ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOMATESTE (*Solanum lycopersicum* L.) DIŞSAL IAA UYGULAMALARININ TUZA TOLERANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Serpil HAVADAR

TARIM VE YAŞAM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Serpil HAVADAR tarafından hazırlanan **"Domateste (*Solanum lycopersicum* L.) Dışsal IAA Uygulamalarının Tuza Tolerans Üzerindeki Etkisi"** adlı tez çalışması 21/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN

Jüri Üyeleri :

Başkan **:** Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN
Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. H. Yıldız DAŞGAN
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Çukurova Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Bekir CENGİL
Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **"Domateste (*Solanum lycopersicum* L.) Dışsal IAA Uygulamalarının Tuza Tolerans Üzerindeki Etkisi"** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı'yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (21.09.2021).

Serpil HAVADAR

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından KYO080120L04 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOMATESTE (*Solanum lycopersicum* L.) DIŞSAL IAA UYGULAMALARININ TUZA TOLERANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Serpil HAVADAR

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN

Bu çalışmada, domateste tuz stresine toleransın sağlanmasında indole-3-acetic acid (IAA) uygulamalarının etkinliği incelenmiştir. Çalışmada materyal olarak TOM-141 (tolerant) ve TOM-139 (hassas) genotipler ile AG5668 domates çeşidi kullanılmıştır. Stres bitkileri için, 3 gerçek yapraklı aşamada tuz (200 mM NaCl) stresine başlanmıştır. Kontrol bitkileri ise besin çözeltisi ile sulanmıştır. IAA uygulamalarında ise tuz stresi ile birlikte 0,05, 0,25, 0,50, 0,75, 1,00 ve 2,00 mM dozlarına yer verilmiş, haftada bir kez olmak üzere yapraktan spreyleme şeklinde uygulanmıştır. Stres sonunda hasat edilen bitkiler, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları, gövde boyu ve çapı, yaprak sayısı ve alanı, yaprak su oransal içeriği (YOSİ), yeşil aksam, Na, Cl, K ve Ca içeriği, malondialdehit (MDA), toplam klorofil ve karotenoid, toplam fenolik madde ve flavanoid içeriği bakımından değerlendirilmiştir. Tuz stresi domates genotiplerinde bitki büyüme parametreleri ile YOSİ, K ve Ca iyon konsantrasyonu, toplam klorofil ve karotenoid ve toplam flavanoid içeriğinde azalmaya neden olmuş; Na ve Cl iyon konsantrasyonu, MDA ve toplam fenolik madde içeriğinde ise artış meydana gelmiştir. Buna karşın, tuz stresi ile birlikte IAA uygulamalarında tuz stresine oranla ortalama olarak yaş ve kuru ağırlıkta %8-93; gövde boyunda ve çapında %7-65; yaprak sayısı ve alanında %22-329, YOSİ değerlerinde %18-30; K içeriğinde %12-34; Ca içeriğinde %9-37; toplam klorofil ve karotenoid içeriğinde %3-125; toplam fenolik madde ve flavanoid içeriğinde %7-107 oranlarında iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca Na iyon alımı %10-21, Cl iyon alımı %13-16 düzeyinde sınırlandırılırken; MDA içeriğindeki artış %29 düzeyinde engellenebilmiştir. Çalışma sonucunda, IAA uygulamalarının tuz stresinden kaynaklanan olumsuzlukları değişen oranlarda iyileştirdiği ve toleransı artırmada etkili olduğu, uygulamalar arasında bu olumlu etki açısından 0,25 mM ve 0,50 mM IAA uygulamalarının ön plan çıktığı belirlenmiştir.

2021, 50 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Bitki büyüme düzenleyicisi, Indol-3 asetik asit, Oksin, Solanacae

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EFFECTS OF THE EXOGENOUS IAA APPLICATIONS ON SALT TOLERANCE IN TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.)

Serpil HAVADAR

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agriculture and Life Sciences

Advisor: Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN

In this study, the effectiveness of indole-3-acetic acid (IAA) applications in providing salt stress tolerance in tomato was investigated. TOM-141 (tolerant) and TOM-139 (sensitive) genotypes and AG5668 tomato cultivar were used as materials in the study. For stress plants, salt (200 mM NaCl) stress was initiated at 3 true leaf stages. Control plants were irrigated with nutrient solution. In IAA applications, 0.05, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 and 2.00 mM doses were used together with salt stress, and it was applied as a foliar spray once a week. The end of the experiment, plants were evaluated according to shoot fresh and dry weight, stem length and diameter, leaf number and area, relative water content (YOSI), shoot Na, Cl, K and Ca content, malondialdehyde (MDA), total chlorophyll and carotenoid, total phenolic substance and flavonoid content. Salt stress caused a decrease in plant growth parameters, YOSI, K and Ca ion concentration, total chlorophyll and carotenoid and total flavonoid content in tomato genotypes; Na and Cl ion concentration, MDA and total phenolic substance content increased. On the other and, in IAA applications with salt stress, on average 8-93% in fresh and dry weight; 7-65% in stem length and diameter; 22-329% in leaf number and area, 18-30% in YOSI values; 12-34% in K content; 9-37% in Ca content; 3-125% in total chlorophyll and carotenoid content; 7-107% improvement was achieved in total phenolic substance and flavonoid content compared to salt stress. In addition, Na ion uptake to 10-21% and Cl ion uptake to 13-16% were limited. The increase in MDA content was prevented at the level of 29%. As a result of the study, it was determined that IAA applications improved the negativities caused by salt stress at varying rates and were effective in increasing tolerance, and 0.25 mM and 0.50 mM IAA applications came to the fore in terms of this positive effect among the applications.

2021, 50 pages

Keywords: Auxin, Indole-3-acetic acid, Plant growth regulator, Solanacae

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli abiyotik stres koşullarından biri tuzluluktur. Bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere yol açan tuz stresi karşısında, bitkilerin toleransını artırmaya yönelik çalışmalar güncelliğini korumaktadır. Bitki gelişimi ile diğer fizyolojik fonksiyonları kontrol eden, doğal olarak bitki içerisinde üretilen organik maddeler olarak nitelendirilen bitki büyüme düzenleyicileri, abiyotik stres koşullarında da bitki gelişimini kontrol etmektedir. Bu maddeler içerisinde yer alan oksinler özellikle bitkilerde hücre bölünmesini, büyümeyi ve gelişmeyi hızlandırma yönünden etkilidir. Indol-3-asetik asit (IAA) doğal oksin olarak sınıflandırılması bakımından ayrı bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, IAA dışsal uygulamalarının domateste tuza toleransı artırmada etkinliği ve tuza toleransın sağlanmasında etkili IAA dozu belirlenmeye çalışılmıştır.

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden bilgi, öneri ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışmalarımda ne zaman ihtiyaç duysam içtenlik, sabırla ve gülümsemesi ile her zaman yanımda hissettiğim değerli hocam Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca her attığım adımda maddi, manevi desteğini esirgemeyen, her daim yanımda olan bana her zaman güvenen ve inanan canım aileme, arkadaşım Ziraat Yüksek Mühendisi Elif KAYA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamızı destekleyen Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (BAP) (KYO080120L04) teşekkür ederim.

Serpil HAVADAR
Çankırı, Eylül 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **v**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **4**
2.1 Bitkilerde Tuz Stresi **4**
2.2 Domateste Tuz Stresi **5**
2.3 Bitki Büyüme Düzenleyiciler ve Tuza Tolerans **8**
3. MATERYAL VE METOT **12**
3.1 Materyal **12**
3.2 Yöntem **12**
3.2.1 Stres uygulamalarının gerçekleştirilmesi **13**
3.2.2 Ölçüm ve analizler **16**
3.2.3 Verilerin değerlendirilmesi **21**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **22**
4.1 Bitki Büyüme Parametrelerinde Ortaya Çıkan Değişimler **22**
4.1.1 Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları **22**
4.1.2 Gövde boyu ve çapı **24**
4.1.3 Yaprak sayısı ve yaprak alanı **26**
4.2 Yaprak Oransal Su İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler **30**
4.3 İyon Değişiminde Ortaya Çıkan Değişimler **33**
4.3.1 Sodyum (Na) iyon içeriği **33**
4.3.2 Klor (Cl) iyon içeriği **33**
4.3.3 Potasyum (K) iyon içeriği **35**
4.3.4 Kalsiyum (Ca) iyon içeriği **35**
4.4 Malondialdehid (MDA) İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler **37**
4.5 Toplam Klorofil ve Karotenoid İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler **40**
4.6 Toplam Fenolik ve Flavanoid Madde İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler **42**
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **45**
KAYNAKLAR **46**
ÖZGEÇMİŞ **50**

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
Ca	Kalsiyum
EC	Elektriksel İletkenlik
g	Gram
IAA	Indol-3-asetik asit
K	Potasyum
L	Litre
MDA	Malondialdehid
mg	Miligram
mL	Mililitre
mM	Milimolar
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
YOSİ	Yaprak oransal su içeriği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışmada yer alan uygulamalar 13
Şekil 3.2 Domates bitkilerinin gelişimi 14
Şekil 3.3 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkisi 15
Şekil 3.4 Domateste gövde boyu ve çapının belirlenmesi 16
Şekil 3.5 Domateste yaprak sayısı ve yaprak alanının belirlenmesi 17
Şekil 3.6 Domateste toplam klorofil ve karatenoid içeriğinin belirlenmesi 18
Şekil 3.7 Domateste toplam fenolik bileşikler ve flavanoid içeriğinin belirlenmesi 20

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları üzerindeki etkisi 22
Çizelge 4.2 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının gövde boyu ve gövde çapı üzerindeki etkisi 24
Çizelge 4.3 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının yaprak sayısı ve yaprak alanı üzerindeki etkisi 26
Çizelge 4.4 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının yaprak oransal su içeriği (YOSİ) üzerindeki etkisi 30
Çizelge 4.5 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının sodyum (Na) ve klor (Cl) içeriği üzerindeki etkisi 33
Çizelge 4.6 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) içeriği üzerindeki etkisi 35
Çizelge 4.7 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının malondialdehit içeriğindeki (MDA) etkisi 38
Çizelge 4.8 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının toplam klorofil ve karotenoid içeriği üzerindeki etkisi 40
Çizelge 4.9 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının toplam fenolik madde ve flavanoid içeriği üzerindeki etkisi 43

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu besin gereksinimlerinin de artışına neden olmaktadır. Sanayileşme ve çevresel stresler ile birlikte tarım alanlarındaki azalma, gereksinim duyulan besin ihtiyacının karşılanmasına yönelik olarak üretimi de kısıtlamaktadır. Bu sınırlanma beraberinde üretim, verim ve kalitenin artırılmasına yönelik yeni yöntem ve tedbirlerin alınmasını gereklilik haline getirmektedir (Kumlay ve Eryiğit 2011).

Artan nüfus ile beraber, gıda ve gıda ürünlerine olan ihtiyaç da hızla artmaktadır. Artan ihtiyacın karşılanması amacıyla tarımsal verimliliğin arttırılmasına yönelik bitki gelişim düzenleyicileri (BGD) yaygın olarak kullanılmaktadır. Hazırlanan çalışmada, BGD'lerin tanımı yapılmış, toksik karakterli bu maddelerin tarımda kullanımı sırasında yapılan yanlışlıklar ve aşırı doz uygulamalarının ekosisteme ve canlılar üzerinde yaratacağı olumsuz yöndeki potansiyel etkileri irdelenmiştir. (Morsünbül vd. 2010).

Bitki büyüme düzenleyicileri, bitkiler tarafından oluşturulan ya da bitkiye dışarıdan verilen, çok düşük miktarlarda bitkideki büyüme, gelişme ve diğer fizyolojik olayları tek başına ya da birlikte olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilen, oluşturdukları dokularda etkin olabildikleri gibi diğer bitki kısımlarına da taşınabilen ve bu etkinliği diğer organlarda da gösterebilen organik maddelerdir. Bitkilerde büyüme ve gelişmede etkili olan ve bitki bünyesinde oluşan bu maddeler hormonlar veya fito hormonlar (bitki hormonları) olarak adlandırılmaktadır.

Bitkilerin büyüme ve gelişmesinde büyüme düzenleyicilerinin kullanımı oldukça önemlidir. Sentetik büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ile bitkide sentezlenen içsel hormonların etkilerine benzer sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu amaçla oksin, sitokinin, giberellinler, absisik asit ve etilenin yanında brassinosteroidler, salisilik asit, jasmonatlar ve poliaminler gibi çeşitli büyüme düzenleyicilerinin de kullanımı giderek artmaktadır. Büyüme düzenleyicilerinin bilinçsiz bir şekilde kullanılmaları sonucu toprakta ve yer altı sularında birikim meydana gelerek canlılarda toksik etkiler görülebilmektedir. Sentetik büyüme düzenleyicilerinin canlılara olumsuz etkilerinin olması ve kullanımının pahalı olması, çevreye zarar vermeyecek doğal alternatif

yöntemleri akla getirmektedir. Mikroorganizma kullanımı, yaralama işlemi, alternatif hormon kullanımı, eğme-bükme, etiolasyon ve gama ışını gibi uygulamalarla içsel hormonların biyosentezini ve konsantrasyonlarını arttırmak mümkündür. Bu sayede kullanılan büyüme düzenleyicilerinin etkinliği artabilmekte ya da kullanım düzeyleri düşmektedir (Algül vd. 2016).

Bitki büyüme düzenleyicileri bitkilerin farklı organ ve organellerinde bulunmaktadır. Bu maddeler; oksin, giberellinler ve sitokininler büyüme teşvik ediciler, absisik asit (dorminler) engelleyici, etilen ise olgunlaştırıcı olarak gruplandırılmıştır. Doğal bitki büyüme düzenleyiciler arasında etilen dünyada en yaygın kullanılan bitkisel hormon (%23) olarak ilk sırada yer alırken; bu hormunu oksin (%20) ve gibberellinler (%17) izlemektedir (Kumlay ve Eryiğit 2011).

Bir bileşiğin bitki hormonu olarak nitelendirilebilmesi için, bitki bünyesinde oluşması, oluştuğu yerden başka bir yere taşınabilir olması, taşındığı yerde farklı yaşam olaylarını etkilemesi ve düzenlemesi, çok düşük konsantrasyonlarda da bu etkilerini gösterebilmesi gerekmektedir. BBD'ler tarımda farklı amaçlar için kullanılabilmektedir. Özellikle çelikle çoğaltma, tohumlarda çimlenme gücünün artırılması, çiçeklenmenin teşvik edilmesi, meyve tutumu, iriliği ve muhafazanın sağlanması, hasatta iş gücünün azaltılması, olgunlaşmanın hızlandırılması, dormansinin kırılması, *in vitro* çalışmalarda kök-sürgün ve yumru oluşumunun teşvik edilmesi bu kullanım alanları içerisinde yer almaktadır (Kumlay ve Eryiğit 2011).

Dünyada ve ülkemizde açıkta ve örtü altında en fazla yetiştirilen sebze türlerinin başında domates gelmektedir. İçerdiği antioksidan ve likopen gibi bileşikler, vitamin ve mineral maddeler sağlıklı yaşam ve fonksiyonel gıda olarak domatesin tüketimde tercih edilirliğini artırmaktadır. Domates üretimi dünyada 177 milyon ton, ülkemizde ise 2020 verilerine göre 13,2 milyon ton olarak kaydedilmiştir. Bununla birlikte gerek dünyada gerekse ülkemizde üretim değeri ve kalite anlamında abiyotik stres koşullarına bağlı olarak olumsuzluklarda ortaya çıkmaktadır. Açık alan ve sera yetiştiriciliklerinde sulamada düşük kaliteye sahip suların kullanımı, ihtiyaçtan fazla gübre kullanımı, yoğun tarım gibi faktörler tuzluluk problemini de beraberinde getirmektedir. Toprak ya

da sulama suyundaki tuz düzeyinin belirli bir seviyenin üzerine çıkması ise verimde düşüşlere neden olmakta ve iyi yönetilememesi durumunda sürdürülebilir tarımı engellemektedir (Ünlükara vd. 2006).

Bitki gelişimi ile diğer fizyolojik fonksiyonları kontrol eden, doğal olarak bitki içerisinde üretilen organik maddeler olarak nitelendirilen bitki büyüme düzenleyicileri, abiotik stres koşullarında da bitki gelişimini kontrol etmektedir. Bu maddeler içerisinde yer alan oksinler özellikle bitkilerde hücre bölünmesini, büyümeyi ve gelişmeyi hızlandırma yönünden etkilidir. Indol-3- asetik asit (IAA) doğal oksin olarak sınıflandırılması bakımından ayrı bir öneme sahiptir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, IAA dışsal uygulamalarının domateste tuza toleransı artırmada etkinliği ve tuza toleransın sağlanmasında etkili IAA dozunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tuzluluk, kurak ve yarı kurak alanları tehdit eden en önemli problemler arasındadır. Tarımsal alanlarda tuzluluğun artması, toprağın yapısını bozmakta, bitkilerin ürün kalitesi ve verimliliğini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Tuz stresi, bitkilerde çeşitli gelişim süreçlerinin yanında morfolojik, hücresel, fizyolojik ve moleküler seviyede pek çok aksaklıklara neden olmaktadır. Bitkiler, tuz stresine yanıt olarak çeşitli tolerans stratejileri geliştirmektedir. Tuz stresine yanıt çerçevesinde, metabolizma yan ürünü olarak oluşan reaktif oksijen türlerini yok eden çeşitli enzimatik olmayan antioksidanlar ile antioksidan enzimlerin aktivitelerinin arttırılması, bitki büyüme düzenleyicilerinin ve ozmolit sentezinin teşvik edilmesi, fotosentetik yolun değiştirilmesi, önemli tolerans stratejileridir (Yılmaz vd. 2011).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Bitkilerde Tuz Stresi

Bitkiler yaşam döngüsü süresince tuzluluk, kuraklık, yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık gibi farklı abiyotik stres koşulları ile olumsuz etkilenmektedir. Bitkisel üretimde, ürün kayıplarının yaklaşık olarak %50'si abiyotik stres faktörleri nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Tarım arazilerinde yanlış sulama uygulamalarının sebep olduğu tuzluluk probleminin gelecek 20 yıl içerisinde %50 oranında artış göstereceği ön görülmektedir (Hasanuzzaman *et al.* 2013).

Tuzluluk bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkileyerek tarımsal alanlarda verim ve kaliteyi düşüren önemli bir abiyotik strestir. Çalışma, güzel kokusu ve uçucu yağ içeriği ile ekonomik bir değere sahip olan reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde farklı tuz konsantrasyonlarının bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerinde meydana getirdiği değişimleri belirlemek ve bu değişimler üzerine dışsal salisilik asit (SA) uygulamasının etkilerini saptamak amacı ile yapılmıştır. Yapraklara SA uygulaması yapılmadan sadece NaCl (25 ve 50 mM) uygulanan bitkilerde bitki boyu, dal sayısı, taze ve kuru herba ağırlıkları, yaprakların pigment içerikleri ve antioksidan enzim aktiviteleri azalmış, buna karşın yapraklardaki malondialdehit (MDA) içeriği ve uçucu yağ oranları artmıştır. Yapraklara 0,5 mM SA uygulaması yapıldıktan sonra NaCl stresine maruz kalan bitkilerde ise bitki boyu, dal sayısı, taze ve kuru herba ağırlıkları ile pigment içerikleri genel olarak değişmezken, MDA içeriği, uçucu yağ oranları ve antioksidan enzim aktiviteleri artmıştır. Çalışma, dışsal SA uygulamasının genel olarak tuz stresinin sebep olduğu olumsuz etkileri azalttığını göstermiştir (Kaya ve İnan 2017).

Araştırıcılar, kavunun kurak ve yarı kurak alanlarda önemli bir kültür bitkisi olduğunu vurgulamışlardır. Araştırıcılar altı farklı kavun çeşidi ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, 0, 30, 60 ve 90 mM NaCl dozlarını 60 gün süre ile uygulamışlardır. Tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak biyomas özellikleri ile yaprak alanı, klorofil a, b ve karotenoid miktarı, yaprak ve gövde K içeriklerinde azalma meydana geldiği

bildirilmiştir. Buna karşın bitki bünyesinde (yaprak ve gövde) Na ve Cl içeriğinde artış tespit edilmiştir (Sarabi *et al.* 2017).

Üç farklı asma çeşidinde (Bidane-Sefid, Sefid-Fakhri ve Yaghooti) tuz stresinin ortaya koyduğu değişimlerin incelendiği bir çalışmada, 25, 50, 100 mM NaCl uygulamalarının etkisi araştırılmıştır. Kontrol grubunda ve 25 mM NaCl uygulanan bitkilerde yaprakta zararlanma görülmezken, diğer tuz konsantrasyonlarında bu etki belirginleşmiş ve zararlanma önemli bir düzeye çıkmıştır. Çalışma sonucunda Yaghooti çeşidinin klorofil, glisinbetain, membran geçirgenliği ve malondialdehit gibi birçok morfolojik ve fizyolojik parametreler doğrultusunda tuz stresine toleransının daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Sohrabi *et al*. 2017).

2.2 Domateste Tuz Stresi

Araştırıcılar tuz stresinin domateste morfolojik, fizyolojik ve pomolojik yönden olumsuzlukları beraberinde getirdiğini ifade etmiştir. İki farklı tuz seviyesinin (6 ve 8 dS m^{-1}) yer aldığı çalışmalarında bitki boyu, yaprak sayısı, gövde kuru ağırlığı, yaprak alanı, klorofil içeriği ve bitki başına meyve ağırlığı kontrol bitkilerine oranla azalma göstermiş; bu azalma özellikle 8 dS m^{-1} düzeyinde daha fazla olmuştur (Parvin *et al.* 2019).

Çimlenme sırasında tuz toleransı açısından tarama yapılan domates genotiplerini taramak için *in-vitro* test yapıldı. Test, üç çoğaltma kullanılarak Tamamen Randomize Tasarımda (CRD) gerçekleştirildi. On domates genotipi özellikle BARI Domates-2, BARI Domates-3, BARI Domates-5, BARI Domates-11, BARI Domates-14, BARI Domates-16, Mintoo, Unnoyon, Mintoo Super ve Sawsan beş tuzluluk tedavisi seviyesi ile sulanan kum yatağında çimlendirildi, yani 0, 4, 8, 12 ve 16 dS m^{-1}. Test, üç replikasyonla tamamen randomize tasarımda (CRD) düzenlenmiştir. Deneyin genel sonuçları BARI Tomato-2, Mintoo ve Unnoyon'un, diğer genotiplere göre gün ila %50 çimlenme ve kök ve çekim karakterleri açısından daha yüksek tuzluluk stresinde daha hoşgörülü genotipler olduğu bulunmuştur (Kayess *et al.* 2020).

Domateste Na ve K tuzları ile oluşturulan tuz ve alkali stresine toleransın belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada bitkiler, bitki büyüme parametreleri, fotosentez, iyon içerikleri ve bazı ozmolitler bakımından değerlendirilmiştir. Stres koşulları bitkide morfolojik ve fizyolojik olumsuzluklara neden olmuş bu etki alkali stresinde daha fazla belirginleşmiştir. Na-stres koşullarında sodyum ve klor iyonlarında artış meydana gelirken; K-stres koşullarında Na iyon konsantrasyonunda azalma meydana gelmiştir. Alkali stres koşullarında kök ve gövdede Cl iyon birikimi azalmış ve organik asit düzeyi artmıştır (Wang *et al.* 2015).

Geniş bir iklim kuşağında yer bulan domates yetiştiriciliğinde, tuzlu toprakların sınırlayıcı bir faktör olduğunu ifade eden araştırıcılar tuza dayanımı fizyolojik ve morfolojik olarak incelemişler, agronomik olarak verim ve meyve kalite özellikleri değerlendirilerek UPOV kriterlerine göre morfolojik karakterizasyon yapmışlardır. Araştırıcılar, bu amaçla bitki yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları, bitki gövde çapı ve boyu, yaprak alanı indeksi, 0-5 skala değerlendirmesi, tuza dayanımı ortaya çıkarmak için fizyolojik olarak domates bitkilerinde; yaprak su potansiyeli, yaprak ozmotik potansiyeli, yaprak sıcaklığı, yaprak stoma iletkenliği, yapraklarda SPAD metre ile kloroz durumunun belirlenmesi, yaprak hücrelerinde membran zararlanması, bitki Na, K, Ca, Cl, K/Na, Ca/Na içerikleri ve sulama suyu randımanı parametrelerini incelemişlerdir. Ayrıca toplam verim, meyve sayısı ve domates meyvelerinde; meyve ortalama ağırlığı, meyve çapı ve boyu, meyve sertliği, meyvede suda çözünebilir kuru madde miktarı, meyvede titre edilebilir asitlik, meyve C vitamini, meyve pH ve meyve EC içeriği gibi meyve kalite özelliklerini de değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, morfolojik, fizyolojik, agronomik ve pomolojik tüm parametreler ışığında, incelen genotiplerin en toleranslıdan duyarlıya doğru Tom23, Tom148, Tom18, Tom209, Tom 26, Tom106, Tom150, Tom161 ve Tom29 şeklinde sıralandığını bildirmişlerdir (Bayram ve Daşgan 2018).

Elli beş domates genotipinin tuz stresine göstermiş oldukları tepkileri genç bitki aşamasında incelemişlerdir. Bitkiler, sürgün ve kök kuru ağırlığı, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak alanı, yaprak oransal su içeriği, stoma geçirgenliği, yaprak osmotik potansiyeli, yaprak su potansiyeli, sürgün K, Ca ve Cl konsantrasyonu bakımından

değerlendirilmiştir. Tuz stresine tolerant ve hassas genotipler incelenen bu parametreler ışığında belirlenmiştir. Çalışma sonucunda 55 domates genotipi tolerant, orta düzeyde tolerant ve hassas olarak sınıflandırılmıştır. Tarama çalışmaları için sürgün kuru ağırlığı, bitki toplam yaprak alanı, yaprak su potansiyeli, yaprak osmotik potansiyeli, stoma geçirgenliği, gövde ve kök K, Ca, Na ve Cl konsantrasyonu, K/Na, Ca/Na, membran zararlanma indeksi ve görsel skala değerlendirmesi etkin parametreler olarak değerlendirilmiştir (Daşgan *et al*. 2018).

Tuz stresi dünya genelinde kurak ve yarı kurak alanlarda bitki gelişimini olumsuz etkileyen en önemli stres faktörlerinden biridir. Çalışmada sera koşullarında saksıda yetiştirilen tuz stresi altındaki domates bitkisine topraktan potasyum nitrat uygulamasının bitkinin verimine ve fizyolojik gelişimine olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla bitkilere topraktan artan (150 mg/kg, 300 mg/kg) dozlarda potasyum nitrat ve 100 mM NaCl uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda domates bitkisine 100 mM NaCl uygulanması sonucunda bitki örneklerinde azot ve potasyum içerikleri, su potansiyeli, biyomas klorofil miktarları ve maksimum floresan değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Meydana gelen bu azalma tuz stresi altında yetişen domates bitkisine topraktan potasyum nitrat uygulanması sonucunda artan potasyum dozuna bağlı olarak azot ve potasyum içerikleri artmış, maksimum floresans değeri ve klorofil içerikleri artmış, hücre zarı geçirgenliği ise tuz uygulamasıyla artmış ve potasyumlu gübre uygulanması sonucunda azalmıştır. Ozmotik basınç azalırken vejetatif aksam, biyomas, yaş ağırlık, kuru ağırlığı ve su potansiyeli artmıştır. Stres koşulları altında yetişen domates bitkisine topraktan potasyum nitrat uygulanması neticesinde tuzun bitkide oluşturduğu olumsuz etkileri potasyumun uygulanmasıyla azaltılabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Gültekin 2018).

Tuz stresinin domateste olumsuz etkiler ortaya koyduğu ifade edilen çalışmada, üç farklı çeşit (Money maker, NegroYeste ve Verdal) ile gerçekleştirilen çalışmada, 100 mM NaCl uygulaması sonucu meyve sayısı, meyve ağırlığı, K ve Ca iyon birikiminde azalma meydana geldiğini; buna karşılık klorofil, Vitamin C ve Na iyon konsantrasyonunda artış meydana geldiği bildirilmiştir (Massaretto *et al*. 2018).

Çalışma farklı tuz konsantrasyonlarının bazı domates genotiplerinin çimlenmesi üzerine olan etkilerini araştırmak amacı ile yapılmıştır. Çimlendirme testleri, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak 6 tekerrürlü ve her tekerrürde 100 adet tohum olacak şekilde yürütülmüştür. Çimlendirme sabit sıcaklık ve nem koşulları altında yapılmıştır. Denemede tohumların çimlenme yüzdeleri (%) incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, farklı tuz konsantrasyonlarının çimlenme yüzdesi üzerine önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Tüm genotiplerde çimlenme, tuz dozlarındaki artış ile birlikte önemli miktarda azalmıştır. Bu azalmalar tuz dozlarına ve genotiplere göre değişim göstermiştir. En yüksek çimlenme kontrol uygulamasından elde edilmiş ve tuz dozlarının artması ile azalmıştır (Turhan ve Şeniz 2010)

Araştırıcılar domateste genç bitki aşamasında gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında, 100 mM NaCl uygulamasının çimlenme süresinde %27, fide boyunda %24 düzeyinde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırıcılar bunun yanı sıra kök ve gövde uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, membran stabilitesi, yaprak oransal su içeriği ve yaprak alanında da kontrol bitkilerine oranla tuz stresi koşullarında azalma meydana geldiğini rapor etmişlerdir (Tanveer *et al.* 2020).

2.3 Bitki Büyüme Düzenleyiciler ve Tuza Tolerans

Büyüme ve gelişmeyi teşvik eden bir bitki büyüme düzenleyici olan oksinlerin abiyotik stres koşullarında bitki gelişimi üzerindeki etkisi uzun zamandır bilinmektedir. Gerçekleştirilen çalışmalarda dışsal oksin uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkisini hafiflettiği tespit edilmiştir (Javid *et al*. 2011, Husen *et al.* 2016).

Oksin ve sitokininler bitki büyüme ve gelişmesi üzerinde önemli rollere sahiptirler. Her iki hormon yaprak ve kök gelişimi, çiçeklenme, meyve gelişimi ve tohum çimlenmesi gibi fizyolojik olaylarda görev almaktadırlar. Bu çalışmada İndol Asetik Asit (IAA), Zeatin, Naftalen Asetik Asit (NAA) ve Benzil Amino pürin (BAP) gibi farklı bitki büyüme düzenleyicileri (hormon) kullanılmıştır. Bu hormonlar Murashige Skoog (MS) besiyeri ortamına farklı konsantrasyonlarda ayrı ayrı ve birlikte uygulanarak biber (*Capsicum annuum* L) tohumlarının çimlenme yüzdesi ve fide büyümesi (hipokotil /

radikula uzunluğu, taze ve kuru ağırlık) üzerine etkileri karşılaştırılmalı olarak araştırılmıştır. (İşlek vd. 2010).

Oksin ve sitokinin gibi bitki büyüme düzenleyicilerin, tuzluluk stresine toleransın sağlanması ve stres koşullarının olumsuz etkisini ortadan kaldırmada etkili olduğu ifade edilen bir çalışmada, tuz stresi koşullarında yetiştirilen çeltikte çiçeklenme döneminde uygulanan dışsal indol-3-asetik asit (IAA) ve kinetin (KIN)'in tane verimi, 1000 tane ağırlığı, nişasta, çözünür şekerler, sakaroz, glikoz ve fruktoz içerikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir (Javid *et al*. 2011). Çalışma sonucunda incelenen parametrelerde tuz stresinden dolayı ortaya çıkan olumsuzlukların IAA ve KİN uygulaması ile sınırlandırıldığı ve tuza toleransın sağlanmasında etkili olabileceği bildirilmiştir. Dışsal indol asetik asit (IAA) uygulamalarının bezelyede tuz stresine tolerans üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, tuz (NaCl) (0, 50, 100 mM) ve IAA (0, 15, 30 mg L^{-1}) farklı konsantrasyonları incelenmiştir. Stres sonrası bitkiler morfolojik ve fizyolojik parametreler bakımından incelenmiştir. Bitki büyüme ve gelişme parametreleri ile fotosentetik aktivite, yaprak oransal su içeriği gibi fizyolojik parametreler tuz stresine bağlı olarak kontrol bitkilerine oranla azalma göstermiştir. Bu olumsuz etki 100 mM NaCl uygulamasında daha belirgin bir şekil almıştır. IAA uygulaması tuzun olumsuz etkisini değişen oranlarda azaltmış; özellikle 30 mg L^{-1} en etkili doz olarak tespit edilmiştir (Husen *et al.* 2016).

Araştırıcılar tuz stresinin çimlenmeyi olumsuz etkilediğini, iyon toksitesine bağlı olarak fizyolojik bozukluklara neden olduğunu ve sonuçta verim kayıplarına yol açtığını bildirmiştir. Araştırıcılar bitki büyüme düzenleyicilerin büyüme süreçlerini kontrol ederek büyüme ve gelişmeyi teşvik ettiği böylece tuzun olumsuz etkisini azaltabileceğini ifade etmişlerdir. Bu amaçla buğdayda gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında 0, 40, 80 ve 120 mM NaCl dozu ile dışsal IAA uygulamasının tuz stresi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda incelenen parametreler bakımından IAA uygulamasının tuz zararını önemli düzeyde azalttığını saptamışlardır (Yılmaz vd. 2011).

Tuz stresi ikincil bir stres olarak kuraklık stresine yol açmaktadır. Baklada gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarda, kuraklık stresi karşında bitki büyüme parametreleri ile farklı yaprak karakterini inceledikleri çalışmalarda, IAA in 0, 15, 30 ve 45 mg L^{-1} dozlarını incelemişlerdir. Beş gün süre ile gerçekleştirilen stres uygulaması sonucunda; kuraklık stresi bitki büyüme parametreleri, kuru biyomas ağırlığı, net fotosentetik oranı, stoma iletkenliği ve yaprak oransal su içeriğinde azalmaya neden olmuştur. IAA uygulamaları, kuraklık stresinin ortaya koyduğu olumsuzlukları %3-60 oranında hafifletmiştir. İncelenen IAA dozları içerisinde 45 mg L^{-1} en etkili doz olarak belirlenmiştir (Husen *et al*. 2016).

Bitkiler tarafından üretilen en önemli oksinlerden birinin, bitkilerin apikal asetik asit (IAA) olduğunu ifade eden araştırıcılar domateste IAA uygulamalarının tuz stresi koşullarında bitki büyüme ve gelişmesi ile verim üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada 3 farklı tuz dozu (0, 30 ve 60 mM NaCl) ve IAA dozuna (0, 100 ve 200 ppm) yer verilmiştir. Araştırma sonucunda, tuz stresinin bitki boyu, gövde çapı, bitki başına meyve sayısı, meyve çapı ve uzunluğu, toplam klorofil içeriği, kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı ile bitki başına verimi olumsuz etkilediği, IAA uygulamalarının incelenen parametreler bakımından olumlu etkisi olduğu, IAA yapraktan uygulanmasının tuz stresinin olumsuz etkisini sınırlandırabileceği vurgulanmıştır (Alam *et al*. 2020)

Araştırıcılar patateste *in vitro* koşullarda gerçekleştirdikleri çalışmalarında tuz stresinin olumsuz etkisini azaltmak için IAA ve GA3 uygulamalarının etkisini incelemişlerdir. Çalışmada 0, 40, 60 ve 80 mM NaCl dozları ile IAA için 0, 7 ve 14 μM GA3 için 0, 14 ve 21 μM dozları kullanılmıştır. Tuz stresi ile birlikte kök ve gövde sayısı ile uzunluğu, göz ve yaprak sayısı, bitki yaş ağırlığında, toplam çözülebilir protein içeriğinde azalma meydana gelmiş; bu olumsuz etki IAA ve GA3 uygulamaları ile azaltılmıştır. Toplam çözülebilir protein içeriği ise BBD uygulamaları ile artış göstermiştir. SOD ve POD enzim aktiviteleri ise hem tuz stresi koşullarında hem de BBD uygulamaları ile artmıştır. Çalışma sonucunda IAA ve GA3 dışsal uygulamalarının tuz stresi koşullarında, sadece *in vitro* bitki gelişimi açısından olumlu bir rol oynamakla

kalmadığı, aynı zamanda biyokimyasal parametreleri de önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir (Khalid and Aftab 2020).

Baklada 30 ve 60 mM NaCl ile oluşturulan tuz stresi koşullarında 200 ppm IAA uygulamasının bitki büyüme parametrelerinde olumlu etki yaptığını, iyon regülasyonun sağlanmasında katkıda bulunarak özellikle Na iyon birikimin sınırlandırıldığını, MDA içeriğinde azalma kaydedilirken antioksidatif enzim aktivitelerinde artış meydana geldiği bildirilmiştir (Abdel Latef *et al*. 2021).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Çalışmada materyal olarak; önceki çalışmalarımızda tuza tolerant (T) ve hassas (H) olarak belirlenen TOM-141 (T) ve TOM-139 (H) domates genotipleri (Daşgan *et al.* 2018) ile AG tohum firmasına ait AG5668 (AG) domates çeşidi kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

Domates genotip tohumları torf:perlit (2:1) karışımı içeren kırk beş gözlü viyollere ekilmiş, tohum ekiminden otuz gün sonra fideler, içerisinde torf ve perlit karışımı (2:1) bulunan plastik saksılara (12 litre hacimli) her saksıda üç adet bitki olacak şekilde şaşırtılmıştır. Çalışma 3 tekrarlamalı ve her tekrarda 3 bitki olacak biçimde planlanmıştır. Bitkiler üç gerçek yapraklı aşamaya gelinceye kadar standart besin çözeltisi ile sulanmıştır. Sulamada "drene olan çözelti/uygulanan çözelti" oranı temel alınmış ve %30 düzeyinde tutulmaya çalışılmıştır.

3.2.1 Stres uygulamalarının gerçekleştirilmesi

Bitkiler 3 gerçek yapraklı aşamaya ulaştıklarında tuz stresi uygulamalarına başlanmıştır. Bu amaçla tuz stresi için 200 mM NaCl dozu uygulanmıştır. Tuz uygulamasına 50 mM NaCl dozu ile başlanmış, tuz içeriği kademeli olarak artırılarak 4. gün sonunda 200 mM dozuna ulaşılmıştır. IAA uygulaması için; 0,05 mM, 0,25 mM, 0,50 mM, 0,75 mM, 1 mM ve 2 mM olmak üzere 6 farklı konsantrasyon çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmada IAA uygulaması haftada bir kez yapraktan spreyleme biçiminde uygulanmıştır. Kontrol bitkileri ise standart besin solüsyonu ile sulanmaya devam edilmiştir. Stres uygulamaları 16 gün devam etmiş ve bu süre sonunda ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir. (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3)



Şekil 3.1 Çalışmada yer alan uygulamalar



Şekil 3.2 Domates bitkilerinin gelişimi







Şekil 3.3 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının bitki gelişimi üzerindeki etkisi (IAA1: 0,05 mM, IAA2: 0,25 mM, IAA3: 0,50 mM, IAA4: 0,75 mM, IAA5: 1 mM, IAA6: 2 mM) (TOM-139: Hassas; TOM-141: Tolerant)

3.2.2 Ölçüm ve Analizler

3.2.2.1 Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkların belirlenmesi

On altı gün stres uygulamalarına maruz bırakılan tohum ekiminden itibaren 56 günlük bitkiler hasat edilerek tesadüfî olarak seçilen üçer bitki hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiş (g); kuru ağırlıkları için 65 ºC etüvde 48 saat süreyle kurutularak ağırlıklar belirlenmiştir.

3.2.2.2 Gövde boyu ve çapının belirlenmesi

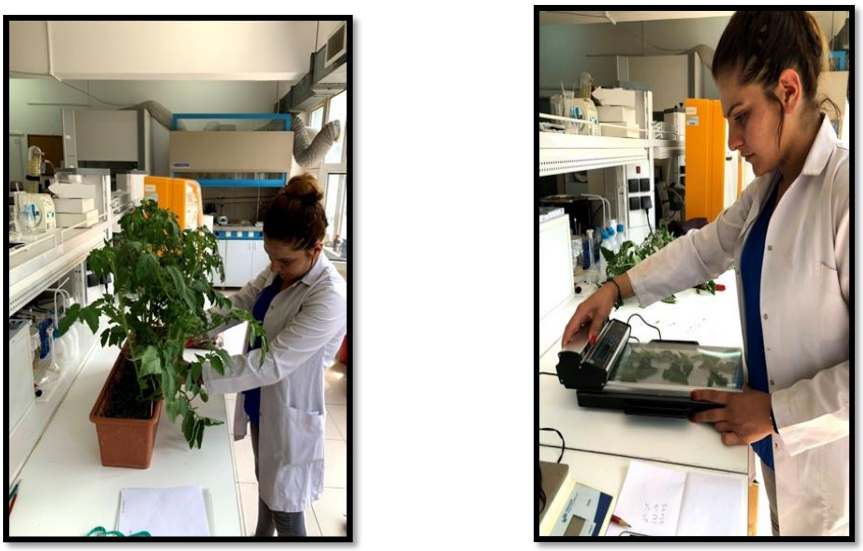
Bitkide kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölüm metre (m) ile ölçülmüştür. Gövde çapının belirlenmesinde dijital kumpastan yararlanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Domateste gövde boyu ve çapının belirlenmesi

3.2.2.3 Yaprak sayısı ve yaprak alanının belirlenmesi

Yaprak sayısı bitkideki tüm yaprakların sayılması ile adet/bitki olarak belirlenmiştir. Yaprak alanının belirlenmesinde ise CI BIO Science CI 202 model yaprak alan ölçer cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Domateste yaprak sayısı ve yaprak alanının belirlenmesi

3.2.2.4 Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi

Çalışma on altı gün stres uygulaması gerçekleştirilen bitkilerde üstten 5. yapraklar alınmıştır. Stres sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin belirlenmesi için taze ağırlıkları alınmış, daha sonra alınan yaprak örnekleri 4 saat süre ile saf su içerisinde bekletilerek bu süre sonunda turgor ağırlıkları saptanmıştır. Ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 65 ºC etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlık g olarak tespit edilmiştir. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi Kuşvuran (2010)'a göre yapılmıştır.

3.2.2.5 Lipid peroksidasyon içeriğinin belirlenmesi (MDA)

Lipid peroksidasyonunun belirlenebilmesi için üstten itibaren alınan 4. yapraklar kullanılmıştır. İki yüz miligram yaprak örneğine 5 mL %0,1'lik trikloro asetik asit (TCA) ilave edilmiş ve karışım 12500 ppm devir hızında 20 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Ekstrakttan 3 mL alınarak üzerine, içinde %20 TCA bulunan %0,1'lik tiobarbütrik asit (TBA)'den 3 mL eklenmiştir. Örnekler 95ºC'deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilmiş, A532 ve A600 nm'de absorbans değerlerinde okumalar gerçekleştirilmiştir (Lutts *et al*. 1996).

3.2.2.6 Toplam klorofil ve karotenoid içeriğinin belirlenmesi

İki yüz miligram taze yaprak örneği, 15 mL %80'lik asetonla homojenize edilmiş ve ardından beyaz bant filtre kâğıdı ile filtre edilmiştir. Ekstraktlar, UV spektrofotometresinde 652 nm' de toplam klorofil ve 470 nm'de karotenoid ölçülmüştür (Kapoor and Pande 2015) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Domateste toplam klorofil ve karotenoid içeriğinin belirlenmesi

3.2.2.7 İyon içeriklerinin belirlenmesi

İyon içeriklerinin belirlenebilmesi için iki yüz mg kurutulup öğütülen bitki örnekleri 550 ºC kül fırınında 8 saat yakılmış, elde edilen kül, %3,3 ‘lük HCl’de çözünmüş ve mavi bantlı filtre kağıdında süzüldükten sonra sodyum, potasyum ve kalsiyum okumaları, Varian marka FS220 model Atomik Absorbsiyon Spekfotometre cihazında emisyon modunda gerçekleştirilmiştir (Daşgan and Koc 2009). 100 mg öğütülmüş bitki örneği üzerine 25 mL saf su ilave edildikten sonra 10 dakika çalkalanmış ve 4000 devir ile santrifüj edilmiştir. Eriyikten 20 mL alıp, üzerine 1 mL potasyum kromat indikatörü ilave edildikten sonra gümüş nitrat eriyiği ile titre edilmiştir. Klorun tamamı gümüş klorür halinde çökeldiğinde ve açık kahverengine dönüştüğünde titrasyona son verilmiştir.

3.2.2.8 Toplam fenolik bileşiklerin belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesinde Folinci ocaltaeu yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. 100 mL ekstrakt 10 kez seyreltilmiş Folinci ocaltaeu ile oda sıcaklığında 5 dak. inkübe edilmiş, bu çözeltiye 750 mL sodyum bikarbonat solusyonu eklenerek oda sıcaklığında 90 dak. İnkübe edilmiştir. 765 nm’de absorbans değişimi spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Fenolik madde miktarı gallik asit standartı kullanılarak hesaplanmıştır (Singleton *et al*. 1999) (Şekil 3.7).

3.2.2.9 Toplam flavonoidlerin belirlenmesi

Bir mL ekstrat, 4 mL de iyonize su ve 0,3 mL %5 ‘lik $NaNO_2$ ile karıştırılacak, 5 dakika sonra 0,3 mL %10’luk $AlCl_3$ ve 2 mL 1 molar NaOH eklenmiştir. Son hacim üzerinden 10 mL de-iyonize su eklenerek 415 nm’de okuma yapılmıştır (Molina-Quijada *et al*. 2010) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Domateste toplam fenolik bileşikler ve flavanoid içeriğinin belirlenmesi

3.2.3 Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemeden elde edilen veriler JMP (versiyon 8.0) istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamaları arasındaki farklılıklar LSD testine ($p \leq 0.05$) göre gruplandırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı domates genotiplerinde, IAA uygulamalarının tuza toleransın sağlanması yönündeki etkinliğinin incelendiği çalışmada elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

4.1 Bitki Büyüme Parametrelerinde Ortaya Çıkan Değişimler

4.1.1 Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları

Domateste 200 mM NaCl uygulaması yaş ve kuru ağırlık değerlerinde değişen oranlarda azalmaya neden olmuştur (Çizelge 4.1). "genotip x uygulama" interaksiyonun istatistiksel olarak önemli bulunduğu çalışmada, değişim yaş ağırlıkta AG, TOM-141 ve TOM-139 genotiplerinde sırasıyla %47,86, %44,52, %71,38 olmuştur. Kuru ağırlıkta ise kontrol bitkilerine oranla meydana gelen azalma %55,20, %57,46 ve %78,68 düzeyinde gerçekleşmiştir. IAA uygulaması ile birlikte genel olarak meydana gelen azalma daha düşük düzeylerde kalmıştır. Buna göre yaş ağırlıkta ortalama olarak sırasıyla %31,62, %38,61 ve %45,31; kuru ağırlıkta ise %51,55, %51,15 ve %59,56 şeklinde meydana gelmiştir. IAA uygulaması yaş ve kuru ağırlık değerlerinde, IAA uygulanmayan stres bitkilerine oranla %8-90 düzeyinde iyileşme sağlamıştır. IAA uygulamaları kendi içerisinde değerlendirildiğinde, değişimin en az olduğu dolayısıyla kontrol bitkilerine en yakın gelişmeye imkan veren dozlar; yaş ve kuru ağırlık bakımından 0,25 ve 0,50 mM dozları olmuştur. Bu dozlarda ortalama olarak azalma %21-57 arasında gerçekleşirken; stres bitkilerine oranla %8-93 düzeyinde iyileşme sağlanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	YEŞİL AKSAM YAŞ AĞIRLIK (g bitki^{-1})	% DEĞİŞİM	YEŞİL AKSAM KURU AĞIRLIK (g bitki^{-1})	% DEĞİŞİM
AG	K	134,31±4,92^{a}	-	16,27±0,84^{a}	-
	T	86,84±7,41^{d-f}	-35,34	7,24±1,89^{b-e}	-55,50
	0,05 IAA	78,90±4,72^{f-h}	-41,26	7,54±1,09^{b-e}	-53,66
	0,25 IAA	105,71±3,33^{b}	-21,29	8,61±1,17^{b-d}	-47,08
	0,50 IAA	95,07±5,67^{cd}	-29,22	8,19±0,73^{b-e}	-49,66
	0,75 IAA	92,24±2,29^{c-e}	-31,32	7,87±0,46^{b-e}	-51,63
	1,00 IAA	91,04±8,36^{c-e}	-32,22	7,86±0,73^{b-e}	-51,69
	2,00 IAA	88,07±1,76^{d-f}	-34,43	7,53±0,24^{b-e}	-53,72
TOM-141	K	127,45±3,80^{a}	-	16,22±1,83^{a}	-
	T	70,71±6,05^{h-j}	-44,52	6,90±2,03^{b-e}	-57,46
	0,05 IAA	64,22±1,72^{j}	-49,61	7,21±0,64^{b-e}	-55,55
	0,25 IAA	99,35±5,35^{bc}	-22,05	9,56±2,49^{b}	-41,06
	0,50 IAA	83,29±4,40^{e-g}	-34,65	8,94±0,99^{bc}	-44,88
	0,75 IAA	77,80±6,02^{f-i}	-38,96	7,59±1,07^{b-e}	-53,21
	1,00 IAA	74,92±4,67^{g-i}	-41,22	7,05±0,25^{b-e}	-56,54
	2,00 IAA	69,87±6,58^{h-j}	-45,18	7,19±0,51^{b-e}	-55,67
TOM-139	K	133,22±1,52^{a}	-	14,96±3,00^{a}	-
	T	38,13±3,44^{l}	-71,38	2,19±0,02^{f}	-85,36
	0,05 IAA	48,91±2,84^{k}	-63,29	5,89±0,72^{de}	-60,63
	0,25 IAA	75,69±4,78^{g-i}	-43,18	6,72±0,34^{c-e}	-55,08
	0,50 IAA	73,95±5,01^{g-j}	-44,49	6,31±1,48^{c-e}	-57,82
	0,75 IAA	70,25±4,79^{h-j}	-47,27	5,83±1,47^{e}	-61,03
	1,00 IAA	70,33±6,41^{h-j}	-47,21	5,96±1,27^{de}	-60,16
	2,00 IAA	68,26±6,50^{ij}	-48,76	5,59±2,51^{e}	-62,63
LSD$_{0.05}$		10,50		2,74	
P		<0,001		<0,001	

4.1.2. Gövde boyu ve çapı

Farklı domates genotiplerinin yer aldığı çalışmada, en yüksek gövde boyu ve çapı kontrol bitkilerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Çalışmada gövde boyu bakımından "genotip x uygulama" interaksiyonu önemsiz bulunurken; gövde çapı bakımından "genotip x uygulama" interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Gövde boyu, AG 50 cm bitki^{-1}, TOM-141 54 cm bitki^{-1} ve TOM-139 51 cm bitki^{-1} iken gövde çapı AG 9,51 mm bitki^{-1}, TOM-141 8,67 mm bitki^{-1} ve TOM-139 9,53 mm bitki^{-1} olarak tespit edilmiştir. Domateste 200 mM NaCl uygulaması gövde boy ve çapı değerlerinde değişen oranlarda azalmaya neden olmuştur. Bu değişim gövde boyunda AG, TOM-141 ve TOM-139 genotiplerinde sırasıyla %39,34, %37,65 ve %50,33 düzeyinde ortaya çıkmıştır. Gövde çapında ise kontrol bitkilerine oranla meydana gelen azalma %9,57, %24,34 ve %50,68 düzeyinde gerçekleşmiştir. IAA uygulaması ile birlikte genel olarak meydana gelen azalma daha düşük düzeylerde kalmıştır. Buna göre gövde boyunda ortalama olarak sırasıyla %34,67, %36,73 ve %37,47; gövde çapında ise %7,85, %6,52 ve %29,52 şeklinde meydana gelmiştir. IAA uygulaması gövde boy ve çapında, IAA uygulanmayan stres bitkilerine oranla %1,5-43 düzeyinde iyileşme sağlamıştır. IAA uygulamaları kendi içerisinde değerlendirildiğinde, değişimin en az olduğu dolayısıyla kontrol bitkilerine en yakın gelişmeye imkan veren dozlar; gövde boyu ve çapı bakımından 0,25 ve 0,50 mM dozları olmuştur. Bu dozlarda ortalama olarak azalma %2-36 arasında gerçekleşirken; stres bitkilerine oranla %7-65 düzeyinde iyileşme sağlanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının gövde boyu ve gövde çapı üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	GÖVDE BOYU (cm bitki^{-1})	% DEĞİŞİM	GÖVDE ÇAPI (mm bitki^{-1})	% DEĞİŞİM
AG	K	50,00	-	9,51±0,42^{a-c}	-
	T	30,33	-39,34	8,60±0,85^{b-g}	-9,57
	0,05 IAA	30,67	-38,66	8,82±0,23^{b-e}	-7,26
	0,25 IAA	34,00	-32,00	10,07±0,83^{a}	5,89
	0,50 IAA	34,00	-32,00	9,12±0,46^{a-d}	-3,15
	0,75 IAA	33,33	-33,34	8,24±0,97^{d-h}	-13,35
	1,00 IAA	32,33	-35,34	8,55±0,17^{c-g}	-10,09
	2,00 IAA	31,67	-36,66	7,69±0,44^{f-i}	-19,14
TOM-141	K	54,00	-	8,67±0,66^{b-f}	
	T	33,67	-37,65	6,56±0,93^{j-l}	-24,34
	0,05 IAA	33,33	-38,28	7,02±0,89^{i-l}	-19,03
	0,25 IAA	37,67	-30,24	9,63±0,86^{ab}	11,07
	0,50 IAA	34,33	-36,43	8,86±0,69^{b-d}	2,19
	0,75 IAA	34,00	-37,04	8,37±0,32^{d-h}	-3,46
	1,00 IAA	33,00	-38,89	7,57±0,48^{g-j}	-12,69
	2,00 IAA	32,67	-39,50	7,18±0,42^{i-l}	-17,19
TOM-139	K	51,00	-	9,53±1,22^{a-c}	-
	T	25,33	-50,33	4,70±0,26^{m}	-50,68
	0,05 IAA	31,67	-37,90	5,04±0,53^{m}	-47,11
	0,25 IAA	34,00	-33,33	7,79±0,50^{e-i}	-18,26
	0,50 IAA	33,33	-34,65	7,47±0,49^{h-k}	-21,62
	0,75 IAA	30,67	-39,86	7,09±0,79^{i-l}	-25,60
	1,00 IAA	30,00	-41,18	6,50±0,29^{kl}	-31,79
	2,00 IAA	31,67	-37,90	6,41±0,31^{l}	-32,74
$LSD_{0.05}$		Ö,D,		2,74	
P		0,9138		0,0003	

4.1.3 Yaprak sayısı ve yaprak alanı

IAA uygulamalarının tuza toleransın sağlanması açısından etkilerinin incelendiği çalışmada, en yüksek yaprak sayısı ve yaprak alanı kontrol bitkilerinde belirlenmiş ve yaprak sayısı ve yaprak alan değerleri AG 'de 55,67 adet bitki^{-1} ve 801,19 cm^2 bitki; TOM-141'de 69 adet bitki^{-1} ve 1112,39 cm^2 bitki^{-1}, TOM-139'de 85 adet bitki^{-1} ve 1238,82 cm^2 bitki olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). 200 mM NaCl uygulaması yaprak sayısı ve yaprak alanında azalmaya neden olmuş ve bu azalma %28-85 oranında gerçekleşmiş, en yüksek değişim TOM-139 (%75 ve %85 azalma) genotipinde gerçekleşmiştir. IAA uygulaması ile birlikte genel olarak meydana gelen azalma daha düşük düzeylerde kalmıştır. Buna göre yaprak sayısında ortalama %17-51, yaprak alanında ise %24-53 düzeyinde kayıp meydana gelmiştir. IAA uygulaması yaprak sayısı ve alanında, IAA uygulanmayan stres bitkilerine oranla %16-230 düzeyinde iyileşme sağlamıştır. IAA uygulamaları kendi içerisinde değerlendirildiğinde, değişimin en az olduğu dolayısıyla kontrol bitkilerine en yakın gelişmeye imkan veren dozlar; her iki parametre için de bakımından 0,25 ve 0,50 mM dozları olmuştur. Bu dozlarda ortalama olarak azalma %4-45 arasında gerçekleşirken; stres bitkilerine oranla %22-329 düzeyinde iyileşme sağlanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının yaprak sayısı ve yaprak alanı üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	YAPRAK SAYISI (adet bitki^{-1})	% DEĞİŞİM	YAPRAK ALANI (cm bitki^{-1})	% DEĞİŞİM
AG	K	55,67±5,03^{bc}	-	801,19±68,41^{b}	
	T	39,67±3,06^{e-i}	-28,74	509,99±74,61^{g-j}	-36,35
	0,05 IAA	40,67±1,15^{di}	-26,94	583,95±95,87^{d-i}	-27,11
	0,25 IAA	53,33±3,51^{ce}	-4,20	724,71±52,44^{b-d}	-9,55
	0,50 IAA	48,67±3,79	-12,57	626,78±13,77^{c-h}	-21,77
	0,75 IAA	47,00±3,00^{ch}	-15,57	560,39±21,11^{e-j}	-30,06
	1,00 IAA	43,00±1,73^{c-i}	-22,76	550,92±51,53^{f-j}	-31,24
	2,00 IAA	42,00±1,00^{c-i}	-24,56	568,35±23,73^{d-i}	-29,06
TOM-141	K	69,00±7,55^{b}	-	1112,39±35,45^{a}	-
	T	37,67±4,16^{f-i}	-45,41	621,42±73,91^{c-h}	-44,14
	0,05 IAA	45,00±2,65^{c-i}	-34,78	705,97±61,60^{b-f}	-36,54
	0,25 IAA	52,00±3,61^{cf}	-24,64	824,41±38,38^{b}	-25,89
	0,50 IAA	51,67±7,77^{cg}	-25,12	754,321±49,61^{bc}	-32,19
	0,75 IAA	41,33±5,86^{c-i}	-40,10	716,33±38,83^{b-e}	-35,60
	1,00 IAA	41,33±2,52^{c-i}	-40,10	693,10±55,54^{b-f}	-37,69
	2,00 IAA	42,33±4,86^{c-i}	-38,65	701,67±61,59^{b-f}	-36,92
TOM-139	K	85,00±6,08^{a}	-	1238,82±85,01^{a}	-
	T	21,00±1,15^{j}	-75,29	175,04±48,66^{k}	-85,87
	0,05 IAA	31,67±3,46^{ij}	-62,74	401,75±32,09^{j}	-67,57
	0,25 IAA	55,00±2,08^{bd}	-35,29	751,68±50,40^{bc}	-39,32
	0,50 IAA	48,67±4,36^{ch}	-42,74	670,41±42,21^{b-g}	-45,88
	0,75 IAA	40,00±3,51^{e-i}	-52,94	614,56±47,87^{c-h}	-50,39
	1,00 IAA	34,33±3,00^{hj}	-59,61	503,16±62,55^{h-j}	-59,38
	2,00 IAA	37,00±1,12^{gi}	-56,47	428,22±18,64^{ij}	-65,43
LSD$_{0.05}$		14,83		163,70	
P		0,0327		0,001	

Tarım alanlarında ortaya çıkan tuzluluk, bitkisel üretimi önemli düzeyde olumsuz etkileyen küresel sorundur. Son çalışmalar dünyada yaklaşık 0,80 milyar hektarlık alanın tuzluluk nedeniyle bozulduğunu ve bu durumun, arazinin tarımsal amaçlı kullanımını önemli ölçüde sınırladığını göstermektedir. Genel olarak tuz stresi, bitkilerde ozmotik stresi beraberinde getirmekte, yüksek Na ve Cl iyon içeriği ile birlikte sito toksisite ve beslenmede dengesizlikler gibi olumsuzluklar nedeniyle büyüme ve gelişmede sınırlanmalar ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra tuz stresine maruz kalan bitkilerde, hücrede reaktif oksijen türevlerinde artış meydana gelmekte bunun sonucu olarak oksidatif stres ortaya çıkmaktadır. Bitkiler oksidatif stres ile başa çıkmak için farklı mekanizmalar kullanmaktadır. Bu sistemlerin dışsal mekanizmalar aracılığı ile teşvik edilmesi, bitkilerin strese toleransının geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Oksinde dahil olmak üzere fito hormonların dışsal uygulaması bu anlamda önemli bir yere sahiptir (Abdel Latef *et al.* 2021).

Birçok bitkinin apikal kısmında, genellikle yeni tomurcuklarda ve yapraklarda üretilen indol-3-asetik asittir (IAA), oksinin en önemli formlarından biridir. IAA, bitkilerde çeşitli büyüme ve gelişme ile ilgili olaylarda etkili olmakta, hücrelerin uzaması ve kök büyümesinin teşvik edilmesi, çiçek ve meyve oluşumu dahil olmak üzere çok farklı fizyolojik olayları modüle etmektedir (Abdel Latef *et al.* 2021). Fito hormonların stres toleransını artırdığını ve bitkilerde abiyotik stresin neden olduğu verim kaybını en aza indirdiğini bildirmiştir (Khalid and Aftab 2020).

Farklı IAA dozlarının (0,05, 0,25, 0,50, 0,75, 1 ve 2 mM IAA) tuza toleransın sağlanması açısından etkilerinin incelendiği bu çalışmada, 2 farklı domates genotipi ile 1 adet ticari çeşit kullanılmış, bitkiler 200 mM NaCl ile oluşturulan tuz stresine maruz bırakılmıştır. Tuz stresi yeşil aksam yaş ve kuru ağırlık, gövde boyu ve çapı, yaprak sayısı ve yaprak alanı değerlerinde azalmaya neden olmuş, bu azalma genotipler arasında da farklılıklar göstermiştir. Önceki çalışmalarımızda tuza tolerant olduğu belirlenen TOM-141 genotipinde kontrol bitkilerine oranla ortaya çıkan azalma büyüme parametreleri bakımından %24-50 düzeyinde iken, hassas olduğu belirlen TOM-139 genotipinde %50-85 düzeyinde gerçekleşmiştir. AG çeşidinde ise bu değişim %9-55 arasında azalma şeklinde meydana gelmiştir. Tuz stresi bitki büyüme ve gelişmesini

olumsuz etkileyen en önemli abiotik stres faktörlerinden biridir. IAA uygulamaları tuz stresinin ortaya koyduğu olumsuzluk ve zararlanmaları önemli düzeyde sınırlandırdığı, bu sınırlandırmanın uygulama dozuna göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Uygulamalar bazında, bitki büyüme parametreleri bakımından ortaya çıkan azalma 0,05 mM IAA'da %24-56; 0,25 mM IAA için %0,75-47; 0,50 mM IAA için %8-50, 0,75 mM IAA için %14-55, 1 mM IAA için %18-56 ve 2 mM IAA için %23-57 düzeylerinde belirlenmiştir. Genel olarak bitki büyüme parametreleri bakımından IAA kullanımımım %12-67 düzeyinde iyileşme sağladığı görülmüştür. IAA, bitki büyümesinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynamakta, vasküler doku gelişimi, hücre uzamasını ve apikal baskınlığın kontrol edilmesinde etkili olmaktadır. Bitkilerde hücre bölünmesini, büyümeyi ve gelişmeyi hızlandırma yönünden etkili olan IAA, fototropik ve gravitropik davranışın düzenlenmesi ve sonuç olarak bitki büyüme ve gelişmesinin teşvik edilmesinde etkilidir (Khalid and Aftab 2020). Araştırıcılar IAA uygulamasının foto sentetik pigment içeriklerindeki artışa bağlı olarak fotosentez miktarındaki artış ile birlikte bitki gelişimin de artış gösterdiğini bildirmişlerdir (Kaya and Okant 2013). Araştırıcılar domateste gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında tuz stresi koşullarında gövde boyu ve çapı, dal sayısı, kök yaş ve kuru ağırlıklarında azalma meydana geldiğini, IAA uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkilerini azalttığını, bitki büyüme düzenleyicilerinin besin elementlerinin alımını, hücre bölünmesini ve uzamasını teşvik ettiğini bildirmişlerdir (Alam *et al.* 2020). Baklada IAA uygulamalarının tuz stresi koşullarındaki etkisinin incelendiği çalışmada, stres koşullarında bitki büyüme parametreleri bakımından azalma meydana gelirken; IAA uygulamalarının bu olumsuzlukları %50-75 düzeyinde engellediği ifade edilmiştir (Abdel Latef *et al.* 2021).

4.2 Yaprak Oransal Su İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler

Tuz stresi çalışmalarında kullanılan bir diğer önemli parametre yaprak oransal su içeriğidir. Domateste gerçekleştirilen bu çalışmada, kontrol bitkilerinde %80-90 arasında değişmiş, "genotip x uygulama" interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4). Tuz stresi bitkilerde yaprak oransal su içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Bu azalma AG'de %30, TOM-141'de %22 ve TOM-139'da %43 düzeyinde gerçekleşmiştir. IAA uygulamalarında ise % değişim daha düşük oranlarda meydana gelmekle birlikte azalma %6-35 düzeyinde kalmıştır, sadece NaCl uygulanan bitkilere oranla %3-30 oranında iyileşme ve YOSİ oranlarında artış sağlanmıştır. Uygulamalar içerisinde en etkin dozlar 0,25 mM ile 0,50 mM olmuş, bu dozlarda YOSİ değerleri %18-30 düzeyinde artış göstermiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının yaprak oransal su içeriği (YOSİ) üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	YOSİ (%)	% DEĞİŞİM
AG	K	86,88±4,56^{ab}	-
	T	60,63±9,43^{g-i}	-30,21
	0,05 IAA	67,04±1,72^{e-g}	-22,84
	0,25 IAA	76,78±0,52^{c}	-11,63
	0,50 IAA	73,67±3,86^{c-e}	-15,20
	0,75 IAA	67,66±1,19^{e-g}	-22,12
	1,00 IAA	66,04±0,98^{fg}	-23,99
	2,00 IAA	65,98±1,70^{fg}	-24,06
TOM-141	K	80,68±3,52^{bc}	-
	T	62,40±0,40^{f-i}	-22,66
	0,05 IAA	69,52±2,45^{d-f}	-13,83
	0,25 IAA	75,05±3,09^{cd}	-6,98
	0,50 IAA	73,80±3,43^{c-e}	-8,53
	0,75 IAA	64,70±1,17^{f-i}	-19,81
	1,00 IAA	65,69±1,79^{f-h}	-18,58
	2,00 IAA	62,69±3,35^{f-i}	-22,30
TOM-139	K	90,01±1,96^{a}	-
	T	50,81±5,42^{j}	-43,55
	0,05 IAA	58,64±4,38^{hi}	-34,85
	0,25 IAA	65,59±2,96^{f-h}	-27,13
	0,50 IAA	66,38±1,58^{fg}	-26,25
	0,75 IAA	63,58±9,06^{f-i}	-29,36
	1,00 IAA	57,90±5,69^{ij}	-35,67
	2,00 IAA	62,14±2,59^{g-i}	-30,96
LSD$_{0.05}$		7,15	
P		0,0303	

Tuzluluğun ortaya koyduğu en önemli etkilerinden birisi; su alımının kısıtlanarak ozmotik etki ile bitki gelişiminin azalması, iyon toksisitesi nedeniyle de yapraklarda su taşınımını sağlayan hücrelerde zararlanma meydana gelmesidir. Yaprak oransal su içeriği tuz ve kuraklık stresleri gibi stres koşullarında gerçekleştirilen tarama çalışmalarında kullanılabilen önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir (Nielsen 2017).

Domateste 200 mM NaCl uygulaması tüm genotiplerde YOSİ değerlerinde azalmaya yol açmış ve bu azalma %22-45 oranlarında gerçekleşmiştir. İşlek vd. (2010) biberde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında yaprak oransal su içeriğinin artan tuz dozuna bağlı olarak azaldığını; bu etkinin tolerant genotiplerde daha az oranda gerçekleştiğini ifade etmiştir. Araştırıcılar bu etkinin toksik Na ve Cl iyonlarından kaynaklanabileceğini; tuz stresi ile birlikte su alımının azalarak kuraklık stresi ile benzer etki gösterdiğini bildirmişlerdir. IAA uygulamaları ile ortalama olarak %16-32 düzeyinde kalmıştır. Özellikle 0,25 mM ve 0,50 mM IAA uygulamalarında YOSİ değerleri bakımından %18-30 düzeyinde iyileşme sağlanmıştır. Mısırda gerçekleştirilen çalışmada, tuz stresi ile birlikte yaprak su içeriğinde azalma meydana geldiği, IAA uygulaması ile birlikte bu değişimin daha düşük oranlarda ortaya çıktığı ifade edilmiştir (Kaya *et al*. 2010). Bezelyede tuz stresinin yaprak su içeriğinde azalmaya neden olduğunu vurgulanmış, IAA uygulamaları ile birlikte yaprak su içeriğinde artış meydana geldiğini, oksinin bitkinin abiyotik streslere uyum sağlama yeteneğini arttırarak, çok çeşitli adaptif tepkilere aracılık ettiği ifade edilmiştir (Husen *et al.* 2016).

4.3 İyon Değişiminde Ortaya Çıkan Değişimler

4.3.1 Sodyum (Na) iyon içeriği

Tuz uygulaması tüm genotipler Na iyon birikimine neden olmuş ve dolayısıyla Na içeriğinde artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.5). Bu artış genotipler arasında farklılıklar ortaya koymuş ve "genotip x uygulama" interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Na içeriği bakımından genotiplerdeki değişimler AG'de %591 (%4,22), TOM-141'de %536 (%3,5) ve TOM-139'da %661 (%6,47) şeklinde belirlenmiş ve en yüksek Na iyon artışının TOM-139 genotipinde olduğu belirlenmiştir. IAA uygulamaları toksik Na iyon birikiminin sınırlandırılmasında etkili olmuştur. Ortalama olarak değerlendirildiğinde bu sınırlandırma %10-21 düzeyinde meydana gelmiştir. Özelikle 0,25, 0,50 ve 0,75 mM dozları daha etkili bulunmuş ve bu uygulamalarda sınırlandırma %12-32 düzeyinde deşiğim göstermiştir (Çizelge 4.5).

4.3.2 Klor (Cl) iyon içeriği

Domateste 200 mM NaCl uygulaması tüm genotipler Cl iyon birikimine neden olmuş ve dolayısıyla Cl içeriğinde artış meydana gelmiştir. Bu artış genotipler arasında farklılıklar ortaya koymuş ve "genotip x uygulama" interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5). Klor iyon içeriği bakımından genotiplerdeki değişimler AG'de %693 (%3,73), TOM-141'de %498 (%4) ve TOM-139'da %817 (%5,14) şeklinde belirlenmiş ve en yüksek Cl iyon artışının TOM-139 genotipinde olduğu belirlenmiştir. IAA uygulamaları toksik Cl iyon birikiminin sınırlandırılmasında etkili olmuştur. Ortalama olarak değerlendirildiğinde bu sınırlandırma %13-16 düzeyinde meydana gelmiştir. Özelikle 0,25, 0,50 ve 0,75 mM dozları daha etkili bulunmuş ve bu uygulamalarda sınırlandırma %17-23 düzeyinde deşiğim göstermiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının sodyum (Na) ve klor (Cl) içeriği üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	Na (%)	% DEĞİŞİM	Cl (%)	% DEĞİŞİM
AG	K	0,61±0,07^{k}	-	0,47±0,09^{o}	-
	T	4,22±0,12^{de}	591,80	3,73±0,16^{gh}	693,62
	0,05 IAA	4,08±0,02^{d-f}	568,85	3,62±0,06^{h}	670,21
	0,25 IAA	3,16±0,33^{hi}	418,03	2,97±0,20^{m}	531,91
	0,50 IAA	3,71±0,29^{fg}	508,20	3,02±0,07^{lm}	542,55
	0,75 IAA	3,80±0,35^{fg}	522,95	3,25±0,08^{ij}	591,49
	1,00 IAA	3,89±0,23^{ef}	537,70	3,12±0,03^{j-m}	563,83
	2,00 IAA	4,02±0,09^{d-f}	559,02	3,32±0,08^{i}	606,38
TOM-141	K	0,55±0,11^{k}	-	0,67±0,07^{n}	-
	T	3,50±0,03^{gh}	536,36	4,01±0,10^{ef}	498,51
	0,05 IAA	3,45±0,27^{gh}	527,27	3,89±0,08^{fg}	480,60
	0,25 IAA	2,58±0,62^{j}	369,09	3,06±0,06^{k-m}	356,72
	0,50 IAA	3,03±0,22^{i}	450,91	3,17±0,08^{i-l}	373,13
	0,75 IAA	2,95±0,32^{ij}	436,36	3,28±0,02^{ij}	389,55
	1,00 IAA	3,20±0,03^{hi}	481,82	3,22±0,07^{i-k}	380,60
	2,00 IAA	3,28±0,10^{hi}	496,36	3,59±0,10^{h}	435,82
TOM-139	K	0,85±0,12^{k}	-	0,56±0,05^{no}	-
	T	6,47±0,29^{a}	661,18	5,14±0,22^{a}	817,86
	0,05 IAA	5,71±0,21^{b}	571,76	4,41±0,16^{bc}	687,50
	0,25 IAA	4,36±0,12^{d}	412,94	4,03±0,06^{ef}	619,64
	0,50 IAA	5,06±0,08^{c}	495,29	4,25±0,10^{cd}	658,93
	0,75 IAA	5,15±0,18^{c}	505,88	4,18±0,03^{de}	646,43
	1,00 IAA	4,99±0,21^{c}	487,06	4,59±0,20^{b}	719,64
	2,00 IAA	5,26±0,13^{c}	518,82	4,40±0,16^{c}	685,71
$LSD_{0.05}$		0,37		0,18	
P		0,001		0,001	

4.3.3 Potasyum (K) iyon içeriği

Potasyum içeriği bakımından en yüksek değerler AG'de %4,77, TOM-141'de %5,05 ve TOM-139'da %5,46 olmak üzere kontrol bitkilerinde belirlenmiştir. Tuz stresi K iyon içeriğinde azalmaya neden olmuş ve "genotip x uygulama" interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6). Azalma AG 'de %30, TOM-141'de %27 ve TOM-139'da %61 olarak belirlenmiş ve kayıpların en fazla TOM-139 genotipinde meydana geldiği belirlenmiştir. IAA uygulamaları K iyon içeriğinde meydana gelen kayıpların %7-69 oranında önlenmesine imkan sağlamış ve kayıplar %12-50 düzeyinde kalmasını sağlamıştır. IAA uygulamaları içerisinde K iyon kaybının en az olduğu uygulamalar 0,25 ve 0,50 mM IAA uygulamaları olmuş ve bu uygulamalarda kayıplar %12-34 düzeyinde kalmıştır (Çizelge 4.6).

4.3.4 Kalsiyum (Ca) iyon içeriği

Kalsiyum içeriği bakımından en yüksek değerler AG'de %6,82, TOM-141'de %7,06 ve TOM-139'da %6,86 olmak üzere kontrol bitkilerinde belirlenmiştir. Tuz stresi Ca iyon içeriğinde azalmaya neden olmuş ve bu azalma AG 'de %25, TOM-141'de %21 ve TOM-139'da %56 olarak belirlenmiş ve kayıpların en fazla TOM-139 genotipinde meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.6). IAA uygulamaları Ca iyon içeriğinde meydana gelen kayıpların %1-65 oranında önlenmesine imkan sağlamış ve kayıplar %9-49 düzeyinde kalmasını sağlamıştır. IAA uygulamaları içerisinde Ca iyon kaybının en az olduğu uygulamalar 0,25 ve 0,50 mM IAA uygulamaları olmuş ve bu uygulamalarda kayıplar %9-37 düzeyinde kalmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) içeriği üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	K (%)	% DEĞİŞİM	Ca (%)	% DEĞİŞİM
AG	K	4,77±0,27^{b}	-	6,82±0,06^{a}	-
	T	3,32±0,13^{k}	-30,40	5,09±0,26^{g}	-25,37
	0,05 IAA	3,57±0,05^{h-k}	-25,16	5,15±0,06^{g}	-24,49
	0,25 IAA	4,16±0,13^{cd}	-12,79	6,12±0,17^{bc}	-10,26
	0,50 IAA	3,89±0,08^{d-g}	-18,45	6,20±0,04^{b}	-9,09
	0,75 IAA	3,95±0,13^{d-f}	-17,19	5,87±0,12^{c-f}	-13,93
	1,00 IAA	3,63±0,11^{g-j}	-23,90	5,78±0,10^{d-f}	-15,25
	2,00 IAA	3,81±0,09^{e-h}	-20,13	5,60±0,18^{f}	-17,89
TOM-141	K	5,05±0,54^{b}	-	7,06±0,49^{a}	-
	T	3,68±0,03^{f-j}	-27,13	5,56±0,21^{f}	-21,25
	0,05 IAA	3,75±0,08^{e-i}	-25,74	5,78±0,07^{ef}	-18,13
	0,25 IAA	4,32±0,20^{c}	-14,46	6,34±0,20^{b}	-10,20
	0,50 IAA	4,11±0,09^{cd}	-18,61	6,21±0,07^{b}	-12,04
	0,75 IAA	4,15±0,14^{cd}	-17,82	6,11±0,09^{b-d}	-13,46
	1,00 IAA	4,02±0,10^{de}	-20,40	6,04±0,08^{b-e}	-14,45
	2,00 IAA	3,94±0,04^{d-f}	-21,98	5,82±0,10^{c-f}	-17,56
TOM-139	K	5,46±0,30^{a}	-	6,86±0,28^{a}	-
	T	2,09±0,05^{m}	-61,72	2,98±0,14^{j}	-56,56
	0,05 IAA	2,70±0,12^{l}	-50,55	3,48±0,52^{i}	-49,27
	0,25 IAA	3,75±0,15^{e-j}	-31,32	4,94±0,22^{g}	-27,99
	0,50 IAA	3,59±0,10^{h-k}	-34,25	4,28±0,06^{h}	-37,61
	0,75 IAA	3,46±0,22^{jk}	-36,63	4,37±0,14^{h}	-36,30
	1,00 IAA	3,50±0,04^{i-k}	-35,90	4,12±0,10^{h}	-39,94
	2,00 IAA	3,55±0,10^{h-k}	-34,98	4,10±0,05^{h}	-40,23
LSD$_{0.05}$		0,28		0,32	
P		0,001		0,001	

Gerçekleştirilen bu çalışmada, tuz stresi ile birlikte yeşil aksam Na ve Cl iyonlarında değişen oranlarda artış meydana gelirken; K ve Ca iyonlarında azalma kaydedilmiştir. Ancak IAA uygulaması ile birlikte Na ve Cl iyon alımında sınırlama belirlenmiş, K ve Ca iyonlarının ise korunduğu tespit edilmiştir. Kinetin ve IAA uygulamalarının Na alımını azaltarak, mitotik aktivitede etkili olan Ca ve K alımını artırdığı bildirilmiştir Kaya *et al*. 2010). Gerçekleştirilen bu çalışmada IAA uygulaması ile Na birikimi %43 ve Cl iyon birikimi %20 düzeyinde azaltılırken; K ve Ca alımında %30 ve %22 düzeyinde artış sağlanmıştır. Mısırda tuz stresinin Na iyon birikiminde artışa neden olurken, K ve Ca iyon alımının engellendiği, IAA uygulamaları ile dokularda Na birikiminin azaldığı, K ve Ca birikiminde artış meydana geldiği, bitkilerin toksik iyondan kaçınma strateji uygulayarak tolerans sağladıkları belirtilmiştir (Kaya *et al.* 2010).

El-Samad (2013) tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının sürgün ve köklerde Na birikiminde azalmaya neden olduğu, bu azalmanın sürgünlerde köklere oranla daha belirgin olduğu ve Ca içeriğinin artış gösterdiğini bildirmiştir. Baklada gerçekleştirilen çalışmada, tuz stresi koşullarında IAA uygulamaları ile birlikte K, Ca ve Mg iyon içeriğinde artış olurken Na iyon alımının sınırlandırıldığı ifade edilmiştir (Abdel Latef *et al*. 2021). Araştırıcılar, IAA aracılığı ile K, Ca ve Mg iyon içeriklerindeki artış ile birlikte hücre zarı bütünlüğünün korunduğu ve besin dengesinin iyileştirilmesinde IAA önemli bir role sahip olduğu ifade etmişleridir.

4.4. Malondialdehid (MDA) İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler

Tuz stresi tüm genotip ve uygulamalarda değişen oranlarda MDA içeriğinde artışa neden olmuştur (Çizelge 4.7). Bu artış sadece NaCl uygulanan bitkilerde %272-608 düzeyinde gerçekleşmiş ve en yüksek MDA içeriği TOM-139 genotipinde 24,03 μmol g^{-1}T.A. (%608 artış) tespit edilmiştir. IAA uygulamalarında MDA içeriğindeki artış %108-403 arasında olup, ortalama olarak %29 düzeyinde MDA içeriğindeki artış sınırlandırılmıştır. IAA uygulamaları içerisinde MDA içeriğindeki artışın en az düzeyde olduğu uygulamalar 0,25 ve 0,50 mM IAA uygulamaları olmuş ve bu uygulamalarda

MDA içeriğindeki artış %108-362 düzeyinde kalmakla birlikte %21-47 oranında iyileşme sağlanmıştır.

Bitkiler, genellikle aşırı ROS birikimi ile birlikte proteinler, lipidler ve DNA gibi hücresel bileşenlerin işleyişini bozan, bitkilerde membran hasarı ve hücre ölümüyle sonuçlanan lipid peroksidasyonuna neden olan metabolik bozukluklar ile karşı karşıya kalmaktadır. Farklı türlerde gerçekleştirilen birçok çalışma tuz stresinin aşırı toksik Na birikimi nedeniyle bitki metabolizması üzerinde önemli hasarlara yol açtığını ve bunun da hücresel bileşenlere yönelik oksidatif stresle sonuçlandığını bildirmiştir. Domateste gerçekleştirilen bu çalışmada, tuz stresine maruz kalmış bitkilerde MDA içeriğinde artış meydana geldiğini göstermektedir. Bu artış en belirgin olarak TOM-139'da %608 düzeyinde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.7). Tuz stresi altındaki bitkilere IAA uygulaması MDA içeriğini azaltmıştır. Uygulamalar düzeyinde stres koşulları altında MDA içeriğindeki değişimin en az olduğu IAA dozları 0,25 mM IAA (%186 artış) ve 0,50 mM IAA (%258 artış) dozları olmuştur (Çizelge 4.7). Baklada, tuz stresi sonucu artış gösteren MDA içeriğinin oksin uygulaması ile birlikte azalma gösterdiği ve oksidatif stresi hafifletmede etkili olduğu bildirilmiştir (Abdel Latef *et al*. 2021).

Çizelge 4.7 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının malondialdehid içeriğindeki (MDA) etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	MDA (µmol g^{-1} T.A)	% DEĞİŞİM
AG	K	3,58±0,93^{k}	-
	T	13,32±2,85^{d-g}	272,07
	0,05 IAA	11,55±1,26^{f-i}	222,63
	0,25 IAA	7,48±0,21^{j}	108,94
	0,50 IAA	8,55±1,08^{ij}	138,83
	0,75 IAA	9,26±1,15^{h-j}	158,66
	1,00 IAA	9,17±0,48^{h-j}	156,15
	2,00 IAA	9,32±1,42^{h-j}	160,34
TOM-141	K	2,82±0,85^{k}	-
	T	13,84±2,17^{c-f}	390,78
	0,05 IAA	10,39±0,48^{g-j}	268,44
	0,25 IAA	7,32±2,09^{j}	159,57
	0,50 IAA	10,90±0,90^{f-i}	286,52
	0,75 IAA	12,94±4,82^{d-g}	358,87
	1,00 IAA	12,03±0,39^{e-h}	326,60
	2,00 IAA	11,94±1,76^{e-h}	323,40
TOM-139	K	3,39±0,44^{k}	-
	T	24,03±2,71^{a}	608,85
	0,05 IAA	17,07±2,90^{b}	403,54
	0,25 IAA	13,19±2,47^{d-g}	289,09
	0,50 IAA	15,67±0,20^{b-d}	362,24
	0,75 IAA	14,92±0,14^{b-e}	340,12
	1,00 IAA	15,94±2,51^{b-d}	370,21
	2,00 IAA	16,58±1,91^{bc}	389,09
$LSD_{0.05}$		3,08	
P		0,0023	

4.5 Toplam Klorofil ve Karotenoid İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler

Farklı domates genotiplerinin ve IAA uygulamalarının yer aldığı çalışmada, en yüksek toplam klorofil ve karotenoid içeriği kontrol bitkilerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.8). İstatistiksel analize göre, elde edilen veriler bakımından toplam klorofil içeriğinde "genotip x uygulama" interaksiyonu önemli bulunurken; toplam karotenoid içeriği bakımından önemsiz bulunmuştur. Toplam klorofil, AG 2,44 mg g^{-1}T.A., TOM-141 2,27 mg g^{-1}T.A ve TOM-139 2,68 mg g^{-1}T.A iken toplam karotenoid içeriği AG 0,43 mg g^{-1}T.A, TOM-141 0,31 mg g^{-1}T.A ve TOM-139 0,45 mg g^{-1}T.A olarak tespit edilmiştir. Domateste 200 mM NaCl uygulaması toplam klorofil ve karotenoid içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Bu değişim toplam klorofil AG, TOM-141 ve TOM-139 genotiplerinde sırasıyla %40, %39 ve %83 düzeyinde ortaya çıkmıştır. Toplam karotenoid ise kontrol bitkilerine oranla meydana gelen azalma %30, %32 ve %40 düzeyinde gerçekleşmiştir. IAA uygulaması ile birlikte genel olarak meydana gelen azalma daha düşük düzeylerde kalmıştır. Buna göre toplam klorofil ortalama olarak sırasıyla %25, %20 ve %50; toplam karotenoid içeriğinde ise %13, %3 ve %4 şeklinde meydana gelmiştir. IAA uygulaması toplam klorofil ve karotenoid içeriğinde, IAA uygulanmayan stres bitkilerine oranla %3-125 düzeyinde iyileşme sağlamıştır. IAA uygulamaları kendi içerisinde değerlendirildiğinde, değişimin en az olduğu dolayısıyla kontrol bitkilerine en yakın değerler ortaya koyan dozlar 0,25 ve 0,50 mM dozları olmuştur. Toplam klorofil içeriğinde bu dozlarda azalma %5-42 arasında gerçekleşirken; toplam karotenid içeriğinde kontrol bitkilerine oranla %8-37 oranında artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının toplam klorofil ve karotenoid içeriği üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	TOPLAM KLOROFİL (mg g^{-1}T.A)	% DEĞİŞİM	TOPLAM KAROTENOİD (mg g^{-1}T.A)	% DEĞİŞİM
AG	K	2,44±0,13^{ab}	-	0,43	-
	T	1,46±0,05^{h-k}	-40,16	0,33	-30,23
	0,05 IAA	1,86±0,02^{e-g}	-23,77	0,32	-25,58
	0,25 IAA	2,19±0,33^{b-d}	-9,84	0,59	37,21
	0,50 IAA	1,90±0,06^{d-f}	-22,13	0,35	-18,60
	0,75 IAA	1,78±0,08^{f-h}	-27,05	0,32	-25,58
	1,00 IAA	1,71±0,10^{f-h}	-29,92	0,33	-23,26
	2,00 IAA	1,53±0,05^{hi}	-37,30	0,31	-27,91
TOM-141	K	2,27±0,16^{bc}	-	0,31	-
	T	1,38±0,13^{i-k}	-39,21	0,21	-32,26
	0,05 IAA	1,87±0,03^{e-g}	-17,62	0,25	-19,35
	0,25 IAA	2,14±0,17^{b-e}	-5,73	0,41	32,26
	0,50 IAA	1,96±0,15^{c-f}	-13,66	0,4	29,03
	0,75 IAA	1,74±0,14^{f-h}	-23,35	0,27	-12,90
	1,00 IAA	1,67±0,10^{f-i}	-26,43	0,22	-29,03
	2,00 IAA	1,51±0,24^{h-j}	-33,48	0,24	-22,58
TOM-139	K	2,68±0,18^{a}	-	0,45	-
	T	0,45±0,08^{m}	-83,21	0,27	-40,00
	0,05 IAA	1,00±0,10^{l}	-62,69	0,33	-26,67
	0,25 IAA	1,91±0,14^{d-f}	-28,73	0,61	35,56
	0,50 IAA	1,55±0,26^{g-i}	-42,16	0,49	8,89
	0,75 IAA	1,21±0,09^{j-l}	-54,85	0,40	-11,11
	1,00 IAA	1,16±0,08^{kl}	-56,72	0,34	-24,44
	2,00 IAA	1,38±0,22^{i-k}	-48,51	0,34	-24,44
$LSD_{0.05}$		0,32		Ö,D	
P		0,001		0,1435	

Fotosentetik pigmentler, bitkilerin büyüme ve gelişmesi ile verim üzerinde doğrudan etkilidir. Tuz stresi özellikle fotosistem I ve II'de oluşan zararlanma ile CO_2 fiksasyonunda azalmaya nedne olmaktadır. Bu durum bitki büyüme ve gelişmesinde azalmaya, klorofil ve membran parçalanmasına, yani kloroz ve nekrozlara neden olmaktadır (Husen *et al.* 2016). Domateste 200 mM NaCl uygulaması incelenen tüm genotiplerde toplam klorofil ve karotenoid içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Farklı dozlarda uygulanan IAA, tuz stresinin bu etkisini değişen oranlarda sınırlamış, sadece tuz uygulanan bitkilerde ortaya çıkan azalma %25-83 arasında değişirken, IAA uygulamalarında bu oran %7-31 arasında değişim göstermiştir. IAA uygulamalarının foto sentetik pigmentlerin konsantrasyonunda iyileşme sağladığı ve çimde tuz stresi ile birlikte klorofil içeriğinde azalma meydana geldiği ancak bu azalmanın IAA uygulanan bitkilerde daha düşük oranlarda seyrettiği ifade edilmiştir (Kaya *et al.* 2010, Husen *et al.* 2016).

4.6 Toplam Fenolik ve Flavanoid Madde İçeriğinde Ortaya Çıkan Değişimler

Domateste gerçekleştirilen bu çalışmada, toplam fenolik madde içeriği stres koşulları ile birlikte artış göstermiştir. Bu artış genotipler arasında farklılıklar ortaya koymuş, "genotip x uygulama" interaksiyonu önemli bulunmuştur. (Çizelge 4.9). Sadece NaCl uygulanan bitkiler ile karşılaştırıldığında, genotiplerdeki değişimler AG'de %7 (12,13 µg GAE mL^{-1}), TOM-141'de %127 (25,90 µg GAE mL^{-1}) ve TOM-139'da %52 (14,84 µg GAE mL^{-1}) şeklinde belirlenmiş ve en yüksek artışın TOM-141 genotipinde olduğu belirlenmiştir. IAA uygulamaları toplan fenolik madde içeriğindeki artışı devam ettirmiştir. Bu artış %23-262 düzeyinde gerçekleşmiş ve sadece NaCl uygulanan bitkilere oranla %7-107 oranında daha yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip oldukları görülmüştür. Bu artışların en belirgin olarak TOM-139 genotipinde kendini hissettirmiştir. IAA uygulamaları kendi içerisinde değerlendirildiğinde en etkili dozların genel olarak 0,25 ve 0,50 mM olduğu, TOM-139 genotipinde 1,0 mM IAA dozunun da kontrol bitkilerine oranla %212 artış ile dikkat çektiği belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Toplam flavanoid içeriği bakımından en yüksek değerler AG'de 19,51 mg QE $100g^{-1}$, TOM-141'de 19,31 mg QE $100g^{-1}$ ve TOM-139'da 18,92 mg QE $100g^{-1}$ olarak kontrol bitkilerinde belirlenmiştir. Stres koşulları ile birlikte toplam flavanoid içeriği azalma göstermiştir (Çizelge 4.9). Bu azalma, sadece NaCl uygulanan bitkiler ile karşılaştırıldığında, AG'de %9 (12,13 mg QE $100g^{-1}$), TOM-141'de %10 (25,90 mg QE $100g^{-1}$) ve TOM-139'da %5 (14,84 mg QE $100g^{-1}$) şeklinde belirlenmiş ve en yüksek değişimin TOM-141 genotipinde olduğu belirlenmiştir. IAA uygulamaları toplam flavanoid içeriğinde meydana gelen kayıpların %1-4 oranında önlenmesine imkan sağlamış ve kayıplar ortalama olarak %2-8 düzeyinde kalmasını sağlamıştır. IAA uygulamaları içerisinde değişimin en az olduğu uygulamalar 0,25 ve 0,50 mM IAA uygulamaları olmuş ve bu uygulamalarda kayıplar %1-9 düzeyinde kalmıştır (Çizelge 4.9).

Bitkilerde sekonder metobolitler arasında yer alan fenolik bileşikler, antioksidan aktivite göstermeleri ile birlikte pek çok bitkisel metabolizmada görev yapmaktadırlar. Fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri, oksidasyon sonucu oluşan serbest radikallere hidrojen vererek onları söndürmesinden ileri gelmektedir (Es-Safi *et al.* 2007). Fenolik bileşikler, lipit alkolsil radikallerini yakalayan ve lipit peroksidasyonunu önlemektedir (Michalak 2006). Flavanoidler ise yapıları ve elektrokimyasal özellikleri sayesinde lipit peroksidasyonunu baskılamakta, lipid oksidasyonunu indirgeyerek membran yapısını koruyan antioksidan etkinliklerde rol oynamaktadır (Eren Guzelgun *et al.* 2018). Antioksidan aktivite fenolik çeşitlerinde bulunan hidroksil grupların sayısı, konumu ve molekülün yapısına bağlı olarak gerçekleşmektedir (Jovanović *et al.* 2018). Fenolik bileşikler içersinde yer alan flavonoidler reaktif oksijen türlerini temizleyebilmektedir. Bitkiler tuz stresinden kaynaklanan oksidatif hasarı azaltmak için farklı adaptasyon mekanizmalarına sahiptir. Gerçekleştirilen bu çalışmada tuz stresi toplam fenolik bileşikler içeriğinde artışa (%152 artış), flavanoid içeriğinde ise azalmaya neden olmuştur. Ancak bu azalma IAA uygulamalarında daha düşük oranda gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.9 Domateste tuz stresi koşullarında IAA uygulamalarının toplam fenolik madde ve flavanoid içeriği üzerindeki etkisi (K: kontrol; T: 200 mM NaCl uygulaması)

GENOTİP	UYGULAMA	TOPLAM FENOLİK MADDE (µg GAE mL^{-1})	% DEĞİŞİM	TOPLAM FLAVANOİD (mg QE $100g^{-1}$)	% DEĞİŞİM
AG	K	$11,30\pm1,24^{j}$	-	19,51	-
	T	$12,13\pm0,81^{ij}$	7,35	17,68	-9,38
	0,05 IAA	$13,93\pm1,19^{h-j}$	23,27	17,65	-9,53
	0,25 IAA	$25,22\pm2,54^{c-f}$	123,19	18,22	-6,61
	0,50 IAA	$24,39\pm1,30^{d-f}$	115,84	17,65	-9,53
	0,75 IAA	$22,14\pm2,61^{e-g}$	95,93	17,21	-11,79
	1,00 IAA	$19,43\pm1,67^{f-i}$	71,95	18,01	-7,69
	2,00 IAA	$20,48\pm2,77^{e-h}$	81,24	18,40	-5,69
TOM-141	K	$11,38\pm1,50^{j}$	-	19,31	-
	T	$25,90\pm1,25^{c-f}$	127,59	17,31	-10,36
	0,05 IAA	$31,54\pm2,39^{cd}$	177,15	17,50	-9,37
	0,25 IAA	$41,25\pm1,63^{a}$	262,48	19,07	-1,24
	0,50 IAA	$40,35\pm2,25^{a}$	254,57	17,86	-7,51
	0,75 IAA	$32,44\pm1,05^{bc}$	185,06	18,48	-4,30
	1,00 IAA	$30,86\pm1,51^{cd}$	171,18	17,81	-7,77
	2,00 IAA	$39,59\pm1,66^{ab}$	247,89	17,47	-9,53
TOM-139	K	$9,72\pm0,89^{j}$	-	18,92	-
	T	$14,84\pm1,70^{g-j}$	52,67	17,81	-5,87
	0,05 IAA	$15,97\pm1,65^{g-j}$	64,30	18,40	-2,75
	0,25 IAA	$27,30\pm2,09^{c-e}$	180,86	17,47	-7,66
	0,50 IAA	$27,18\pm1,47^{c-f}$	179,63	17,65	-6,71
	0,75 IAA	$27,63\pm1,32^{c-e}$	184,26	20,32	7,40
	1,00 IAA	$30,34\pm1,39^{cd}$	212,14	18,43	-2,59
	2,00 IAA	$28,23\pm1,50^{c-e}$	190,43	18,07	-4,49
$LSD_{0.05}$		7,75		Ö,D,	
P		0,0490		0,436	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliğine bağlı olarak artan kuraklık ve beraberinde getirdiği tuzluluk bitki büyüme ve gelişmesi ile verim ve kaliteyi önemli düzeyde sınırlandırmaktadır. Bu olumsuzluklara karşı alınabilecek önlemlerin sınırlı olması ve zamnala tuzluluk problemlenin tekrar ön plana çıkması, zaman ve masraflı olması gibi nedenler ile birlikte farklı yöntemlerin kullanımına gerek duyulmaktadır. Bitki büyüme ve gelişmesinde birçok metobolik sistemlerde önemli bir rolü olan IAA uygulamları tuz stresinin zararlı etkisinin azaltılması, stres koşullarında bitki büyüme ve gelişmesinin teşvik edilmesi, dolayısıyla toleransın sağlanması açısından etkili bulunmuştur. Elde edilen bulgular ışığında,

- Sonraki çalışmaların arazi koşullarında gerçekleştirilmesi
- Çalışmaların verim ve verim bileşenlerini de içeren geniş kapsamlı olarak planlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abdel Latef, A. A. H., Tahjib-Ul-Arif, M. and Rhaman, M. S. 2021. Exogenous auxin-mediated salt stress alleviation in faba bean (*Vici afaba* L.). Agron.,, 11(3): 547.

Alam, M., Khan, M. A., Imtiaz, M., Khan, M. A., Naeem, M., Shah, S. A. and Khan, L.2020. Indole-3-acetic acid rescues plant growth and yield of salinity stressed tomato (*Solanum lycopersicum L.)* Gesunde Pflan.,, 72(1): 87-95.

Algül, B., Tekintaş, F. ve Günver Dalkılıç, G. 2016. Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini arttırıcı uygulamalar. J. Adnan Menderes Uni. Agri. Fac., 87-95.

Bayram, M. ve Daşgan, H. Y. 2018. Tuza tolerant bazı domates genotiplerinin arazi performanslarının belirlenmesi. Ç.Ü Fen ve Müh. Bil. Der., 36 (5): 107-116.

Dasgan, H. Y., Bayram, M., Kusvuran, S., Coban, G. and Akhoundnejad, Y. 2018. Screening of tomatoes for their resistance to salinity and drought stress. J. of Bio., Agri. and Healt., 8 (24): 31-37.Daşgan, H.Y. and Koç, S. 2009. Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ıon regulation and searching for screening parameters. J. Food, Agri. Envir., 7(2): 363-372.

El-Samad, H. M. 2013. The physiological response of wheat plants to exogenous application of gibberellic acid (GA3) or indole-3-acetic acid (IAA) with endogenous ethylene under salt stress conditions. Inter. J. of Plant Phy. and Biochemis., 5(4): 58-64.

Eren Guzelgun, B., Ince, E. and Gurer-Orhan, H. 2018. In vitro antioxidant/prooxidant effects of combined use of flavonoids. Natural Pro. Res., 32(12): 1446-1450.

Es-Safi, N. E., Ghidouche, S. and Ducrot, P.H. 2007. Flavonoids: hemisynthesis, reactivity, characterization and free radical scavenging activity. Mol., 12(9): 2228-2258.

Gültekin, M. 2018. Potasyum nitratın tuz stresinde yetişen domates bitkisinin fizyolojik gelişimine ve verime etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, 43 sayfa, Şanlıurfa.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Roychowdhury, R. and Fujita, M. 2013. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. Int. J. Mol. Sci., 14(5): 9643- 9684.

Husen, A., Iqbal, M. and Aref, I. M. 2016. IAA-induced alteration in growth and photosynthesis of pea plants grown under salt stress *Pisum sativum*. J. Envir. Bio., 37: 421-429.

İşlek, C., Koç, E. ve Sülün Üstün, A.2010. Biber (*Capsicum annuu*m L.) tohumlarında bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin *in vitro* çimlenme üzerine etkisi. BAÜ Fen Bil. Enst. Der., 12(2): 42-49.

Javid, M. G., Sorooshzadeh, A., Sanavy, S. A. M. M., Allahdadi, I. and Moradi, F. 2011. Effects of the exogenous application of auxin and cytokinin on carbohydrate accumulation in grains of rice under salt stress. Plant Growth Reg., 65(2): 305-313.

Jovanović, S. V., Kukavica, B., Vidović, M., Morina, F. and Menckhoff, L. 2018. Class III Peroxidases: functions, localization and redox regulation of isoenzymes. In: Antioxidants and antioxidant enzymes in higher plants. Gupta, D.K., Palma, J.M. and Corpas, F.J. (eds), Springer, Cham., pp. 269-300, Switzerland.

Kapoor, N. and Pande, V. 2015. Effect of salt stress on growth parameters, moisture content, relative water content and photosynthetic pigments of fenugreek variety RMt-1. J. Plant Sci., 10(6): 210-221.

Kaya, C. and Okant T.A. 2013. Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plants grown under saline conditions. Turk. J. Agric.For., 34:529–538.

Kaya, A. and İnan, M. 2017. Tuz (NaCl) stresine maruz kalan reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine salisilik asidin etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bil. Der., 21(3): 332-342.

Kaya, C., Tuna, A. L., Dikilitas, M. and Cullu, M. A. 2010. Responses of some enzymes and key growth parameters of salt-stressed maize plants to foliar and seed applications of kinetin and indole acetic acid. Journal of Plant Nut., 33(3): 405-422.

Kayess, O., Rahman, L., Ahmed K., Khan, R., Hossan, S., Hossain, M.S., Khanam, M. and Pal, D.C. 2020. Effect of salinity stress on different root and shoot traits of selected tomato cultivars. Asian J. Adv. Res. and Rep., 8(1): 1-9.

Khalid, A. and Aftab, F. 2020. Effect of exogenous application of IAA and GA3 on growth, protein content, antioxidant enzymes of *Solanum tuberosum* L. grown in vitro under salt stress. In Vitro Cel.Dev. Bio.-P., 1-13.

Kuşvuran, Ş. 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 356 sayfa, Adana.

Kumlay, A. M. ve Eryiğit, T. 2011. Bitkilerde büyüme ve gelişmesini düzenleyici maddeler: bitki hormonları. Iğdır Üniv. Fen Bil. Enst. Der., 1(2): 47-56.

Lutts, S, Kinet, J. M. and Bouharmont, J. 1996. NaCl-Induced senesence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Ann. Bot., 78: 389-398.

Massaretto, I. L.,Albaladejo, I., Purgatto, E., Flores, F. B., Plasencia, F., Egea-Fernández, J. M. and Egea, I. 2018. Recovering tomato landraces to simultaneously improve fruit yield and nutritional quality against salt stress. Front. in Plant Sci., 9: 1778.

Michalak, A., 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Polish J. Env. Stud., 15(4).

Molina-Quijada, D. M. A., Medina-Juárez, L. A., González-Aguilar, G. A., Robles-Sánchez, R. M. and Gámez-Meza, N. 2010. Phenolic compounds and antioxidant activity of table grape (*Vitis vinifera* L.) skin from northwest Mexico. CyTA–J. Food., 8(1): 57-63.

Morsünbül, T., Solmaz, Seval, E. Üstün, G. ve Yonar, T. 2010. Bitki gelişimi düzenleyicilerin çevresel etkileri ve çözüm önerileri. Uludağ Üniv. Müh.-Mim. Fak. Der., 15-1.

Nielsen, S. S. 2017. Sodium determination using ion-selective electrodes, Mohr titration, and test strips. In: Food analysis laboratory manual. Niselsen, S.S. (eds), Springer International Publishing, pp. 161-170, Switzerland.

Parvin, K., Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M.H.M., Nahar, K. Mohsin, S. M. and Fujita, M. 2019. Comparative physiological and biochemical changes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under salt stress and recovery: role of antioxidant defense and glyoxalase systems. Antiox., 8(9): 350

Sarabi, B., Boland Nazar, S., Ghaderi, N. and Ghash Ghaie, J. 2017. Genotypic differences in physiological and biochemical responses to salinity stress in melon (*Cucumis melo* L.) plants: Prospects for selection of salt tolerant and races. Plant Phy. and Bioch., 119: 294-311.

Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. Met. in Enz., 299: 152-178.

Sohrabi, S., Ebadi, A., Jalali, S. and Salami, S. A. 2017. Enhanced values of various physiological traits and VvNAC1 gene expression showing better salinity stress tolerance in some grapevine cultivars as well as rootstocks. Sci. Hort., 225: 317-326.

Tanveer, K., Gilani, S., Hussain, Z., Ishaq, R., Adeel, M. and Ilyas, N. 2020. Effect of salt stress on tomato plant and the role of calcium. J. Plant Nut., 43(1): 28-35.

Turhan, A. ve Şeniz, V. 2010. Farklı tuz konsantrasyonlarının Türkiye'de yetiştirilen bazı domates genotiplerinin çimlenmesi üzerine etkileri. J. Agri. Fac. Uludağ Univ., 11-22.

Ünlükara, A., Cemek, B. ve Karadavut, S. 2006. Farklı çevre koşulları ile sulama suyu tuzluluğu ilişkilerinin domatesin büyüme, gelişme, verim ve kalitesi üzerindeki etkileri. Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak.i Der., 23 (1): 15-23.

Wang, X., Geng, S., Ma, Y., Shi, D., Yang, C. and Wang, H. 2015. Growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of tomato plant under sodium-or potassium-salt stress and alkali stress. Agr. J., 107(2): 651-661.

Yılmaz, E., Tuna, A. ve Bürün, B. 2011.Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. C.B.U. J. Sci., 7(1): 47–66.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Serpil HAVADAR

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı	2021-Halen
Lisans	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü	2010-2015
Ön lisans	Adnan Menderes Üniversitesi Sultanhisar Meslek Yüksekokulu Tarımsal İşletmecilik	2008-2010

Akademik Aktiviteler

1. Kuşvuran, Ş. ve Havadar, S. 2021. Domateste salisilik asit uygulamasının tuza tolerans üzerindeki etkisi. 3rd Internatıonal Conference on Food, Agrıculture and Veterınary, 19-20 June 2021, İzmir, p: 1293-1306.
2. Kuşvuran, Ş. ve Havadar, S. 2021. Domateste MLE (*Moringa oleifera* leaf extract) uygulamasının tuza tolerans üzerindeki etkisi. Euro Asia 9th International Congress on Applied Sciences, August 11-12, 2021, Erzurum, p: 188-203.