksel olarak en düşük değerde bulunan gubu oluşturmuştur. Artan kuraklık koşulları IWUE değerinde artışa sebep olmuş, bu durum ise su kısıtının artması ile verimde daha düşük oranda azalış olduğunu göstermiştir. Konular arasında, uygulanan sulama suyu miktarı ile IWUE değerinin ters orantılı bir şekilde değiştiği görülmektedir. 2018 yılında uygulanan sulama miktarının sırasıyla %20 azalması IWUE değerini %25 artırırken, %40 azalması IWUE değerini %19 artırmıştır. En yüksek su kısıtı uygulanan konuda ise uygulanan sulama suyu miktarının %60 azalması IWUE değerini %34 kadar artırdığı görülmüştür. 2019 yılına ait IWUE değerleri incelendiğinde uygulanan sulama suyu miktarının sırasıyla %20, %40 ve %60 azalması IWUE değerlerini sırasıyla %60, %52 ve %61 düzeyinde artırdığı tespit edilmiştir. Su yönetimine göre elde edilen sonuçlar Li vd. (2018), ve Kuşçu vd. (2015), karpuzda yaptığı çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Ancak yıllar arasında görülen farklar ise iklimsel ve çevresel etkilerin sonuçlarına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.15’de verilen IWUE değerlerine ait interaksiyon sonuçlarında uygulamalar kendi içinde değerlendirildiğinde, 2018 yılına ait sırasıyla Kontrol, SA ve P uygulamalarında en yüksek ve en düşük değerler; 20.08 ile 16.80 kg m⁻³, 23.57 ile 19.20 kg m⁻³ ve 23.22 ile 20.22 kg m⁻³ arasında değişim göstermiştir. 2019 yılında ise; IWUE değerlerine göre, sırasıyla K, SA ve P uygulamalarında en yüksek ve en düşük değerler; 21.67 ile 16.58 kg.m⁻³, 24.80 ile 18.83 kg.m⁻³ ve 23.26 ile 17.55 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

U x Sk interaksiyonuna göre konular 2018 yılında 5 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. En yüksek değer SA x S₄ konusunda ve en düşük değer ise K x S₁ konusunda olmuştur. Bununla birlikte SA x S₄ ile P x S₄ konuları arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmamıştır. 2019 yılında ise konulara göre 6 farklı istatistiksel grup oluştuğu görülmüştür. En yüksek IWUE değeri, ilk yıl ile benzerlik göstermiş ve SA x S₄ konusundan elde edilmiştir. Bu yıla ait en düşük IWUE değeri ise P x S₁ konusundan elde edilmiş olup, P x S₁ ve K x S₁ konuları arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Tari (2016), buğdayda yaptığı çalışmada; farklı su kısıtı seviyelerini (%0, %65 ve %100) farklı büyüme evrelerinde uygulamıştır. Elde ettiği IWUE değerleri ise

0.51 ile 1.17 kg m⁻³ arasında değiştiğini belirtmiştir. Ayrıca çalışmada, kısıtlı sulama konularından elde ettiği IWUE değerleri tam sulama konusundan elde ettiği IWUE değerlerinden daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Karasu vd., (2015), ise mısırdaki yaptıkları su kısıtı çalışmasında 6 farklı su yönetimi (%125, %100, %75, %50, %25 ve %0) uygulamaları ve hesapladıkları IWUE değerlerinin 1.11 ile 1.72 kg.m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca %100 ile %75 sulama uygulamaları karşılaştırıldığında ise %24.4'lk sulama suyu tasarrufu ile sadece %11.7'lik verim kaybı elde ederek, bir miktar kısıtın, sulama suyu kullanım etkinliğini artırdığını tespit etmişlerdir.

Su yönetimine göre sulama suyunun en yüksek miktarda uygulandığı parsellerde (S₁) en düşük IWUE değeri elde edilerek literatür ile paralel sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak sulama suyu miktarının doğru orantılı azalması ile birlikte IWUE değeri aynı paralellikte artmadığı görülmektedir. Bu durumun gerçekleşmesindeki sebeplerin, konu bazında elde edilen toplam verim-pazarlanabilir verim ilişkisi farkları olduğu düşünülmektedir.

4.3. Kalite zelliklerine Ait Bulgular

4.3.1. Meyve Boyu

Vejetasyon süresi sonunda, hasat edilen karpuzlara ait meyve boyu değerleri hesaplanmıştır. Meyve boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.16'da, meyve boyu değerlerine ait istatistiksel sonuçlar ise Tablo 4.17'de verilmiştir.

Karpuz bitkisinin su kısıtı ve dışsal uygulama koşulları ile yetiştirilmesi sonucunda elde edilen meyve boyu verilerinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre; hem 2018 hem de 2019 yıllarında, uygulama ve su kısıtı konuları arasında p<0.001 düzeyinde önemli farklılıklar olmuştur. U x Sk interakasyonunda ise her iki yıl içinde konular arasında p<0.01 önemlilik seviyesinde fark olmuştur.

Tablo 4.16. Meyve boyuna ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 10.28 | 5.14 | 5.96 ns |
| | Uygulama | 2 | 36.11 | 18.05 | 20.94*** |
| | Sulama konusu | 3 | 97.20 | 32.40 | 37.58*** |
| | U * Sk | 6 | 14.54 | 2.42 | 2.81** |
| | Hata | 22 | 18.97 | 0.86 | |
| | Genel | 35 | 177.10 | 5.06 | |
| VK (%) | | | 2.55 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.33 | 0.16 | 0.666 ns |
| | Uygulama | 2 | 47.60 | 23.80 | 97.36*** |
| | Sulama konusu | 3 | 147.30 | 49.10 | 200.85*** |
| | U * Sk | 6 | 6.06 | 1.01 | 4.13** |
| | Hata | 22 | 5.38 | 0.24 | |
| | Genel | 35 | 206.66 | 5.90 | |
| VK (%) | | | 1.35 | | |

***: $p < 0.001$ **: $p < 0.01$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Uygulamalar meyve boyu açısından değerlendirildiğinde, ilk yılda 37.57 cm ile P uygulaması en yüksek değere sahip olurken, ikinci yılda 37.58 cm ile SA uygulamasında en yüksek değer görülmüştür. İlk yıl SA ile P uygulaması arasında istatistiksel olarak farklılık oluşurken, ikinci yıl SA uygulaması ile P uygulaması arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Meyve boyu her iki yılda da kontrol uygulamasında en düşük değerlerde olmuştur. İlk yılda kontrol uygulamasına ait meyve boyu 35.14 cm olarak belirlenmiştir. SA ve P uygulamaları meyve boyunda kontrol konusuna göre sırasıyla %4 ve %7 oranında artışa neden olmuştur. İkinci yılda kontrol uygulamasında meyve boyu değeri 35.12 cm'e ulaşmış ve ilk yıl sonuçlarına benzer şekilde meyve boyunda SA ve P uygulamalarında %7 oranında artış olmuştur. Chakma vd. (2021), yaptıkları çalışmada, kuraklık stresi altında salisilik asit uygulamasının domatesde büyüme, verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla %50, %75 ve %100 sulama uygulamaları ile 0, 50, 100, 150 ve 200 mg L⁻¹ dozlarında salisilik asit uygulamışlardır. Elde ettikleri sonuca göre; %100 ve %75 sulama koşullarındaki domates yetiştirildiğinde 150 mg L⁻¹ dozundaki salisilik asidin dışsal olarak yapraktan uygulanması sonucu en yüksek verim ve meyve boyu elde edildiğini belirtmişlerdir.

Tablo 4.17. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve boyu üzerine etkisi

| Meyve Boyu (cm) | | | | | | |
|-----------------|---------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------|-------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 36.97 ^{bc} | 39.57 ^a | 39.66 ^a | 38.74A | 1.57 |
| | S2 (%80) | 35.12 ^{de} | 37.70 ^b | 38.38 ^{ab} | 37.06B | |
| | S3 (%60) | 34.14 ^{ef} | 36.05 ^{cd} | 36.82 ^{bc} | 35.67C | |
| | S4 (%40) | 34.32 ^{ef} | 33.19 ^f | 35.42 ^{cde} | 34.31D | |
| | Ort. | 35.14C | 36.63B | 37.57A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 37.69 ^f | 39.96 ^a | 39.48 ^a | 39.04A | 0.84 |
| | S2 (%80) | 36.54 ^c | 39.14 ^a | 38.21 ^b | 37.96B | |
| | S3 (%60) | 34.44 ^d | 36.46 ^c | 37.94 ^b | 36.28C | |
| | S4 (%40) | 31.79 ^e | 34.75 ^d | 34.50 ^d | 33.68D | |
| | Ort. | 35.12B | 37.58A | 37.53A | | |

Sulama konusuna göre; %100 sulama yapılan konularda her iki yılda da en yüksek meyve boyu değerine ulaşılmıştır. Kısıtlı sulama miktarı ile doğru orantılı şekilde meyve boyunda da bir azalma olduğu belirlenmiştir. İlk yılda %100 sulama suyu uygulamasında meyve boyu 38.74 cm ve ikinci yıl ise 39.04 cm olmuştur. Her iki yılda da su kısıtının en yüksek olduğu S4 konularında en düşük meyve boyu değerine ulaşılmış olup, meyve boyu 2018 yılında 34.31 cm iken, 2019 yılında ise 33.68 cm olmuştur. S2, S3 ve S4 konularındaki meyve boyunda, kontrol konularına oranla ilk yılda sırasıyla %4, %8, %11 oranlarında azalma olurken ikinci yılda ise %3, %7, %14 oranlarında azalış gerçekleşmiştir. Sulama suyu ve uygulama interaksiyonuna göre meyve boyları, ilk yıl kontrol uygulamasında 34.14 ile 36.97 cm arasında, SA uygulamasında 33.19 ile 39.57 cm arasında ve P uygulamasında 35.42 ile 39.66 cm arasında değişim göstermiştir. İkinci yılda ise; meyve boyu kontrol uygulamasında 31.79 ile 37.69 cm arasında, SA uygulamasında 34.75 ile 39.96 cm arasında ve P uygulamasında 34.50 ile 39.48 cm olarak belirlenmiştir.

Konular istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, en yüksek değer P x S1 parselinde görülmüş olup, P x S1, SA x S1 ve P x S2 konuları arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. En düşük değer SA x S4 parseline ait olduğu belirlenmiştir. İkinci yılda ise; en yüksek meyve boyu değeri SA x S1 parselinde 39.48 cm olarak ölçülmüş ve SA x S1 ile P x S1 ve SA x S2 parselleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu yıla ait en düşük değer ise K x S4 parselinde kaydedilmiştir. Abdelkhalik vd. (2019), damla sulama yöntemi ile üç farklı sulama yönetimi uygulanarak yetiştirdikleri çekirdeksiz karpuz çalışmasında, karpuzun

kalite özellikleri ve karpuz verimine ait sulama suyu kullanım etkinliğini belirlemişlerdir. Su açığı uyguladıkları (%50 ve %75) konularda kalite özelliklerinde azalma olduğu %100 sulama uygulanan karpuzlarda daha iyi sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir. Suma asuyu miktarındaki azalmanın karpuzun meyve boyunda önemli derecede azalmalara neden olduğu belirlemişlerdir. Bununla birlikte ayrıca; Wakchaure vd. (2020), ve Kırnak vd. (2002), yaptıkları çalışmalarda kök bölgesindeki toprak nemi eksikliğinin, su alımını etkileyerek hücre şişkinliğinde kayıpların oluşmasına ve dolayısıyla meyve boyunda azalmaya sebep olduğunu belirtmişlerdir.

4.3.2. Meyve Eni (cm)

Kısıtlı sulama koşullarında, dışsal uygulama tekniklerine göre yetiştirilen karpuzlara ait meyve eni değerleri ölçülmüştür. Meyve eni değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.18'de verilmiştir. Meyve eni değerlerine ilişkin konuların ortalama değerlerine ait istatistiksel sonuçlar Tablo 4.19'da verilmiştir. Varyans analizinden elde edilen sonuçlarda hem kısıtlı sulama hem de uygulamaların meyve eninde önemli etkileri olduğu görülmüştür. Bu etki ilk yılda uygulama ve U x Sk interaksiyonunda $p < 0.05$ önem düzeyinde etkili olurken, sulama konusunun ise meyve eni üzerine $p < 0.001$ düzeyinde önemli etki ettiği belirlenmiştir. İkinci yılda ise su kısıtı meyve eni üzerine $p < 0.001$ düzeyinde önemli etki ederken, dışsal uygulamalar ise istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli etki etmiştir. U x Sk interaksiyonunun ise meyve eni üzerine $p < 0.05$ önem düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.18.Meyve enine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 1.494 | 0.747 | 4.743 ns |
| | Uygulama | 2 | 1.468 | 0.734 | 4.659* |
| | Sulama konusu | 3 | 22.239 | 7.413 | 47.057*** |
| | U * Sk | 6 | 3.355 | 0.559 | 3.549* |
| | Hata | 22 | 3.466 | 0.158 | |
| | Genel | 35 | 32.022 | 0.915 | |
| | VK (%) | | 1.82 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 1.786 | 0.893 | 5.725 ns |
| | Uygulama | 2 | 8.113 | 4.057 | 26.004** |
| | Sulama konusu | 3 | 19.442 | 6.481 | 41.543*** |
| | U * Sk | 6 | 2.464 | 0.411 | 2.632* |
| | Hata | 22 | 3.432 | 0.156 | |
| | Genel | 35 | 35.237 | 1.007 | |
| | VK (%) | | 1.76 | | |

***: p < 0.001 **: p < 0.01; *: p < 0.05; ns: p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Uygulamalar açısından meyve eni uzunlukları, ilk yılda kontrol uygulamasında 21.54 cm ölçülürken, ikinci yılda 21.72 cm olarak ölçülmüş ve dışsal uygulamaların meyve eni değerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. 2018 ve 2019 yıllarında SA uygulamasındaki meyve enleri kontrol konusuna göre sırasıyla %3 ve %5 oranında artış gösterirken, P uygulamasında ise her iki yılda da meyve eninde %4 oranında artış olmuştur. SA ile P uygulamaları kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak fark oluşturmuş olsada, kendi aralarında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Tablo 4.19. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve eni üzerine etkisi

| Yıl | Sulama Konusu | Meyve Eni (cm) | | | | LSD |
|------|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|-------|
| | | K | SA | P | Ort. | |
| 2018 | S1 (%100) | 23.04 ^{ab} | 23.29 ^a | 23.27 ^a | 23.20A | 0.672 |
| | S2 (%80) | 21.40 ^{ef} | 22.16 ^{cd} | 22.72 ^{bc} | 22.03B | |
| | S3 (%60) | 21.15 ^{efg} | 21.74 ^{de} | 21.10 ^{efc} | 21.33C | |
| | S4 (%40) | 20.58 ^g | 20.86 ^{fg} | 21.27 ^{ef} | 20.91D | |
| | Ort. | 21.54B | 22.13A | 22.34A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 22.42 ^{de} | 23.38 ^{ab} | 23.94 ^a | 23.24A | 0.669 |
| | S2 (%80) | 22.35 ^e | 23.04 ^{bcd} | 22.53 ^{cde} | 22.64B | |
| | S3 (%60) | 21.46 ^f | 22.58 ^{cde} | 21.75 ^f | 21.93B | |
| | S4 (%40) | 20.67 ^g | 21.46 ^f | 21.54 ^f | 21.22C | |
| | Ort. | 21.72B | 22.77A | 22.69A | | |

Tam sulamanın (S1) yapıldığı konularda meyve eni değerlerinin 2018 yılında 23.20 cm ve 2019 yılında 23.24 cm ile en yüksek olduğu görülmüştür. Her iki yılda da en düşük meyve eni değeri en az sulama yapılan (%40) konularda ilk yıl 20.91 cm, ikinci yıl 21.22 cm olarak ölçülmüştür. Sulama suyu miktarı azaldıkça meyve eninde önemli azalmalar olmuştur. Birinci yılda tam sulamaya göre (S1), S2 parsellerinde %5'lik bir düşüş görülürken, S3 ve S4 parsellerinde sırasıyla %8 ve %9'luk bir düşüş yaşanmıştır. İkinci yılda ise; S2 parsellerinde %3 olan düşüş, S3 ve S4 parsellerinde sırasıyla %5 ve %10 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.19'da verilen LSD testi sonuçlarına ait interaksiyon değerlendirildiğinde, hem 2018 yılında hemde 2019 yılında 7 farklı grup olduğu görülmektedir. İlk yılda; en yüksek değer SA x S1 parseline ve en düşük değer ise K x S1 parseline ait olduğu belirlenmiştir. İkinci yılda ise; en yüksek değer P x S1 parseline ait olurken en düşük değer K x S3 ve SA x S4 parsellerinde görülmüştür. Ancak bu yılda K x S3, SA x S4, P x S3 ve P x S4 parselleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Çalışmada meyve eni değerlerine ait uygulamalar kendi arasında değerlendirildiğinde, kontrol uygulaması ilk yıl 20.58 ile 23.04 cm arasında değişirken, ikinci yıl 20.67 ile 22.42 cm arasında değişim göstermektedir. SA uygulaması ise, ilk yılda 20.96 ile 23.27 cm arasında değişirken, ikinci yıl 21.46 ile 23.38 cm arasında değiştiği görülmektedir. P uygulamasına ait sonuçlara bakıldığında ilk yılda 21.20 ile 23.29 cm aralığındaki değişimin, ikinci yılda 21.54 ile 23.94 cm aralığında olduğu belirlenmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalara göre; Abdelkhalik vd. (2019), iki büyüme mevsimi boyunca, damla sulama yöntemi kullanarak %100, %75 ve %50 sulama suyu uygulaması ile karpuz yetiştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre; kısıtlı sulamaların verim ve kalite özelliklerine ait parametrelerde olumlu sonuçlar oluşturmadığı gibi, değerlerde düşüslere sebep olduğunu belirlemişlerdir. Meyve enine ait değerler ise en yüksek su kısıtının uygulandığı, %50 sulama uygulamasında en düşük değerde ölçüldüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca ilk yıldaki meyve eni değerlerinin, ikinci yıla oranla daha yüksek çıkmasını, ilk yılda elde edilen karpuzların daha ağır olması ile ilişkilendirmişlerdir. Hassan, ve Omran (2018), hurma meyvelerinin 4 farklı (%100, %85, %65 ve %45) su kısıtı uygulamaları ile bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, uygulanan sulama suyu seviyesinin düşmesi sonucunda, meyve ağırlığı, meyve hacmi, meyve

uzunluğu ve meyve eni gibi özelliklerde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. İncelenen fiziksel özelliklere ait en yüksek değerlerin, %100 sulama uygulaması olan tam sulama konularında olduğu belirlenmiştir.

4.3.3. Meyve Kabuk Kalınlığı (mm)

Çalışmadan elde edilen meyve kabuk kalınlığı verileri varyans analizi ile değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 4.20’de verilmiştir. Verilere ait konu ortalamalarının istatistiksel değerlendirmeleri Tablo 4.21’de gösterilmiştir.

Arazi koşullarında yetiştirilen ve hasat sonucu elde edilen meyve kabuk kalınlığı değerlerinin varyans analiz sonucuna göre; 2018 ve 2019 yıllarında uygulama ve kısıt $p < 0.001$ önemlilik seviyesinde fark oluşturmuştur. İlk yıl U x Sk interaksyonu $p < 0.05$ önemlilik seviyesinde iken ikinci yıl $p < 0.01$ önemlilik seviyesinde fark oluşturmuştur.

Tablo 4.20. Meyve kabuk kalınlığına ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.419 | 0.210 | 1.496 ns |
| | Uygulama | 2 | 17.157 | 8.579 | 61.327*** |
| | Sulama konusu | 3 | 29.618 | 9.873 | 70.581*** |
| | U * Sk | 6 | 2.328 | 0.388 | 2.774* |
| | Hata | 22 | 3.077 | 0.140 | |
| | Genel | 35 | 52.599 | 1.503 | |
| | VK (%) | | 2.90 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.513 | 0.257 | 0.762 ns |
| | Uygulama | 2 | 20.051 | 10.026 | 29.77*** |
| | Sulama konusu | 3 | 18.586 | 6.195 | 18.40*** |
| | U * Sk | 6 | 8.359 | 1.393 | 4.14** |
| | Hata | 22 | 7.409 | 0.337 | |
| | Genel | 35 | 54.918 | 1.569 | |
| | VK (%) | | 4.37 | | |

***: $p < 0.001$ **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Kontrol, SA ve P uygulamalarına ait meyve kabuk kalınlığı değerleri 2018 yılında sırasıyla 12.27 ile 14.82 mm, 11.37 ile 13.48 mm, 11.97 ile 14.00 mm arasında ve 2019 yılında ise sırasıyla; 13.92 ile 15.55 mm, 11.54 ile 14.02 mm, 12.33 ile 13.37 mm arasında değişim göstermiştir. Uygulamalar arasında en yüksek meyve kabuk kalınlığı değeri kontrol uygulamasında ölçülmüş olup dışsal uygulamalar meyve kabuk kalınlığı değerinde azalmaya neden olmuştur. Kontrol konularındaki meyve kabuk kalınlıkları iki yılın ortalamasına göre değerlendirildiğinde kontrol

uygulamasında 14.07 mm ölçülmüştür. Buna göre meyve kabuk kalınlığı SA uygulamasında %11.51 oranında azalırken, P uygulamasında %9.31 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.21.Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve kabuk kalınlığı üzerine etkisi

| Meyve Kabuk Kalınlığı (mm) | | | | | | |
|----------------------------|---------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------|--------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 12.27 ^d | 11.37 ^{ef} | 11.97 ^{de} | 11.87C | 0.633 |
| | S2 (%80) | 13.43 ^{bc} | 11.23 ^f | 11.96 ^{de} | 12.21C | |
| | S3 (%60) | 14.70 ^a | 12.43 ^d | 13.24 ^c | 13.46B | |
| | S4 (%40) | 14.82 ^a | 13.48 ^{bc} | 14.00 ^b | 14.10A | |
| | Ort. | 13.81A | 12.13C | 12.79B | | |
| 2019 | S1 (%100) | 13.92 ^b | 11.54 ^e | 12.33 ^{de} | 12.60C | 0.983 |
| | S2 (%80) | 13.95 ^b | 11.48 ^e | 12.42 ^{cde} | 12.62C | |
| | S3 (%60) | 13.90 ^b | 14.03 ^b | 12.80 ^{cd} | 13.58B | |
| | S4 (%40) | 15.55 ^a | 14.02 ^b | 13.37 ^{bc} | 14.31A | |
| | Ort. | 14.33A | 12.77B | 12.73B | | |

Meyve kabuk kalınlığı, uygulanan sulama suyu ile ters orantılı şekilde değişmiştir. Artan kısıt koşullarında en yüksek seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. Tablo 4.21’de verilen sonuçlara göre; en yüksek sulama suyu uygulanan S1 parselinde, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla elde edilen değer 11.87 ve 12.60 mm olarak belirlenmiştir. Ancak her iki yılda da %20 su kısıtı uygulanan S2 konusu ile S1 konusu arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Bu sayede elde edilen sonuca göre kabuk kalınlığında istatistiksel olarak fark oluşturmadan sulama suyunda %20 kısıt uygulanması yapılabileceği belirlenmiştir. Bu doğrultuda uygulanan su kısıtında ilk yılda S2, S3 ve S4 parsellerinde meyve kabuk kalınlığı değeri sırasıyla; %3, %13 ve %19 artış gösterirken, ikinci yılda bu artış sırasıyla; %02, %8 ve %14 olarak belirlenmiştir.

Meyve kabuk kalınlığı değeri açısından yapılan ve Tablo 4.21’de verilen LSD test sonuçlarında 2018 yılında %40 sulama suyu uygulanan K x S4 parseli en yüksek değerde görülmektedir. Ancak %60 sulama suyu uygulanan K x S3 parseli ile arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. İlgili yılda en düşük meyve kabuk kalınlığı ise %80 sulama suyu uygulanan SA x S2 parselinden elde edilmiştir. 2019 yılı ilk yıl ile benzerlik göstermekte olup en yüksek meyve kabuk kalınlığı K x S4 parselinde görülmüştür. En düşük değer ise SA x S2 parseline aittir. Fakat ikinci

yılda %80 sulama yapılan SA x S2 parseli ile tam sulama (%100) sulama yapılan SA x S1 parseli arasında istatistiksel fark bulunmamıştır.

Yapılan çalışmalara göre; Karaağaç vd. (2018), meyve kabuk kalınlığı değerinin 16.05 ile 18.24 mm arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Bazı çalışmalarda; bu durumun farklı ekolojik koşullarda uygulanan kültürel işlemlere göre farklılık gösterebileceğinden bahsetmişlerdir (Davis vd., 2008).

4.3.4. Meyve Eti Sertliği (N)

Çalışma kapsamında sulama konuları ve dışsal uygulamaların meyve eti sertliği üzerine etkileri, Tablo 4.22’de de gösterildiği gibi, her iki yılda uygulama ve sulama konusunda $p < 0.001$ önem düzeyinde etkili olmuştur. U x Sk interaksyonu ise meyve eti sertliğini her iki yıl için de $p < 0.05$ önem seviyesinde etkilemiştir. Meyve eti sertliği değerlerine ait konu ortalama değerleri Tablo 4.23’de verilmiştir.

Tablo 4.22. Meyve eti sertliğine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.007 | 0.004 | 1.531 |
| | Uygulama | 2 | 0.040 | 0.020 | 8.928*** |
| | Sulama konusu | 3 | 0.122 | 0.041 | 18.264*** |
| | U * Sk | 6 | 0.044 | 0.007 | 3.279* |
| | Hata | 22 | 0.049 | 0.002 | |
| | Genel | 35 | 0.262 | 0.007 | |
| | VK (%) | | 6.33 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.010 | 0.005 | 2.342 |
| | Uygulama | 2 | 0.047 | 0.024 | 11.542*** |
| | Sulama konusu | 3 | 0.121 | 0.040 | 19.873*** |
| | U * Sk | 6 | 0.042 | 0.007 | 3.472* |
| | Hata | 22 | 0.045 | 0.002 | |
| | Genel | 35 | 0.264 | 0.008 | |
| | VK (%) | | 5.76 | | |

***: $p < 0.001$; *: $p < 0.05$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

2018 yılına ait kontrol uygulamasında meyve eti sertliği değeri 0.73 N olarak ölçülürken, 2019 yılında bu değer 0.74 N olarak ölçülmüştür. SA uygulamasındaki meyve sertlik değerinde kontrol konusuna göre ilk yıl %8 artış olurken, ikinci yıl bu artış %12 düzeyinde gerçekleşmiştir. P uygulamasında ise; ilk yıl %5’lik bir artış olurken, ikinci yılda ise yaklaşık %2’lik bir azalış görülmüştür. Meyve eti sertliği açısından kontrol uygulamaları ile P uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Ancak SA uygulaması meyve eti sertliğinde istatistiksel olarak

önemli fark oluşturmuş olup diğer uygulamalara göre öne çıkmıştır. Bu durum pazarlanabilirliği artıran ve kaliteyi ön plana çıkaran bir faktördür.

Tablo 4. 23. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve eti sertliği üzerine etkisi

| Meyve Eti Sertliği (N) | | | | | | |
|------------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------|--------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 0.70 ^{cd} | 0.87 ^a | 0.74 ^{bcd} | 0.77B | 0.080 |
| | S2 (%80) | 0.78 ^b | 0.88 ^a | 0.79 ^b | 0.82A | |
| | S3 (%60) | 0.67 ^{de} | 0.69 ^{cd} | 0.61 ^e | 0.66C | |
| | S4 (%40) | 0.77 ^{bc} | 0.72 ^{bcd} | 0.73 ^{bcd} | 0.74B | |
| | Ort. | 0.73B | 0.79A | 0.71B | | |
| 2019 | S1 (%100) | 0.76 ^{bc} | 0.83 ^b | 0.80 ^{bc} | 0.80B | 0.076 |
| | S2 (%80) | 0.79 ^{bc} | 1.00 ^a | 0.83 ^b | 0.87A | |
| | S3 (%60) | 0.74 ^{cd} | 0.76 ^{bc} | 0.74 ^{cd} | 0.75C | |
| | S4 (%40) | 0.68 ^d | 0.74 ^{cd} | 0.74 ^{cd} | 0.72C | |
| | Ort. | 0.74B | 0.83A | 0.78B | | |

Kısıtlı sulamanın meyve eti sertliği üzerine etkileri incelendiğinde 2018 yılında, S1 konularına ait meyve eti sertliği değeri 0.77 N iken 2019 yılında 0.80 N/cm² olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, %20'lik bir kısıt sonucunda ise meyve eti sertliğinde artış olduğu belirlenmiştir. Bu artışın istatistiksel olarak önemli seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Tam sulamanın yapıldığı S1 konusu ile kıyaslandığında, meyve eti sertlik değerleri 2018 ve 2019 yıllarında S2 konusunda sırasıyla %6 ve %9 artmıştır. Bununla birlikte su kısıtındaki artış ile birlikte meyve eti sertliğinde azalmalar meydana gelmiştir. S3 ve S4 konularındaki meyve sertlik değerleri kontrol konusuna göre 2018 yılında %17 ve %4 azalırken, 2019 yılında ise benzer şekilde %7 ve %11 oranında azalış göstermiştir.

Karpuzda önemli bir katma değer olarak bilinen meyve eti sertliğinde, hem %20 su kısıtı uygulayarak sulama suyundan tasarruf edilmesi hem de ortalama olarak %7.5 artış görülerek kaliteyi üst seviyeye çıkarması, sulamada kısıtlı koşulların önemini ortaya çıkarmaktadır.

Sulama ve uygulama interaksiyonundaki meyve eti sertliğine göre konular 2018 yılında 5 farklı grupta yer alırken, 2019 yılında ise 4 farklı grupta yer almıştır. İlk yıl en yüksek değer SA x S2 konusunda olurken, SA x S2 ile SA x S1 arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmamıştır. 2018 yılı sonuçlarına göre en düşük değer 0.61 N ile P-S3 konusunda ölçülmüştür. 2019 yılında ise en yüksek değere sahip

konu ilk yıl ile benzer şekilde SA x S2 olup en düşük değer ise K-S4 konusunda olmuştur. Çalışmada, meyve eti sertliğinin kontrol, SA ve P uygulamalarına ait değerleri, 2018 yılında sırasıyla 0.67 ile 0.78 N/cm², 0.69 ile 0.88 N/cm² ve 0.61 ile 0.79 N arasında değişim göstermiştir. 2019 yılında ise bu değerler; 0.68 ile 0.79 N arasında 0.74 ile 1.00 N arasında ve 0.74 ile 0.83 arasında N değişmiştir.

Azizi vd. (2017), kavunda su kısıtı (%100, %70 ve %40) ve dışsal uygulama (SA ve Hüyük Asit) ile yaptıkları çalışmada, sulamanın verim ve meyve kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğunu belirterek en düşük meyve ağırlığı (1.956 kg), bitki başına meyve sayısı (1.5), bitki verimi (2.91 kg), klorofil miktarı (0.11 mg/100 g FW) ve en düşük meyve eti sertliğini (4.67 kg/cm²) %40 sulamanın yapıldığı konularda belirlendiğini bildirmişlerdir.

4.3.5. Meyve Et Rengi (L, a, b)

Karpuzda pazarlama açısından önemli olan meyve et rengi, tüketicilerin de ilk başta dikkat ettiği bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı su kısıtı koşulları ve dışsal uygulamaların meyve et rengine ait istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.24'de verilmiştir. 2018 yılı incelendiğinde; sulama konuşlarında, L ve a değerleri arasında $p < 0.01$ önem düzeyinde farklılık görülürken b değeri arasında ise $p < 0.05$ düzeyinde fark oluşmuştur. Uygulama koşullarında ise L ve a değerleri arasındaki farklılık $p < 0.001$ düzeyinde önem gösterirken, b değerleri arasındaki farklılık ise $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur. Aynı yıl U x Sk interaksiyonuna ait L ve a değerleri arasındaki farklılık $p < 0.01$ düzeyinde önemli iken, b değeri arasındaki farklılık ise $p < 0.05$ düzeyine önemli olmuştur. 2019 yılına ait sonuçlar incelendiğinde ise; sulama konularında L, a ve b değerleri $p < 0.001$ önemlilik düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Uygulama koşullarında L ve a değerleri $p < 0.001$ önemlilik düzeyinde görülmüştür. b değeri ise $p < 0.01$ önem düzeyinde etkili olmuştur. U x Sk interaksiyonunda ise L ve b değeri $p < 0.01$ önem seviyesinde etkili olurken a değeri $p < 0.05$ önem seviyesinde etkili görülmüştür.

Tablo 4.24. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) L, a ve b değerleri üzerine etkisi

| | | Renk Şiddeti Değerleri | | | | | | | | | |
|------|---------------|------------------------|----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|----------|--------|--------|
| | | L | F | a | F | b | F | | | | |
| 2018 | Sulama konusu | S1 | 38.25A | | 17.78A | | 13.15B | | | | |
| | | S2 | 38.23A | 7.22** | 17.77A | 5.77** | 13.72AB | 3.22* | | | |
| | | S3 | 37.37AB | | 16.85B | | 13.25B | | | | |
| | | S4 | 36.45B | | 16.78B | | 14.37A | | | | |
| | Uygulama | K | 36.05C | | 16.60B | | 13.94A | | | | |
| | | SA | 39.22A | 33.53*** | 18.15A | 15.38*** | 12.85B | 6.34** | | | |
| | | P | 37.46B | 17.14B | 14.08A | | | | | | |
| | U * Sk | K-S1 | 35.73 ^d | | 16.57 ^{de} | | 12.25 ^e | | | | |
| | | K-S2 | 35.97 ^{cd} | | 16.54 ^{de} | | 13.87 ^{bcd} | | | | |
| | | K-S3 | 36.23 ^{cd} | | 16.19 ^e | | 13.90 ^{bcd} | | | | |
| | | K-S4 | 36.26 ^{cd} | | 17.11 ^{cde} | | 15.76 ^a | | | | |
| | | SA-S1 | 40.15 ^a | 4.55** | 18.74 ^{ab} | 4.053** | 13.14 ^{bcde} | 2.55* | | | |
| | | SA-S2 | 39.55 ^a | | 19.64 ^a | | 12.75 ^{cde} | | | | |
| | | SA-S3 | 39.83 ^a | | 17.39 ^{cd} | | 12.33 ^{de} | | | | |
| | | SA-S4 | 37.34 ^{bc} | | 16.82 ^{de} | | 13.18 ^{bcde} | | | | |
| | | P-S1 | 38.85 ^{ab} | | 18.02 ^{bc} | | 14.07 ^{bc} | | | | |
| | | P-S2 | 39.16 ^a | | 17.15 ^{cde} | | 14.56 ^{ab} | | | | |
| | | P-S3 | 36.06 ^{cd} | | 16.97 ^{cde} | | 13.53 ^{bcde} | | | | |
| | | P-S4 | 35.76 ^{cd} | | 16.41 ^{de} | | 14.17 ^{bc} | | | | |
| | V.K | 2.53 | 4.01 | | 6.83 | | | | | | |
| LSD | 1.61 | 1.17 | 1.58 | | | | | | | | |
| 2019 | Sulama konusu | S1 | 38.05B | | | | 17.51B | | | 14.33C | |
| | | S2 | 39.50A | | 13.01*** | | 17.89A | | 40.00*** | 14.84B | 6.14** |
| | | S3 | 38.58AB | 17.06C | | 15.52A | | | | | |
| | | S4 | 35.99C | 16.40D | | 15.91A | | | | | |
| | Uygulama | K | 35.65C | 17.03B | | 15.29A | | | | | |
| | | SA | 40.48A | 45.82*** | 17.49A | 7.53*** | 14.79B | 22.60*** | | | |
| | | P | 37.97B | 17.13B | 15.37A | | | | | | |
| | U * Sk | K-S1 | 35.21 ^{ef} | | 17.010 ^{de} | | 15.54 ^{bc} | | | | |
| | | K-S2 | 37.21 ^{cde} | | 18.117 ^a | | 15.87 ^{bc} | | | | |
| | | K-S3 | 35.99 ^{def} | | 16.616 ^{ef} | | 15.13 ^{cd} | | | | |
| | | K-S4 | 34.20 ^f | | 16.358 ^f | | 14.63 ^{de} | | | | |
| | | SA-S1 | 40.73 ^a | 2.64* | 18.154 ^a | 3.74* | 13.43 ^f | 20.97** | | | |
| | | SA-S2 | 40.41 ^{ab} | | 17.867 ^{ab} | | 13.25 ^f | | | | |
| | | SA-S3 | 42.20 ^a | | 17.308 ^{cd} | | 15.64 ^{bc} | | | | |
| | | SA-S4 | 38.58 ^{bc} | | 16.613 ^{ef} | | 16.81 ^a | | | | |
| | | P-S1 | 38.22 ^c | | 17.361 ^{bcd} | | 14.01 ^{ef} | | | | |
| | | P-S2 | 40.89 ^a | | 17.68 ^{abc} | | 15.40 ^c | | | | |
| | | P-S3 | 37.55 ^{cd} | | 17.257 ^{cd} | | 15.80 ^{bc} | | | | |
| | | P-S4 | 35.21 ^f | | 16.227 ^f | | 16.29 ^{ab} | | | | |
| | V.K | 3.25 | 1.77 | | 2.94 | | | | | | |
| LSD | 2.09 | 0.51 | 0.75 | | | | | | | | |

***: p < 0.001 **: p < 0.01; *: p < 0.05; ns: p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Yapılan çalışma kapsamında sulama uygulamalarında tam sulama yapılan S1 konusunda, 2018 yılına ait verilere göre hem L değeri (38.25) hem de a değeri (17.78) tam sulama konularında (S1) en yüksek yoğunluğa ulaşırken, uygulanan su kısıtı koşullarında düşüşlerin olduğu dikkat çekmiştir. Ancak S1 konusu ile %20 su kısıtı uygulanan S2 konusunda istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde 2019 yılında da yüksek kısıt koşullarında L ve a değerlerinde düşüş olduğu belirlenmiştir. İkinci yılda %20 (S2) su kısıtı olan konu ile S1 konusu arasında istatistiksel olarak fark olduğu görülmüştür. Bilindiği üzere renk şiddetinde b değeri L ve a değerleri ile ters orantılıdır. Yüksek L ve a değerleri karşısında düşük b değeri istenilen bir durumdur. Çalışmada elde edilen b değerleri de buna uyumlu görülmekte olup her iki yılda da tam sulama konularında (S1) en düşük değerde (ilk yıl: 13.15, ikinci yıl: 14.33) görülerek istenilen şekilde daha kaliteli bir renk şiddeti oluşturulmasında L ve a değerlerine katkı sağlamıştır. Yapılan bu çalışmada, karpuzda dışsal uygulamaların renk şiddetini artırarak istatistiksel olarak katkı sağladığı görülmüştür.

2018 yılında kontrol uygulamasında L değeri 36.05 ile en düşük değeri oluştururken, 2019 yılında 35.65 ile yine en düşük değerde belirlenmiştir. 2018 yılında SA uygulaması %9 artış ile P uygulaması %4 artış ile daha parlak bir görünüm kazandırmıştır. 2019 yılında ise; SA uygulamasında %14'lük bir artış görülürken, P uygulamasında %7'lik bir artış ile katkı sağlanmıştır. Her iki yılda da dışsal uygulamalar istatistiksel olarak artışa sebep olsa da SA uygulaması en yüksek değerde artış oluşturmuştur. Uygulamalara göre a değeri kontrol uygulamasında; 2018 yılında 16.60, 2019 yılında 17.03 olduğu belirlenmiştir. İlk yıl SA uygulamasının a değerine etkisi %9'luk bir artış oluştururken, P uygulaması %3'lük bir artış ile daha yoğun bir kırmızı rengi oluşturmuştur. İkinci yılda ise; SA uygulamasında %5 olan artış P uygulamasında %3 olduğu belirlenmiştir. Ancak her iki yılda da kontrol uygulaması ile P uygulaması arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Diğer bir renk şiddeti olan b değeri ise kontrol uygulamasında 2018 yılında 13.94 olarak belirlenirken, 2019 yılında 15.29 olarak belirlenmiştir. İlk yıl SA uygulaması renk şiddetine %8 azalış ile olumlu bir katkı sağlarken, P uygulaması %1 artış gösterdiği görülmüştür.

İkinci yıl ise SA uygulamasıyla b değerinde %3 düşüş olurken, P uygulaması ilk yıl ile aynı performansı sergileyerek %1 artış göstermiştir. b değeri açısından kontrol ve P uygulamaları arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Karpuzda renk şiddeti değerlerinin belirlenmesinde kullanılan, meyve et rengi değerlerine ait Tablo 4.24'de verilen istatistiksel sonuçlara göre hem farklı su yönetiminin (%100, %80, %60, %40) hem de dışsal uygulamaların renk şiddeti değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli derecede fark oluşturduğu görülmüştür. U x Sk interaksiyon koşullarında 2018 yılında parlaklık değeri olan L değeri incelendiğinde; SA x S1 parseli en yüksek değere sahip görülerek dışsal uygulamaların etkisini öne çıkarmıştır. Bununla birlikte SA x S1 ile SA x S2, SA x S3, P x S1 ve P x S2 parselleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. K x S1 parselinin ise tek başına en düşük parlaklık değerine sahip olduğu görülmüştür. Bir diğer renk şiddeti parametresi olan ve kırmızı renk ile pozitif korelasyon gösteren a değeri ise SA x S2 parselinde en yüksek değerde görülmüştür. Ancak SA x S2 ile SA x S1 parseli ile arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. En düşük değer ise K x S3 parselinde görülmüştür.

Renk şiddetindeki yoğunluğun sayısal olarak ifadesinde kullanılan diğer parametre b ile ifade edilmekte olup en yüksek değer K-S4 parselinde görülmüştür. K x S4 ile P x S2 arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. En düşük değeri oluşturan grupta ise K-S1 parseli tek başına yer almıştır. 2019 yılına ait renk şiddeti değerlendirildiğinde ise; U x Sk koşullarında L değerinin en yüksek olarak SA x S3 parselinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, SA x S3 parseli ile SA x S1 ve P x S2 parselleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı dikkat çekmiştir. İkinci yıla ait a değeri SA-S1 parselinde en yüksek değerde bulunmuştur. Fakat SA x S1 parseli ile SA x S2, K x S2 ve P x S2 parselleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. En düşük değer görüldüğü parsel ise P x S4 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte P x S4 ile K x S4 parseli arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Aynı yıla ait en yüksek b değeri SA x S4 parselinde olup P x S4 parseli ile arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. En düşük değer ise SA x S1 parselinde görülürken, SA x S1 ile SA x S2 parseli ile arasında istatistiksel fark bulunmadığı belirlenmiştir.

4.3.6. Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) içeriği (%)

Hasat sonunda elde edilen karpuzlara ait SÇKM değerleri ölçülmüştür. SÇKM değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.25’de, SÇKM değerlerine ait konuların ortalama değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi Tablo 4.26’da verilmiştir.

Her parselden alınan karpuzlara ait meyve sularından elde edilen SÇKM sonuçlarının varyans analizinde; uygulama ile sulama konusunda $p < 0.001$ önemlilik seviyesindeki fark, hem 2018 hem de 2019 yıllarında belirlenmiştir. U x Sk interaksiyonunda ise; 2018 yılında $p < 0.001$ önemlilik düzeyinde fark olduğu belirlenirken, 2019 yılında $p < 0.05$ önemlilik düzeyinde fark olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.25. Suda çözünebilir kuru madde içeriğine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.322 | 0.16 | 3.539 ns |
| | Uygulama | 2 | 12.296 | 6.15 | 135.007*** |
| | Sulama konusu | 3 | 7.745 | 2.58 | 56.695*** |
| | U * Sk | 6 | 0.874 | 0.15 | 3.198* |
| | Hata | 22 | 1.002 | 0.05 | |
| | Genel | 35 | 22.239 | 0.64 | |
| | VK (%) | | | 2.02 | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.021 | 0.011 | 0.438 ns |
| | Uygulama | 2 | 10.988 | 5.494 | 232.206*** |
| | Sulama konusu | 3 | 6.172 | 2.057 | 86.952*** |
| | U * Sk | 6 | 0.639 | 0.107 | 4.501** |
| | Hata | 22 | 0.520 | 0.024 | |
| | Genel | 35 | 18.339 | 0.524 | |
| | VK (%) | | | 1.47 | |

***: $p < 0.001$ **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.26’de verilen sonuçlara göre; su yönetimi esas alındığında her iki yıl için, %100 sulama yapılan konuların en düşük SÇKM içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarının azalması ile SÇKM içeriğinde artış görülmektedir. Bu duruma, vejetasyon süresince maruz bırakılan kısıtlı sulama temel sebep olarak gösterilebilir. Bunun yanında, maruz kalınan stres sonucunda bitki bünyesinde oluşturulan fizyolojik tepkiye bağlı olan birikmeden kaynaklandığı düşünülmektedir. SÇKM içeriği ilk yıl %100 sulama konusunda %9.94 ikinci yıl %9.97 olarak ölçülmüştür. Kısıtlı sulamanın SÇKM içeriği üzerindeki etkisi, %100 sulama yapılan konuya göre; ilk yıl için %80, %60 ve %40 sulama uygulamaları sonucunda sırasıyla %4, %8 ve %13’lük bir artış şeklinde olmuştur. İkinci yıl için bu

sıralama %3, %6 ve %11 gibi bir artış ile sonuçlanmıştır. Her iki yılda da artan kuraklık koşullarında beklendiği gibi artış gösteren sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 4.26. Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) suda çözünebilir kuru madde içeriği üzerine etkisi

| SÇKM İçeriği (%) | | | | | | |
|------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------|--------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 9.06 ^e | 10.69 ^c | 10.07 ^d | 9.94D | 0.361 |
| | S2 (%80) | 9.34 ^e | 10.98 ^{bc} | 10.78 ^c | 10.36C | |
| | S3 (%60) | 9.96 ^d | 11.21 ^b | 11.01 ^{bc} | 10.73B | |
| | S4 (%40) | 10.69 ^c | 11.73 ^a | 11.18 ^b | 11.20A | |
| | Ort. | 9.76C | 11.15A | 10.76B | | |
| 2019 | S1 (%100) | 9.05 ^c | 10.68 ^{cd} | 10.18 ^e | 9.97D | 0.260 |
| | S2 (%80) | 9.07 ^f | 10.85 ^{bc} | 10.51 ^d | 10.31C | |
| | S3 (%60) | 9.75 ^f | 10.80 ^{bc} | 11.05 ^b | 10.53B | |
| | S4 (%40) | 10.45 ^d | 11.48 ^a | 11.39 ^a | 11.11A | |
| | Ort. | 9.71C | 10.95A | 10.78B | | |

Uygulamaların SÇKM değerlerine etkileri ise; 2018 yılında kontrol uygulamasında %9.76'lık bir değer görülmüştür. Ancak SA ve P uygulamaları sırasıyla %14 ve %10'luk bir artış göstermiş ve bu artış istatistiksel açıdan önemli farklılıkta bulunmuştur. 2019 yılında ise; kontrol uygulamasında %9.71 olan SÇKM içeriği, SA uygulamasında %13 artarken P uygulamasında %11 arttığı belirlenmiştir. 2019 yılına ait bu artışta istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmuştur. Bu şekilde dışsal uygulamalar ile SÇKM içeriğini ortalama olarak, kontrole göre, SA uygulaması %13.5 artırırken, P uygulaması %10.5 artırmıştır.

SÇKM içeriğine ait Tablo 4.26'da verilen LSD sonuçlarında; 2018 yılında 5 farklı grup olduğu görülmüştür. En yüksek değer SA x S4 parselinde görülmektedir. En düşük değer ise; K-S1 parseline aittir. Fakat istatistiksel analiz sonucuna göre K x S1 ile K x S2 parselleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. 2019 yılına bakıldığında 6 farklı grup görülmektedir. En yüksek değere sahip parsel SA x S4 parseli olduğu belirlenmiştir. En düşük değere sahip parsel ise K-S2 parseline ait olup, K x S2 ile K-S3 parseli arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Uygulamalar kendi içinde değerlendirildiğinde 2018 yılında kontrol uygulaması %9.06 ile %9.69 arasında, SA uygulaması %10.69 ile %11.73 arasında ve P uygulaması ise; %10.07 ile %11.18 arasında değişim göstermiştir. 2019 yılında ise bu değişim; kontrol uygulamasında %9.05 ile 10.45 arasında, SA uygulamasında

%10.68 ile 11.48 arasında ve P uygulamasında %10.18 ile %11.39 arasında olduğu belirlenmiştir.

4.3.7. Titre Edilebilir Asitlik (%)

Vejetasyon süresi sonucunda elde edilen karpuzlara ait meyve suları çıkarılmış ve asitlik miktarı ölçülmüştür. Asitlik değerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.27’de verilmiştir. Ayrıca asitlik değerlerinin daha net açıklanması amacıyla konu ortalamalarına ait sonuçlar Tablo 4.28’de belirtilmiştir.

Tablo 4.27’ye ait varyans analiz sonuçlarında, uygulamanın ilk yılda asitlik derecesi üzerine istatistiksel olarak $p < 0.01$ önem düzeyinde fark oluşturduğu görülmüştür. Sulama konusu ve U x Sk interaksyonu açısından ise istatistiksel olarak $p < 0.05$ önem derecesine sahip olduğu görülmüştür. Titre edilebilir asitlik derecesinin ikinci yıl verilerine göre, sulama konusu ve U x Sk interaksyonu istatistiksel açıdan $p < 0.05$ önem derecesinde fark oluşturduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 27. Titre edilebilir asitlik’e ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.010 | 0.0050 | 5.139 ns |
| | Uygulama | 2 | 0.021 | 0.0105 | 11.094** |
| | Sulama konusu | 3 | 0.077 | 0.0257 | 27.247* |
| | U * Sk | 6 | 0.016 | 0.0027 | 2.784* |
| | Hata | 22 | 0.021 | 0.0010 | |
| | Genel | 35 | 0.143 | 0.0041 | |
| VK (%) | | | 2.08 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.006 | 0.003 | 0.505 ns |
| | Uygulama | 2 | 0.013 | 0.007 | 1.021 ns |
| | Sulama konusu | 3 | 0.061 | 0.020 | 3.316* |
| | U * Sk | 6 | 0.099 | 0.017 | 2.691* |
| | Hata | 22 | 0.135 | 0.006 | |
| | Genel | 35 | 0.314 | 0.009 | |
| VK (%) | | | 6.05 | | |

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$; ns : $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Çalışmada planlanan sulama suyu miktarlarına göre tam sulama yapılan S1 konusunda, ilk yıl %1.45 olan asitlik derecesi, ikinci yıl %1.29 olarak ölçülmüştür. Kısıtlı sulama koşullarında meyve suyundan elde edilen asitlik derecesinin, S1 konusuna göre, S2 konusunda ilk yıl %2, ikinci yıl %1 azaldığı belirlenmiştir. Artan kısıt koşullarında asitlik derecesi olumsuz etkilenmiştir. S3 konusunda ilk yıl %1 ikinci yıl ise %2’lik bir artış görülürken en yüksek su kısıtı uygulanan S4 konusunda

her iki yılda da %7'lik bir artış görülmüştür. Titre edilebilir asitlik derecesinin düşük olması kaliteyi artıran bir özelliktir. Çalışmada her iki yıl gözönüne alındığında %20 su kısıtı uygulanan S2 konusunda en düşük değere ulaşılmıştır.

Ancak çalışmanın ikinci yılında S2 ile S1 ve S3 arasında istatistiksel fark oluşmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte kaliteyi en çok düşüren titre edilebilir asitlik derecesi %60 su kısıtı uygulanan S4 konusunda en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 28. Sulama konusu (S) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) titre edilebilir asitlik üzerine etkisi

| Yıl | Sulama Konusu | Titre Edilebilir Asitlik (%) | | | Ort. | LSD |
|------|---------------|------------------------------|---------------------|----------------------|--------------|--------------|
| | | K | SA | P | | |
| 2018 | S1 (%100) | 1.46 ^{def} | 1.48 ^{cd} | 1.42 ^{efc} | 1.45B | 0.052 |
| | S2 (%80) | 1.46 ^{def} | 1.36 ^g | 1.42 ^{efc} | 1.42C | |
| | S3 (%60) | 1.50 ^{bcd} | 1.41 ^{fc} | 1.46 ^{def} | 1.46B | |
| | S4 (%40) | 1.59 ^a | 1.53 ^b | 1.51 ^{bc} | 1.55A | |
| | Ort. | 1.50A | 1.45B | 1.45B | | |
| 2019 | S1 (%100) | 1.20 ^d | 1.38 ^{ab} | 1.28 ^{bcd} | 1.29B | 0.133 |
| | S2 (%80) | 1.27 ^{bcd} | 1.23 ^{cd} | 1.36 ^{abc} | 1.28B | |
| | S3 (%60) | 1.36 ^{abc} | 1.28 ^{bcd} | 1.29 ^{bcd} | 1.31B | |
| | S4 (%40) | 1.43 ^a | 1.39 ^{ab} | 1.31 ^{abcd} | 1.38A | |
| | Ort. | 1.32A | 1.32A | 1.31A | | |

Kontrol, SA ve P uygulamalarının asitlik üzerine etkileri değerlendirildiğinde, ilk yılda istatistiksel olarak SA ve P uygulamalarında titre edilebilir asitlik daha düşük derecelere ulaştığı görülse de ikinci yıl kontrol, SA ve P uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark oluşmadığı dikkat çekmiştir. 2018 yılında kontrol uygulamasında asitlik derecesi %1.50 iken 2019 yılında %1.32 olduğu görülmüştür. SA ve P uygulamaları; 2018 yılında titre edilebilir asitlik derecesinde %3'lük bir azalış sergilerken, 2019 yılında P uygulaması %1'lik bir azalış meydana getirmiştir.

Titre edilebilir asitlik derecesinin Tablo 4.28'de verilen sonuçlarına göre; U x Sk interaksyonu açısından titre edilebilir asitlik derecesi çok fazla ölçüm hassasiyeti isteyen bir parametre olup aynı çeşit ile yapılan çalışmalarda birbirine yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu durum neticesinde, çalışmada farklı yetiştirme tekniklerine bağlı istatistiksel farklar yakalanmıştır. Her iki yıl ayrı ayrı incelendiğinde; ilk yılda en yüksek değere sahip olan parsel K x S4 parseli olmuştur. En düşük değere sahip parsel ise; SA x S2 parseli olduğu belirlenmiştir. İkinci yılda, en yüksek değer yine K

x S4 parselinde görülmüş ve ilk yıl ile benzer sonuçlar vermiştir. En düşük değerin olduğu parselin ise; K-S1 parseli olduğu görülmüştür.

2018 yılında kontrol, SA ve P uygulamalarına ait en yüksek ve en düşük değerlerin sırasıyla %1.59 ile %1.46 arasında, %1.53 ile %1.36 arasında ve %1.51 ile %1.42 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. 2019 yılında ise en yüksek ve en düşük değerler kontrol uygulamasında %1.43 ile %1.20 arasında, SA uygulamasında %1.39 ile %1.23 arasında ve P uygulamasında %1.36 ile %1.28 arasında değiştiği görülmektedir.

Yapılan bir çalışmada; Rouphael vd. (2008), su kısıtı koşullarında aşılı ve aşısız karpuz bitkilerinin performanslarını değerlendirmişler ve meyve kalitesinin bir göstergesi olarak kabul ettikleri titre edilebilir asitlik değerinin su stresinden çok fazla etkilenmediğini bulmuşlardır.

4.3.8. Meyve Sayısı/Bitki

Hem su kısıtı hem de dışsal uygulama koşullarında yetiştirilen karpuzlara ait bitkideki meyve sayıları (meyve sayısı/bitki) belirlenmiştir. Meyve sayısı/bitki değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.29'da, meyve sayısı/bitki değerlerine ait konu ortalamalarının istatistiksel değerlendirmesi ise Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.29'da verilen varyans analiz sonuçlarından görüleceği gibi yetiştirme koşullarının meyve sayısı/bitki değerlerine ilişkin hem ayrı ayrı hem de interaksiyonun önemli etkileri olduğu görülmüştür. 2018 yılında uygulamaların bitkideki meyve sayısı üzerine $p < 0.001$ seviyesine önemli etki edereken, sulama konusunda ise etkinin $p < 0.05$ seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte U x Sk interaksiyonun ise bitkide meyve sayısı üzerine $p < 0.01$ düzeyinde etki etmiştir. 2019 yılında uygulama $p < 0.01$ önemlilik düzeyinde görülürken, sulama konusu ve U x Sk interaksiyonunda $p < 0.001$ önemlilik düzeyinde olduğu görülmüştür.

Tablo 4.29. Meyve sayısı/bitki 'ye ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.929 | 0.465 | 14.123 ns |
| | Uygulama | 2 | 0.905 | 0.453 | 13.767*** |
| | Sulama konusu | 3 | 0.457 | 0.152 | 4.634* |
| | U * Sk | 6 | 0.898 | 0.150 | 4.554** |
| | Hata | 22 | 0.723 | 0.033 | |
| | Genel | 35 | 3.91 | 0.112 | |
| | VK (%) | | | 5.96 | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.052 | 0.026 | 4.391 ns |
| | Uygulama | 2 | 0.077 | 0.039 | 6.521** |
| | Sulama konusu | 3 | 0.531 | 0.177 | 30.168*** |
| | U * Sk | 6 | 0.633 | 0.106 | 17.989*** |
| | Hata | 22 | 0.129 | 0.006 | |
| | Genel | 35 | 1.421 | 0.041 | |
| | VK (%) | | | 3.91 | |

***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tam ve kısıtlı sulama uygulanan konular ele alındığında; her iki yıl ortalamasına göre meyve sayısı/bitki değeri %100 sulama suyu uygulanan konuda 2.47 olarak belirlenmiştir. Genel olarak, meyve sayısı/bitki değeri su kısıtının artması sonucu, bitkide fizyolojik olarak stres mekanizması tetiklenmiş olup bitkinin meyve oluşturma isteğinden dolayı, daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Ancak su kısıtının en yüksek olduğu %40 sulama koşullarında bitki gelişimi önemli derecede etkilenmesinden kaynaklı bu değerde bir miktar düşüş yaşandığı görülmüştür. Buna göre %80 sulama yapılan konu %0.6 artış gösterirken %60 sulama suyu uygulanan konu %7.1 artış göstermiştir. Ancak kuraklığın en yoğun yaşandığı ve sadece %40 sulama suyu uygulanan konuda ise meyve sayısı/bitki değerinde %2.03 düşüş yaşandığı belirlenmiştir. Artan kuraklık şiddetine bağlı olmakla birlikte %60 sulama suyu konusuna kadar artış gösteren meyve sayısı/bitki değerinin bu konuda en yüksek değere ulaştığı dikkat çekmiştir. Ancak her ne kadar %60 sulama suyu uygulanan konuda en yüksek değere ulaşsa da bu durumun pazarlanabilir verim ile değerlendirilmesi şarttır. Çünkü %60 sulama konusundaki pazarlanabilir verim %80 sulama konusundaki pazarlanabilir verimden daha düşük belirlenmiştir. Bu durum neticesinde meyve sayısı/bitki değeri %60 sulama konusu dikkate alındığında tamamı pazarlanabilir nitelikte olmadığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 4. 30. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) meyve sayısı/bitki üzerine etkisi

| Yıl | Sulama Konusu | Meyve Sayısı / Bitki | | | Ort. | LSD |
|------|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|
| | | K | SA | P | | |
| 2018 | S1 (%100) | 3.02 ^c | 2.92 ^{cd} | 3.04 ^{bc} | 2.99B | 0.307 |
| | S2 (%80) | 2.78 ^{cd} | 2.89 ^{cd} | 3.03 ^{bc} | 2.90B | |
| | S3 (%60) | 2.84 ^{cd} | 3.46 ^a | 3.33 ^{ab} | 3.21A | |
| | S4 (%40) | 2.64 ^d | 3.47 ^a | 3.07 ^{bc} | 3.06AB | |
| | Ort. | 2.82B | 3.18A | 3.12A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 1.89 ^c | 2.00 ^{bc} | 1.94 ^c | 1.94B | 0.130 |
| | S2 (%80) | 1.94 ^c | 2.11 ^{ab} | 2.11 ^{ab} | 2.06A | |
| | S3 (%60) | 2.17 ^a | 1.94 ^c | 2.11 ^{ab} | 2.07A | |
| | S4 (%40) | 1.94 ^c | 1.94 ^c | 1.42 ^d | 1.77C | |
| | Ort. | 1.99A | 2.00A | 1.90B | | |

Dışsal uygulama teknikleri meyve sayısı/bitki değerinde artışa neden olmuştur. Her iki yıl ortalamasına göre, kontrol uygulamasında 2.41 olarak belirlenen meyve sayısı/bitki değeri SA uygulaması ile %7.7'lik bir artış ile uygulamalar arasındaki en yüksek değere ulaşmıştır. P uygulaması ise %4.37'lik artış ile kontrol uygulamasına göre meyve sayısı/bitki değerini daha yukarı taşıdığı tespit edilmiştir.

Meyve sayısı/bitki değerlerine ait Tablo 4.30'da verilen LSD analizinin interaksiyon sonuçlarına göre; her iki yılda da 4 farklı grup oluşmuştur. 2018 yılına ait, kontrol uygulaması 2.26 ile 3.02 arasında, SA uygulaması 2.89 ile 3.47 arasında, P uygulaması 3.03 ile 3.33 arasında değişim göstermiştir. 2019 yılında ise bu değişimlerin kontrol SA ve P uygulamalarında sırasıyla; 1.89 ile 2.17 arasında, 1.94 ile 2.11 arasında ve 1.42 ile 2.11 arasında olduğu görülmüştür. İlk yılda en yüksek değeri SA-S4 parseli oluşturmuş olup SA x S3 parseli ile arasında istatistiksel fark bulunmadığı görülmüştür. En düşük değer ise; K x S4 parseline aittir. İkinci yılda en yüksek değer K-S3 parselinde görülmüştür. Ancak K x S3 parseli ile SA x S2, P x S2 ve P x S3 parselleri arasında herhangi bir istatistiksel fark bulunmadığı görülmüştür. En düşük değer ise P x S4 parseline ait olarak kaydedilmiştir.

Nikbakht vd., (2020), yaptıkları çalışmada, 3 farklı sulama uygulaması (%100, %80 ve %60) ile yaprakdan dışsal olarak 3 farklı düzeyde (0.0 mM, 1.5 ve 3.0) SA uygulaması kullanarak yetiştirdikleri salatalık bitkisinde verim ve kalite özelliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda su kısıtı şartlarında salisilik asit dozlarının meyve sayısı üzerine önemli derecede etki ettiğini belirlemişlerdir.

Çalışma sonucunda bitkideki en fazla meyve sayısı değerini 3mM SA uygulamasından elde ettiklerini belirterek, salatalık yetiştiriciliğinde %20 su kısıtı koşullarında 3mM SA uygulaması konusunda en fazla meyvenin alınabileceğini tespit etmişlerdir. Bitki çeşidi ve yetiştirme koşulları göz önüne alınarak, düşük stres koşullarında uygulanan dışsal SA uygulamasının verimde azalmaya neden olmayacağını bildirmişlerdir.

4.3.9. Dekara Verim (t da⁻¹)

Çalışmada, tam ve kısıtlı sulama ile dışsal uygulama koşullarında yetiştirilen karpuzlara ait meyve ağırlığı değerleri belirlenmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.31’de verilmiştir. Verim değerlerinin daha net belirlenmesi amacıyla konu ortalamalarına ait sonuçlar hesaplanmış ve Tablo 4.32’de verilmiştir.

Tablo 4.31’de yer alan varyans analiz sonuçlarında uygulama ve sulama konuları, dekara verim değeri üzerinde hem 2018 hem de 2019 yıllarında istatistiksel olarak $p < 0.001$ önemlilik derecesinde fark oluşturmuştur. U x Sk interaksiyon koşulları ise dekara verim üzerinde 2018 yılında istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem derecesine sahip olduğu belirlenirken, 2019 yılında $p < 0.05$ önem derecesinde fark oluşturduğu hesaplanmıştır.

Tablo 4. 31. Dekara verime ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.023 | 0.0115 | 0.122 ns |
| | Uygulama | 2 | 13.303 | 6.6515 | 69.826*** |
| | Sulama konusu | 3 | 125.254 | 41.7513 | 438.293*** |
| | U * Sk | 6 | 3.453 | 0.5755 | 6.042*** |
| | Hata | 22 | 2.096 | 0.0953 | |
| | Genel | 35 | 144.130 | 4.1180 | |
| VK (%) | | | 3.25 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 2.260 | 1.1300 | 8.643 ns |
| | Uygulama | 2 | 19.447 | 9.7235 | 74.370*** |
| | Sulama konusu | 3 | 103.932 | 34.6440 | 264.973*** |
| | U * Sk | 6 | 2.112 | 0.3520 | 2.692* |
| | Hata | 22 | 2.876 | 0.1307 | |
| | Genel | 35 | 130.628 | 3.7322 | |
| VK (%) | | | 3.86 | | |

***: $p < 0.001$ **: $p < 0.01$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında uygulanan sulama miktarlarına göre, tam sulama yapılan S1 konusunda, 2018 yılında 11.46 t da⁻¹ olan meyve ağırlığı 2019 yılında 11.40 t da⁻¹ olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte ilk yıl S1 ile S2 konusu arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Uygulanan kısıtlı sulama koşullarında dekara verim, S1 konusuna göre kıyaslandığında; S2 konusunda 2018 yılında %2 azalırken 2019 yılında azalışın sadece %6 olduğu görülmüştür. Kısıtlı sulamanın artması ile S3 konusunda 2018 yılında %30 azalırken 2019 yılında benzerlik göstererek %29'luk bir azalış kaydedilmiştir. Kuraklığın en çok hissedildiği parsellere ait S4 konusunda ilk yıl %37'lik olan dekara verimdeki azalma ikinci yıl %35 olarak hesaplanmıştır. Böylece, uygulanan sulama suyu miktarının azalması ile oluşan kuraklık koşulları dekara verimde düşüşe sebep olmuştur.

Tablo 4. 32. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) dekara verim üzerine etkisi

| Dekara Verim (t da ⁻¹) | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------|--------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 10.77 ^c | 11.73 ^{ab} | 11.89 ^a | 11.46A | 0.523 |
| | S2 (%80) | 10.72 ^c | 11.32 ^b | 11.52 ^{ab} | 11.19A | |
| | S3 (%60) | 7.43 ^f | 8.16 ^{de} | 8.59 ^d | 8.06B | |
| | S4 (%40) | 5.66 ^g | 7.82 ^{ef} | 8.22 ^{de} | 7.23C | |
| | Ort. | 8.64C | 9.76B | 10.06A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 10.82 ^b | 11.99 ^a | 11.39 ^{ab} | 11.40A | 0.612 |
| | S2 (%80) | 9.72 ^c | 11.27 ^b | 11.05 ^b | 10.68B | |
| | S3 (%60) | 7.14 ^g | 8.96 ^d | 8.05 ^{ef} | 8.05C | |
| | S4 (%40) | 5.94 ^h | 8.51 ^{de} | 7.69 ^{fg} | 7.38D | |
| | Ort. | 8.41C | 10.18A | 9.55B | | |

Dışsal uygulamaların dekara verim üzerine etkileri incelendiğinde, hem SA hem de P uygulamaları oldukça önemli derecede etkili olup dekara verimi artırıcı şekilde katkı sağladığı belirlenmiştir. 2018 yılında kontrol uygulamasına ait dekara verim 8.64 t da⁻¹ iken, 2019 yılında 8.41 t da⁻¹ olarak hesaplanmıştır. SA ve P uygulamalarına ait parsellerden kontrol uygulamasına göre daha yüksek verim alınmıştır. Kontrol uygulamasına göre; 2018 yılında dekara verim üzerine SA uygulamasının etkisi, %13 artış olurken, P uygulamasının etkisi %16 artış olduğu görülmüştür. 2019 yılında ise SA uygulaması %21'lik bir artış gösterirken, P uygulaması %14'lük bir artış göstermiştir.

Dekara verimin Tablo 4.32'de verilen LSD test sonuçlarına göre; dekara verimin 2018 yılına ait verileri incelendiğinde; en yüksek değer P x S1 paseline ait

olup, P x S1 ile P-S2 ve SA-S1 parselleri arasında istatistiksel fark bulunmadığı belirlenmiştir. En düşük değer ise K x S4 parseline ait olduğu tespit edilmiştir.

2019 yılında, SA x S1 parseli en yüksek değere ulaşırken P x S1 parseli ile aralarında istatistiksel fark oluşturmadığı belirlenmiştir. Bu yıla ait en düşük değer ise ilk yıl ile aynı şekilde K-S4 parselinde görülmüştür. Tablo 4.32’de verilen dekara verime ait interaksiyona göre uygulamalar kendi içerisinde değerlendirildiğinde, 2018 yılında elde edilen en düşük ve en büyük değerler; kontrol uygulamasında 5.66 ile 10.77 t da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. SA uygulaması 7.82 ile 11.73 t da⁻¹ arasında değişirken P uygulaması 8.22 ile 11.89 t da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. 2019 yılına ait dışsal uygulama değerleri kontrol uygulamasında en düşük ve en yüksek olarak 5.94 ile 10.82 t da⁻¹ olarak elde edilmiştir. SA uygulamasında bu değerler 8.51 ile 11.99 t da⁻¹ olarak değişirken, P uygulamasında 7.69 ile 11.39 arasında değiştiği kaydedilmiştir.

4.4. Antioksidan Enzim Özelliklerine Ait Bulgular

Bitkiler kısıtlı sulama koşullarına maruz kaldıklarında, oksidatif stres tepkilerini antioksidan enzimlerin aktivitesi ile yansıtmaktadır.

Oksidatif stres, hücrelerde lipid peroksidasyonu, organel hasarı, protein bozulması ve aşırı peroksit ve süperoksit üreterek DNA moleküllerinde hasar gibi çeşitli zararlı etkiler oluşturabilir (Li vd., 2020; Manikandan vd., 2015; Venkatachalam vd., 2017). Bunun sonucunda ise; hücre membranında oluşan bozulmalar, iyon taşınmasının bozulmasına ve enzim aktivitelerinin azalmasına neden olarak hücrenin ölümüne yol açmaktadır (Sharma vd., 2012). SOD, süperoksit radikalini hidrojen peroksite dönüşümünü katalize ederek üstlendiği rolü, CAT ve POD aracılığı ile bitki bünyesinden uzaklaştırmasını sağlamaktadır.

Antioksidan enzimlerin sonuçları bitkilerin büyüme ve gelişmesinin dinamik bir süreç olduğunu, artan SOD, CAT ve POD aktivitesinin, indüklenen stresi ve aşırı reaktif oksijen türevlerini (ROT) ortadan kaldırmak için bitkilerin kendi kendini düzenlemesi olduğunu belirtti (Li vd. 2020; Habib vd. 2016). Antioksidan enzimler stres koşulları ile bazen doğru bazen de ters orantılı şekilde değişim gösterebilmektedir. Dışsal uygulamaların stres ile olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir.

4.4.1. Süperoksit Dismutaz (SOD) Enzimi (U mg⁻¹)

Bitki yetiştirme periyodunda sulama yönetimi ve dışsal uygulamaların oluşturduğu etkinin, bitki yapraklarında SOD enzimine ait değişiminin istatistiksel olarak incelenmesi amacıyla varyans analizi yapılmış ve Tablo 4.33’de verilmiştir. SOD enzim aktivitesine ait konu ortalama sonuçları ise Tablo 4.34’de verilmiştir.

Her parselden alınan yapraklara ait SOD antioksidan enzim aktivitesine ait varyans analiz sonuçlarında; her iki yılda da uygulama ve kısıt koşulları p<0.001 önemlilik düzeyinde fark oluşturmuştur. U x Sk interaksyonu ise 2018 yılında p<0.001 önem düzeyine sahip olurken 2019 yılında p<0.05 önem düzeyinde fark oluşturduğu görülmüştür.

Tablo 4. 33.Süperoksit dismutaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.193 | 0.0965 | 1.184 ns |
| | Uygulama | 2 | 14.493 | 7.2465 | 89.061*** |
| | Sulama konusu | 3 | 55.713 | 18.5710 | 228.250*** |
| | U * Sk | 6 | 3.259 | 0.5432 | 6.676*** |
| | Hata | 22 | 1.790 | 0.0814 | |
| | Genel | 35 | 75.447 | 2.1556 | |
| | VK (%) | | | 2.75 | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.059 | 0.0295 | 4.423 ns |
| | Uygulama | 2 | 1.875 | 0.9375 | 141.290*** |
| | Sulama konusu | 3 | 7.430 | 2.4767 | 373.393*** |
| | U * Sk | 6 | 0.130 | 0.0217 | 3.273* |
| | Hata | 22 | 9.494 | 0.4315 | |
| | Genel | 35 | 9.640 | 0.2754 | |
| | VK (%) | | | 2.32 | |

***: p < 0.001; *: p < 0.05; ns: p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Sulama yönetimine göre SOD antioksidan enzim aktivitesinin 2018 yılındaki değişimi, tam sulama uygulanan S1 konusunda 8.60 olarak hesaplanmıştır. S1 konusuna kıyasla; kısıtlı sulamanın uygulandığı ve sadece %80 sulama yapılan S2 konusunda %15’lik bir artış görüldüğü belirlenmiştir. Stres ile artan SOD enzim aktivitesi %60 sulama uygulanan S3 konusunda, S1 konusuna göre %28’lere ulaşan bir artış sergilemiştir. Çalışmada en kurak konu olan ve %40 sulama uygulanan S4 konusunda SOD aktivitesi yıl içindeki en yüksek değere ulaşarak, S1 konusuna göre, %38’lik bir artış kaydedilmiştir.

2019 yılında ise; S1 konusunda 2.84 olarak ölçülen SOD antioksidan enzim aktivitesi, S1 konusu ile karşılaştırıldığında; S2 konusunda %18'lik bir artış gösterirken, S3 konusunda %33'lere kadar ulaşan artış göstermiştir. Kuraklık stresinin en yoğun olduğu S4 konusunda ise %42 seviyelere çıkarak yılın en yüksek artışına sebep olmuştur. Tam sulama konularında bitkinin fiyolojik durumu ile kısıtlı sulama koşullarında bitkinin fiyolojik durumu birbirinden farklıdır. Bu nedenle kısıtlı sulama koşullarında meydana gelen bu aktivite artışı, bitkinin maruz kaldığı stresin bir göstergesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 4. 34. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) süperoksit dismutaz aktivitesi üzerine etkisi

| Yıl | Sulama Konusu | SOD (U mg ⁻¹) | | | Ort. | LSD |
|------|---------------|---------------------------|---------------------|--------------------|---------------|--------------|
| | | K | SA | P | | |
| 2018 | S1 (%100) | 8.22 ^f | 8.89 ^e | 8.68 ^{ef} | 8.60D | <i>0.483</i> |
| | S2 (%80) | 8.69 ^{ef} | 11.13 ^{bc} | 9.86 ^d | 9.89C | |
| | S3 (%60) | 10.23 ^d | 11.49 ^b | 11.39 ^b | 11.04B | |
| | S4 (%40) | 10.84 ^c | 12.49 ^a | 12.41 ^a | 11.91A | |
| | Ort. | 9.50C | 11.00A | 10.59B | | |
| 2019 | S1 (%100) | 2.55 ^g | 3.00 ^f | 2.98 ^f | 2.84D | <i>0.138</i> |
| | S2 (%80) | 2.90 ^f | 3.62 ^e | 3.56 ^e | 3.36C | |
| | S3 (%60) | 3.50 ^e | 3.93 ^c | 3.89 ^{cd} | 3.77B | |
| | S4 (%40) | 3.79 ^d | 4.24 ^a | 4.10 ^b | 4.04A | |
| | Ort. | 3.18B | 3.70A | 3.63A | | |

SOD antioksidan enzimi, dışsal uygulamalar ile olumlu etkilenerek hem aktiviteyi artırmış hem de bitkiyi stres faktörlerine toleranslı hale getirmeyi başarmıştır. 2018 yılında kontrol uygulamasında görülen SOD enzim aktivitesi 9.50 olarak kaydedilmiştir. SA ve P uygulamaları ise bu aktiviteyi sırasıyla %16 ve %11 oranlarında artırdığı hesaplanmıştır. 2019 yılında ise kontrol uygulamasında belirlenen SOD enzim aktivitesi 3.18 olarak kaydedilmiştir. Aynı yıl kontrol uygulamasına göre; SA uygulaması %16 artışa sebep olurken, P uygulamasında %14 artış görülmüştür. Ancak ilgili yılda SA ile P uygulamaları arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Deneme alanında sulama yönetimi ve dışsal uygulamalara göre oluşturulan parsellere ait bitki yapraklarında analiz edilen ve Tablo 4.34'de verilen interaksiyon sonuçlarına göre U x Sk interaksiyonu açısından 2018 yılında 6 farklı istatistiksel grup oluşurken, 2019 yılında 7 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. Gruplar arasında 2018 yılında, en yüksek değeri oluşturan parsel SA x S4 parselidir.

Ancak SA x S4 ile P-S4 parseli arasında istatistiksel fark oluşmamıştır. En düşük değeri oluşturan parsel ise K x S1 olduğu belirlenmiştir. 2019 yılında SA x S4 parseli en yüksek değere sahip olurken K x S1 parseli en düşük değerde olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar kendi içinde değerlendirildiğinde ise, İlk yılda SOD enzim aktivitesi, kontrol uygulamasında 8.22 ile 10.84 arasında değiştiği görülmektedir. Dışsal uygulamalardan SA uygulaması 8.89 ile 12.49 arasında değişirken, P uygulaması 8.68 ile 12.41 arasında değişim gösterdiği kaydedilmiştir. İkinci yıla ait ölçümlerde ise, kontrol uygulaması 2.55 ile 3.79 arasında değişirken, SA uygulaması 3.00 ile 4.24 arasında, P uygulaması da 2.98 ile 4.10 arasında değişim göstermiştir. Antioksidan enzimler birbirini takip eden tepkimelerde görev almaktadır. Bu nedenle özellikle arazi çalışmalarında, farklı yıllara ait örneklemelerde arazi şartları, sıcaklık, nem veya örneklem anında bitkinin bulunduğu vejetasyon süresi gibi birçok unsur tepkime mekanizmalarını etkileyebilmektedir. SOD antioksidan enzimi, bitki bünyesinde süperoksit anyonlarını (O_2^-) uzaklaştıran bir enzim olduğu için bitkide oluşan bu süperoksitlerin varlığı durumunda SOD aktivitesi artmakta ve süperoksitler uzaklaştırıldıktan sonra aktivite tekrar düşmektedir. Bu doğrultuda, çalışmada yıllar arasındaki SOD antioksidan enzim aktivitesinin farklar oluşturması örneklem zamanından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

SOD enzim aktivitesi ile ilgili yapılan literatür çalışmalarında; Barzegar (2017), dört farklı İran kavun genotipi kullanarak tam (%100) ve kısıtlı sulama (%66 ve %33) olarak 3 farklı sulama rejimi uygulamışlardır. Kısıtlı sulama koşullarında stresin artmasıyla birlikte antioksidan enzimlerde artış olduğunu belirterek genotipler arasındaki yüksek antioksidan enzime sahip olanlarda verim düşüşünün en az olduğu sonucuna varmışlardır. Ibrahim vd. (2021), fasulyedeki çalışmalarında, sulama seviyesinin önemli ölçüde azaltılmasının iyi sulanan bitkilere kıyasla SOD, CAT ve POX antioksidan enzimlerinin spesifik aktivitesini artırdığını belirtmişlerdir.

4.4.2. Katalaz (CAT) Enzimi ($U\ mg^{-1}$)

Çalışma kapsamında, yaprak örneklerindeki CAT antioksidan enzim aktivitesi belirlenmiştir. CAT aktivitesine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.35’de, CAT aktivitesine ait konuların ortalamasının istatistiksel değerlendirilmesi Tablo 4.36’da verilmiştir.

Tablo 1.35’de verilen varyans analiz sonuçlarında, CAT aktivitesinin hem 2018 yılında hem de 2019 yılında uygulama, sulama konusu ve U x Sk interaksyonu üzerine istatistiksel olarak $p < 0.001$ önem düzeyinde fark oluşturduğu görülmüştür.

Tablo 4. 35. Katalaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 289.889 | 144.9445 | 1.460 ns |
| | Uygulama | 2 | 2400.408 | 1200.2040 | 120.924*** |
| | Sulama konusu | 3 | 29061.865 | 9687.2883 | 97.605*** |
| | U * Sk | 6 | 5440.932 | 906.8220 | 9.137*** |
| | Hata | 22 | 2183.504 | 99.2502 | |
| | Genel | 35 | 60979.598 | 1742.2742 | |
| | VK (%) | | | 4.86 | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 562.330 | 281.165 | 1.81 ns |
| | Uygulama | 2 | 11451.570 | 5725.785 | 36.77*** |
| | Sulama konusu | 3 | 104725.730 | 34908.577 | 224.17*** |
| | U * Sk | 6 | 9173.220 | 1528.870 | 9.82*** |
| | Hata | 22 | 3425.930 | 155.724 | |
| | Genel | 35 | 129338.780 | 3695.394 | |
| | VK (%) | | | 3.33 | |

***: $p < 0.001$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4.36’da verilen sonuçlara göre; su yönetimi esas alındığında; her iki yılda, kısıtlı sulamanın artması ile artan CAT antioksidan enzim aktivitesi belirlenmiştir. 2018 yılında S1 konusuna ait CAT aktivitesi 164.34 olarak bulunmuştur. Uygulanan sulama suyunun %20 azaltılması ile CAT aktivitesi S2 konusunda, S1 konusuna göre, %20 oranında artış gösterirken, sulama suyunun %40 azaltılması ile CAT aktivitesinde S1 konusunda göre, %33 oranında artış göstermiştir. Uygulanan sulama suyu %60 azaltılan ve kuraklığa en fazla maruz bırakılan S4 parselinde ise S1 konusuna göre, %41 ile en yüksek artış görülmüştür. Benzer sonuçların ikinci yılda da karşımıza çıktığı görülmektedir. 2019 yılında CAT aktivitesinin en düşük olduğu ve tam sulama yapılan S1 konusunda 302.81 olarak ölçülmüştür. S1 konusuna kıyasla; CAT aktivitesinde S2 konusunda %17’lik bir artış görülürken, S3 konusunda %29’luk bir artış olmuştur. Aynı yılda en yüksek görülen CAT aktivitesi ise S4 konusunda %49’luk bir artış sergilemiştir. Kısıtlı sulamanın CAT aktivitesini önemli derecede artırdığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 4. 36. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) katalaz aktivitesi üzerine etkisi

| | | CAT (U mg ⁻¹) | | | | |
|------|---------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 149.11 ^f | 172.86 ^e | 171.05 ^e | 164.34D | 16.87 |
| | S2 (%80) | 166.14 ^e | 221.11 ^{cd} | 204.96 ^d | 197.40C | |
| | S3 (%60) | 171.35 ^e | 256.37 ^b | 227.24 ^c | 217.99B | |
| | S4 (%40) | 200.34 ^d | 261.03 ^a | 232.94 ^c | 231.44A | |
| | Ort. | 171.49C | 227.84A | 209.05B | | |
| 2019 | S1 (%100) | 286.47 ¹ | 312.93 ^h | 309.03 ^h | 302.81D | 21.13 |
| | S2 (%80) | 346.05 ^g | 353.45 ^{fg} | 367.85 ^{ef} | 355.78C | |
| | S3 (%60) | 376.04 ^{de} | 397.61 ^c | 399.72 ^c | 391.12B | |
| | S4 (%40) | 392.43 ^{cd} | 499.31 ^a | 461.65 ^b | 451.13A | |
| | Ort. | 350.25B | 390.82A | 384.56A | | |

Çalışmada dışsal uygulamaların CAT antioksidan enzim aktivitesini artırıcı olarak önemli derecede etkileri olduğu belirlenmiştir. İlk yıl kontrol uygulamasında 171.49 olarak ölçülen CAT aktivitesini SA uygulaması %33 artırarak en yüksek değere ulaştırmıştır. P uygulaması ise %22'lik bir artış sağlamıştır. İkinci yılda ise; CAT aktivitesi kontrol uygulamasında 350.25 olarak kaydedilmiştir. SA uygulaması aktiviteyi %12 artırarak ikinci yılda da en yüksek değere ulaştırmıştır. P uygulaması da %10'luk önemli derecede bir aktivite artışı göstermiş olup SA uygulaması ile istatistiksel fark bulunmamıştır.

Deneme parselleri göz önüne alındığında, interaksiyonun CAT antioksidan enzim aktivitesine göre 2018 yılında 6 farklı istatistiksel grup oluşurken, 2019 yılında 8 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. Gruplar arasında, Her iki yıl en yüksek değer SA x S4 parseline ait olduğu belirlenmiştir. En düşük değer ise her iki yılda da değişmemiş olup K-S1 parseline aittir. Yıllara göre uygulamalar kendi içinde değerlendirildiğinde, CAT aktivitesi 2018 yılında kontrol uygulamasında 149.11 ile 200.34 arasında değiştiği görülmektedir. Dışsal uygulamalardan SA uygulaması 172.86 ile 291.03 arasında değişirken, P uygulamasının 171.05 ile 232.94 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. 2019 yılında ise; kontrol uygulamasında 286.47 ile 392.43 arasında, SA uygulamasında 312.93 ile 499.31 arasında değiştiği ve P uygulamasında 309.03 ile 461.65 arasında değişim gösterdiği kaydedilmiştir. Antioksidan enzimler, bitki bünyesinde stres koşullarında oluşan ürünleri su moleküllerine (H₂O) ve oksijen (O₂) moleküllerine dönüştürerek stres ile mücadelede görev almaktadırlar.

Bu mücadele ise; bir antioksidan enzimin aktifleşerek görev aldığı tepkimede oluşan ürün yada ara bileşiklerin, diğer bir antioksidan enzimin aktifleşmesini sağladığı ve bu sayede başka ürün yada ara bileşiklerin oluşturularak stresin bitki bünyesinden atılmasını sağlayan kompleks bir mekanizmadır. Bitkide oluşan bu stres mekanizması, kısıtlı sulamanın sebep olduğu kuraklık nedeniyle enzimleri aktifleştirebildiği gibi dışsal uygulamalar ile de tetiklenebilmektedir. Ayrıca bitkinin dikimden hasada kadar geçen sürede stresin olduğu an hangi enzimin çalışıyor olduğu ile de yakından ilişkilidir. Yıllar arasında CAT antioksidan enzim aktivitesinde meydana gelen farkların, örnek alınma döneminde birbirini takip eden enzimatik reaksiyonlara CAT enziminin başladığı yada devam ettiği süreçten kaynaklanan farklar olduğu düşünülmektedir. Bitki bünyesinde aktif haldeyken; CAT, mitokondri ve mikro gövdede H₂O₂'yi sınırlamak için kullanılan bir enzimdir (Pandey vd., 2016; Shigeoka vd., 2002).

Literatürde yapılan çalışmalara göre; Yoosefzadeh vd. (2018), farklı karpuz çeşitleri kullanarak uyguladıkları su kısıtı çalışmasında, CAT antioksidan enzim aktivitesinin su seviyesine göre farklı aktiviteler gösterdiğini belirterek, CAT aktivitesinin %60 toprak su içeriğinde en yüksek değerde, %40 su içeriğinde en düşük değerde olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, Kavas vd. (2013), kavun fidelerinde CAT aktivitesinin, su kısıtının çok yüksek olduğu durumlarda arttığını bildirmişlerdir.

4.4.3. Askorbat Peroksidaz (APX) Enzimi (U mg⁻¹)

Yetiştirme dönemi süresince her parselden alınan yaprak örneklerinde, sulama yönetimi ve uygulamaların APX antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi için Tablo 4.37'de verilen varyans analiz sonuçları hesaplanmıştır. Buna göre; her iki yıl uygulama ve sulama konularının APX aktivitesi üzerine p<0.001 önemlilikte etkili olduğu belirlenmiştir. U x Sk interaksiyonunun APX üzerine etkisi ise; her iki yılda p<0.05 önem düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. APX aktivitesine ait konuların ortalama sonuçları Tablo 4.38'de verilmiştir.

Tablo 4. 37. Askorbat peroksidaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.051 | 0.0255 | 0.555 ns |
| | Uygulama | 2 | 6.930 | 3.4650 | 75.052*** |
| | Sulama konusu | 3 | 7.570 | 2.5233 | 54.668*** |
| | U * Sk | 6 | 0.730 | 0.1217 | 2.619* |
| | Hata | 22 | 1.020 | 0.0464 | |
| | Genel | 35 | 16.300 | 0.4657 | |
| VK (%) | | | 5.65 | | |
| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.109 | 0.0545 | 4.876 ns |
| | Uygulama | 2 | 2.048 | 1.0240 | 91.651*** |
| | Sulama konusu | 3 | 9.086 | 3.0287 | 271.050*** |
| | U * Sk | 6 | 0.191 | 0.0318 | 2.844* |
| | Hata | 22 | 0.246 | 0.0112 | |
| | Genel | 35 | 11.68 | 0.3337 | |
| VK (%) | | | 2.30 | | |

***: p < 0.001; *: p < 0.05; ns: p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Çalışmaya göre sulama yönetimi açısından değerlendirilen APX aktivitesi %100 sulamanın yapıldığı S1 konusunda ilk yıl 3.22 olan aktivite değeri ikinci yıl 3.92 olarak ölçülmüştür. Kuraklığın etkisi ile bitkide meydana gelen fizyolojik değişim sonucunda 2018 yılına ait APX aktivitesi, sulama konuları arasında %80 sulamanın yapıldığı S2 konusunda, S1 konusuna göre, %11 artarken, %60 sulamanın yapıldığı S3 konusunda, S1 konusuna göre, %23 arttığı görülmüştür. Çalışmada en kurak konuyu oluşturan ve %40 sulama yapılan S4 konusunda ise APX aktivitesi S1 konusuna göre, %39'luk bir artış göstermiştir. Bu artışlar 2019 yılı APX aktivite değerlerinde de benzer sonuçlar göstermiştir. 2019 yılında APX aktivitesi, S1 konusuna göre karşılaştırıldığında; S2 konusunda %11 artarken S3 konusunda %15 artış göstermiştir. En yüksek artış ise ilk yılda olduğu gibi ikinci yılda da S4 konusunda görülmüş olup % 34'lük bir artış olduğu tespit edilmiştir. Sulama suyu azaldıkça strese giren bitkinin, APX aktivitesinde azalış olduğu belirlenmiş olup bu durumun APX aktivitesi ile bitkide stresin tahmin edilebileceği sonucunu ortaya koymuştur.

Tablo 4. 38. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) askorbat peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi

| | | APX (U mg ⁻¹) | | | | | |
|------|---------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD | |
| 2018 | S1 (%100) | 2.67 ^f | 3.61 ^{cd} | 3.39 ^{de} | 3.22D | 0.364 | |
| | S2 (%80) | 3.12 ^e | 3.79 ^c | 3.84 ^c | 3.58C | | |
| | S3 (%60) | 3.21 ^e | 4.34 ^b | 4.30 ^b | 3.95B | | |
| | S4 (%40) | 3.79 ^c | 5.15 ^a | 4.45 ^b | 4.46A | | |
| | Ort. | 3.20C | 4.22A | 4.00B | | | |
| 2019 | S1 (%100) | 3.62 ^h | 4.20 ^f | 3.95 ^g | 3.92D | 0.179 | |
| | S2 (%80) | 4.12 ^{fg} | 4.55 ^e | 4.40 ^{cd} | 4.36C | | |
| | S3 (%60) | 4.49 ^{de} | 5.18 ^b | 4.83 ^c | 4.83B | | |
| | S4 (%40) | 5.07 ^b | 5.65 ^a | 5.07 ^b | 5.27A | | |
| | Ort. | 4.33C | 4.90A | 4.56B | | | |

Dışsal uygulamaların APX ativitesi üzerine etkileri incelendiğinde ise hem SA hem de P uygulamalarında oldukça önemli artışlar ile karşılaşılmıştır. 2018 yılında kontrol uygulamasında APX aktivitesi 3.20 iken, 2019 yılında bu değer 4.33 olarak kaydedilmiştir. SA uygulamasının APX aktivitesi üzerine etkisi ise kontrol uygulaması ile kıyaslandığında; 2018 yılında %32'lik bir artış gösterirken P uygulaması %25'lik bir artış göstermiştir. 2019 yılında ise SA ve P uygulamalarında sırasıyla %13 ve %5'lik artışlar görülmüştür. Geleneksel yetiştiriciliğe göre SA ve P uygulamaları APX aktivitesini önemli derece artırmış olup uygulamalar arasındaki en yüksek artışın SA uygulamasına ait olduğu tespit edilmiştir.

Yıllara göre APX aktivitesine ait U x Sk interaksiyon sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla, 2018 yılında; kontrol uygulamalarında 3.79 ile 2.67 arasında, SA uygulamalarında 5.15 ile 3.61 arasında ve P uygulamalarında 4.45 ile 3.39 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. 2019 yılında ise; kontrol uygulamalarında 5.07 ile 3.62 arasında, SA uygulamalarında 5.65 ile 4.20 arasında ve P uygulamalarında 5.07 ile 3.95 arasında değişim göstermiştir. Hem 2018 hem 2019 yılında interaksiyona ait en yüksek değer SA x S4 parselinde görülürken en düşük değer K x S1 parselinde görülmüştür.

Literatürde yapılan çalışmalarda; Hamurcu vd. (2020), kuraklık stresinde karpuzda yaptıkları antioksidan enzim çalışmasında, kuraklık stresi altında dışsal Nitrik Oksit (NO) uygulamasının APX antioksidan enzim aktivitesini artırdığını ve bu sayede karpuz genotipinde yaşanan oksidatif hasardan korunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Moustafa vd. (2020), çalışmalarında, karpuz yapraklarına

dışsal uygulanan SA uygulamasının, SA uygulanmayan yapraklara kıyasla SOD, APX, GR ve CAT antioksidan enzimlerini önemli ölçüde aktive ettiğinden söz etmişlerdir.

4.4.4. Guaiakol Peroksidaz (GPX) Enzimi (U mg⁻¹)

Vejetasyon süresi boyunca toplanan yaprak örneklerine ait GPX antioksidan enzim analizi yapılmış ve sonuçlara ait varyans analizi Tablo 4.39’de verilmiştir. Ayrıca GPX aktivitesinin su yönetimi ve uygulamalar açısından daha net olarak açıklanabilmesi için konuların ortalamalarına ait istatistiksel değerler Tablo 4.40’de verilmiştir.

Tablo 4.39’a ait varyans analiz sonuçlarına göre; her iki yılda GPX aktivitesinin uygulama ve sulama konusu üzerine istatistiksel olarak p<0.001 önemlilik düzeyinde fark oluşturduğu görülmüştür. U x Sk interaksiyonu açısından ise istatistiksel olarak p<0.05 önem derecesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 39. Guaiakol peroksidaz aktivitesine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.079 | 0.0395 | 2.375 ns |
| | Uygulama | 2 | 1.998 | 0.9990 | 59.745*** |
| | Sulama konusu | 3 | 3.266 | 1.0887 | 65.106*** |
| | U * Sk | 6 | 0.259 | 0.0432 | 2.584* |
| | Hata | 22 | 0.368 | 0.0167 | |
| | Genel | 35 | 5.970 | 0.1706 | |
| | VK (%) | | 3.17 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.149 | 0.0745 | 3.483 ns |
| | Uygulama | 2 | 4.248 | 2.1240 | 99.333*** |
| | Sulama konusu | 3 | 22.582 | 7.5273 | 352.074*** |
| | U * Sk | 6 | 0.573 | 0.0955 | 4.467** |
| | Hata | 22 | 0.470 | 0.0214 | |
| | Genel | 35 | 28.022 | 0.8006 | |
| | VK (%) | | 4.72 | | |

***: p < 0.001; **: p < 0.01; *: p < 0.05; ns: p > 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Hem tam sulama hem de kuraklık stresi oluşturulan sulama yönetimine göre bitki yapraklarındaki GPX aktivitesi değişimleri, 2018 yılında; S1 konusunda 3.61 olarak hesaplanmıştır. Sulama suyunda %80, %60 ve %40 kısıtların uygulandığı S2, S3 ve S4 konularında ise S1 konusuna kıyasla; sırasıyla, %14, %16 ve %23 artış gözlenmiştir. Fakat S2 ve S3 konuları arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. 2019 yılında; S1 konusunda 2.60 olarak ölçülen GPX aktivitesi S2, S3 ve S4 kısıtlı

koşullarda ise S1 konusuna kıyasla; sırasıyla, %22, %54 ve %98 olacak şekilde artışlara sebep olmuştur. Artan kuraklık stresi bitkide GPX aktivitesinin artmasına sebep olmuştur. Bununla birlikte bitki içsel çözünürlüğünü artırarak, kurak koşullarda dahi topraktan daha çok su almayı tetikleyecek şekilde, sahip olduğu fizyolojik mekanizmayı değiştirmiştir.

Tablo 4. 40. Sulama konusu (Sk) ve dışsal uygulamaların (Kontrol, SA ve P) guaiakol peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi

| GPX (U mg ⁻¹) | | | | | | |
|---------------------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|
| Yıl | Sulama Konusu | K | SA | P | Ort. | LSD |
| 2018 | S1 (%100) | 3.29 ^h | 3.65 ^g | 3.90 ^{ef} | 3.61C | 0.219 |
| | S2 (%80) | 3.72 ^{fg} | 4.30 ^{bc} | 4.28 ^{bc} | 4.10B | |
| | S3 (%60) | 3.96 ^{de} | 4.17 ^{cd} | 4.41 ^b | 4.18B | |
| | S4 (%40) | 4.16 ^c | 4.74 ^a | 4.84 ^a | 4.58A | |
| | Ort. | 3.78C | 4.21B | 4.36A | | |
| 2019 | S1 (%100) | 1.80 ¹ | 2.51 ^{fg} | 2.17 ^h | 2.16D | 0.248 |
| | S2 (%80) | 2.36 ^{gh} | 2.84 ^e | 2.72 ^{ef} | 2.64C | |
| | S3 (%60) | 2.90 ^e | 3.78 ^c | 3.28 ^d | 3.32B | |
| | S4 (%40) | 3.59 ^c | 4.89 ^a | 4.33 ^b | 4.27A | |
| | Ort. | 2.66C | 3.50A | 3.12B | | |

Kuraklık stresi dışında, dışsal uygulamaların da fizyolojik gelişimde olumlu etkileri görülmüştür. 2018 yılında kontrol uygulamasında GPX aktivitesi 3.78 olarak hesaplanmıştır. SA uygulaması ise GPX aktivitesinde kontrole göre, %12'lik bir artışa neden olurken, P uygulaması kontrole göre %15'lik bir artışa sebep olmuştur. 2019 yılında kontrol uygulamasına göre, dışsal uygulamaların artışı biraz daha yüksek olduğu karşımıza çıkmaktadır. 2019 yılında kontrol uygulamasında GPX aktivitesi 2.66 olarak hesaplanmıştır. Kontrole göre; SA uygulaması %32'lik bir artış sergilerken, P uygulaması %17'lik bir artış göstermiştir.

Sulama yönetimi ve dışsal uygulamaların GPX enzim aktivitesi üzerine etkilerinin açıklanması amacı ile oluşturulan interaksiyona göre; İlk yılda, P x S4 parseli en yüksek GPX aktivite değerine ulaşmıştır. Ancak P x S4 ile SA x S4 parseli arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

En düşük GPX aktivite değeri ise K-S1 parseline aittir. İkinci yıl, SA x S4 parseli en yüksek değere sahip olurken, K x S1 ilk yılda olduğu gibi en düşük değere sahip olmuştur. Vejetasyon süresince kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde dışsal uygulamalar yardımıyla bitkinin içsel mekanizması değişmekte ve strese bağlı sentezlenen antioksidan enzim aktivitesi olumlu etkilenmektedir. Bu durum ise artışa

sebepe olan GPX aktivitesi sonucunda stres koşullarının aşılması bitkiye tolerans sağladığını göstermektedir. GPX enzim aktivitesinin, U x Sk interaksyonunda her uygulama kendi içinde değerlendirildiğinde ise, sırasıyla kontrol, SA ve P uygulamalarında en yüksek ve en düşük değerler, 2018 yılında; 4.16 ile 3.29 arasında, 4.74 ile 3.65 arasında ve 4.84 ile 3.90 arasında değişmiştir. 2019 yılında ise bu değişimlerin; 3.59 ile 1.80 arasında, 4.89 ile 2.51 arasında ve 4.33 ile 2.17 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Konu ile ilgili literatür çalışmalarında; Erez vd. (2020), kuraklık koşullarında karpuzda yaptıkları çalışmada; kuraklığa toleranslı, orta toleranslı ve hassas olmak üzere toplamda üç farklı çeşit kullanmışlardır. Kuraklık koşullarında GPX, APX ve SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla önemli ölçüde artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışmadaki enzimlerin genel değerlendirmesinde elde edilen GPX aktivitesinin diğer antioksidan enzim aktivitelerinden farklı olduğunu belirtmişlerdir.

4.5. Bitki Ölçümlerine Ait Bulgular

Yetiştirme dönemi süresince bitkide yaşanan stresin ve optimum su kısıtının belirlenmesi amacıyla, bitki yapraklarında stresi belirlemede etkili sonuçlar veren ölçümler yapılmıştır.

4.5.1. Klorofil Miktarının Belirlenmesi (SPAD)

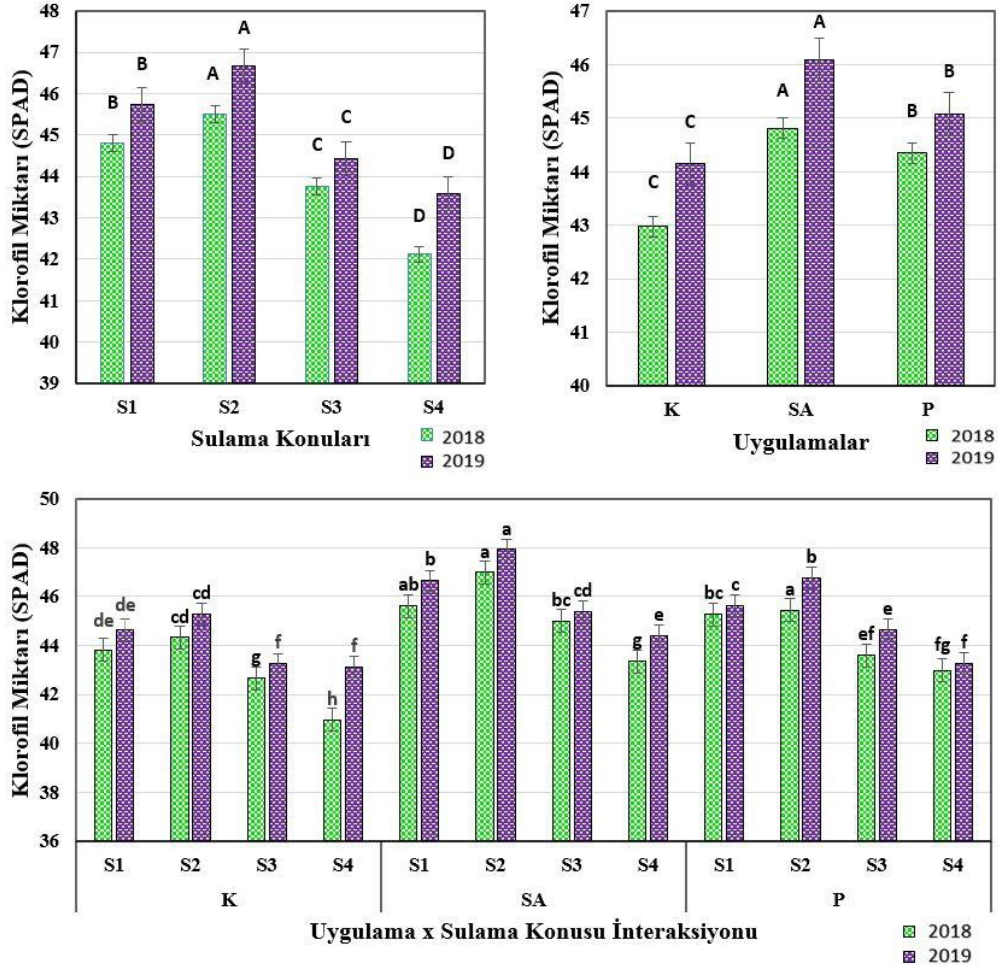
Çalışma kapsamında, sulama konularının ve dışsal uygulamaların bitki yapraklarında klorofil miktarı üzerine etkileri, Tablo 4.41’de de gösterildiği gibi, her iki yılda uygulama ve sulama konusunda $p < 0.001$ önem düzeyinde etkili olduğu belirtilmiştir. U x Sk interaksyonu ise; her iki yıl için $p < 0.05$ önemlilik düzeyinde etkili olduğu hesaplanmıştır. Klorofil miktarı değerlerine ait ortalama sonuçlar Şekil 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4. 41. Klorofil miktarına ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|--------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.325 | 0.1625 | 0.828 ns |
| | Uygulama | 2 | 22.032 | 11.0160 | 56.037*** |
| | Sulama konusu | 3 | 58.907 | 19.6357 | 99.981*** |
| | U * Sk | 6 | 3.066 | 0.5110 | 2.599* |
| | Hata | 22 | 4.325 | 0.1966 | |
| | Genel | 35 | 88.655 | 2.5330 | |
| VK (%) | | | 1.01 | | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.061 | 0.0305 | 0.249 ns |
| | Uygulama | 2 | 22.563 | 11.2815 | 91.594*** |
| | Sulama konusu | 3 | 50.257 | 16.7523 | 136.014*** |
| | U * Sk | 6 | 2.393 | 0.3988 | 3.238* |
| | Hata | 22 | 2.710 | 0.1232 | |
| | Genel | 35 | 77.983 | 2.2281 | |
| VK (%) | | | 0.78 | | |

***: $p < 0.001$; *: $p < 0.05$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Klorofil miktarı sulama yönetimine göre değişimi, 2018 yılında tam sulama yapılan S1 konusunda 44.81 olarak belirlenmiştir. Kısıtlı sulamanın uygulandığı S2 konusunda %2'lik artış olduğu ve bu sayede en yüksek klorofil miktarı sahip konu olduğu dikkat çekmiştir. S1 konusuna göre değerlendirildiğinde; su kısıtının daha da arttığı S3 konusunda %2'lik azalış olurken, en kurak konu olan S4 konusunda ise %6'luk azalış olduğu dikkat çekmiştir. 2019 yılında S1 konusunda klorofil miktarı 45.73 olarak ölçülmüştür. S1 konusuna göre; %20 kısıtlı sulama uygulanan S2 konusu ilk yıl ile benzerlik göstererek %2'lik bir artış meydana getirmiştir. Diğer sulama uygulamalarından S3 ve S4 konularında ise S1 konusuna göre; sırasıyla %3 ve %5 oranlarında azalışlar olduğu kaydedilmiştir. Çalışmada %20 lik bir su kısıtı bitkiyi teşvik etmiş olup klorofil miktarında artış görülmüştür. Ancak %20'nin üzerindeki kuraklık koşullarında klorofil miktarındaki düşüşlerin bitkiyi olumsuz etkileyecek düzeyde stres oluşturduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 4. 6. Klorofil ölçümüne ait LSD analiz sonuçları

Klorofil miktarının uygulamalara göre değişimi ise; 2018 yılında kontrol uygulamasında 42.97 olarak ölçülürken, 2019 yılında 44.14 olarak ölçülmüştür. Her iki yılda da kontrol uygulamasına göre; Sa uygulamasında klorofil içeriği %4'lük bir artış sergilemiştir. Kontrole göre, P uygulamasında ise ilk yıl %3 artış gösteren klorofil içeriği ikinci yılda sadece %2'lik bir artış göstermiştir. Bu durum dışsal uygulamalarda hem SA hemde P uygulamaları bitki gelişimine bitkiyi destekleyici nitelik kazandırmış olup klorofil miktarında önemli derecede artışa sebep olmuştur. Bu artışlarda en yüksek destek olan uygulamise SA uygulaması olduğu belirlenmiştir.

Klorofil miktarı açısından Şekil 4.6'da verilen LSD test sonuçlarına göre 2018 yılında kontrol uygulaması 40.95 ile 44.44 arasında değişim göstermiştir. Dışsal uygulamalardan SA uygulaması 42.38 ile 46.27 arasında değişim gösterirken, P uygulaması 42.98 ile 45.78 arasında değiştiği belirlenmiştir.

2019 yılına ait ölçümlerde, K uygulaması 43.12 ile 45.29 arasında değişim gösterirken, SA uygulaması 44.40 ile 47.91 arasında, P uygulaması ise 43.22 ile 46.76 arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte interaksiyon sonuçlarında ilk yıl, en yüksek değeri oluşturan SA x S2 parseli olmuştur. Ancak SA x S2 ile P x S2 arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı görülmüştür. En düşük değeri oluşturan parsel ise K x S4 parseli olduğu belirlenmiştir. İkinci yılda en yüksek değer ilk yılda olduğu gibi SA x S2 parseline aittir. İlgili yıldaki en düşük değer ise K x S4 parselinde görülmüş olup K x S4 ile P x S4 ve K x S3 parselleri aralarında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Klorofil miktarı bitkide, özellikle kuraklık stresinin yoğun yaşandığı dönemlerde, daha düşük seviyelerde ölçülmektedir. Ancak belirli düzeydeki stresin, bitkilerde olumlu sonuçlar verdiği bilinmekle birlikte, klorofil miktarının %80 sulama uygulamalarının olduğu parsellerde %100 sulamaya kıyasla bir miktar arttığı da bu durumu kanıtlar nitelikte görülmüştür.

Klorofil içeriği ile ilgili yapılan çalışmalarda; Moustafa-Farag vd. (2020), kuraklık stresine maruz bırakılan karpuzda, dışsal olarak SA uygulanması klorofil içeriğini teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca klorofil içeriğinin fotosentezle doğrudan ilişkili olduğunu ve klorofil içeriğinde yaşanan azalmanın, fotosentetik pigmentlerin zarar görmesiyle açıklanabileceğinden bahsetmişlerdir (Malambane vd., 2021). Bu durumda, çalışmada dışsal uygulamalar sonucu klorofil içeriğinin artmasının fotosentetik pigmentlerin olumlu şekilde etkilendiği ve buna bağlı olarak dışsal uygulamaların fotosentezi artırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca kavunda yapılan dışsal uygulama çalışmalarında SA uygulamasının kontrol grup ile karşılaştırılmasında klorofil içeriğini artırdığı sonucuna varılmıştır (Nasrabadi vd., 2015). Benzer şekilde, salatalıkta dışsal uygulanan 3mM SA uygulaması tam sulama koşullarında klorofil içeriğini %32 artırdığını ifade etmişlerdir (Nikbakht vd., 2020).

4.5.2. Stoma İletkenliğinin Belirlenmesi ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Vejetasyon süresi boyunca, karpuz yapraklarında ölçülen stoma iletkenliği değerleri hesaplanmıştır. Stoma iletkenliği değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.42'de, stoma iletkenliği değerlerine ait konuların ortalama sonuçları ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

Karpuz bitkisinin su kısıtı ve dışsal uygulama koşulları ile yetiştirilmesi sonucunda elde edilen stoma iletkenliği verilerinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre; hem 2018 hem de 2019 yılında, uygulama ve sulama konularının

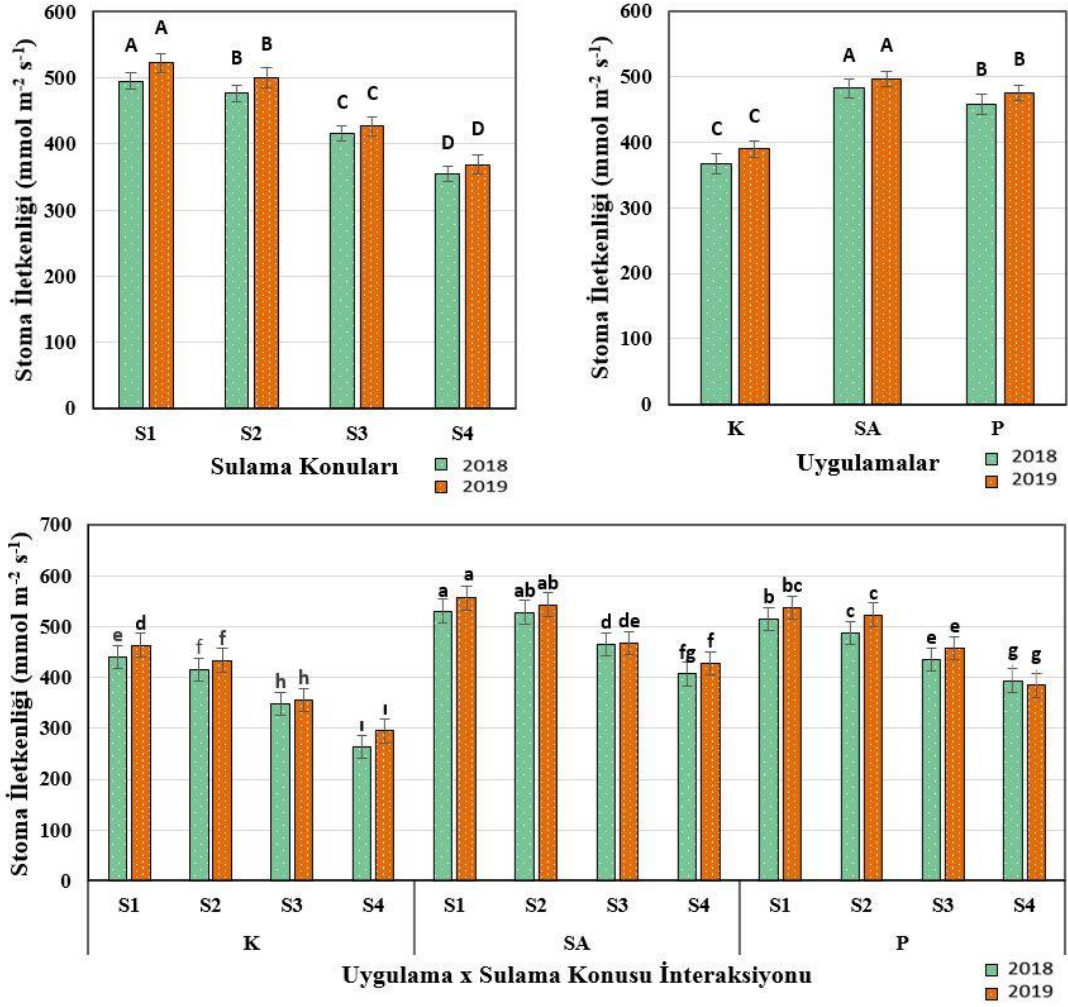
istatistiksel açıdan $p < 0.001$ önemlilik düzeyinde fark oluşturduğu tespit edilmiştir. İlk yıl stoma iletkenliği değerinin U x Sk interaksyonuna etkisi $p < 0.001$ önem düzeyinde belirlenirken ikinci yıl $p < 0.01$ önem düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. 42. Stoma iletkenliğine ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 149.532 | 74.7660 | 0.791 ns |
| | Uygulama | 2 | 88548.413 | 44274.2065 | 468.660*** |
| | Sulama konusu | 3 | 109105.519 | 36368.5063 | 384.975*** |
| | U * Sk | 6 | 4011.520 | 668.5867 | 7.077*** |
| | Hata | 22 | 2078.337 | 94.4699 | |
| | Genel | 35 | 203893.321 | 5825.5235 | |
| | VK (%) | | | 2.23 | |
| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 50.800 | 25.400 | 0.28 ns |
| | Uygulama | 2 | 79719.570 | 39859.785 | 441.77*** |
| | Sulama konusu | 3 | 132802.170 | 44267.390 | 493.96*** |
| | U * Sk | 6 | 2744.550 | 457.425 | 5.10** |
| | Hata | 22 | 1971.570 | 89.617 | |
| | Genel | 35 | 216748.650 | 6192.819 | |
| | VK (%) | | | 2.08 | |

***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Stoma iletkenliğinin, kısıtlı sulama koşullarına maruz bırakılarak oluşturulan stres sonucundaki değişimi, artan kuraklık ile birlikte azalmıştır. Sulama uygulamalarında, kısıtlı sulama koşulları göz önüne alındığında stoma iletkenliği 2018 yılında S1 konusunda 494.99 olarak hesaplanırken, 2019 yılında 522.45 olarak hesaplanmıştır. Her iki yıl S1 konusuna göre değerlendirildiğinde; %20 kısıtlı sulamanın uygulandığı S2 konusunda stoma iletkenliği, her iki yılda da %4'lük bir azalış göstermiştir. Bununla birlikte %40 su kısıtı uygulanan S3 konusunda ise stoma iletkenliği ilk yılda %16'lık azalış, ikinci yılda %18'lik azalış sergilemiştir. Çalışmada en kurak konu olan ve %60 su kısıtı uygulanan S4 konusunda ilk yıl ölçülen stoma iletkenliği %28 azalırken, ikinci yıl bu azalış %29 olarak kaydedilmiştir. Stoma iletkenliği kısıtlı sulama koşullarından önemli dercede etkilenmiş olup kuraklıkla birlikte düşüşlere sebep olmuştur.



Şekil 4. 7. Stoma iletkenliğine ait LSD analiz sonuçları

Stres koşulları arttıkça azalan stoma iletkenliği, dışsal uygulamalar ile olumlu etkilenmiş ve artış göstermiştir. Kontrol uygulamasına göre 2018 yılında 366.95 olarak ölçülen stoma iletkenliği 2019 yılında 389.49 olarak belirlenmiştir. SA uygulaması stoma iletkenliğinde çok ciddi artışlara sebep olarak, kontrole göre; ilk yıl %31, ikinci yıl %27 artış sağlamıştır. P uygulaması ise SA uygulamasına göre daha az artış gösterse de, kontrol uygulamasına kıyasla, ilk yıl %25, ikinci yıl %22'lik ciddi bir artış göstermiştir. Bitkide yaşanan stresin bir göstergesi olan stoma iletkenliği, dışsal uygulamaların etkisi ile çok önemli artış göstermiştir. Bu durum sonucunda, kuraklık şartlarına bağlı olarak bitkideki içsel sentezin etkilenmediğini ve bu sayede fotosentez mekanizmasını daha etkin düzenleyerek stoma iletkenliğinin artmasını sağladığı belirlenmiştir.

Stoma iletkenliği değerlerine ait LSD sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.7); her iki yılda 9 farklı grup oluşmuştur. Her iki yılda da en yüksek ve en düşük ortalamayı oluşturan parseller; sırasıyla SA x S1 ve K x S4 parselleri olduğu belirlenmiştir.

Ancak en yüksek değeri oluşturan SA x S1 parseli ile SA x S2 parseli arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Çalışmada uygulamalar kendi içinde değerlendirildiğinde ise kontrol uygulaması 2018 yılında 264.19 ile 440.08 arasında değişim gösterirken 2019 yılında 294.81 ile 474.56 arasında değişmiştir. SA uygulaması ilk yıl 406.56 ile 530.72 arasında değişim gösterirken, ikinci yılda 427.47 ile 555.77 arasında değişim göstermiştir. P uygulaması ise ilk yıl 393.94 ile 514.17 arasında değişim gösterirken, ikinci yıl 384.77 ile 537.02 arasında değiştii belirlenmiştir.

Literatür çalışmalarına göre; Barzegar (2018), karpuzda %100, %70 ve %50 olarak üç farklı seviye kullanarak yaptıkları sulama uygulama çalışmasında, stresli bitkilerde stoma açıklığının azaldığını ve terleme oranının azaldığını belirterek, çalışma sonucunda artan kuraklık stresi ile stoma iletkenliğinde bozulma yaşandığını ve bu sayede stoma iletkenliğinin azaldığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Kim vd. (2019), çalışmalarında, su kısıtına bağlı kuraklık stresi altındaki bitkilerde stoma iletkenliğinin önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir.

4.5.3. Yaprak Sıcaklığının Belirlenmesi (°C)

Vejetasyon süresince yetiştirilen karpuzlarda, yaprak sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Yaprak sıcaklığına ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.43'de verilmiştir. Ayrıca yaprak sıcaklık değerlerinin daha net açıklanması amacıyla konu ortalamalarına ait sonuçlarda Şekil 4.8'de belirtilmiştir.

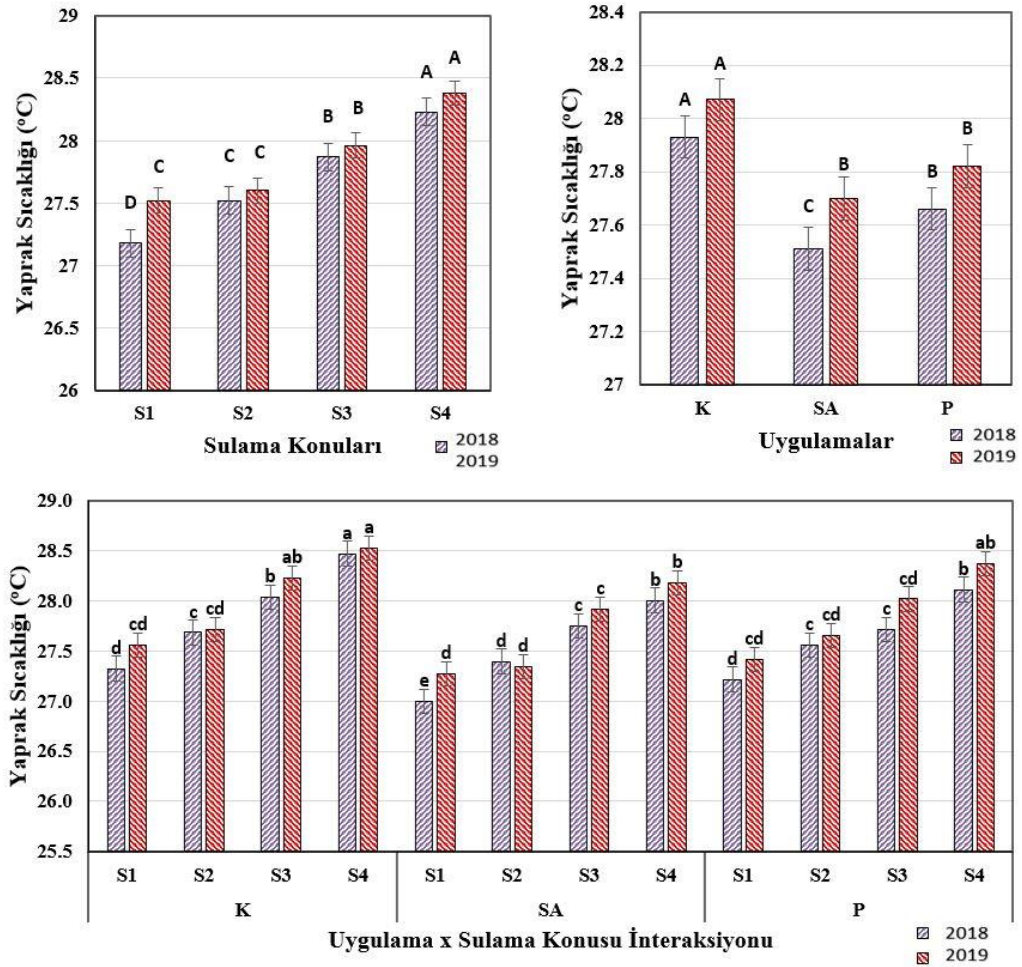
Tablo 4.43'e ait varyans analiz sonuçlarında, yaprak sıcaklığının ilk yılda uygulama ve sulama konusu üzerine istatistiksel olarak $p<0.001$ önem düzeyinde fark oluşturduğu görülmüştür. U x Sk interaksiyonu açısından ise istatistiksel olarak $p<0.05$ önem derecesine sahip olduğu görülmüştür. Yaprak sıcaklığının ikinci yıl verilerine göre, uygulama ve sulama konusu üzerine istatistiksel olarak $p<0.01$ önem düzeyi bulunurken, U x Sk interaksiyonu istatistiksel açıdan $p<0.05$ 'lik önem derecesinde fark oluşturduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. 43. Yaprak sıcaklığına ait varyans analiz sonuçları

| Yıl | Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|
| 2018 | Tekerrür | 2 | 0.160 | 0.0800 | 6.732 ns |
| | Uygulama | 2 | 1.074 | 0.5370 | 46.541*** |
| | Sulama konusu | 3 | 5.508 | 1.8360 | 159.061*** |
| | U * Sk | 6 | 0.208 | 0.0347 | 2.998* |
| | Hata | 22 | 0.254 | 0.0115 | |
| | Genel | 35 | 7.200 | 0.2057 | |
| | VK (%) | | | 0.39 | |
| 2019 | Tekerrür | 2 | 0.181 | 0.0905 | 2.587 ns |
| | Uygulama | 2 | 0.836 | 0.4180 | 11.931*** |
| | Sulama konusu | 3 | 4.227 | 1.4090 | 40.200*** |
| | U * Sk | 6 | 0.549 | 0.0915 | 2.609* |
| | Hata | 22 | 0.771 | 0.0350 | |
| | Genel | 35 | 6.654 | 0.1901 | |
| | VK (%) | | | 0.67 | |

***: $p < 0.001$; *: $p < 0.05$; ns: $p > 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Çalışmada sulama yönetimi göz önüne alındığında yaprak sıcaklığı, 2018 yılında tam sulamanın uygulandığı ve kuraklık stresinin yaşanmadığı S1 konusunda 27.18 °C ölçülmüştür. Uygulanan sulama suyunda kısıtlar oldukça, yaprak sıcaklık değerlerinde artışlar meydana geldiği gözlenmiştir. Sulama suyunun %80 uygulandığı S2 parselinde ölçülen yaprak sıcaklığı değerinde, S1 konusunda göre; %1 artış yaşanmıştır. Ancak su kısıtının daha yüksek yaşandığı ve %60 sulama suyu uygulanan S3 konusundaki S1 konusuna göre %3'lük bir artış görülmüştür. En kurak konu olan ve %40 sulama uygulanan S4 konusunda ise bu artışın %4 olduğu belirlenmiştir. 2019 yılındaki sıcaklık değişimlerinde ise S1 konusu 27.52 °C ölçülmüştür. S2 konusunda ise ölçülen sıcaklık değeri S1 konusunda kıyasla, sadece %0.3'lük bir artış göstermiş olsa da S1 ile S2 arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Kuraklığın arttığı S3 ve S4 parsellerinde ise sıcaklık artışları S1 konusuna göre; sırasıyla %2 ve %3 olduğu kaydedilmiştir.



Şekil 4. 8. Yaprak sıcaklığı ölçümüne ait LSD analiz sonuçları

Yaprak sıcaklığının uygulamalara göre değişimi değerlendirildiğinde ise; 2018 yılında kontrol uygulamasında 27.93 °C olarak ölçülmüştür. Aynı yıl kontrol uygulamasına göre; SA uygulaması yaprak sıcaklığını %2 oranında azalttığı dikkat çekmiştir. P uygulaması da yaprak sıcaklığını %1 oranında oranında azaltarak kuraklık stresinden kaynaklanan sıcaklık artışını engellemiştir. Benzer sonuçlar ikinci yılda görülmüştür. 2019 yılında kontrol uygulamasında 28.07 °C olarak ölçülen yaprak sıcaklığı, hem SA hem de P uygulamalarında kontrol uygulamasına göre; %1'lik bir azalışa sebep olarak stres ile mücadelede önemli sonuçlara yer vermiştir. Ancak bu yıl SA ile P uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunamadığı tespit edilmiştir. Bitki vejetasyonunda stresin ilk izlendiği parametrelerden olan yaprak sıcaklığı, bitki gelişimi için çok önemlidir. Bu amaçla yaprak sıcaklığının düşürülmesi bitkideki stresin uzaklaştırıldığı anlamına gelmektedir. Böylece dışsal uygulamaların bu konudaki başarısı kanıtlanmış olmaktadır.

Yaprak sıcaklığına ait değerlerin belirlenmesi açısından yapılan ve Şekil 4.8’de verilen LSD sonuçlarına göre 2018 yılında en yüksek değer K x S4 parseline ait olup en düşük değer SA x S1 parseline ait olduğu belirlenmiştir. 2019 yılına bakıldığında en yüksek değeri oluşturan parsel yine K x S4 parseli olduğu belirlenmiştir. Fakat K x S4 parseli ile P x S4 parseli arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. En düşük değere sahip parsel SA x S2 olmakla beraber SA x S1 ile aralarında istatistiksel fark oluşmamıştır. Yaprak sıcaklığında U x Sk interaksyonu göz önüne alındığında, uygulamaların kendi içerisindeki değişimi 2018 yılında; kontrol uygulamasında en yüksek değer 28.58 °C iken, en düşük değer 27.32 °C olarak ölçülmüştür. SA uygulamasında en yüksek değer 28.00 °C iken, en düşük değer 27.00 °C olduğu belirlenmiştir. P uygulamasında ise; en yüksek değer 28.11 °C iken, en düşük değer 27.22 °C olarak kaydedilmiştir. Benzer sonuçlar 2019 yılında da görülmüştür. 2019 yılında interaksyona ait klorofil içeriğinin değişimi, kontrol uygulamasında en yüksek değeri 28.61 °C iken, en düşük değeri 27.55 °C olduğu belirlenmiştir. SA uygulamasında en yüksek değer 28.18 °C iken, en düşük değer 27.41 °C olduğu kaydedilmiştir. P uygulamasında ise; en yüksek değer 28.37 °C iken, en düşük değer 27.60 °C olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalarda; Akashi (2011), karpuzda yaptıkları kuraklığa dayanıklılık çalışmasında, karpuz yapraklarında, su eksikliği koşullarında terlemede azalma görülmesiyle beraber yaprak sıcaklığında artış meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

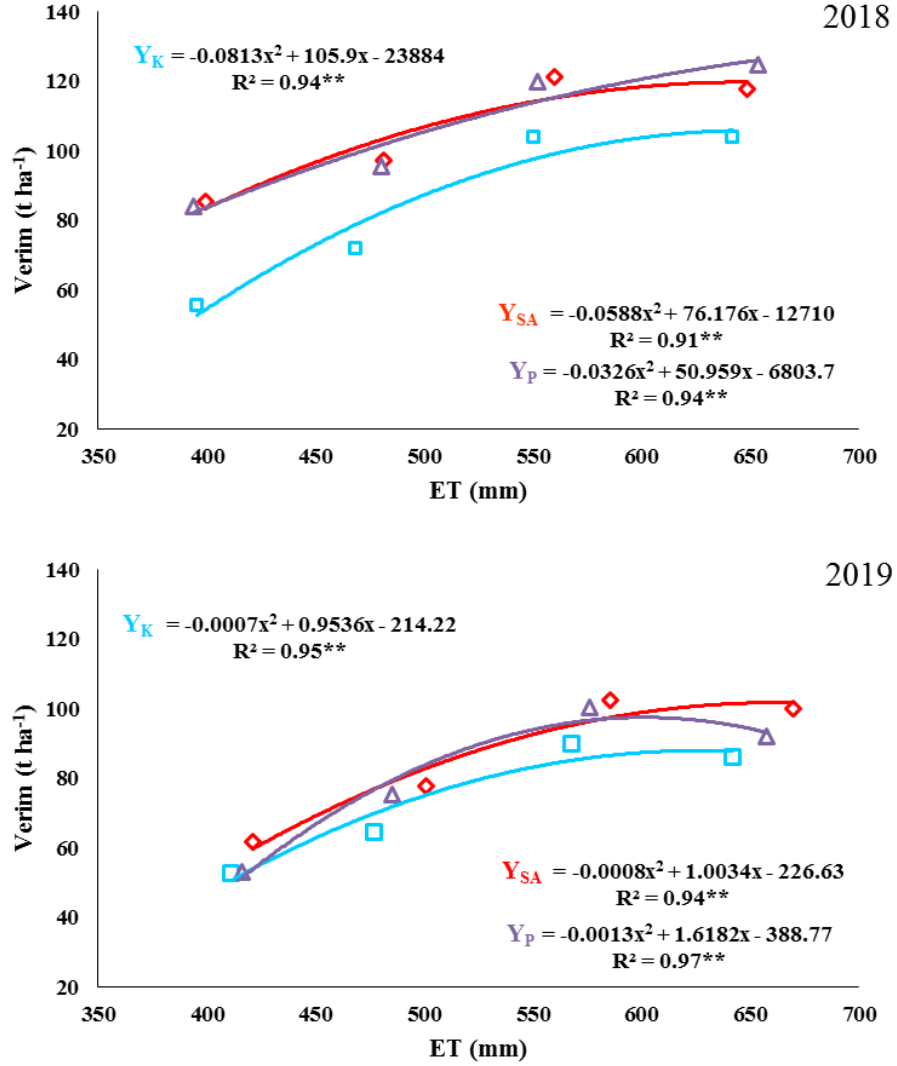
4.6. Ölçümlere Dayalı Regresyon Analizi Bulguları

4.6.1. Bitki Su Tüketimi (ET) ile verim ve meyve özelliklerine ait ilişkiler

Yetiştirme süresince, konulara göre uygulanan su yönetimine ait 2018 ve 2019 yıllarının sonuçlarından elde edilen verim ve verime dayalı pazarlanabilirliği artıran önemli özelliklere göre regresyon analizleri yapılmıştır.

Araştırmada, ET’nin azalması ile verim olumsuz etkilenecek düşüğü gözlenmiştir. Bu durumda, kuraklığın en yoğun yaşandığı kontrol, SA ve P uygulamalarına ait tüm parsellerde en düşük verim elde edilmiştir. Verim – ET arasındaki bu düşüş polinomsal ve önemli bir ilişki ile açıklanmakla birlikte kontrole göre, dışsal uygulamaların yapıldığı parsellerdeki verim azalmasının daha az olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9).

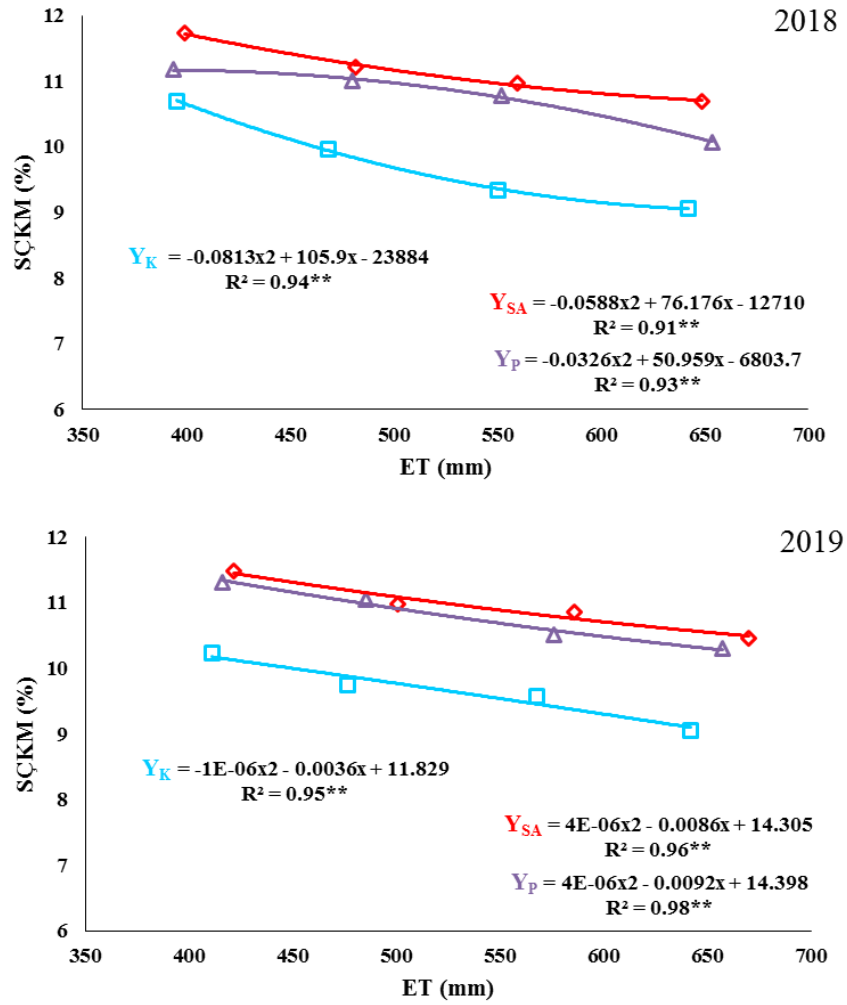
Diğer bir ifade ile; yapılan araştırma koşullarında, su yönetimine göre farklı kuraklıklar oluşturularak yetiştirilen karpuzlarda, geleneksel yetiştirme koşullarında kuraklıktan daha kolay etkilenerak yüksek verim kayıpları yaşanırken, dışsal uygulamalar ile desteklenen yetiştirme koşulları varlığında kuraklığa daha fazla tolerans ve dayanım sergileyerek daha düşük verim kayıpları oluşturmuştur.



Şekil 4. 9. Bitki su tüketimi ile verime ait ilişkiler

Dışsal uygulamalardan SA ve P genel olarak benzer özellikler göstermekle beraber SA uygulamaları her bir kuraklık seviyesinin oluşturduğu ET değerinde P uygulamalarına göre daha yüksek verim oluşturarak daha fazla dayanım gösterdiği belirlenmiştir.

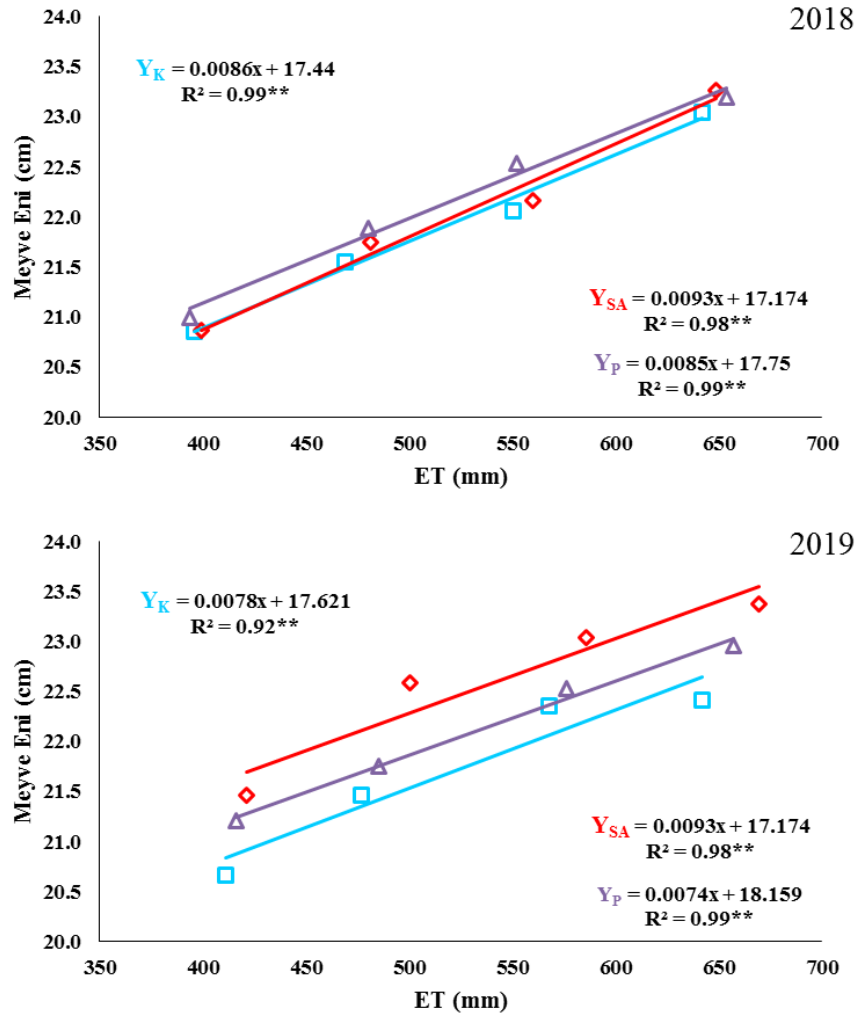
Araştırma parsellerinden belirlenen ET ile SÇKM arasındaki polinomsal olarak önemli derecede ters orantılı bir ilişki olmuştur (Şekil 4.10). ET'nin yüksek olduğu konulardaki kontrol, SA ve P uygulamalarında SÇKM değerinin düştüğü belirlenmiştir. Kontrol grubuna ait SÇKM değerleri dışsal uygulamalara ait SÇKM değerleri ile karşılaştırıldığında ise daha düşük SÇKM değerleri görülmüştür. Karpuzda SÇKM değerinin artırılmasında veya belirli sınırlar içerisinde, SÇKM değerinin tahmin edilmesinde ET değeri göz önüne alınarak yetiştirme koşulları iyileştirilebileceği belirlenmiştir.



Şekil 4. 10. Bitki su tüketimi ile SÇKM değerine ait ilişkiler

Yetiştirme koşullarından elde edilen verilerde, ET ile Meyve eni arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11).

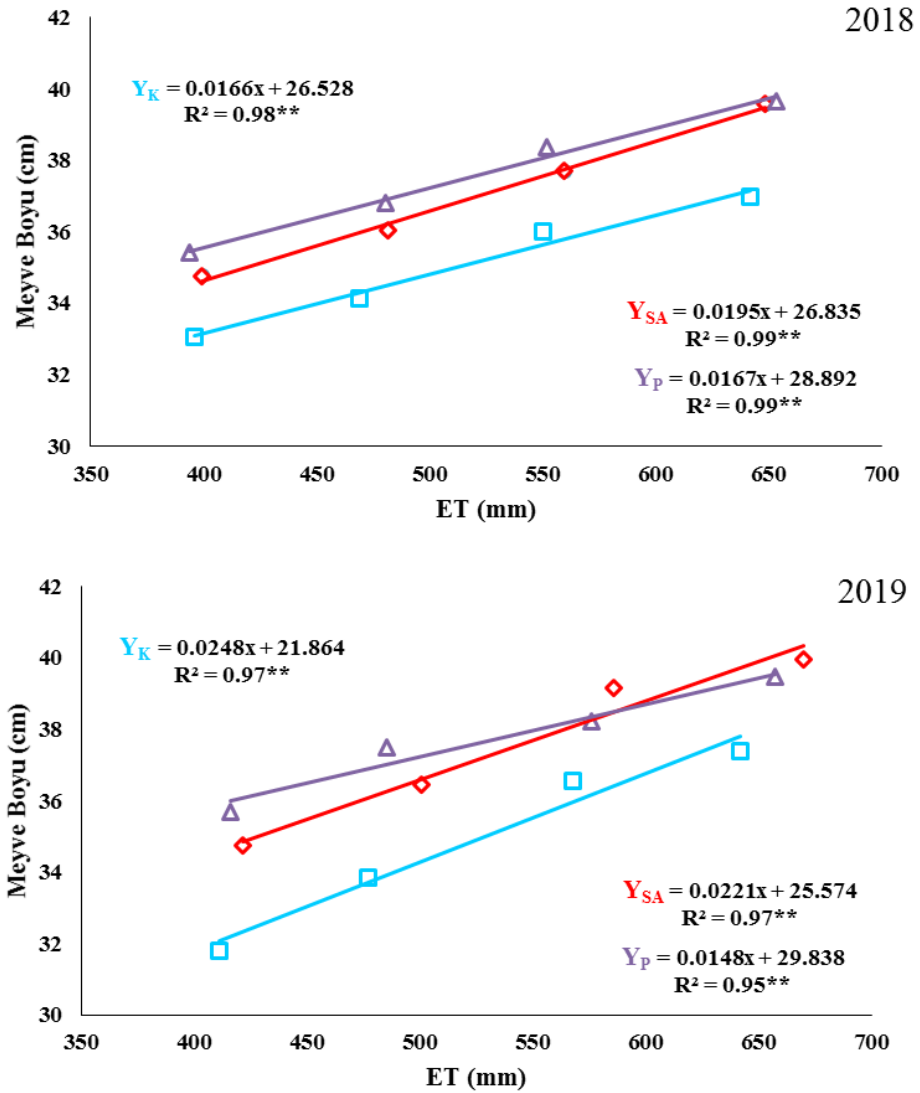
Yetiştirme koşullarında ET'nin artması doğrusal bir şekilde Meyve eni değerini de artırdığı görülmekle beraber dışsal uygulamalar ile bu artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifade ile dışsal olarak yaprakdan SA veya P uygulamaları, meyve eni değerini değiştirerek meyve şeklinin belirlenmesinde rol oynamaktadır. Aynı şekilde yetiştirme koşulları göz önüne alınarak hesaplanan ET değeri ile doğru orantılı bir şekilde meyve eni değerinin değiştirilebileceği tespit edilmiştir.



Şekil 4. 11. Bitki su tüketimi ile meyve eni değerine ait ilişkiler

Vejetasyon sürecinde su yönetiminin doğrudan etkilediği ET ile Meyve boyu arasında kontrol, SA ve P uygulamaları arasında doğrusal ve önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.12). ET'nin artması ile artış gösteren meyve boyu değeri meyve şeklinin belirlenmesindeki diğer bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Araştırmada uygulanan su yönetimi koşullarına göre hesaplanan ET'nin artması, bitkinin kök bölgesinde daha fazla neme sahip olduğunu ve bitki büyüme ve gelişmesini daha fazla artırabileceğini göstermektedir. Bununla beraber vejetasyon süresince dışsal uygulamalara maruz bırakılan bitki, tüm büyüme ve gelişme süresince kontrol uygulamalarına göre daha yüksek oranda meyve boyu oluşturmuştur. Ayrıca bu durum, dışsal uygulamalar ile meyve şeklinde de değişiklik yapılabileceğini göstermektedir. SA ve P kendi aralarında değerlendirildiğinde ise; artan ET ile birlikte SA uygulamasında meyve boyununun daha fazla olduğu görülmüştür. Benzer ifade ile; uygulamalar arasında eşit uzunluktaki meyve boyuna sahip olabilmek için, kontrol uygulamasında daha fazla ET gerekli iken, dışsal uygulamalarda daha düşük ET'nin gerekli olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. 12. Bitki su tüketimi ile meyve boyu değerine ait ilişkiler

4.6.2. Parametreler Arasındaki İlişkiler

Farklı sulama suyu düzeyleri (%100, %80, %60 ve %40) ile farklı dışsal uygulama (Kontrol, SA ve P) koşullarında yetiştirilen Karpuz bitkisinin; ET, Pazarlanabilir verim, WUE, IWUE, meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve eni, meyve kabuk kalınlığı, meyve eti sertliği, SÇKM, titre edilebilir asitlik, meyve sayısı/bitki, meyve renk şiddeti (L, a ve b), APX, GPX, SOD, CAT, klorofil miktarı, stoma iletkenliği ve yaprak sıcaklığı olmak üzere toplamda 22 adet parametre arasındaki korelasyon analizi Şekil 4.13'de verilmiştir. İncelenen tüm parametreler arasındaki ilişkiler $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**) ve $p < 0.001$ (***) olasılık düzeyine göre önemli olup olmadığı belirlenmiştir.

Bitki su tüketimi ile IWUE (-0.54***), GPX (-0.85***), SOD (-0.85***), CAT (-0.84***), yaprak sıcaklığı (-0.95***), b (-0.74***), SÇKM (-0.54***) arasında negatif yönlü çok yüksek korelasyon ($p < 0.001$) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bitki su tüketimi ile meyve kabuk kalınlığı (-0.78**) ve APX (-0.77**) arasında negatif yönlü korelasyon $p < 0.01$ önem düzeyinde görülmüştür. Bu durumda, bitki su tüketiminin azalması sulama suyu kullanım etkinliğinde, antioksidan enzimlerde, yaprak sıcaklığında, b ve SÇKM değerinde artışlar görülmesine sebep olacaktır. Ayrıca meyve kabuk kalınlığı olumsuz etkilenecek artış görülebileceği belirlenmiştir. Bitki su tüketimi ile pazarlanabilir verim (0.87***), meyve ağırlığı (0.91***), meyve boyu (0.84***), meyve eni (0.97***) ve a (0.60***) arasında pozitif yönlü çok yüksek korelasyon ($p < 0.001$) olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda bitki su tüketimi ile meyve eti sertliği (0.51**), L (0.2**) ve stoma iletkenliği (0.77**) arasında $p < 0.01$ önem düzeyinde pozitif yönlü korelasyon görülürken, bitki su tüketimi ile titre edilebilir asitlik (0.4*) ve klorofil miktarı (0.69*) arasında $p < 0.05$ önem düzeyinde pozitif yönlü korelasyon bulunmaktadır. Buna göre ise; artan bitki su tüketimi koşullarında pazarlanabilir verim, meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve eni, a, L, stoma iletkenliği, titre edilebilir asitlik ve klorofil miktarında artışlar görülebileceği belirlenmiştir.

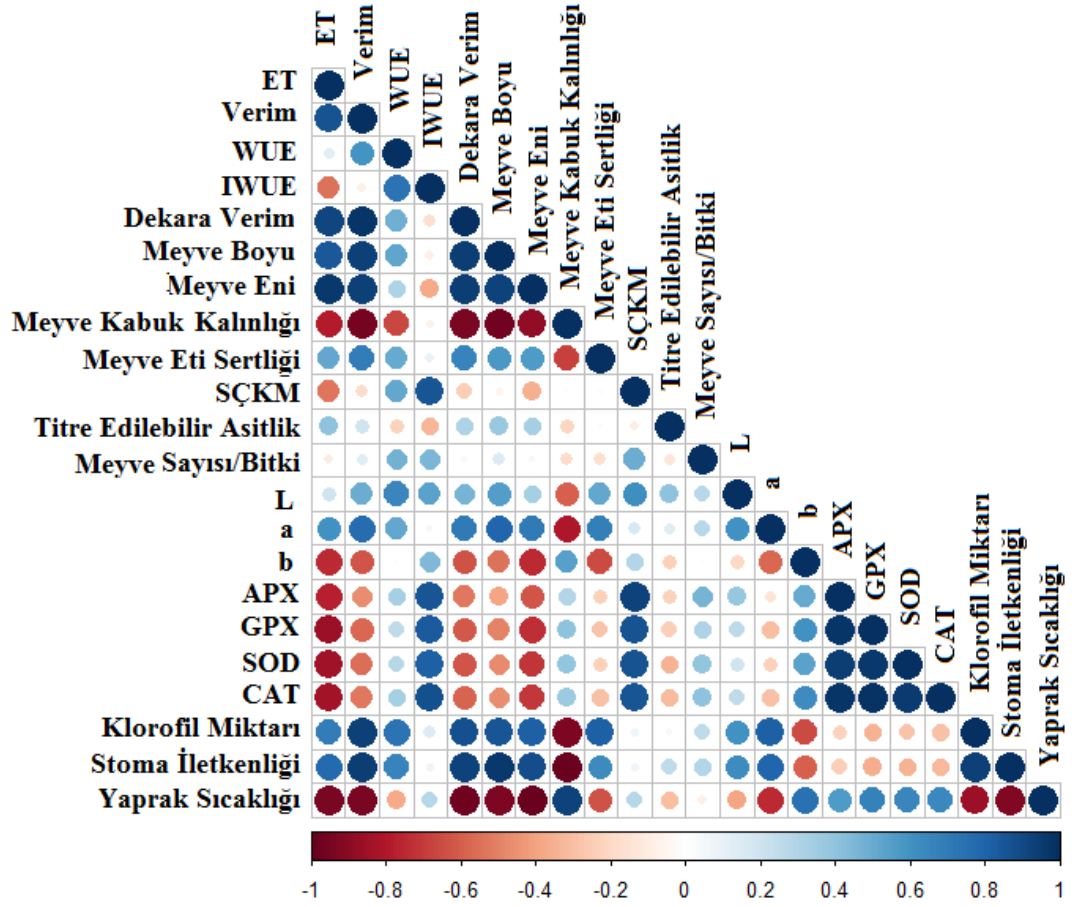
Pazarlanabilir verim ile meyve kabuk kalınlığı (-0.96***), b (-0.62***), GPX (-0.57***), SOD (-0.55***) ve yaprak sıcaklığı (-0.95***) arasında negatif yönlü çok yüksek korelasyon ($p < 0.001$) tespit edilmiştir. Bitki su tüketimi ile APX (-0.47**) ve CAT (-0.52) arasındaki korelasyon ise $p < 0.01$ önem düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Pazarlanabilir verim değerinin yüksek olması durumunda karpuzda

kabuk kalınlığı, b değeri, yaprak sıcaklığı ve antiokadisan enzim aktivitelerinde (GPX, SOD, APX, CAT) azalışlar meydana gelebileceği görülmektedir. Pazarlanabilir verim ile WUE (0.59***), meyve ağırlığı (0.98***), meyve boyu (0.94***), meyve eni (0.93***), meyve eti sertliği (0.69***), L (0.49***), klorofil miktarı (0.94***) ve stoma iletkenliği (0.94***) arasında pozitif yönde çok yüksek korelasyon ($p<0.001$) elde edilmiştir. Ayrıca bitki su tüketimi ile titre edilebilir asitlik ve a arasında ise pozitif yönlü korelasyon $p<0.01$ önem düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, pazarlanabilir verimin artması sonucunda su kullanım etkinliğinde de artışların meydana geleceği belirlenmiştir. Ayrıca meyve boyu ve meyve eninin artışı ile meyve ağırlığında artabileceği görülmektedir. Pazarlanabilir verimdeki artış ile beraber meyve eti sertliği, L değeri, klorofil miktarı ve stoma iletkenliğinde artışlar görülebileceği tespit edilmiştir.

Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ile IWUE (0.86***), APX (0.92***), GPX (0.87***), SOD (0.87***) ve CAT (0.86***) arasında pozitif yönlü çok yüksek korelasyon ($p<0.001$) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca SÇKM ile WUE (0.5**) ve L (0.62*) arasındaki pozitif yönlü korelasyon sırasıyla 0.01 ve $p<0.05$ önem düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Karpuzda SÇKM değerinin artması ile su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliğinde artışlar meydana gelebileceği belirlenmiştir. Bununla birlikte SÇKM değerindeki artışlar ile antioksidan enzimlerde (APX, GPX, SOD, CAT) ve L değerinde de artışlar görülebileceği tespit edilmiştir. SÇKM ile ET (-0.54***) ve titre edilebilir asitlik (-0.09*) arasında negatif yönlü korelasyon sırasıyla $p<0.001$ ve $p<0.05$ önem düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda; SÇKM değerinin artması sonucunda ET ve titre edilebilir asitlik değerinin azalabileceği tespit edilmiştir.

Yaprak sıcaklığı ile meyve kabuk kalınlığı (0.93***), b (0.74***), GPX (0.67***), SOD (0.66***) ve CAT (0.64***) değeri arasında pozitif yönde çok yüksek korelasyon ($p<0.001$) olduğu belirlenirken yaprak sıcaklığı ile ET (-0.95***), pazarlanabilir verim (-0.95***), meyve ağırlığı (-0.97***), meyve boyu (-0.94***), meyve eni (-0.98***), meyve eti sertliği (-0.63***), L (-0.39***), klorofil miktarı (-0.85***) ve stoma iletkenliği (-0.92***) arasında negatif yönde çok yüksek korelasyon ($p<0.001$) olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber, yaprak sıcaklığı ile APX (0.56**) pozitif yönlü, yaprak sıcaklığı ile WUE (-0.38**), titre edilebilir asitlik (-0.31**) ve a değeri (-0.75**) arasında negatif yönlü korelasyon $p<0.01$

düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Bu anlamda, yaprak sıcaklığında meydana gelen artışla beraber antioksidan enzimlerde (GPX, SOD, CAT, APX) meyve kabuk kalınlığı ve b değerinde de artışlar görülebileceği belirlenmiştir. Fakat yaprak sıcaklığında artışlar olurken; ET, pazarlanabilir verim, meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, meyve eti sertliğinde azalmalar olabileceği belirlenmiştir. Bununla beraber, artan yaprak sıcaklığı sonucunda klorofil miktarı, stoma iletkenliği, WUE ve titre edilebilir asitlik değerlerinde de azalışlar olabileceği görülmektedir.



Şekil 4. 13. Korelasyon tablosu

5. KARPUZDA YETİŞTİRME OLANAKLARINA BAĞLI TASARIMLAR

Çalışma kapsamında verimin tahmin edilmesi amacıyla farklı stres şartları altında yetiştirilen karpuz bitkisinin yetiştirme dönemi boyunca ölçümü yapılan klorofil miktarı, stoma iletkenliği ve antioksidan enzimlere ait veriler kullanılarak modellemeler yapılmıştır. Bu kapsamda farklı 2 girdi kullanarak verim tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Bitkinin gelişme döneminde analiz edilen parametreler ile verim tahmin edilmesi, üreticilere pazarlama açısından çok büyük yararlar sağlayacaktır.

Verim tahmin modelleri için her iki yıldaki tüm uygulamalar (Kontrol, Salisilik Asit ve Prolin) incelenmiştir. Çalışma kapsamında stresin bitkideki etkilerini gösteren klorofil miktarı, stoma iletkenliği ile antioksidan enzimlerden Süperoksit Dismutaz (SOD), Askorbat Peroksidaz (APX), Katalaz (CAT), ve Guaiakol Peroksidaz (GPX) değerlerinin tek tek yüzey yanıt metodu ile modellenmesi yapılarak verimin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda 4 enzime ait aktivite değerleri ile klorofil miktarı ve stoma iletkenliğine ait tüm kombinasyonlar tek tek incelenmiş ve istatistiksel olarak önemli olan yüzey yanıt metodları kullanılmıştır.

Yapılan modellemeler sonucunda Askorbat Peroksidaz – Stoma iletkenliği, Askorbat Peroksidaz – Klorofil miktarı, Guaiakol Peroksidaz – Stoma iletkenliği ve Katalaz – Stoma iletkenliği ile verimlerin tahmin edilebileceği belirlenmiş ve her bir kombinasyona ait model oluşturulmuştur.

5.1. Askorbat Peroksidaz aktivitesi ve Stoma İçeriğine Bağlı Verim Tahmin Modeli

Optimizasyon analizine göre belirtilen Askorbat peroksidaz (X_1 : A faktörü) ve Stoma iletkenliği (X_2 : B faktörü) değerlerine ait aralıkta yapılan deneylerden elde edilen dönüşümlerin, yüzey yanıt metodu ile hesaplanan katsayılarına göre bulunan model denklemi eşitlik 5.1’de verilmiştir.

$$\text{Verim} = 84.98 - 16.84*(X_1) + 30.76*(X_2) - 14.27*(X_1*X_2) - 14.92*(X_1^2) - 6.67*(X_2^2) \quad (5.1)$$

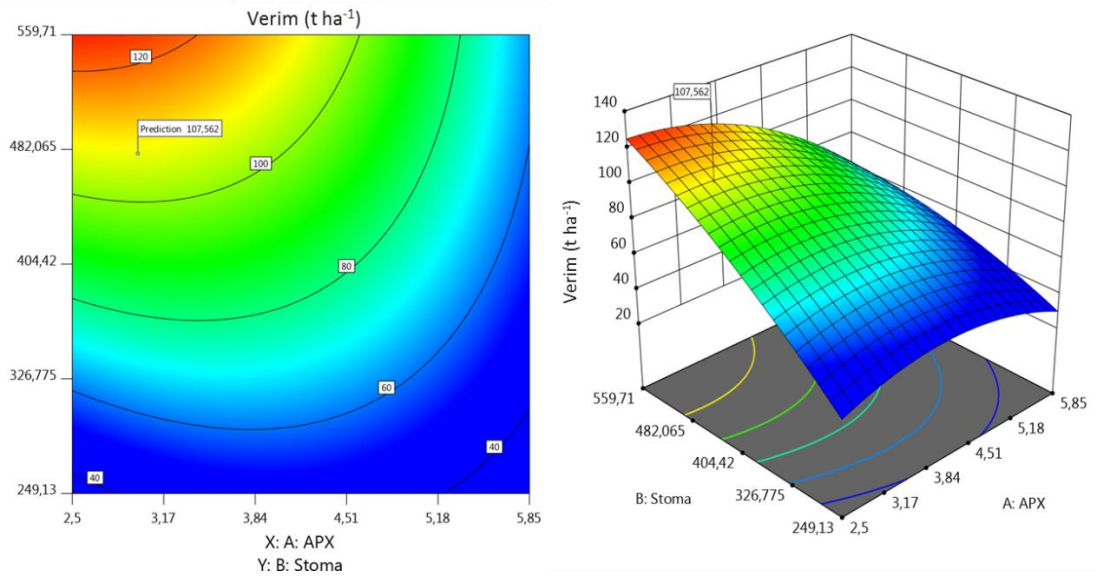
Denkleme göre; Askorbat peroksidaz ve stoma iletkenliği parametrelerine ait değerler arasında elde edilen optimizasyon modelinde en etkin faktörlerin X_1 , X_2 ve X_1^2 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. 1. APX aktivitesi ve Stoma iletkenliğinin yüzey tepki metoduna ait varyans analizi

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|
| Model | 5 | 25889.01 | 5177.80 | 51.75** |
| X_1 | 1 | 2891.42 | 2891.42 | 28.9** |
| X_2 | 1 | 14179.83 | 14179.83 | 141.72** |
| X_1X_2 | 1 | 409.64 | 409.64 | 4.09* |
| X_1^2 | 31 | 737.47 | 737.47 | 7.34** |
| X_2^2 | 1 | 239.49 | 239.49 | 2.39* |
| Hata | 66 | 6603.78 | 100.06 | |
| Toplam | 71 | 2427.44 | | |
| Quadratic Model | R^2 | 0.7968 ** | | |
| | R^2_{adj} | 0.7814 ** | | |
| | R^2_{pred} | 0.7708 ** | | |
| VK (%) | | 11.23 | | |

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir.

Elde edilen denklemin annova analizine göre değerlendirilmesi yapıldığında Quadratic modelin uygun olduğu belirlenmiş ve analize ait R^2 değerleri Tablo 5.1’de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 5.1’de görüldüğü gibi hem elde edilen R^2 değerinin hem de tahmin edilen R^2 değerinin yüksek olduğu ve bunların birbirine yakın değerlerde olduğu modeli doğrular niteliktedir.



Şekil 5. 1. APX aktivitesi ve stoma iletkenliğinin verime etkisi

Yapılan analiz sonucunda modelin $p < 0.01$ seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Şekil 1.1.'in incelenmesinden, stoma iletkenliğinin artması ile verimde önemli seviyede artış olduğu görülmektedir. APX aktivitesinin ise 4.023 U mg^{-1} seviyelerine kadar artması verimde ilk başta belirli seviyeye kadar artışa neden olmuştur. Ancak sonrasında APX aktivitesinde görülen artış verimi olumsuz etkileyerek verimde keskin bir düşüş eğilimi göstermiştir. Bu durumda her iki parametrenin optimum seviyeye kadar artışı sonucunda, verimin olumlu etkilediğinden söz edilebileceği belirlenmiştir.

Yüzey tepki metoduna ait modeller sayesinde özellikle çoklu değişkenlere bağlı deneylerde, zamandan tasarruf sağlanarak optimal koşullar belirlenmektedir (Nigiz, 2018).

Yüzey tepki metoduna ait model sonucunda en yüksek verim $120.357 \text{ t ha}^{-1}$ olarak çözümlenirken bu noktadaki stoma iletkenliği $550.62 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ve APX enzim aktivitesi değeri 3.22 U mg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte modelin optimum olduğu seviye APX enzim aktivitesinin 2.98 U mg^{-1} ve stoma iletkenliğinin ise $479 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olduğu ve bu noktadaki verimin $107.562 \text{ t ha}^{-1}$ olabileceği belirlenmiştir. Model sonuçları ile çalışmadan elde edilen sonuçlar kıyaslandığında; modeldeki faktörlerin değişkenlik aralığını sağlayan parseller, çalışmadan en yüksek verimin elde edildiği SA x S1, SA x S2, P x S1, P x S2 parselleri ile yakından ilişkili olduğu görülmüştür. Ayrıca modele ait APX aktivite aralığı K uygulamasına ait parselleri de kapsamaktadır. Ancak K uygulamasına ait parsellerde stoma iletkenliği değerlerinin daha düşük olması verimi olumsuz etkilediğini göstermiştir.

5.2. Askorbat Peroksidaz aktivitesi ve Klorofil Miktarına Bağlı Verim Tahmin Modeli

Yüzey tepki metodu ile Askorbat peroksidaz (X_1 : A faktörü) ve klorofil miktarına (X_2 : B faktörü) ait değer aralıklarına göre elde edilen verim optimizasyon modeline göre belirlenen katsayılar eşitlik 5.2 de verilmiştir.

$$\text{Verim} = 87.17 - 26.28*(X_1) + 38.22*(X_2) - 13.29*(X_1*X_2) - 8.59*(X_1^2) - 14.53*(X_2^2) \quad (5.2)$$

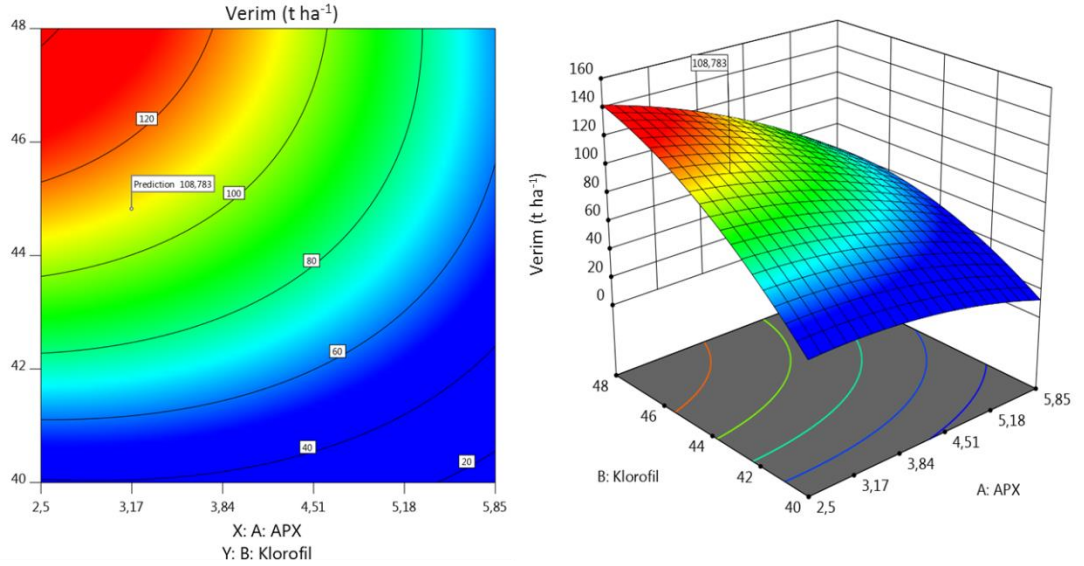
Optimizasyon eşitliğine göre verimde en etkili faktörlerin X_1 , X_2 ve X_2^2 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. 2.APX aktivitesi ve klorofil miktarına yüzey tepki metoduna ait varyans analizi

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------|----------|
| Model | 5 | 24434.96 | 4886.99 | 40.03** |
| X_1 | 1 | 8784.57 | 8784.57 | 71.95** |
| X_2 | 1 | 12603.42 | 12603.42 | 103.23** |
| X_1X_2 | 1 | 192.62 | 192,62 | 1.58* |
| X_1^2 | 1 | 259.25 | 259.25 | 2.12* |
| X_2^2 | 1 | 950.21 | 950.21 | 7.78** |
| Hata | 66 | 8057.83 | 122.09 | |
| Toplam | 71 | 32492.79 | | |
| Quadratic Model | R^2 | 0.7520 | ** | |
| | R^2_{adj} | 0.7332 | ** | |
| | R^2_{pred} | 0.7058 | ** | |
| VK (%) | | 12.41 | | |

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$ önemlilik düzeylerini ifade etmektedir

Askorbat peroksidaz ve klorofil miktarına göre elde edilen verim denkleminde Quadratic modelin en uygun model olduğu annova analizi ile tespit edilmiştir. Bu durum Tablo 5.2’de belirtilene göre; elde edilen ve tahmin edilen R^2 değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca R^2 değerlerindeki farkın küçük olması da modelin doğruluğunu kanıtlar nitelikte bulunmuştur.



Şekil 5. 2. APX aktivitesi ve klorofil miktarının verime etkisi

Yapılan analize göre modelin $p < 0.01$ seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen modele göre, klorofil miktarının artması verimi olumlu etkilediği görülmüştür. Ancak düşük klorofil miktarı seviyelerinde APX aktivitesindeki artış 3.313 U mg^{-1} seviyesine kadar verimde olumlu etki sağlarken bu seviyeden sonraki aktivite artışlarının verim üzerinde düşüşler meydana getirebileceğini göstermiştir. Özellikle klorofil miktarının 44.65 seviyelerinin üzerinde olduğu durumlarda APX aktivitesinde 4.56 U mg^{-1} seviyelerinin üzerinde görülmesinin verimde keskin düşüşler meydana getirebileceğini göstermektedir (Şekil 5.2). Bu sayede her iki faktörün verim optimizasyonunun belirlenmesi açısından birlikte değerlendirilmeye alınması, verim kayıplarının önüne geçilmesi açısından büyük önem taşıyacağını göstermektedir.

Yüzey tepki metoduna ait Quadratic modelde en yüksek verim ($129.194 \text{ t ha}^{-1}$) için klorofil miktarı 47.82 olarak belirlenirken, APX aktivitesi 3.26 U mg^{-1} olarak belirlenmiştir. Modelin optimizasyonunda APX aktivitesi optimum seviyeye gelene kadar 3.168 U mg^{-1} olarak belirlenirken klorofil miktarı eş zamanlı olarak 44.83 olarak belirlenmiştir. Her iki faktörün optimum değerine karşılık gelen verim tahmini ise $108.783 \text{ t ha}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.2). Model ile araziden elde edilen sonuçlara göre; Apx aktivitesinin model ile belirlenen sınır değeri (4.56 U mg^{-1}) üzerinde olan parseller, arazide kısıtlı sulamanın yapıldığı (S3, S4) konular ile uyumaktadır. Ayrıca bu sınır değerinden düşük görülecek aktivitenin, klorofil miktarının artması ile verimde olumlu etkilere sebep olduğu model ile gösterilmiştir. Bu açıdan, S1 ve S2 sulama düzeyine sahip parsellerde APX aktivite değeri, sınır değerinin altında olmasıyla birlikte, bu sulama düzeylerinde dışsal uygulamaların yapıldığı parsellerde (SA x S1, SA x S2, P x S1, P x S2) klorofil miktarının daha yüksek görülmesi, bu parsellerin modelde yüksek verimin alındığı bölge içerisinde olmasını sağlamıştır.

5.3. Guaiakol Peroksidaz aktivitesi ve Stoma İçeriğine Bağlı Verim Tahmin Modeli

Optimizasyon analizinde guaiakol peroksidaz (X_1 : A faktörü) ve Stoma iletkenliğine (X_2 : B faktörü) göre belirlenen verim tahmin modeline ait elde edilen katsayılar eşitlik 5.3'de verilmiştir.

$$\text{Verim} = 87.17 - 26.28*(X_1) + 38.22*(X_2) - 13.29*(X_1*X_2) - 8.59*(X_1^2) - 14.53*(X_2^2) \quad (5.3)$$

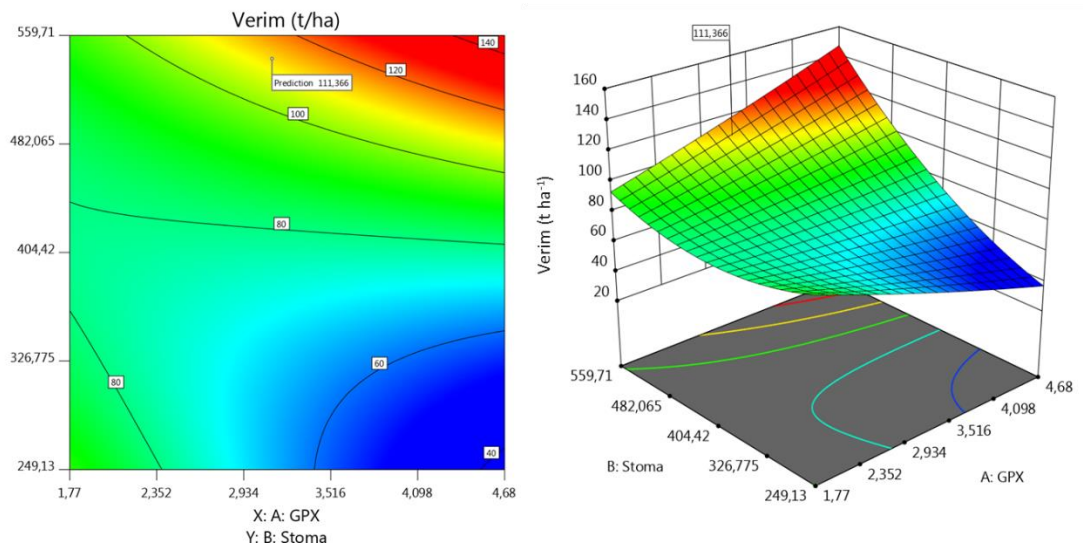
Modele ait eşitliğe göre verim açısından en etkili faktörler X_2 ve X_1*X_2 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5. 3. GPX aktivitesi ve Stoma iletkenliğinin yüzey tepki metoduna ait varyans analizi

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------|---------|
| Model | 5 | 23840,60 | 4768,12 | 36,37** |
| X₁ | 1 | 2,72 | 2,72 | 0,0207* |
| X₂ | 1 | 6140,06 | 6140,06 | 46,84** |
| X₁X₂ | 1 | 1526,52 | 1526,52 | 11,64** |
| X₁² | 31 | 11,19 | 11,19 | 0,0853* |
| X₂² | 1 | 724,44 | 724,44 | 5,53* |
| Hata | 66 | 8652,23 | 131,09 | |
| Toplam | 71 | 32492.83 | | |
| Quadratic Model | R² | 0.7337 ** | | |
| | R²_{adj} | 0.7135 ** | | |
| | R²_{pred} | 0.6876 ** | | |
| VK (%) | | 12.86 | | |

** : p < 0.01, * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir

Model tasarımını oluşturan guaiakol peroksidaz ve stoma iletkenliği faktörlerine göre elde edilen denklemin annova analizinde kontrolü yapıldığında Quadratic modelin en uygun olduğu görülmüştür. Tablo 5.3'de verilen modele ait hem elde edilen hem de tahmin edilen R² değerlerinin birbirine yakınlığı da modelin güvenilirliğini vurgulamaktadır.



Şekil 5. 3. GPX aktivitesi ve Stoma iletkenliğinin verime etkisi

Elde edilen model, analiz sonucunda $p < 0.01$ önem seviyesinde bulunduğu görülmüştür. Bu amaçla, tasarıma ait Şekil 5.3'de görülen Quadratik model incelendiğinde; ilk başta stoma iletkenliğinin artması verimde düşüğe sebep olmuştur. Ancak bu düşüş stoma iletkenliğinin $315.482 \text{ U mg}^{-1}$ seviyesine kadar sürmüştür. Stoma iletkenliğinin bu değer üzerine çıktığı her değerinde verime olumlu etki sağlamış olduğu görülmüştür. Bununla birlikte GPX aktivitesindeki artış verimi olumsuz etkilediği görülmektedir. Ancak bu etki yine stoma iletkenliğinin $315.482 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ değerinden düşük olması durumunda geçerli olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile stoma iletkenliği $315.482 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ seviyesine gelene kadar GPX aktivitesinin verim üzerine tolerans oluşturabilecek bir etkisi bulunmamaktadır. Stoma iletkenliğinin bu değeri aşması durumunda GPX aktivitesinin her artışı verime olumlu olarak yansıdığı Quadratic model ile belirlenmiştir.

Yüzey tepki metodu ile en yüksek verim $129.664 \text{ t ha}^{-1}$ olduğunda stoma iletkenliği $556.76 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ seviyelerinde görülürken, GPX aktivitesi 3.87 U mg^{-1} seviyelerinde olduğu görülmüştür. Modele göre, verim optimum seviyeye geldiğinde GPX aktivitesi 3.123 U mg^{-1} olarak belirlenirken stoma iletkenliği de $543.122 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Her iki faktörün eş zamanlı olarak elde edilen optimum değerinde tahmin edilen verim ise $111.366 \text{ t ha}^{-1}$ olduğu kaydedilmiştir. Araziden elde edilen stoma iletkenliğine ait ortalamalara göre, sadece K x S4 parselinin sınır değeri ($315.482 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) altında olduğu görülmekle beraber K x S4 parseli, modele uygun şekilde en düşük verimin alındığı bölge içerisinde bulunmaktadır. Diğer parsellerde ise, stoma iletkenliği sınır değerinin üzerindedir. Ancak kısıtlı sulama koşullarında GPX aktivitesi artsa da stoma iletkenliğinin düşmesi sonucunda, stoma iletkenliği ve GPX aktivitesinin birlikte optimum koşullarının sağlandığı bölgede SA x S1, SA x S2, P x S1 ve P x S2 parselleri yer almıştır.

5.4. Katalaz aktivitesi ve Stoma İçeriğine Bağlı Verim Tahmin Modeli

Tasarlanan çalışma için Katalaz (X_1 : A faktörü) ve Stoma iletkenliği (X_2 : B faktörü) değerlerine göre analiz yapılmış olup elde edilen sonuçlar yüzey yanıt metoduna göre belirlenmiştir. Buna göre elde edilen denklem eşitlik 5.4'de verilmiştir.

$$\text{Verim} = 80.66 - 17.06*(X_1) + 29.57*(X_2) - 13.58*(X_1*X_2) - 6.12*(X_1^2) - 4.29*(X_2^2) \quad (5.4)$$

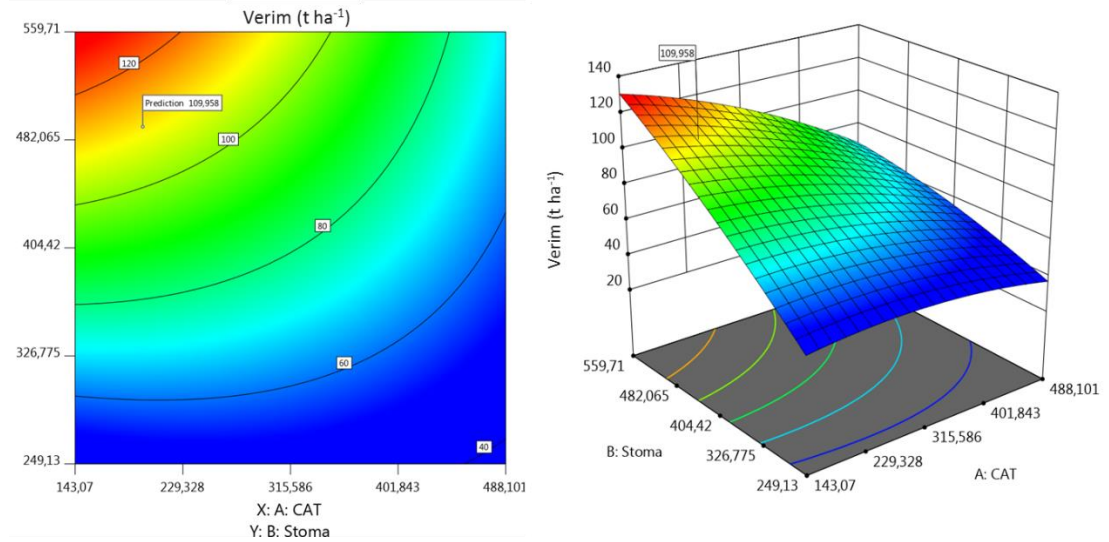
Modelde kullanılan faktörlerin tamamının anlamlı olduğu Tablo 5.4'de görülmektedir. Optimizasyon modeline ait en etkin faktörler ise X_1 , X_2 , X_1*X_2 ve X_1^2 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. 4. CAT aktivitesi ve Stoma iletkenliğinin yüzey tepki metoduna ait varyans analizi

| Varyasyon Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------|----------|
| Model | 5 | 29349,95 | 5869,99 | 120,46** |
| X₁ | 1 | 5497,86 | 5497,86 | 112,82** |
| X₂ | 1 | 10556,91 | 10556,91 | 216,64** |
| X₁X₂ | 1 | 801,38 | 801,38 | 16,44** |
| X₁² | 31 | 232,03 | 232,03 | 4,76* |
| X₂² | 1 | 92,06 | 92,06 | 1,89* |
| Hata | 66 | 3216,26 | 48,73 | |
| Toplam | 71 | 32566,21 | | |
| Quadratic Model | R² | 0.9012 ** | | |
| | R²_{adj} | 0.8938 ** | | |
| | R²_{pred} | 0.8871 ** | | |
| VK (%) | | 7.84 | | |

** : p < 0.01, * : p < 0.05 önemlilik düzeylerini ifade etmektedir

CAT ve stoma iletkenliği faktörlerine göre model tasarımında elde edilen denklemin annova analizi sonuçlarında en uygun olarak önerilen modelin Quadratic model olduğu belirlenmiştir. Buna göre seçilen Quadratic modele ait elde edilen R² değeri ile tahmin edilen R² değerinin hem yüksek hem de aralarındaki farkın küçük olduğu bu modelin tutarlı sonuçlar verdiğini göstermektedir.



Şekil 5. 4. CAT aktivitesi ve Stoma iletkenliğinin verime etkisi

Yüzey yanıt metoduna ait Quadratik model $p < 0.01$ önem seviyesinde belirlenmiş olup modele göre; ilk başta stoma iletkenliğindeki artış verim koşullarını iyileştirmekte ve verimde artışa sebep olmaktadır. CAT enzim aktivitesi ise düşük stoma iletkenliği koşullarında verimde çok fazla değişime sebep olmamakla birlikte verimi olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu durumda artan stoma koşullarında düşük CAT aktivitesinin daha etkili olduğu Şekil 1.4’de görülmektedir. Stoma iletkenliği $400 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ve üzeri olması durumunda CAT enzim aktivitesinin ise 356.87 U mg^{-1} seviyelerinden daha düşük olması verimi olumlu etkilediği gibi bu seviyelerden yüksek görülen Stoma iletkenliği ve düşük görülen CAT aktivitesinin verimde yüksek seviyelerin görüleceğini göstermektedir.

Quadratic modelde stoma iletkenliğinin $557.89 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olduğu seviyede CAT aktivitesi 164.27 U mg^{-1} seviyelerinde iken verimin maksimuma ulaştığı belirlenmiş olup $127.721 \text{ t ha}^{-1}$ elde edilebileceği tespit edilmiştir. Model optimum seviyeye geldiğinde ise CAT aktivitesi $197.231 \text{ U mg}^{-1}$ de olduğu belirlenirken, stoma iletkenliği ise $491.567 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Faktörlere ait optimum değerlere göre tahmin edilen verim $109.958 \text{ t ha}^{-1}$ olduğu kaydedilmiştir. Model ile araziden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, stoma iletkenliği sınır değerinin altında olan parseller KS3 ve KS4 olarak belirlenmiştir. Bu durumda bu parseller modele göre en düşük verim alınan bölgede yer almaktadır. En yüksek verimini alındığı bölgede ise SA x S1, SA x S2, P x S1 ve P x S2 parsellerinin olduğu tespit edilmiştir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma 2 aşamalı olarak yürütülmüş olup ilk olarak sera şartlarında ön uygulama sonucunda dışsal uygulamalarda en uygun dozlar belirlenmiştir. Yürütülen ön uygulama çalışmasına göre, CAT ve SOD antioksidan enzim aktivitesi, bitki yaş ağırlığı, kol uzunluğu ve stoma iletkenliği değerleri SA uygulanan konular arasında SA₂ konusunda (2mM), prolin uygulanan konular arasında ise P₃ konusunda (7mM) istatistiksel olarak en yüksek değerlere ulaşmıştır. Ayrıca klorofil miktarı ise SA₃ konusunda ve P₄ konusunda en yüksek değerde görülmüştür. Ancak SA₂ ile SA₃ konuları arasında ve P₄ ile P₃ konuları arasında istatistiksel fark bulunmamıştır.

Sera kapsamında incelenen parametrelere göre elde edilen veriler açısından en uygun doz miktarı SA uygulamasında 2mM, Prolin uygulamasında ise 7mM olarak belirlenmiştir. Daha sonra; arazi şartlarında karpuz yetiştiriciliği yapılarak ikinci bir araştırma yürütülmüştür.

Samsun ili Bafra ilçesi iklim koşullarında damla sulama yöntemi kullanılarak yetiştirilen karpuz bitkisinde, sulama suyu yönetimine göre farklı düzeyler ile oluşturulan kuraklık koşullarında, dışsal uygulama teknikleri kullanılmıştır. Bu araştırma, çiftçi yetiştirme koşullarında karpuz tarımı yapılarak, su yönetiminde dışsal uygulama teknikleri kullanılması ve verim düzeyinde sonuçlara ulaşılması, elde edilen verilerin değerlendirilerek diğer veriler ile ilişkilendirilmesi açısından literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca verim düzeyindeki bu sonuçların, antioksidan enzimler ile değerlendirilerek yeni yetiştirme stratejileri geliştirilmesine ışık tutacak olan yenilikçi bir çalışma olma özelliği taşımaktadır.

Çalışmada, çiftçi yetiştirme koşullarını yansıtan kontrol grubu (K) ve yenilikçi yetiştirme koşulu olarak dışsal uygulamaların yapıldığı SA ve P grubu tasarlanmıştır. Ayrıca 4 farklı sulama suyu düzeyi kullanılmış olup sadece S1 parselleri, topraktaki elverişli nemin %30'u tüketildiğinde, tarla kapasitesine gelinceye kadar sulanarak tam sulama konusunu oluşturmuştur. Tam (S1) ve kısıtlı sulama (S2, S3, S4) konularının oluşturulduğu parsellere verilen sulama suyu miktarı 2018 yılında; K uygulamalarında 202 - 504 mm, SA uygulamalarında 200 - 504 mm ve P uygulamalarında 201 - 502 mm arasında değişim göstermiştir. 2019 yılında ise; K uygulamalarında 184 - 459 mm, SA uygulamalarında 189 - 472 mm ve P uygulamalarında 186 - 464 mm arasında olduğu hesaplanmıştır.

Yıllar arasındaki değişimler, düşen yağışlara bağlı olarak görülen farklardan oluşmuştur. Uygulanan sulama suyu düzeylerine ilave olarak düşen düzensiz yağış rejimlerinden kaynaklı, özellikle S4 parsellerinde toprakta bulunan nem düzeyi solma noktasının (S.N.) altına düşmemiş ve bu sayede beklenenden biraz daha yüksek verim alınmasına sebep olmuştur.

Su yönetimine göre S1, S2, S3 ve S4 konularını kapsayan bitki su tüketimi değerleri 2018 yılında; K uygulamalarında 396 – 642 mm, SA uygulamalarında 399 – 649 mm ve P uygulamalarında 394 – 654 mm arasında değişim gösterirken 2019 yılında; K uygulamalarında 411 – 642 mm arasında, SA uygulamalarında 421 – 670 mm arasında ve P uygulamalarında 416 – 657 mm arasında değişim göstermiştir.

Karpuz tarımında, topraktaki nem miktarı karpuz verimini doğrudan etkileyebildiği gibi, belirli dönemlerdeki geçici kuraklık ve yüksek sıcaklık stresi de verime dolaylı etki sağlayabilmektedir. Çalışmada K, SA ve P uygulamaları arasında en yüksek verim sırasıyla, 2018 yılında; istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan, P – S1, SA – S2, P – S2 ve SA – S1 parsellerinde görülmüştür. 2019 yılında ise istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan SA – S2, P – S2 ve SA – S1 parsellerinde belirlenmiştir. Çalışmada her iki yıl göz önüne alındığında %20 kısıtlı sulamanın uygulandığı ve hem 2018 (121.12 t ha⁻¹) hem de 2019 yıllarında (102.48 t ha⁻¹) yüksek verim alınan SA – S2 parseli, karpuz tarımında en uygun yetiştirme koşuluna sahip olması açısından önerilmektedir.

Dışsal uygulamalarda, geleneksel yöntemlere kıyasla (K uygulaması) her sulama düzeyinde daha yüksek verim elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarındaki, verime dayalı başka bir bakış açısı ise; suyun kısıtlı olduğu bölgeler veya alanlar için verim kayıplarından oluşacak zararların önüne geçilebilmesi için, dışsal uygulama seçeneklerinden SA uygulamasının tercih edilmesi, hem P uygulamasına göre daha ekonomik hem de yetiştirme koşullarına göre kısıtlı uygulanacak sulama suyuna karşı bitkide tolerans mekanizmasını aktif ederek daha yüksek verim elde edilmesini sağlaması açısından önerilmektedir.

Karpuzda, kontrol uygulamasında yetiştirme koşullarına göre hesaplanan ve ET ile verim ilişkisinin açıklanmasında yaygın olarak kullanılan Ky parametresi her uygulama için ayrı olarak hesaplanmış ve uygulamalar arasındaki farklar ortaya koyulmuştur.

Bu amaçla; K uygulamasında $K_{yK} = 1.08$, SA uygulamasında $K_{ySA} = 0.82$ ve P uygulamasında $K_{yP} = 0.87$ olarak belirlenmiştir. Bu durum geleneksel yetiştirme koşullarında suya duyarlı yetiştirme koşulunu ifade ettiğini göstermektedir. Diğer bir ifade ile vejetasyon süresince yaşanan su eksikliğinin, verimi azaltıcı etkisininin yüksek olduğunu ifade etmektedir. Yenilikçi yetiştirme tekniklerinin kullanılması sonucunda ise; daha düşük toprak nem düzeylerinde dahi dayanımı daha yüksek, çevre şartlarından daha az etkilenen ve daha yüksek verim elde edilebilecek duruma geldiğini göstermektedir. Önerilen dışsal uygulama (SA) ise en düşük K_y değerine sahip olmakla birlikte su eksikliğinin verimi azaltıcı etkisini tolere ederek en yüksek verimin elde edildiği uygulamadır.

Su yönetimi çerçevesinde dışsal uygulama teknikleri ile desteklenen yetiştirme koşullarında WUE değerleri K, SA ve P uygulamaları içerisinde en yüksek değere ulaşan parseller sırasıyla 2018 / 2019 yıllarında; K – S2 parselinde $18.89 \text{ kg.m}^{-3} / 15.87 \text{ kg.m}^{-3}$, SA – S2 parselinde $21.64 \text{ kg.m}^{-3} / 17.50 \text{ kg.m}^{-3}$ ve P – S2 parselinde $21.69 \text{ kg.m}^{-3} / 17.42 \text{ kg.m}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Önerilen SA – S2 parseline ait WUE değeri ilk yıl, P – S2 parseline ait WUE değerinden %0.2 daha düşük olsa da P – S2 ile SA – S2 arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Bu durumda önerilen SA uygulamasında %20 su kısıtı uygulanan S2 konusunda WUE'nin en yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmada önerilen SA uygulamasında diğer uygulamalara göre; meyve eni, meyve eti sertliği, SÇKM, meyve sayısı / bitki gibi meyve kalitesini öne çıkartan önemli parametreler istatistiksel olarak önemli sayılmış ve en yüksek değere ulaşarak meyve kalitesini öne çıkarmıştır. Meyve kalitesini öne çıkartan ve kalite ile ters bir ilişkide olduğu belirlenen meyve kabuk kalınlığı ile titre edilebilir asitlik değerleri ise önerilen uygulamada en düşük değere ulaşarak olumlu katkı sağlamıştır.

Karpuzda kaliteyi ve pazarlanabilirliği artırmada en önemli parametrelerden meyve et rengi birkaç farklı parametre ile açıklanmış olup önerilen uygulamada en yüksek değere ulaşmıştır. Bunlardan parlaklık ile ilişkilendirilen L değeri 2018 yılında 39.22, 2019 yılında 40.48 değerine ulaşmıştır. Kızarıklık (kırmızılık) olarak adlandırılan a değeri ise 2018 yılında 18.15, 2019 yılında 17.49 olduğu belirlenmiştir. Diğer bir parametre ise düşük olması açısından önemli olup sararmayı gösteren b değerini ifade etmektedir ve 2018 yılında 12.85, 2019 yılında 14.79 olarak tespit edilmiş olup uygulamalar arasında en düşük değere ulaşmıştır.

Yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre, karpuzda veya benzer tarımı yapılan diğer ürünlerin yetiştirilmesinde, çifçi yetiştirme koşulu (K-S1) göz önüne alındığında, SA uygulaması yapılarak %80 sulama suyu uygulanması durumunda (2018 = %16.58, 2019 = %19.15) ortalama olarak %17.87'lik verim artışı elde edilebilmektedir.

Tarımı yapılan her ürün için sulama suyunun uygulama zamanı ve miktarına karar vermede kullanılan yöntemlerin birçoğu, toprak su içeriğini belirlemeye dayalıdır. Bu amaçla, özellikle büyük alanlarda toprak su içeriğinin belirlenmesi, zahmetli ve zaman alması bakımından uygulanabilirliği zor olabilmektedir. Bunun yanında, toprakta tuzluluk gibi problemlerin varlığında, bitkinin topraktaki sudan yararlanması olanaksız bir hal alacaktır. Ayrıca toprakta yeter derecede su olmaması durumu da tuzluluk ile aynı olasılığı yansıtabilecek ve bitki vejetasyon süresince stres altında kalacaktır. Tüm bu unsurların ışığında, bitkide yapılacak basit ve etkili ölçümler ile bitkinin gerek kuraklık gerek tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarının belirlenmesi ve stres öncesi önlemlerin alınmasına dayalı yöntemlerin büyük alanlarda da pratik, kolay ve etkili bir biçimde ortaya koyulması faydalı olacaktır. Bununla birlikte hali hazırda belirlenmesi mümkün olmayan ancak stres özellikleri gibi meyve kalitesine ait özelliklerin de hasattan önce tahmin edilebilmesi ürün kalitesi ve pazarlanabilirlik açısından önemli katkılar sağlayacaktır.

Yapılan bu çalışmada, arazi şartlarında tarımı yapılan karpuzda meydana gelen fizyolojik değişimlerin, maruz bırakılan kuraklık miktarına göre belirlenerek, buna karşılık gelen dönemlerdeki hem kuraklık koşullarının hem de meyvede kalite özelliklerinin önceden tahmin edilmesinde etkili ve kolay bir yöntem ile karar verilmesi sağlanmıştır.

Hem su kısıtı hem de dışsal uygulamaların birlikte yapıldığı çalışmalarda, vejetasyon döneminden elde edilen antioksidan enzim aktiviteleri diğer parametreler ile birlikte değerlendirildiğinde, bitki yetiştirme koşullarındaki stres hattını ortaya koymada önemli bir eşik oluşturabilmektedir. Her iki yılda da SOD, APX ve CAT antioksidan aktiviteleri kontrole göre dışsal uygulamalar ile (SA, P) arttığı belirlenmiştir. Ancak bu artışa göre SA ile P uygulamaları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. GPX antioksidan enzim aktivitesinde ise her iki yıl ortalaması dikkate alındığında yine en yüksek artışın SA uygulamasında olduğu görülmüştür.

Kısıtlı sulama koşullarında artan kuraklık (S2, S3 ve S4) stresi ile SOD, CAT, APX ve GPX antioksidan enzim aktivitelerinde de giderek artan seviyeler belirlenmiştir. En düşük aktivite %100 sulama yapılan S1 konularında görülürken, en yüksek aktivite %40 sulama suyu uygulanan S4 parsellerinde görülmüştür. Araştırmada önerilen uygulama şartlarının (SA – S2), her iki yıla ait aktivite ortalaması kontrole göre (K – S1) kıyaslandığında; SOD aktivitesini %37, CAT aktivitesini %32, APX aktivitesini %33.23 ve GPX aktivitesini %40.28 düzeyinde artırdığı tespit edilmiştir. Bu artışın ise bitki vejetasyon süresince bitkiye tolerans sağlayarak birim alandan daha fazla verim elde edilmesine olanak tanıdığı düşünülmektedir.

Bitki yaşadığı stresi ilk olarak yaprakları vasıtasıyla belli etmektedir. Bu amaçla stresi belirlemede en etkili yollardan olan klorofil miktarı, stoma iletkenliği ve yaprak sıcaklığı parametrelerinin değişimi bu konuda önem arz etmektedir. Araştırmada tam ve kısıtlı sulama konularına göre, her iki yılda, klorofil miktarı %80 sulama suyu uygulanan konuda en yüksek değerde belirlenirken stoma iletkenliği %100 sulama uygulanan konuda en yüksek değerde belirlenmiştir. Bununla birlikte, dışsal uygulama konuları arasında, hem klorofil miktarı hem de stoma iletkenliği SA uygulanan konuda en yüksek değere ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, her iki parametrenin de sulama konularından %40 sulama koşullarında ve dışsal uygulama konularından kontrol uygulama koşullarında en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Yaprak sıcaklığı ise sulama konularında tam sulama yapılan %100 sulama suyu uygulamasında en düşük değerde ölçülürken, dışsal uygulama konularında SA uygulamasında en düşük değerde ölçülmüştür. Su kısıtı ve dışsal uygulama interaksyonunda, her iki yıl ortalamasına göre klorofil miktarı en yüksek SA – S2 parselinde, stoma iletkenliği SA – S1 parselinde görülürken en düşük yaprak sıcaklığı SA – S1 parselinde görüldüğü tespit edilmiştir.

Araştırma sonucunda, kısıtlı sulamanın Mara F1 karpuz (*Citrullus lanatus L.*) çeşidinde, meyve kabuk kalınlığı, titre edilebilir asitlik, meyve sayısı/bitki ve SÇKM değeri hariç, diğer tüm parametreleri olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, klorofil miktarı ve meyve eti sertliği değerlerinde, tam sulamaya göre %80 sulamada artış görülmüştür. Ancak artan kısıt koşullarından olumsuz etkilenerek düşüş yaşandığı tespit edilmiştir.

Dışsal uygulamalar, Mara F1 karpuz (*Citrullus lanatus L.*) çeşidinde, Ky değerini etkilemiş ve yetiştirme koşullarını stres koşullarına toleranslı duruma getirerek çok önemli katkı sağlamıştır. Ayrıca, dışsal uygulamalar, kontrol uygulamasına göre, sadece yaprak sıcaklığı dışında, bitki su tüketimini artırmakla beraber verim, antioksidan enzimler ve diğer tüm parametreleri de artırarak önemli bir role sahip olmuştur. Dışsal uygulamalardan SA uygulaması ile P uygulaması arasındaki farklara göre ise; SA uygulamasının yaprak sıcaklığı, meyve boyu, meyve kabuk kalınlığı ve b değerini düşürerek yetiştirme koşullarında stresi azaltmada daha çok etkili olduğu ve meyve kalite özelliklerini öne çıkardığı tespit edilmiştir. Uygulama ve su kısıtı interaksiyonu ele alındığında; SA uygulaması yapılarak %80 sulama suyu verilmesi ile verim ve kalite parametrelerinin en yüksek seviyede olabileceğinden bu yetiştirme koşulu önerilmektedir. Bunun dışındaki yetiştirme koşullarında ise verim veya kalite parametrelerinden tavizler verilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Vejetasyon süresi içerisinde stresi belirlemede ön bilgi edinilebilen en önemli parametrelerden klorofil miktarı ve stoma iletkenliği değerlerinin, antioksidan enzim aktiviteleri ile değişiminden yararlanılarak yüzey tepki metodu kullanılarak 3 boyutlu verim tahmin modellemesi yapılmıştır. Bu modellemelerde istatistiksel olarak önemli çıkan yüzey yanıt metoduna ait Quadratik model kullanılmış olup Askorbat Peroksidaz – Stoma iletkenliği, Askorbat Peroksidaz – Klorofil miktarı, Guaiakol Peroksidaz – Stoma iletkenliği ve Katalaz – Stoma iletkenliği kombinasyonlarına göre çözümlenmiştir. Modele göre verim tahmini APX – Stoma iletkenliği arasındaki ilişkide APX aktivitesi 2.98 U mg^{-1} ve stoma iletkenliğinin $479 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olması durumunda $107.562 \text{ t ha}^{-1}$ verim eldesi mümkün görülmüştür. APX aktivitesinin %8.1 ve stoma iletkenliğinin %17 artması ise verimi %11.9 artırmış olup maksimum seviyeye çıkartmıştır. APX – Klorofil miktarı arasındaki ilişkide de benzer sonuçlar görülmüştür. Verim tahmin modelinde maksimum verim için ($129.194 \text{ t ha}^{-1}$) klorofil miktarı 47.82 seviyelerinde olduğu belirlenirken, APX aktivitesi 3.26 U mg^{-1} seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. Ancak APX aktivitesinin 4.56 U mg^{-1} seviyelerinin üzerinde olması verimde keskin düşüşlerin başlayacağını göstermiştir. GPX aktivitesi ile stoma arasındaki ilişkiye göre verim tahmin modelinde en etkili olan faktörler X_2 ve $X_1 \cdot X_2$ olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, stoma iletkenliğinin GPX aktivitesinden daha etkili olduğu görülmüştür. GPX

aktivitesi, stoma iletkenliğinin 315.482 U mg⁻¹ seviyesine kadar verimde olumlu bir etkiye sebep olmaz iken, bu seviyenin üzerinde belirlenen stoma iletkenliğinde artan GPX aktivitesi ile verimde artış görülmüştür. Modele göre en yüksek verim tahmini ise (129.664 t ha⁻¹) stoma iletkenliğinin 556.76 mmol m⁻² s⁻¹ seviyelerinde ve GPX aktivitesinin 3.87 U mg⁻¹ seviyelerinde olduğunda tespit edilmiştir. Stoma iletkenliği ile CAT aktivitesine dayalı verim tahmin modeline göre, stoma iletkenliğini 400 mmol m⁻² s⁻¹ seviyelerinin üzerinde olması ve CAT aktivitesinin en fazla 346.87 U mg⁻¹ seviyelerine kadar çıkması durumunda ancak verime olumlu katkı sağlayarak verimde artışlara sebep olabileceği tespit edilmiştir. Stoma iletkenliği ile CAT aktivitesi arasındaki ilişkiye göre stoma iletkenliğinin 557.89 mmol m⁻² s⁻¹ seviyelerinde ve CAT aktivitesinin 164.27 U mg⁻¹ seviyelerinde belirlendiği durumlarda verim 127.721 t ha⁻¹ olarak maksimuma ulaştığı Quadratik model ile belirlenmiştir.

Her geçen gün sulama suyuna duyulan ihtiyacın artarak devam etmesi neticesinde, bitki üretiminde yetiştirme koşullarının önemi daha da öne çıkacaktır. Bu amaçla strese toleranslı çeşitlerin ıslahı ile daha uzun süren ve kompleks çalışmalara alternatif olarak, yetiştirme tekniklerinin değiştirilerek, bitkiyi vejetasyon süresi içerisinde strese dayanıklı bir hale getirmek kısa süreli ve basit çözümler içerisinde yer almakla birlikte hem her bitkiye uygulanabilmekte hemde verim ve kaliteyi artırarak ekonomiye destek olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdelaal, K. A., Attia, K. A., Alamery, S. F., El-Afry, M. M., Ghazy, A. I., Tantawy, D. S., and Hafez, Y. M. (2020). Exogenous application of proline and salicylic acid can mitigate the injurious impacts of drought stress on barley plants associated with physiological and histological characters. *Sustainability*, 12(5), 1736.
- Abdelkhalik, A., Pascual-Seva, N., Nájera, I., Giner, A., Baixauli, C., and Pascual, B. (2019). Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 212, 99-110.
- Aebi, H. (1984). [13] Catalase in vitro. In *Methods in enzymology* (Vol. 105, pp. 121-126). Academic Press.
- Akashi, K., Yoshida, K., Kuwano, M., Kajikawa, M., Yoshimura, K., Hoshiyasu, S., ... and Yokota, A. (2011). Dynamic changes in the leaf proteome of a C 3 xerophyte, *Citrullus lanatus* (wild watermelon), in response to water deficit. *Planta*, 233(5), 947-960.
- Akça, H., Aktaş, L. Y., Altun, N., and Yağmur, Y. (2008). Defne (*Laurus Nobilis L.*)'de Kuraklığa Uyum Mekanizmalarının Uyarılması ve Oluşan İçsel Hormon Değişimlerinin İncelenmesi. *Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten*, (38).
- Alghory, A., ve Yazar, A. (2019). Evaluation of crop water stress index and leaf water potential for deficit irrigation management of sprinkler-irrigated wheat. *Irrigation Science*, 37(1), 61-77.
- Anjum, S. A., Farooq, M., Xie, X. Y., Liu, X. J., and Ijaz, M. F. (2012). Antioxidant defense system and proline accumulation enables hot pepper to perform better under drought. *Scientia Horticulturae*, 140, 66-73.
- Anonim, 1970. Bafra projesi Bafra ovası detaylı arazi tasnif ve drenaj raporu. *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü VII. Bölge Müdürlüğü Yayınları*, Samsun, 1970.
- Azimi, M. S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S., and Zare, S. (2013). Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(8), 816.
- Azizi, Z., Barzegar, T., and Ghahremani, Z. (2017). Effects of salicylic acid and humic acid on yield and fruit quality of the " Zard Jalali" melon under water deficit stress. *Journal of Crops Improvement*, 19(2).
- Barzegar, T., Lotfi, H., Rabiei, V., Ghahremani, Z., and Nikbakht, J. (2017). Effect of water-deficit stress on fruit yield, antioxidant activity, and some physiological traits of four Iranian melon genotypes. *ايران باغبانستان*, 48(نمونه ویژه), 13-25
- Barzegar, T., Parkhideh, J., Nekounam, F., and Nikbakht, J. (2018). Evaluation of growth, yield and physiological responses of some watermelon accessions to water deficit stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, 10(2), 73-88.
- Bengal, A., Agam, N., Alchanatis, V., Cohen, Y., Yermiyahu, U., Zipori, I., ... and Dag, A. (2009). Evaluating water stress in irrigated olives: correlation of soil water status, tree water status, and thermal imagery. *Irrigation Science*, 27(5), 367-376.
- Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248.
- Bruton, B. D., Fish, W. W., Roberts, W., and Popham, T. W. (2009). The Influence of Rootstock Selection on Fruit Quality CDmB kk. *Open food science journal*, 3.

- Cakmak, I., and Marschner, H. (1992). Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves. *Plant physiology*, 98(4), 1222-1227.
- Chakma, R., Biswas, A., Saekong, P., Ullah, H., and Datta, A. (2021). Foliar application and seed priming of salicylic acid affect growth, fruit yield, and quality of grape tomato under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 280, 109904.
- Cui, J., Shao, G., Lu, J., Keabetswe, L., and Hoogenboom, G. (2019). Yield, quality and drought sensitivity of tomato to water deficit during different growth stages. *Scientia agricola*, 77.
- Culpan, E. (2015). Gibberellik asit ve salisilik asit uygulamalarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in tohum verimi ve kalite özelliklerine etkisi (*Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi*).
- Çamoğlu, G., Aşık, Ş., Genç, L., and Demirel, K. (2010). The effects of water stress on evapotranspiration, water use efficiency, yield and quality parameters in watermelon irrigated by drip irrigation. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(2), 135-144.
- Davis, A. R., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Levi, A., King, S. R., Zhang, X., (2008). Grafting effects on vegetable quality. *HortScience*, 43(6): 1670-1672.
- Dianat, M., Saharkhiz, M. J., and Tavassolian, I. (2016). Salicylic acid mitigates drought stress in *Lippia citriodora* L.: Effects on biochemical traits and essential oil yield. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 8, 286-293.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., (1979). Yield Response to Water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No.33*. Rome.
- Duraktekin, G., Çolak, Y. B., Özfıdaner, M., Baydar, A., and Gönen, E. (2017). Karpuzda farklı sulama programlarının klorofil içeriğine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 179-187.
- Erez, E., İnal, B., Karipçin, M. Z., and Altıntaş, S. (2020). Physiological and gene-expression variation in watermelon (*Citrullus lanatus* L.) cultivars exposed to drought stress. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 89(2).
- Ghaffari, H., Tadayon, M. R., Nadeem, M., Cheema, M., and Razmjoo, J. (2019). Proline-mediated changes in antioxidant enzymatic activities and the physiology of sugar beet under drought stress. *Acta physiologiae plantarum*, 41(2), 23.
- Ghaffari, H., Tadayon, M. R., Nadeem, M., Cheema, M., and Razmjoo, J. (2019). Proline-mediated changes in antioxidant enzymatic activities and the physiology of sugar beet under drought stress. *Acta physiologiae plantarum*, 41(2), 23
- Ghodke, P. H., Andhale, P. S., Gijare, U. M., Thangasamy, A., Khade, Y. P., Mahajan, V., and Singh, M. (2018). Physiological and biochemical responses in onion crop to drought stress. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7(1), 2054-62.
- Habib, S. H., Kausar, H., and Saud, H. M. (2016). Plant growthpromoting Rhizobacteria enhance salinity stress tolerance in okra through ROS-scavenging enzymes. *BioMed Research International*. <https://doi.org/10.1155/2016/6284547>.
- Hamurcu, M., Khan, M. K., Pandey, A., Ozdemir, C., Avsaroglu, Z. Z., Elbasan, F., ... and Gezgin, S. (2020). Nitric oxide regulates watermelon (*Citrullus lanatus*) responses to drought stress. *3 Biotech*, 10(11), 1-14.
- Hassan, A. M., and Omran, M. S. (2018). Elasticity Properties Of Date Fruits Under Deficit Irrigation To Predict Package Height. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 35(3), 899-918.

- Heikkilä, R. E., and Cabbat, F. (1976). A sensitive assay for superoxide dismutase based on the autoxidation of 6-hydroxydopamine. *Analytical biochemistry*, 75(2), 356-362.
- Hojati, M., Modarres-Sanavy, S. A. M., Karimi, M., and Ghanati, F. (2011). Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus tinctorius* L. under water deficit stress. *Acta physiologiae plantarum*, 33(1), 105-112.
- Howell, T.A., (1990). Cuenca, R.H., Solomon, K.H., Crop Yield Response. Management of Farm Irrigation Systems (Ed. Hoffman v.d.). *ASAE*, 311- 312,
- Huseynova, I. M. (2012). Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of leaves from wheat cultivars exposed to drought. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1817(8), 1516-1523.
- Hussain, M., Malik, M. A., Farooq, M., Khan, M. B., Akram, M., and Saleem, M. F. (2009). Exogenous glycinebetaine and salicylic acid application improves water relations, allometry and quality of hybrid sunflower under water deficit conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 195(2), 98-109.
- Ibrahim, M. F. M., Ibrahim, H. A., and Abd El-Gawad, H. G. (2021). Folic acid as a protective agent in snap bean plants under water deficit conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(1), 94-109.
- Kapur, B. (2010). Artan CO₂ ve küresel iklim değişikliğinin çukurova bölgesinde buğday verimliliği üzerine etkileri. Doktora Tezi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana*.
- Karaağaç, O., Balkaya, A., and Kafkas, N. E. Y. (2018). Karpuzda (*Citrullus lanatus*) meyve kalitesi ve aroma özellikleri üzerine anaçların etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(2), 92-104.
- Karasu, A., Kuşçu, H., Mehmet, Ö. Z., and Bayram, G. (2015). The effect of different irrigation water levels on grain yield, yield components and some quality parameters of silage Maize (*Zea mays indentata* Sturt.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(1), 138-145.
- Khan, M. A., Shirazi, M., Shereen, A., Khan, M., Mujtaba, S., Asma, S., and Baloch, S. (2021). Foliar Application Of Salicylic Acid To Alleviate The Detrimental Effects Of Drought In Various Genotypes Of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Bot*, 54, 2.
- Kim, S. G., Lee, J. S., Bae, H. H., Kim, J. T., Son, B. Y., Kim, S. L., ... and Jeon, W. T. (2019). Physiological and proteomic analyses of Korean F1 maize (*Zea mays* L.) hybrids under water-deficit stress during flowering. *Applied Biological Chemistry*, 62(1), 1-9.
- Kirnak, H., Tas, I., Kaya, C., Higgs, D., 2002. Effects of deficit irrigation on growth, yield and fruit quality of eggplant under semi-arid conditions. *Aust. J. Agric. Res.* 53, 1367–1373. <https://doi.org/10.1071/AR02014>.
- Kuşçu, H., Turhan, A., Özmen, N., Aydınol, P., and Demir, A. O. (2015). Bursa ekolojik koşullarında karpuzun su kullanım etkinliği, verim ve meyve kalitesi üzerine farklı sulama rejimlerinin etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1)
- Kuşçu, H., Turhan, A., Özmen, N., Aydınol, P., Büyükcangaz, H., and Demir, A. O. (2015). Deficit irrigation effects on watermelon (*Citrullus vulgaris*) in a sub humid environment. *J. Anim. Plant Sci*, 25(6), 1652-1659.
- Li, H., Yang, X., Chen, H., Cui, Q., Yuan, G., Han, X., and Zhang, X. (2018). Water requirement characteristics and the optimal irrigation schedule for the growth, yield, and fruit quality of watermelon under plastic film mulching. *Scientia Horticulturae*, 241, 74-82

- Li, H., Yang, X., Chen, H., Cui, Q., Yuan, G., Han, X., and Zhang, X. (2018). Water requirement characteristics and the optimal irrigation schedule for the growth, yield, and fruit quality of watermelon under plastic film mulching. *Scientia Horticulturae*, 241, 74-82.
- Li, J., Wan, F., Guo, W., Huang, J., Dai, Z., Yi, L., and Wang, Y. (2020). Influence of α - and γ -Fe₂O₃ Nanoparticles on Watermelon (*Citrullus lanatus*) Physiology and Fruit Quality. *Water, Air, and Soil Pollution*, 231(4), 1-12.
- Malambane, G., Batlang, U., Ramolekwa, K., Tsujimoto, H., and Akashi, K. (2021). Growth chamber and field evaluation of physiological factors of two watermelon genotypes. *Plant Stress*, 100017.
- Manikandan, R., Sahi, S. V., and Venkatachalam, P. (2015). Impact assessment of mercury accumulation and biochemical and molecular response of *Mentha arvensis*: A potential hyperaccumulator plant. *The Scientific World Journal*. <https://doi.org/10.1155/2015/715217>.
- Mittler, R., and Zilinskas, B. A. (1993). Detection of ascorbate peroxidase activity in native gels by inhibition of the ascorbate-dependent reduction of nitroblue tetrazolium. *Analytical biochemistry*, 212(2), 540-546.
- Moustafa-Farag, M., Mohamed, H. I., Mahmoud, A., Elkelish, A., Misra, A. N., Guy, K. M., and Zhang, M. (2020). Salicylic acid stimulates antioxidant defense and osmolyte metabolism to alleviate oxidative stress in watermelons under excess boron. *Plants*, 9(6), 724.
- Nasrabadi, H. N., Nemati, H., Kafi, M., and Arouei, H. (2015). Effect of foliar application with salicylic acid on two Iranian melons (*Cucumis melo* L.) under water deficit. *African Journal of Agricultural Research*, 10(33), 3305-3309.
- Nigiz, F. U., (2018). Yüzey Yanıt Metodu İle Optimize Edilen Metil Laurat Üretiminin Membran Reaktörde Uygulaması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(1), 47-55.
- Nikbakht, J., Mohammadi, E., and Barzegar, T. (2020). Effect of Salicylic Acid Foliar Application under Deficit Irrigation Conditions on Yield and Water Use Efficiency in Cucumber (*Cucumis sativus* cv. Kish F1). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(3), 553-561.
- Osman, H. S. (2015). Enhancing antioxidant–yield relationship of pea plant under drought at different growth stages by exogenously applied glycine betaine and proline. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 389-402.
- Özdüven, F. F. K. (2016). Salisilik asit uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen yazlık kabakta (*Cucurbita pepo* L.) bitki gelişimi ve verime etkileri.
- Pandey, S., W.A. Ansari, N. Atri, B. Singh, S. Gupta, and K.V. Bhat. (2016). Standardization of screening technique and evaluation of muskmelon genotypes for drought tolerance. *Plant Genet. Resour.* 21:1–8. doi:10.1017/S1479262116000253.
- Qin, K., and Leskovar, D. I. (2020). Assessments of humic substances application and deficit irrigation in triploid watermelon. *HortScience*, 55(5), 716-721.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., and Rea, E. (2008). Yield, mineral composition, water relations, and water use efficiency of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience*, 43(3), 730-736.
- Shao, H. B., Liang, Z. S., Shao, M. A., and Sun, Q. (2005). Dynamic changes of anti-oxidative enzymes of 10 wheat genotypes at soil water deficits. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 42(3), 187-195.

- Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., and Pessaraki, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of botany*, 2012.
- Sharma, S. P., Leskovar, D. I., Crosby, K. M., Volder, A., and Ibrahim, A. M. H. (2014). Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. *Agricultural water management*, 136, 75-85.
- Shigeoka, S., T. Ishikawa, M. Tamoi, Y. Miyagawa, T. Takeda, Y. Yabuta, and K. Yoshimura. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. *J. Exp. Bot.* 53:1305–1319. doi:10.1093/jexbot/53.372.1305.
- Soni, P., Nair, R., Jain, S., and Sahu, R. K. Salicylic acid induced drought tolerance and yield stability under water deficit stress condition in pea (*Pisum sativum* L. var. Kashi Nandni). *The Pharma Innovation Journal*, 10, 701-705
- Stewart, J. I. 1976. Water Production Functions and Predicted Irrigation Programs For Principal Crop As Required For Water Resources Planning And Increased Water Use —Efficiency. *FAO Irrig. And Drain. Paper No. 33. United States. National Technical Information Service.*
- Şişecioglu, M., Atasever, A., Şehitoğlu, M. H., ve Kaya, H. B. (2010). Purification and characterization of peroxidase from Turkish black radish (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(12), 1187-1196.
- Tari, A. F. (2016). The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*, 167, 1-10.
- Tomiyama, K., and Stahmann, M. A. (1964). Alteration of oxidative enzymes in potato tuber tissue by infection with *Phytophthora infestans*. *Plant physiology*, 39(3), 483.
- TSE, (2007). Karpuz türk standardı. TS 1132/ICS-67.080.10. *Türk Standartları Enstitüsü Yayınları*, 2007.
- Tüzüner, A. (1990). *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı*, TC Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Köy Hiz. Genel Müd, (s 375).
- URL 1: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=SAMSUN>
- URL 2: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2022-Ocak%20Tar%C4%B1m%20C3%9Cr%C3%BCnleri%20Rapor%C4%B1/Karpuz,%20Ocak-2022%20Tar%C4%B1m%20C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu---.pdf>
- URL 3: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- URL 4: https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=31615&tipi=38&sube=0#:~:text=Kaynak%3B%20FAOStat-D%C3%BCnya'da%203.5%20milyon%20hektar%20alanda%20karpuz%20C3%BCretimi%20yap%C4%B1lmaktad%C4%B1r.,kg%20Fda%20ile%20T%C3%BCrkiye%20oolmu%C5%9Ftur.
- Venkatachalam, P., Jayaraj, M., Manikandan, R., Geetha, N., Rene, E. R., Sharma, N. C., and Sahi, S. V. (2017). Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) alleviate heavy metal-induced toxicity in *Leucaena leucocephala* seedlings: A physiochemical analysis. *Plant Physiology and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.08.022>.

- Wakchaure, G. C., Minhas, P. S., Meena, K. K., Kumar, S., and Rane, J. (2020). Effect of plant growth regulators and deficit irrigation on canopy traits, yield, water productivity and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) grown in the water scarce environment. *Journal of environmental management*, 262, 110320.
- Walker WR, Skogerboe GV (1987). Surface Irrigation. Theory and Practice. *Prentice- Hall, Englewood Cliffs*, 375pp, New Jersey.
- Yavuz, D., Seymen, M., Süheri, S., Yavuz, N., Türkmen, Ö., ve Kurtar, E. S. (2020). How do rootstocks of citron watermelon (*Citrullus lanatus* var. *citroides*) affect the yield and quality of watermelon under deficit irrigation?. *Agricultural Water Management*, 241, 106351.
- Yoosefzadeh Najafabadi, M., Soltani, F., Noory, H., and Díaz-Pérez, J. C. (2018). Growth, yield and enzyme activity response of watermelon accessions exposed to irrigation water déficit. *International Journal of Vegetable Science*, 24(4), 323-337.
- Zhang Y, Kendy E, Qiang Y, Changming L, Yanjun S, Hongyong S (1999). Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the north China plain. *Agric. Water Manage.* 64: 107-122.

ÖZ GEÇMİŞ

Alper GÜNGÖR, Samsun Ondokuz Mayıs Lisesi'ni bitirdikten sonra 2007-2011 yılları arasında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesinde eğitim-öğretim görmüştür. Aynı yıl başladığı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'ndaki Yüksek Lisans programını 2015 yılında bitirerek, Ziraat Yüksek Mühendisi ünvanını almıştır. Aynı Anabilim dalında doktora programına başlamış olup halen doktora öğrenimine devam etmektedir. Mezuniyetinden bu yana Araştırma Görevlisi olarak görev yapan Alper GÜNGÖR, orta derecede İngilizce bilmektedir. (03.01.2022).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-1993-5725

İş Deneyimi:

1. Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı – Araştırma Görevlisi / 2015 – 2016
2. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı – Araştırma Görevlisi / 2016 – 2022

Yayınlar:

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. GÜNGÖR ALPER, ARSLAN HAKAN (2016). Drainage Water Quality Assessment Using the Irrigation Water Quality Index in Çarsamba Plain in Turkey. *The Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 30, 357-363. (Yayın No: 3074337)
2. GÜNGÖR ALPER, ARSLAN HAKAN (2016). Assessment Of Water Quality In Drainage Canals Of Çarsamba Plain Turkey Through Water Quality Indexes And Graphical Methods. *Global NEST Journal* (Yayın No: 2617704)
3. ARSLAN HAKAN, AYYILDIZ TURAN NAZLI, TEMİZEL KADIR ERSİN, KULEYİN AYSE, KIREMIT MEHMET SAIT, GÜNGÖR ALPER, YILDIZ ÖZGÜL HAVA (2021). Evaluation of heavy metal contamination and pollution indices through geostatistical methods in groundwater in Bafra Plain,

Turkey. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Doi: 10.1007/s13762-021-03713-4 (Yayın No: 7247887)

4. ARSLAN HAKAN, KIREMIT MEHMET SAIT, GÜNGÖR ALPER (2018). Impacts of different water salinity levels on salt tolerance, water use, yield, and growth of chives (*Allium schoenoprasum*) /title. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1-12., Doi: 10.1080/00103624.2018.1526949 (Yayın No: 4399918)

5. ARSLAN HAKAN, TURAN NAZLI AYYILDIZ, DEMİR YUSUF, GÜNGÖR ALPER, CEMEK BİLAL (2017). assesment of spatial and seasonal change in groundwater nitrate pollution of agricultural lands through ordinary and indicator kriging techniques. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(7), 907-917. (Yayın No: 4146197)

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler :

1. GÜNGÖR ALPER, ALTUN MEHMET, KIREMIT MEHMET SAIT, ARSLAN HAKAN (2018). Effect of Different Irrigation Water Salinity and Irrigation Interval on The Change of Total Protein Amount in Purple Carrot (*Daucus Carota* L) Plant. *2nd International UNIDOKAP Black Sea Symposium on BIODIVERSITY*, 138-138. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4544619)

2. GÜNGÖR ALPER, BİLİR GÜRKAN, TAŞ ÖMER, OLCAY AHMET CAN, ALTUN MEHMET, ARSLAN HAKAN (2018). Effect of Different Irrigation Water Salinity on the Antioxidant Enzyme Activity of Purple Carrot (*Daucus Carota* L) Plant. *1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi* (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4544687)

3. GÜNGÖR ALPER, TAŞ ÖMER, BİLİR GÜRKAN, OLCAY AHMET CAN, ARSLAN HAKAN, EKİNCİ DENİZ (2018). Effect of Salinity and Drought Stress Conditions on Enzyme Activities of Plants. *1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi* (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4544702)

4. GÜNGÖR ALPER, ARSLAN HAKAN (2018). Çarşamba Ovası Drenaj Kanallarının Su Kalitesinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Uluslararası Su ve Çevre Kongresi*, 851-858. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4410638)

5. ARSLAN HAKAN, CEMEK BİLAL, KIREMIT MEHMET SAIT, GÜNGÖR ALPER, SAHİN Utku, Desire Milostin (2018). Çarşamba Ovası Yeraltı Suyunun Doymuş Oksijen, Toplam Organik Karbon Ve Organik Madde Miktarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Değerlendirilmesi. *Uluslararası Su Ve Çevre Kongresi* (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4410587)

7. ARSLAN HAKAN, GÜNGÖR ALPER, KIREMIT MEHMET SAIT (2017). Comparison of Four Spatial Interpolation Methods for Some Properties in Corn Grown Areas, Northern Part of Turkey. *The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, 277 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3599990)

8. GÜNGÖR ALPER, ARSLAN HAKAN (2016). Drainage Water Quality Assessment Using the Irrigation Water Quality Index in Çarşamba Plain in Turkey.

27. *International Scientific-Expert Congress of Agriculture And Food Industry*, (Yayın No:3085665)

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

1. GÜNGÖR ALPER, ARSLAN HAKAN Susurluk Havzasındaki Yüzeysel Suların Kalitelerinin Matematiksel Esitlikler Ve Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler İle Değerlendirilmesi. *I. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi*, (Yayın No:1580973)

2. ARSLAN HAKAN, GÜNGÖR ALPER Karadeniz Bölgesindeki Yüzeysel Suların Kalitelerinin Sulama Açısından Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Ve Grafiksel Yöntemler İle Değerlendirilmesi. *III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi*, (Yayın No:1581138)

Kazanılan Ödüller, Teşvikler ve Burslar

1. Akademik Teşvik – (2017)