

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI SEVİYELERDE TUZLU SULAMA SUYU VE NANO SİLİSYUM
KULLANIMININ TURPUN FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Hunay Ecem KUL
DANIŞMAN: Prof. Dr. Suat ŞENSOY
II. DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Talip ÇAKMAKCI

VAN-2022

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI SEVİYELERDE TUZLU SULAMA SUYU VE NANO SİLİSYUM
KULLANIMININ TURPUN FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Hunay Ecem KUL

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2021-9547
No'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2022

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda Prof. Dr. Suat ŞENSOY ve Dr. Öğr. Őyesi Talip ÇAKMAKCI danışmanlıklarında, Hunay Ecem KUL tarafından sunulan ‘‘Farklı Seviyelerde Tuzlu Sulama Suyu ve Nano Silisyum Kullanımının Turpun Fizyolojik ve Morfolojik Özelliklerine Etkisi’’ isimli bu alışma LisansŐstŐ Eğitim ve Öğretim Yönetmeliėi’nin ilgili hükümleri gereğince 20/07/2022 tarihinde aşağıdaki jŐri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Bařkan: Prof. Dr. Suat ŞENSOY

İmza:

Őye: Prof. Dr. Yusuf UÇAR

İmza:

Őye: Doç. Dr. eknas ERDİNÇ

İmza:

Fen Bilimleri EnstitŐsŐ Yönetim Kurulu’nun/..../..... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

EnstitŐ MŐdŐrŐ

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hunay Ecem KUL

ÖZET

FARKLI SEVİYELERDE TUZLU SULAMA SUYU VE NANO SİLİSYUM KULLANIMININ TURPUN FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

KUL, Hunay Ecem
Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Suat ŞENSOY
II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Talip ÇAKMAKCI
Eylül 2022, 67 sayfa

Bu çalışmada tuz stresinde nano silisyum kullanımının turpun bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Denemede, tuzlu sulama suyu stresi oluşturmak için NaCl tuzu, nano gübre olarak da silisyum kullanılmıştır. Saksı denemesi olarak yürütülen çalışmada 4 farklı sulama suyu tuzluluğuna sahip su uygulamaları [elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, T0: 0.60 dS/m, T1: 1.2 dS/m, T2: 2.4 dS/m ve T3: 3.6 dS/m] ve artan dozlarda silisyum (0, 100, 200 ve 400 ppm) uygulamaları yapılmıştır. Çalışma 3 tekerrürlü olarak toplamda 48 saksıda yürütülmüştür. Çalışmada, turp boyu, turp çapı, turp ağırlığı, yaprak sayısı, renk değerleri, lipid peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA) ve enzim aktivitelerinin (SOD, CAT ve APX), yanı sıra turpta makro-mikro besin elementleri [fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn)] belirlenmiştir. Bu araştırma sonucuna göre tuz stresi altında bitkilerin tepki olarak tuz stresinden kurtulma adına ürün verim ve verim unsurlarında meydana gelen kaybın azaltılması yönünde nanoboyutta silisyum partikülleri ile bu tepkinin yönetilmesinde istatistiksel anlamda önemli katkılar sağlamıştır. Silisyumun bitki besin ve iyon dengesinin sağlanmasına katkıları yanında enzimsel etki mekanizması yaratarak bitkinin bu stresini azaltma yönünde önemli etkileri olmuştur.

Anahtar kelimeler: Fizyolojik ve morfolojik parametreler, Silisyum, Turp, Tuzlu sulama suyu.



ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIFFERENT LEVELS OF SALTY IRRIGATION WATER AND NANO SILICIUM APPLICATIONS ON PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF RADISH

KUL, Hunay Ecem

M. Sc. Thesis, Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Suat ŞENSOY

II. Supervisor: Asst. Prof. Dr. Talip ÇAKMAKÇI

September 2022, 67 pages

In the present study, the effect of using nano silicon in salt stress on some physiological and morphological properties of radish was investigated. In the experiment, NaCl was used as salt to create saline irrigation water stress and silicon was used as nano fertilizer. In the study carried out as a pot experiment, water applications with 4 different irrigation water salinity [electrical conductivity (EC) values, T0: 0.60 dS/m, T1: 1.2 dS/m, T2: 2.4 dS/m and T3: 3.6 dS/m] and increasing doses of silica (0, 100, 200 and 400 ppm) applications were applied. The study was carried out with 3 replications in a total of 48 pots. In the study, radish length, radish diameter, radish weight, number of leaves, color parameters, lipid peroxidation product malondialdehyde (MDA) and enzyme activities (SOD, CAT and APX), as well as macro-micro nutrients [phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), sodium (Na), iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), and zinc (Zn)] were determined. According to the results of this research, nano-sized silicon particles have made significant contributions to the management of this response in order to reduce the loss of product yield and yield elements in order to get rid of salt stress as a response of plants under salt stress. In addition to its contributions to the provision of plant nutrient and ion balance, silicon has important effects on reducing this stress of the plant by creating an enzymatic effect mechanism.

Keywords: Physiological and morphological parameters, Silicon, Radish, Saline irrigation water.



ÖN SÖZ

Akademik eğitimimin ilk aşamasından bugüne kadar, yüksek bilgi birikimi ve aydın görüşüyle en doğru bilim alanlarına beni yönlendiren, bu alanda destek veren, daima yol gösteren ve tez çalışmamın her aşamasında bana ışık tutan çok kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Suat ŞENSOY'a yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda tüm laboratuvar imkanlarını kullanmamı sağlayan, bilgi birikimi ve tecrübeleriyle her zaman yardımlarını gördüğüm saygıdeğer ikinci danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Talip ÇAKMAKCI'ya ve laboratuvar aşamasında yardımlarını hiç esirgemeyen değerli hocam Dr. Özlem ÇAKMAKCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan ve desteklerini daima hissettiğim çok kıymetli annem Zerin KUL, babam Ali Rıza KUL'a, tezimin her aşamasında yanımda olan, her zor anımda desteğini hissettiğim Zeki Kemal KUL, Cem Kaan KUL, Eren ERGÜN ve sevgili eşim Veysel GÜNERİ'ye en kalbi duygularıyla teşekkür ediyorum.

2022

Hunay Ecem KUL



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Araştırma yeri ve uygulamalar	13
3.1.2. Deneme materyali.....	13
3.2. Yöntem	13
3.2.1. Sulama uygulamaları	16
3.2.2. Yapılan ölçüm ve analizler.....	18
3.2.2.1. Turp boyu	18
3.2.2.2. Turp çapı.....	18
3.2.2.3. Yaprak sayısı	18
3.2.2.4. Renk değeri.....	18
3.2.2.5. Turp taze ve kuru ağırlığı	18
3.2.2.6. Lipid peroksidasyonu (MDA)	20
3.2.2.7. Katalaz (CAT) aktivitesi	20
3.2.2.8. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi	21
3.2.2.9. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi.....	21
3.2.2.10. Turpta makro-mikro besin elementi analizleri	21
3.2.2.11. Toprak pH ve EC ölçümü.....	22
3.2.2.12. Verilerin değerlendirilmesi.....	23

4. BULGULAR	25
4.1. Turp Boyu.....	25
4.2. Turp Çapı.....	26
4.3. Yaprak Sayısı.....	27
4.4. Turp Kuru Ağırlık Yüzdesi	27
4.5. Turpta Renk Özellikleri.....	28
4.5.1. L* değeri.....	28
4.5.2. a* değeri	29
4.5.3. b* değeri	30
4.5.4. Chroma değeri	31
4.5.5. Hue açısı (h°) değeri	32
4.6. Turp Ağırlığı (g).....	33
4.7. CAT Enzim Aktivitesi.....	34
4.8. SOD Enzim Aktivitesi	35
4.9. APX Enzim Aktivitesi.....	36
4.10. Lipid Peroksidasyonu (MDA İçeriği).....	37
4.11. Turp Ca İçeriği	38
4.12. Turp K İçeriği	39
4.13. Turp Mg İçeriği	40
4.14. Turp Na İçeriği	41
4.15. Turp Cu İçeriği	42
4.16. Turp Fe İçeriği.....	43
4.17. Turp Mn İçeriği	44
4.18. Turp Zn İçeriği	45
4.19. Turp P İçeriği.....	46
4.20. Uygulamaların Toprak Ec Değeri Üzerine Etkisi	47
4.21. Uygulamaların Toprak pH Değeri Üzerine Etkisi.....	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	51
KAYNAKLAR.....	63
ÖZ GEÇMİŞ.....	67

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp boyuna (mm) etkisi	25
Çizelge 4.2. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp çapına (mm) etkisi.....	26
Çizelge 4.3. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp yaprak sayısına (adet) etkisi.....	27
Çizelge 4.4. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp kuru ağırlık yüzdesine etkisi.....	28
Çizelge 4.5. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turpta L* renk değeri üzerine etkisi.....	29
Çizelge 4.6. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp a* renk değeri üzerine etkisi.....	30
Çizelge 4.7. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp b* renk değeri üzerine etkisi.....	31
Çizelge 4.8. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp chroma (C) değerine etkisi....	32
Çizelge 4.9. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turpta hue açısı (h°) değeri üzerine etkisi	33
Çizelge 4.10. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp ağırlığı (g) üzerine etkisi.....	34
Çizelge 4.11. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turpun CAT içeriğine (nmol/g TA) etkisi	35
Çizelge 4.12. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp SOD içeriğine (ünite/g TA) etkisi.....	36
Çizelge 4.13. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp APX içeriğine (nmol/g TA) etkisi	37
Çizelge 4.14. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp MDA içeriğine (nmol/g TA) etkisi	38
Çizelge 4.15. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Ca içeriğine etkisi (%)	39
Çizelge 4.16. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp K içeriğine etkisi (%).....	40
Çizelge 4.17. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Mg içeriğine etkisi (%)	41

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.18. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Na içeriğine etkisi (%)	42
Çizelge 4.19. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Cu içeriğine etkisi (mg/L)...	43
Çizelge 4.20. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Fe içeriğine etkisi (mg/L)....	44
Çizelge 4.21. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Mn içeriğine etkisi (mg/L) ..	45
Çizelge 4.22. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Zn içeriğine etkisi (mg/L) ...	46
Çizelge 4.23. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp P içeriğine etkisi (%).....	47
Çizelge 4.24. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının toprak Ec değerine etkisi	48
Çizelge 4.25. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının toprak pH değerine etkisi	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan tohumların ekiminden görünüm.	14
Şekil 3.2. Tekerrür olarak ayrılan ve etiketleme yapılan saksılar	14
Şekil 3.3. Uygulama öncesi hazırlanan farklı dozlarda nano silisyumlar. (a. Yapılan tartım, b. Hazırlanan nano silisyumlar).....	15
Şekil 3.4. Besin elementi uygulamasından bir görünüm.	16
Şekil 3.5. Hazırlanan farklı tuzlu su uygulamalarından (T0, T1, T2 ve T3) bir görünüm	17
Şekil 3.6. Tuzlu sulama suyu ile yapılan sulamada saksılardan bir görünüm.	17
Şekil 3.7. Turp boylarının ölçümünden bir görünüm.	18
Şekil 3.8. Turp çaplarının ölçümünden bir görünüm.	18
Şekil 3.9. Turp renk değerleri ölçümünden bir görünüm.	19
Şekil 3.10. Turp enzim analiz ölçümünden bir görünüm. (a. Bitki ekstratı, b. Saniye okumaları).....	20
Şekil 3.11. Bitki örneklerinin makro-mikro besin elementi analizi hazırlığı. (a. Turp örneklerinin havan ile öğütülmesi, b. Öğütüldükten sonra toz haline getirilen turp örnekleri, c. Balon jojelere aktarılan örnekler)..	22
Şekil 3.12. Toprak analizlerinden görünüm. (a. Toprağın elenmesi, b. Toprağın tartım işlemi, c. Saf su ekleyip bekletilen topraklar).	23



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Ca	Kalsiyum
Cm	Santimetre
Cu	Bakır
Ec	Elektriksel iletkenlik
Fe	Demir
g	Gram
K	Potasyum
L	Litre
m	Metre
Mg	Miligram
Mg	Magnezyum
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum Klorür
P	Fosfor
Si	Silisyum
Zn	Çinko

Kısaltmalar**Açıklama****APX**

Askorbat peroksidaz

CAT

Katalaz

DHAR

Dehidroaskorbat redüktaz

GPX

Glutasyon peroksidaz

MDA

Lipid Peroksidasyonu

nano-SiO₂

Nano Silisyumdioksit

ppm

Part per million

SOD

Süperoksit dismutaz



1. GİRİŞ

Orta Asya, Hindistan ve Doğu Asya turpun anavatanıdır. Çok uzun zamandır bilinen turp *Brassicaceae* familyasında yer alan yıllık veya iki yıllık bir kültür bitkisidir. Küçük kırmızı olanları fındık, beyaz olanları kestane, siyah olanlarına ise bayır turpu olarak adlandırılır. Ülkemizde genel olarak toplamda 170 ile 175 bin ton civarında turp üretimi yapılmakla birlikte bunun 20 ile 25 bin tonunu bayır turpu, geri kalan kısmını ise diğer grupların oluşturduğu söylenebilir. Taze kırmızı turp her 100 gramında 1.2 gr protein, 0.1 gram yağ, 93.2 gram su, 5 gram karbonhidrat ve 0.7 gram selüloz içermektedir. Kırmızı turp A, B1, B2, B6, C vitaminlerini içermekte olup, kırmızı fındık ve diğer iri yazlık ve kışlık turplar, besleyici özelliklerinin yanında sofralar için iştah açıcı özelliğinden dolayı da tüketilir (Anonim, 2009).

Bitkileri etkileyen stres etmeni biyotik (bitkiler, mikroorganizmalar, hayvanlar ve antropogenik etkiler) ve abiyotik stres etmenleri (radyasyon, sıcaklık, su, gazlar, mineraller vb.) olmak üzere ikiye ayrılır (Larcher, 1995).

Tuzluluk, artan dünya nüfusu ile birlikte verimli tarımı tehlikeye atarak besin ürünlerinin üretimini yüksek ölçüde etkileyen çevresel etmenlerden birisidir (Botella ve ark., 2005). Tuzluluk, oluşma sebeplerine göre primer (doğal) ve sekonder tuzluluk olarak ikiye gruba ayrılabilir. Primer tuzluluğun meydana gelme nedenlerini; ana kayaçların ayrışması, tuz deposu olan okyanuslar ve iklimsel etkenler oluşturur (Munns ve Tester, 2008). Sekonder tuzluluğun meydana gelme sebepleri ise; tarımsal alanların yoğun sulanması ile çeşitli tuzlar bakımından zengin yer altı sularının seviyesinin toprak yüzeyine kadar yükselmesi, gereğinden fazla otlatma, bir bölgenin doğal vejetasyonunu yok ederek tarım arazilerinin açılması ve toprakların tuzluluğa sebep olan kimyasallarla karışmış (Pessarakli ve Szabolcs, 1999) olması olarak sıralanabilir. Dünyadaki tuzdan etkilenmiş toprakların büyük kısmını sodyum sülfat (Na_2SO_4) ve sodyum klorürün (NaCl) sebep olduğu tuzlu toprakları oluşturmaktadır (Pessarakli ve Szabolcs, 1999).

Tuz stresi, bitki büyümesi ve gelişmesini osmotik ve iyon stresine neden olarak engeller (Parida ve Das, 2005). Kök rizosferinde tuz oranının yükselmesi ile birlikte ilk olarak osmotik stres görülmektedir. Oluşan bu dışsal osmotik stres, kullanılabilir su

miktarının da azalmasına sebep olur ve bu olay “fizyolojik kuraklık” olarak da adlandırılır (Tuteja, 2007). Kullanılabilir su miktarının azalması, hücre genişlemesinin azalmasına ve sürgün gelişiminin gerilemesine neden olur. Osmotik stresin devamında ortaya çıkan iyon stresinde, ortamda artan Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Klor ve Nitrat iyonları gibi gerekli besin elementlerinin rekabete girmesiyle birlikte bitkilerde, besin eksikliği veya besin dengesizliği ortaya çıkar (Hu ve Schmidhalter, 2005). Tuzluluğun, bitkiler üzerindeki doğrudan etkisini osmotik ve iyon stresi oluşturarak gösterirken, dolaylı etkisini (sekonder etki) bu stres faktörlerinin bir sonucu olarak bitkide meydana gelen yapısal değişiklikler ve toksik özellikteki bileşiklerin sentezlenmesi ile gösterir. Sodyum klorürün sebep olduğu başlıca sekonder etkileri; Deoksiribo Nükleik Asit (DNA), protein, klorofil ve zar fonksiyonuna zarar verecek olan aktif oksijen türlerinin (AOT) sentezi; fotosentezin inhibisyonu; metabolik toksisite; (K^+) Potasyum iyonlarının alımının engellenmesi ve hücrenin ölümü olarak nitelendirilebilir (Botella ve ark., 2005; Hong ve ark., 2009). Bitkiler üzerindeki tuz stresinin etkileri; bitkinin çeşidine, uygulanan tuz çeşidi ile miktarına ve maruz kalma sürecine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Hücre bölünmesini ve uzamasını tuz stresi etkileyerek, bitkilerde gövde ve kökte hücre sayısının, mitotik aktivitesinin ve hücre bölünme oranının azalmasına neden olur (Bursens ve ark., 2000).

Bitkiler silisyumu, asit formunda $[Si(OH)_2]$ alımına izin verir. En çok bir kuvars formunda olan Silisyum dioksit (SiO_2) ya da silikat şeklinde toprakta bulunmaktadır. Silisyumun bitki beslenmesindeki en önemli etkileri bitkilerde iyi büyümeyi sürdürmek, ekonomik verim vermek ve böylece içsel ve dışsal streslere karşı bitkileri daha dirençli hale getirmektir. Kuraklık ve tuzluluk önemli ve büyük ölçüde tarımsal üretimi etkilediği bilinir. Bu stresler karşısında bitkinin toleransın da geliştirilmesi gerekmektedir. Bu streslere karşı silisyum kullanımı bitki toleransını artırmakta ayrıca büyümeyi ve verimi de olumlu etkilemektedir. Bitkilerde alüminyum, bakır, demir, çinko ve mangan toksisitesini azaltmaktadır. Silisyum bitkinin koruyucu mekanizmalarını geliştirerek hastalık etmeni olan funguslara karşı bitki direncini artırır.

Silisyum hem biyotik hemde abiyotik stres faktörlerine karşı bitki toleransını geliştirir. Fakat abiyotik streslere karşı önemli bir rolü olmakla birlikte, silisyum bitkilerde tuz stresinin kaldırılmasında önemli bir fonksiyonel görev alır. Silisyum,

Sodyum alımını ve terlemeyi azaltma yönünde tuza duyarlı bitkilerin translokasyonunu azaltmaktadır.

Nanomateriyaller 1 ile 100 nm arasında boyutları olan bir veya daha fazla içyapıya veya dış boyuta sahip olan ve çözünme özelliği olmayan bir yapıda olacak şekilde imal edilmiş olan materiyallerdir. Tarımda gübre uygulamalarında nanomalzemeler bitkiyi yavaş yavaş kontrollü bir biçimde besleyebileceği Sohrab ve ark. (2016) tarafından bildirilmiştir. Kimyasal gübrelerin neden olduğu toprak kirliliğinden doğan çevresel risk etmenlerini azaltacak özellikte olan nano-gübreler bitki ve doğaya olumlu bir etkisi vardır (Naderi ve ark., 2011). En büyük avantajlarından olduğu söylenebilecek bir özelliği de diğer gübrelere göre daha az miktarda kullanılmasıdır (Selivanov ve Zorin, 2001; Reynolds, 2002; Raikova ve ark., 2006; Batsmanova ve ark., 2013; Subramanian ve ark., 2015).

Pek çok çalışma göstermiştir ki nano gübrelerin sahip oldukları geniş yüzey alanlarının yanı sıra bitkilerin kök ve yaprak gözenek boyutlarından daha küçük boyutlara sahip olduklarından dolayı temas ettikleri yüzeyden bitkiye penetrasyonları, besinlerin alımını daha kolay hale getirerek kullanım etkinliğini arttırdıkları belirtilmiştir (Sing ve ark., 2017).

Bitkinin yaşam periyodu boyunca gelişimine nano gübrelerin olumlu katkı sağlamasına yardımcı olmalarının temelinde bitki metabolizmasında yarattığı olumlu etkilerin, hormonal ve enzimsel (biyolojik katalizör) düzeyde etki mekanizması ile değişken ve şiddetli atmosferik koşullara bağlı olarak, abiyotik-biyotik strese ve hastalıklara karşı daha dirençli hale gelebildiği öne sürülmüştür. (Mukherjee ve ark., 2015).

Boyutlarının küçük olması nano gübrelerdeki minerallerin stomalardan kolaylıkla geçmesine yol açarak bitkinin minerallerden faydalanmasına kolaylık sağlamış olurlar (Liu ve Lal, 2016; Sing ve ark., 2017). Bundan dolayı uygulanmış nano gübrelerden maksimum verim alınabileceği bildirilmiştir. Geleneksel gübrelere göre nano gübrelerin, birçok avantajları vardır (Liu ve Lal, 2016; Dağhan, 2017; Sing ve ark., 2017). Bu avantajların bazıları ise çok az miktarda gübre kullanarak en düşük maliyetle en yüksek verimin alınabilecek olması, besinin bitkide daha iyi kullanılarak verimliliği artırması, gübre kullanım etkinliğinin artırılması, daima gübre kullanılmasının önüne geçmesi, bitkiler için yararlı olan besinlerin kayıplarını azaltıcı

yönde etkisinden dolayı çevre üzerine olası olumsuz etkilerinin minimize edecek olması, toprakta muhtemel olası toksisite riskini azaltılıp, toprak verimliliğinin ve ürün kalitesinin artması yönündeki özelliği sıralanabilir. Bitkinin yetiştirme periyodu boyunca nano gübreler sağlıklı olarak gelişmesi ve büyümesine imkân sağlayarak ürün verimini ve besin değerini arttırmırlar. Bundan dolayı bitki hastalıklara ve olumsuz çevre şartlarına karşı daha fazla direnç göstermesi açısından nano gübreler önemli bir yer tutar. Pek çok üstün özelliklerine rağmen nano gübrelerin bazı olumsuz etkileri de mevcuttur. Nano boyuttaki partiküller popüler bir terim olarak sağlığa ve çevreye karşı birçok risk faktörleri barındırmaktadır. Nano malzemelerle ilgili yapılan ilk deneysel çalışmalarda insanlar üzerinde toksik etkiler meydana getirebileceği belirlenmiştir.

İnsan vücuduna giren nano partiküllerin hayati organlara kolaylıkla ulaşp dokular üzerinde zararlara neden olabileceği belirlenmiştir. Literatür araştırmalarına göre nano gübrelerin toksik özelliklere de sahip oldukları, ekosistem döngüsü için de önemli problemlerin oluşmasında etken ve oluşturdukları çevre sorunlarının giderilmesinin de oldukça güç olduğu bildirilmiştir (Dağhan, 2017).

Dünya üzerinde tarım arazilerinin her geçen gün azalmasına karşın nüfus da önemli ölçüde artmakta ve bu nüfusun beslenmesi için gerekli gıda üretimi de aynı oranda artmaktadır. Globalleşen dünya ile birlikte tarımsal üretimde yaşanan gerek stres gerekse verim ve kalitedeki düşüşler üretimi ciddi bir şekilde etkilemektedir. Son yıllarda geleneksel gübre uygulamalarına alternatif olabilecek uygulamaların birçok araştırmacı ve tarımsal faaliyet gösteren işletmeler tarafından tercih edildiği bilinmektedir. Bunlardan bir tanesi de nanogübrelerdir. Nanogübreler arasında yer alan silisyum ise, kalsiyum silikat (CaSiO_3), magnezyum silikat (MgSiO_3), potasyum silikat (K_2SiO_3), silisik asit veya mono silisik asit sırasıyla Si(OH)_4 ve H_4SiO_4 formunda gübre olarak kullanılabilir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde bitkilerin gelişim ve fonksiyonları üzerine silisyum elementinin direkt veya indirekt olumlu etkilerinden dolayı dünya genelinde silisyuma artan bir ilgi olduğu görülmektedir. Silisyum özellikle uygun olmayan iklim şartlarında aşırı sıcaklık ve kuraklık stresi, mineral toksisite gibi stres koşullarına dayanıklılık sağladığı gibi; bitki hastalıkları ve böcek zararlılarına karşı koruyucu etkileri vardır. Abiyotik ve biyotik streslere karşı bitkiyi koruyan ve gelişimini arttıran potansiyel etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Sistani ve ark., 1997; Ma, 2004).

Silisyum bitkide immobil olduğu için transpirasyonla bitkinin üst yapraklarına taşınır. Alınan silisyum özellikle yaprak kutikülü altında birikerek yaprakların daha dik durmasını sağlamakta, fotosentetik aktiviteyi artırmakta ve transpirasyonu iyileştirmektedir (Liang ve ark., 2007).

Bu çalışma ile artan miktarlarda tuzlu sulama suyunun uygulanması ile bitkide oluşabilecek olan stresin (fizyolojik ve morfolojik) nano silisyum kullanımı ile azalıp azalmadığı, nano gübre kullanımının bitki besin element alınımına etkisinin olup olmadığı, nano gübre kullanımı ile tuzlu sulama uygulamalarında Nano gübre kullanımının bitki enzim aktivitesine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.





2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Tuz stresi diğer kültür bitkileri ve sebzelerde olduğu gibi turpta da önemli sıkıntılara yol açan abiyotik stres faktörlerinden birisidir. Tuzun oluşturduğu fizyolojik sıkıntılar, kültür bitkilerinde verim ve kalitede önemli düşüslere sebep olmaktadır.

Ayers ve ark. (1976), ıspanak ve bazı bitkilerde, tuzluluğun yüzde verim potansiyeline etkilerini incelemişlerdir. Ispanak için sulama suyu tuzluluğu 3.5 dS/m olduğunda %25, 5.7 dS/m olduğunda ise %50'lik bir verim azalışının olduğu, 15 dS/m'de ise kesinlikle ürün alınmadığını belirtmişlerdir.

Maas ve Hoffman (1977), tüm kültür bitkilerinde bitkinin cins özelliğine göre değişen, belirli bir tuzluluk düzeyinden sonra verimde kararlı bir boyutta azalma görüldüğünü belirtmişlerdir.

Singh ve Narain (1980), buğdayın tuzluluğu 8.0 dS/m olan sularla sulanması ile verimdeki azalma önemli bir boyutta olduğu, sulama suyunun tuzluluğu 12.0 ve 16.0 dS/m olduğunda ise ilk 2 yıl %29 ve %69, diğer 2 yılda ise %74 ve %89 oranında verim azalması olduğunu hesaplamışlardır.

Robinson ve ark. (1983), ıspanak bitkisine sulama suyu ile birlikte besin maddesi olarak her gün 1450 mg/L NaCl uygulamışlar ve uygulama sonucunda toprak 6 konsantrasyonu 11600 mg/L'ye, elektriksel iletkenlik olarak ifade edilirse 18 dS/m'ye ulaşmıştır. NaCl uygulamasına başlandıktan 3 hafta sonra bitkiler hasat edildiğinde ise sonuç olarak ıspanağın yeni sürgün ve köklerinin kuru ve yaş ağırlıklarının, kontrol bitkisine göre %50'den fazla bir oranda azalma gösterdiğini ve bitkilerin yapraklarının daha da kalınlaştığını bildirmişlerdir.

Munns ve Termaat (1986), bitki türü ile çeşitleri arasında tuzluluğa karşı gösterilen tepki açısından farklılık bulunmakla birlikte, glikofit bitkilerde ise kök bölgesinde tuzluluğun devamlı artmasına karşı gözlenen ilk fenotip yanıtın, sürgünlerin büyümesi esnasında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Bu bilgiye ilave olarak tuzluluğa daha çok duyarlılık gösteren organların yapraklarının olduğu bildirilmiştir.

Matsubara ve Tasaka (1988), yaptıkları çalışmada 0, 1000, 2000, 4000, 6000 ve 8000 mg/L seviyelerinde Sodyum klorür içeren çözeltilerle kumlu toprakta ıspanak yetiştirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda ıspanağın NaCl'e oldukça toleranslı olduğunu

ve 8000 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda bile verim azalmasının %50 oranında olduğunu bildirmişlerdir.

Ayers ve Westcot (1989), bitkinin tuzluluğa duyarlılığını daha az seviyedeki tuzlulukta dahi çözelti içerisinde oluşabilecek ozmotik basınç değerlerinin bitki kökleri tarafından alınamaması olarak belirtmişlerdir. Genel bir ifadeyle, sebzelerin 1.0-3.8 dS/m, tarla bitkilerinde 1.0-10.0 dS/m, yem bitkileri için 1.6-9.9 dS/m değerleri arasındaki tuzluluklarda verimde azalma göstermeye başladığını saptamışlardır.

Awang ve ark. (1993), kontrollü sera şartlarında kaya-yünü kullanılarak yetiştirilen Rapella çilek çeşidinde tuzluluğun meyve gelişimi ve kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan araştırmada, tuzluluk oranı 2.5 mS/cm'den 8.5 mS/cm'e artırıldığında meyve veriminde düşme olduğu görülmüştür. Meyvede yapılan analizlere göre verimde azalmanın bünyedeki su miktarının azalması ile ilişkili olduğu saptanmıştır.

Güngör ve ark. (1993), sulama suyu tuzluluğunun soya kimyasal bileşimi üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada 0.6, 1.5, 2.5 ve 5.0 dS/m tuz içerikli sularda deneme çalışmaları yapmışlardır. Soya verimi ve sulama suyunun tuzluluğu arasındaki ilişki incelendiğinde verimi etkileyen en önemli bir faktöründe sulama suyu tuzluluğu olduğu görülmüştür. Sulama suyu tuzluluğun artmasına bağlı olarak toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu artmakta ve çözeltideki ozmotik basınç yükseldiğinde ise bitki köklerinin suyu almakta zorluk çektiği ve fizyolojik kuraklık etkisi altında kalmaktadır. Sulama suyundaki tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak beş toprak çözeltisi konsantrasyonu da artmaktadır. Bitki bünyesine alınan yedi toprak suyu ile bitki vejetatif aksamında tuzlar biriktirilmekte buna bağlı olarak da kaliteyi etkilemektedir. Çözeltide bulunan bazı faktörler ortamdaki diğer öğelerin alımını da etkilediği bildirilmiştir.

Satti ve Lopez'e (1994) göre tuzlu koşulların, bitkinin gelişmesinde ve veriminin azalması yönünde etki yapan birçok fizyolojik süreci olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkiler Sodyum/Potasyum oranının yüksek olmasından dolayı potasyumun alınamayıp, sodyumun aşırı alımı tuzluluk nedeni ile oluşan su stresi, iyon toksitesi, besin dengesizlikleri veya bu olumsuz etkilerin herhangi bir kombinasyonunun nedeni ile oluşabildiğini bildirmişlerdir.

Shalhevet (1994), drenaj suyunun (9 dS/m) ile yer altı suyu (0.7 dS/m) farklı farklı ve %50 oranlarında karıştırarak pamuğun farklı gelişim dönemlerinde uygulanmıştır. Deneme sonucuna, 0.7 dS/m'lik sulama suyuna göre drenaj suyu ile sulamada %50, karıştırılmış su ile sulamada %36 daha az verim elde edilmiştir.

Zhu ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada, silisyumun (Si) ana antioksidan enzimlerin (süperoksit dismutaz, SOD; glutatyon peroksidaz, GPX; askorbat peroksidaz, APX; katalaz, CAT; dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) ve glutatyon redüktaz GR) aktivitelerinin zamana bağlı değişiklikleri üzerindeki etkileri ve tuz stresli hıyarın (*Cucumis sativus* L.) yapraklarında lipid peroksidasyonu (LPO) araştırmışlardır. Si ilavesi ile indüklenen tuz stresli yapraklarda daha yüksek SOD, GPX, APX, DHAR ve GR aktivitelerinin bitki dokularını tuz stresi altında membran oksidatif hasarından koruyabileceği, böylece tuz toksisitesini azaltabileceği ve hıyar bitkilerinin büyümesini artırabileceğini belirtmişlerdir. Çalışma sonunda Si'nin bitkilerdeki metabolik veya fizyolojik değişikliklere dahil olabileceğini bildirmişlerdir.

Ünlükara ve ark. (2008), marulda sulama suyu tuzluluğuna olan hassasiyet belirlemesi çalışmalarında 0.75, 1.5, 2.5, 3.5, 5.0 ve 7.0 dS/m olan sulama sularını uygulamışlar, tuzluluğun artmasıyla toprak tuzluluğu ve bitki veriminde azalma olduğunu, bitki kuru madde içeriğinde artış olduğunu belirtmişlerdir.

Kutlar Yaylalı ve Çiftçi (2008) serada farklı tuzlu özellikteki sulama suyu uygulamalarının domates bitkisindeki dal sayısı, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak alanı, çiçek sayısı, bitki gövde çapı, bitki kök uzunluğu gibi büyüme unsurları üzerine etkisini araştırmışlar; araştırma sonucunda sulama suyunda tuzluluk artışıyla bitki boyunda kısalmalar (%20-%28), yaprak alanında azalmalar, bitki gövde çapında küçülmeler (%19) ve kök uzunluğunda artış olduğunu belirtmişlerdir.

Akça ve Samsunlu (2012), üç ceviz çeşidinde (Bilecik, Kaman 1 ve Kaman 5) saksı denemesinde bir yaşlı fidanlara değişik dozda tuzlu su uygulamalarının (musluk suyu, 1.5, 3 ve 5 dS/m düzeylerinde) prolin, klorofil a, klorofil b ve bitki büyümesine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda sürgün ve kökte yaş ve kuru ağırlıkları açısından çeşitler arasında fark oluştuğunu gözlemişlerdir. Kaman 1 çeşidinin Bilecik ve Kaman 5 çeşidine göre tuz stresine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Siddiqui ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, kabakta antioksidan sisteminin iyileştirilmesiyle bitkinin tuz stresine karşı direncinde nano silisyum dioksitin (nano-

SiO₂) rolünü araştırmışlardır. Çalışma sonunda, nano-SiO₂, malondialdehit ve hidrojen peroksit seviyelerinin yanı sıra elektrolit sızıntısını azaltarak tohum çimlenme ve büyüme özelliklerini iyileştirmiştir. Ek olarak, nano-SiO₂ uygulaması klorofil bozulmasını azaltmış, net fotosentez oranını (P_n), stomatal iletkenlik (g), terleme hızı ve su kullanım verimliliğini arttırmıştır. Sonuç olarak nano-SiO₂ tuz stresi toksisitesine karşı bitkilerin savunma mekanizmaları, bitkilerin yapraklarında terleme oranı, su kullanım etkinliği, toplam klorofil, prolin ve karbonik anhidraz aktivitesi iyileştirebildiğini göstermektedir.

Horuz ve Korkmaz (2014), yaptıkları çalışmada, tuz x Si etkileşiminin çeltik verimi üzerindeki etkisini, tuzluluğun toprakların mevcut Si içeriği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çeltik pirinç tanesi verimi, Na içeriği ($R = - 0.664$) ile önemli bir negatif ilişkiye sahipken, silisyum döllenme K/Na, Ca/Na, Mg/Na ve P/Na oranlarını artırmıştır. Sonuç olarak çorak topraklarda yetiştirilen çeltik için optimum silisyum miktarının 200 mg/kg olduğu ve pirinç yetiştiriciliğinde silisyumun toprak tuzluluğu ve alkaliliğin zararlı etkilerini azaltmada pratik bir yol olabileceğini bildirmişlerdir.

Almutairi (2016), yaptığı çalışmada, çimlenen domates (*Solanum lycopersicum* L.) fidelerinde tuz tolerans genlerinin ekspresyonuna farklı N-Si dozlarının tuz toleransı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Günümüzde, nano silisyum (N-Si) tohum çimlenmesi, bitki büyümesi ve fotosentetik gelişimi iyileştirmek için de kullanılmaktadır. Silisyumun tuz stresini azaltarak domateste tohum çimlenme oranı ve fide büyümesinde artış sağladığı tespit edilmiştir. Domates tohumlarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme oranı NaCl stresi altında N-Si'ye maruz kaldıktan sonra domates fidelerinin kök uzunluğu ve taze ağırlığı arttığını ve N-Si'nin bitkinin tuz stresine toleransını iyileştirmek için yararlı olabileceğinin bildirmiştir.

Köroğlu (2019), yürüttüğü bir çalışmada, Rafina F₁ kırmızı fındık turp yetiştiriciliğinde farklı tuz seviyesine sahip sulama suyu uygulamalarının turp verimine etkisini araştırmıştır. Beş değişik tuzluluk seviyesi (S1=500 μ mhos/cm, S2=750 μ mhos/cm S3=1500 μ mhos/cm, S4=2000 μ mhos/cm, S5=2500 μ mhos/cm) uygulamaları 5 tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiş ve çalışma sonucunda turp bitki su tüketimi 274.27 mm olarak bulunmuş ve topraklarının tuzluluğu S1 konusuna göre S5 konusunda 1.5-2.0 kat artış göstermiştir. Sulama suyu tuzluluk düzeyi arttıkça hasat edilen turp sayısı ve ağırlığı azalmış; toprak üstü bitki boyu kısalmış, turp çapları

küçülmüş ve turp suyundaki EC miktarları artmış; Turpta L değeri farklılık göstermezken, kırmızılık azalmış sarılık artmış, uygulanan sulama sularındaki tuz seviyesi yükseldikçe turpun veriminin azaldığı, bitki gelişiminin olumsuz etkilendiği ve pazar değerinin düşerek ekonomik kayıp yaşandığı ve bu durumun özellikle S4 ve S5 konularında görüldüğü sonucuna varılmıştır.

Mevcut tez çalışmasında tuz stresinde nano silisyum kullanımının turpun bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerine (turp boyu, turp çapı, turp ağırlığı, yaprak sayısı, renk değerleri) lipid peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA) ve enzim aktivitelerinin (SOD, CAT ve APX), yanı sıra turpta makro-mikro besin elementlerinin [fosfor (P), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), demir (Fe), potasyum (K) mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn)] etkisi üzerine araştırma yapılmıştır.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve uygulamalar

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri deneme alanında bulunan havalandırma sistemi olan 200 m² 'lık cam serada yürütülmüştür. Yetiştirme ortamı olarak 4 mm boyutunda elenmiş ve homojen karışımı sağlanmış toprak kullanılmıştır.

Tuzlu su kaynağı olarak toprakta en fazla bulunan ve bitkilerin en çok etkilendiği tuz formu olan NaCl (Munns ve Termaat, 1986) uygulanmıştır. Çalışmada elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, T0: 0.60 dS/m, T1: 1.2 dS/m, T2: 2.4 dS/m ve T3: 3.6 dS/m olan 4 farklı sulama suyu tuzluluğuna sahip sular kullanılmıştır. Sulama suyunun tuzluluğu her sulama öncesi hazırlanarak uygulanmıştır. Silisyum dozları 0, 100, 200 ve 400 ppm olacak şekilde topraktan uygulanmıştır.

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak toplamda 48 saksıda yürütülmüştür. Her saksıya 8 adet turp tohumu ekilmiştir. Çıkış sonrası bitki sayısı 4'e seyreltilmiştir.

3.1.2. Deneme materyali

Çalışmada bitkisel materyal olarak ticari üretimde kullanılan Cherry belle fındık turp çeşidi (Bursa tohum) kullanılmıştır. Firma kataloğundan elde edilen bilgilere göre bu çeşit, erkenci bir fındık turp çeşididir. İnce köklüdür, güçlü bitki yapısına sahiptir. Meyvelerin et kısımları beyaz, sulu, gevrek ve aromalıdır.

3.2. Yöntem

Deneme, normal atmosferin sağlandığı sera ortamında yapılmıştır. Fındık turp tohumları 4 mm boyutunda elenmiş ve homojen karışımı sağlanmış toprak kullanılan

daha sonra 4 litrelik terazi yardımıyla tartılan toprakların bulunduğu saksılara her saksıya 8 bitki olacak şekilde ekimi gerçekleşmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan tohumların ekiminden görünüm.

Ekimi yapılan tohumların genç yaprakları oluştuktan 1 hafta sonra olası bir toprak ve tohum hastalığının önlenmesi için saksılara bordo bulamacı uygulanmıştır. 48 adet saksı tekerrür olacak şekilde gruplara ayrılmış ve saksılara etiketler yapılmıştır.



Şekil 3.2. Tekerrür olarak ayrılan ve etiketleme yapılan saksılar.

Gelişen bitkiler 4 farklı dozda nano silisyum (0 ppm, kontrol; 100 ppm; 200 ppm; 400 ppm) her nano silisyum ppm düzeyi için gerekli tartımlar yapılmış ve suyla karıştırılmıştır. Her saksıya 150 ml olacak şekilde etiketleme yapılan ve tekerrür saksılarına sırayla topraktan uygulanmıştır. Si0 grubu kontrol (silisyum uygulanmamış) olmak üzere, Si1 grubuna 100 ppm, Si2 grubuna 200 ppm, Si3 grubuna da 400 ppm nano silisyum uygulanmıştır. İlk nano silisyum uygulamasından 2 gün sonra ikinci uygulamada aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Yürütülen çalışma süresi boyunca nano silisyum toplam 3 defa uygulanmıştır.



Şekil 3.3. Uygulama öncesi hazırlanan farklı dozlarda nano silisyumlar. (a. Yapılan tartım, b. Hazırlanan nano silisyumlar).

Nano silisyumun ikinci uygulamasından 4 gün sonra saksılara 1000'de 5'lik besin elementi solüsyonu 5 litre suya 25 ml solüsyon olacak şekilde hazırlanmış ve her saksıya 150 ml uygulanmıştır. Bu işlem çalışma boyunca iki kez tekrar edilmiştir.



Şekil 3.4. Besin elementi uygulamasından bir görünüm.

3.2.1. Sulama uygulamaları

Deneme başlangıcında bütün saksılara saksı(tarla) kapasitesine ulaşınca kadar su verilmiştir. Planlı tuzlu sulamaya başlanınca kadar bütün saksılar homojen olarak saksı kapasitesi seviyesinde sulanmıştır. Planlı sulamalardan sonra topraklarda tuz birikimi olası olduğu için tuzluluk miktarı arttıkça toprakta daha fazla su kullanılmadan kalabilmekte ve toprak nem içeriğini artırmaktadır. Bu sebeple deneme boyunca farklı tuzlu su uygulamalarının (T0, T1, T2 ve T3) her birinin tarla kapasitesi ayrı ayrı belirlenip, saksılar tartılmış ve buna göre sulama yapılmıştır. Saksıların üzerindeki etiketlere göre saksı kapasiteleri hesaplanarak kontrol (S0) grubuna T0: 0.60 dS/m, S1 grubuna T1: 1.2 dS/m, S2 grubuna T2: 2.4 dS/m, S3 grubuna T3: 3.6 dS/m olacak şekilde 4 farklı sulama suyu tuzluluğuna sahip sular kullanılarak sulamalar yapılmıştır. Yürütülen çalışma süresi boyunca tuzlu sulama suyu ile sulama yapılan bitkiler hasat boyutuna gelinceye kadar toplamda 6 defa uygulanmıştır.



Şekil 3.5. Hazırlanan farklı tuzlu su uygulamalarından (T0, T1, T2 ve T3) bir görünüm.



Şekil 3.6. Tuzlu sulama suyu ile yapılan sulamada saksılardan bir görünüm.

Fındık turpları hasat dönemine gelince seradan alınıp Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Laboratuvarına getirilmiştir.

3.2.2. Yapılan ölçüm ve analizler

3.2.2.1. Turp boyu

Hasat işleminden sonra turpların boyları dijital bir kumpas yardımıyla mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.7 Turp boylarının ölçümünden bir görünüm.

3.2.2.2. Turp çapı

Turpların çapları dijital bir kumpas yardımıyla mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.8. Turp çaplarının ölçümünden bir görünüm.

3.2.2.3. Yaprak sayısı

Uygulamalar sonunda turp bitkilerinin tüm yaprakları teker teker sayılmıştır.

3.2.2.4. Renk değeri

Turpların üst yüzeyindeki farklı noktalardan, turp renginde meydana gelen değişimler renk ölçer kromametre ile tespit edilmiştir. L^* değeri; rengin parlaklığında meydana gelen değişimleri, a^* değeri; yeşilden kırmızıya, b^* değeri ise; maviden sarıya renk değişimini göstermektedir. b^* 'nin negatif değerleri mavi rengi, pozitif değerleri sarı rengi; a^* 'nin pozitif değerleri kırmızı rengi, negatif değerleri ise yeşil rengi göstermektedir. Rengin temel bileşenlerini belirleyen hue değeri ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Turp renk değerleri ölçümünden bir görünüm.

3.2.2.5. Turp taze ve kuru ağırlığı

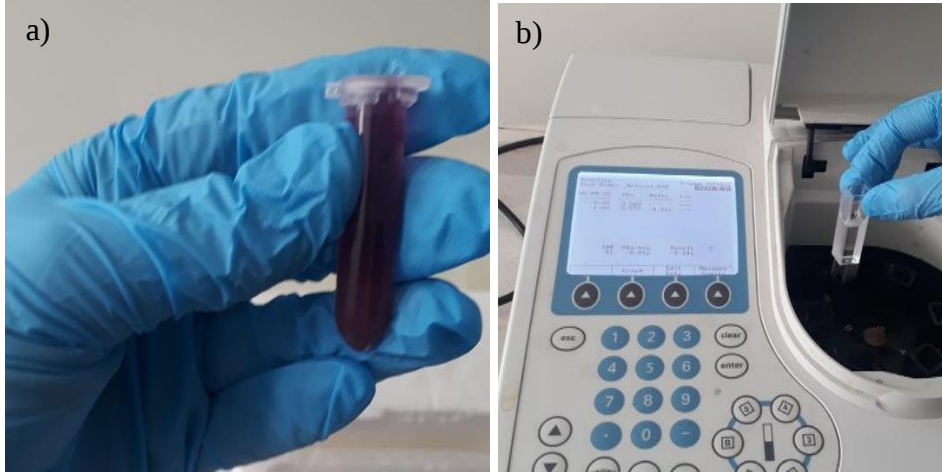
Uygulamalar sonucunda hasat edilen tüm bitkilerin turp ağırlığı 0.1g hassasiyetindeki bir terazide tartılarak kaydedilmiştir. Aynı örnekler bir gün açıkta serilerek bekletilmiş, ardından 65 °C etüvde 48 saat süreyle kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları hassas terazide tartılarak tespit edilmiştir (Kuşvuran, 2010).

3.2.2.6. Lipid Peroksidasyonu (MDA)

Ekstraksiyon için -80 °C’de tutulan 0.5 g turp örneği 10 ml ekstraksiyon çözeltisi (% 0.1’lik trikloroasetik asit (TCA)) 50 ml’lik falcon tüplerinde homojenize edildikten sonra 15000 rpm’de +4 °C’de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin berrak kısmından 1 ml alınıp üzerine 4 ml % 20’lik TCA içerisinde çözülmüş % 0.5’lik tiobarbiturik asit (TBA) katılmıştır. Karışım 95 °C’de 30 dakika su banyosunda bekletildikten sonra hızla -80 °C’de soğutulup berrak kısımda 532 ve 600 nm dalga boyunda okuma yapılmış ve MDA içeriği hesaplanmıştır (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).

3.2.2.7. Katalaz (CAT) aktivitesi

Reaksiyon çözeltisi olarak 0.05 M fosfat tamponu (KH_2PO_4), 1.5 mM H_2O_2 karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda 0. ve 60. Saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).



Şekil 3.10. Turp enzim analiz ölçümünden bir görünüm. (a. Bitki ekstratı, b. Saniye okumaları).

3.2.2.8. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi

Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM Na-fosfat tamponu ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{H}_2\text{O}_2$), 0.1 mM Na- EDTA, 33 μM NBT, 5 μM riboflavin, 13 mM methionin karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 10 ml'lik cam tüplere 2 ml reaktif çözelti + 1 ml riboflavin + 0,1 ml süpernatant konulmuştur. Tanık aydınlık ve tanık karanlık içinde aynı işlemler gerçekleşmiş ancak süpernatant eklenmemiştir. Örnek konulan cam tüpler ve tanık aydınlık 10 dakika 40 amperlik ışıktaki bekletilmiştir. Tanık karanlık ise cam tüp alüminyum folyo ile sarılıp 10 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Spektrometre 560 'a ayarlanmış ve okumalar yapılmıştır (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).

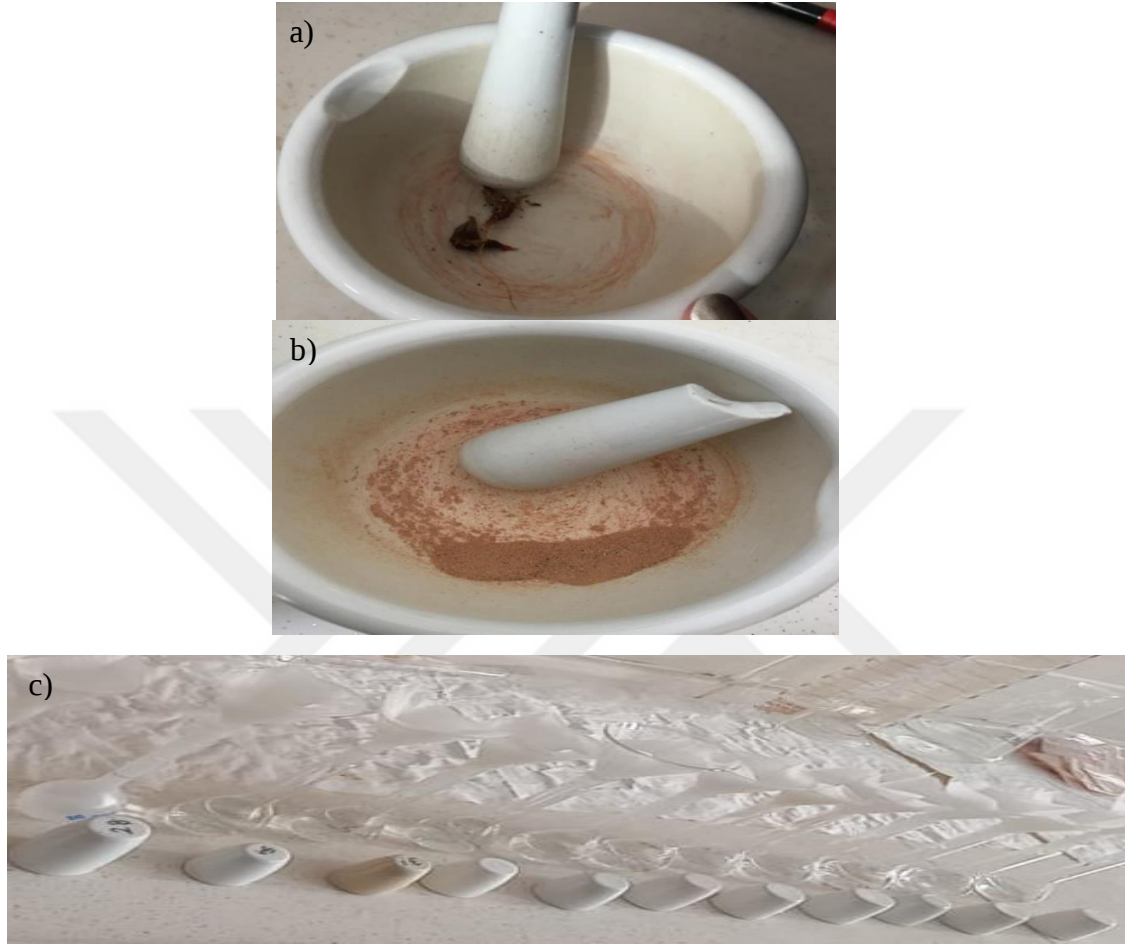
3.2.2.9. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi

Askorbat peroksidaz aktivitesi, 290 nm dalga boyunda askorbik aside bağlı H_2O_2 'nin indirgenmesi ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM fosfat tamponu (KH_2PO_4), 0.5 mM askorbik asit, 0.1 mM EDTA, 1.5 mM H_2O_2 karışımı kullanılmıştır. (pH: 7.0). -80 °C'de tutulan 1 g turp örneği 5 ml ekstraksiyon çözeltisi 50 ml'lik falcon tüplerinde homojenize edildikten sonra 15000 rpm'de +4 °C'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. 3 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.1 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 290 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).

3.2.2.10. Turpta makro-mikro besin elementi analizleri

Analizler, önceden etüvde kurutulan bitki örnekleri toz haline getirildikten sonra kuru yakma yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Bitkilerden 0.5 gram örnek alınarak krezelerde etil alkol ile ön yakma işlemi yapılmıştır. Krezeler soğuduktan sonra yaklaşık 2 gün 500 °C'de kül fırınında yakma işleminin ardından krezeler hot pleyt üzerinde bekletilmiştir. Hot pleyt üzerinden alınan porselen krezeler önceden hazırlanmış süzme seti yardımıyla 50 ml balon jojelere aktararak üzeri saf su ile tamamlanmıştır. Potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) içerikleri Van Y.Y.Ü. Bilim Uygulama ve

Araştırma Merkezi'nde analiz edilmiş, fosfor (P) ise spektrofotometrede okunmuştur (Kacar, 1984; Kacar ve İnal, 2008).



Şekil 3.11. Bitki örneklerinin makro-mikro besin elementi analizi hazırlığı. (a. Turp örneklerinin havan ile öğütülmesi, b. Öğütüldükten sonra toz haline getirilen turp örnekleri, c. Balon jojelere aktarılan örnekler).

3.2.2.11. Toprak pH ve EC ölçümü

Toprak tuzluluğu, bitkiler hasat edildikten sonra her saksıdan toprak örnekleri alınmış ve hava kuru ortamda kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten elenip, analiz için 50 mm santrifüj tüplere 1:2.5 oranıyla (toprak:su) konsantrasyonlar hazırlanmış ve örnekler 30 dakika boyunca çalkalama cihazıyla homojenize edilip 24 saat beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra EC cihazı ile toprakların tuzluluk değeri belirlenmiştir (Richards, 1954).



Şekil 3.12. Toprak analizlerinden görünümeler. (a. Toprağın elenmesi, b. Toprağın tartım işlemi, c. Saf su ekleyip bekletilen topraklar).

3.2.2.12. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS paket programında tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre varyans analizi ile değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunan sonuçlarda, uygulamalar arasındaki farklılığı belirlemek için %1 veya %5 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak, sonuçlar ortalamaların yanında harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir (Duncan, 1955).



4. BULGULAR

4.1. Turp Boyu

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ile farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve bu uygulamaların interaksiyonunun turp boyu üzerindeki etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.1). Turpta bitki boyu uzunlukları 20.83 mm ile 31.37 mm arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek turp boyu uzunluğu değeri (31.37 ± 3.81 mm) S1*Si4 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (20.83 ± 3.57 mm) ise S4*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp boyuna istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek turp boyu (29.36 ± 4.50 mm) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (23.70 ± 3.57 mm) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S3 tuz uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında ye almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp boyuna istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Daha yüksek etki (27.09 ± 4.34) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (24.51 ± 3.20 mm) ise Si2 (100 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp boyuna (mm) etkisi

	S1 (0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	30.51 $\pm$ 2.81 ab*	26.90 $\pm$ 4.92 c-f	24.03 $\pm$ 4.56 cfg	20.83 $\pm$ 3.57 g	25.37 $\pm$ 5.31 BC**
Si2 (100 ppm)	27.34 $\pm$ 3.60 b-e	23.41 $\pm$ 2.34 fg	24.04 $\pm$ 3.48 cfg	23.70 $\pm$ 2.06 efg	24.51 $\pm$ 3.20 C
Si3 (200 ppm)	28.23 $\pm$ 6.27 a-d	25.45 $\pm$ 2.40 c-f	28.65 $\pm$ 3.61 abc	24.74 $\pm$ 2.54 def	26.78 $\pm$ 4.27 AB
Si4 (400 ppm)	31.37 $\pm$ 3.81 a	26.37 $\pm$ 3.27 c-f	25.67 $\pm$ 3.49 c-f	25.37 $\pm$ 4.27 c-f	27.09 $\pm$ 4.34 A
ORTALAMA	29.36 $\pm$ 4.50 A**	25.49 $\pm$ 3.60 B	25.53 $\pm$ 4.11 B	23.70 $\pm$ 3.57 C	

Silisyum ve tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında *: $p<0.05$ seviyesinde önemli; **: $p<0.01$ seviyesinde önemli farklılıklar bulunmaktadır.

4.2. Turp Çapı

Toprakta uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının turp çapı üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunurken, tuz x silisyum interaksyonunun etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.2). Tuz uygulamalarının ortalama turp çapına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli düzeyde bulunmuştur. Daha yüksek turp çapı (21.06 ± 6.34 mm) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (17.96 ± 3.34 mm) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S3 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. S2 ve S3 tuz uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp çapına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek etki (21.47 ± 6.06 mm) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (17.05 ± 2.35 mm) ise Si1 (0 ppm Si) kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Tuz x silisyum interaksyonunda turp çapları 16.05 mm ile 25.13 mm arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek turp çapı uzunluğu (25.13 ± 11.01 mm) S1*Si4 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (16.05 ± 2.43 mm) ise S4*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp çapına (mm) etkisi

	S1 (0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	$17.81 \pm 1.94^{\text{öd}}$	16.88 ± 2.41	17.66 ± 2.44	16.05 ± 2.43	17.05 ± 2.35 C**
Si2 (100 ppm)	20.93 ± 1.96	17.64 ± 2.21	19.11 ± 2.28	17.02 ± 2.76	18.58 ± 2.70 BC
Si3 (200 ppm)	20.06 ± 3.38	20.79 ± 3.10	18.65 ± 3.54	19.40 ± 3.44	19.66 ± 3.34 B
Si4 (400 ppm)	25.13 ± 11.01	21.67 ± 2.60	20.18 ± 1.87	19.32 ± 3.64	21.47 ± 6.06 A
ORTALAMA	21.06 ± 6.34 A**	19.10 ± 3.21 B	18.91 ± 2.65 B	17.96 ± 3.34 B	

Silisyum ve tuz ortalamalarında **: $p < 0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında sonuçlar ^{öd}: Önemli değil.

4.3. Yaprak Sayısı

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve bu uygulamaların interaksiyonunun turpta yaprak sayısı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 4.3). Yine de tuz uygulamaları sonucu turpta yaprak sayısında küçük düşüşler olduğu gözlenmektedir. Tam tersi olarak da artan silisyum dozlarına bağlı olarak yaprak sayısında kontrole göre artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Tuz x silisyum interaksiyonunda ise en fazla yaprak sayısı (5.10 ± 0.56 adet) S1*Si3 uygulaması sonucu elde edilirken, en az yaprak sayısı ise (4.37 ± 0.67 adet) S2*Si1 uygulamasında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp yaprak sayısına (adet) etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	4.37 ± 1.02 ^{öd}	4.37 ± 0.67	4.60 ± 0.69	4.72 ± 0.90	4.51 ± 0.82 ^{öd}
Si2 (100 ppm)	4.90 ± 1.00	4.83 ± 0.57	4.59 ± 0.51	4.67 ± 0.49	4.73 ± 0.64
Si3 (200 ppm)	5.10 ± 0.56	4.62 ± 0.74	4.50 ± 0.70	4.45 ± 0.68	4.67 ± 0.70
Si4 (400 ppm)	4.50 ± 0.70	4.81 ± 1.16	5.00 ± 0.66	4.59 ± 0.79	4.72 ± 0.85
ORTALAMA	4.70 ± 0.87 ^{öd}	4.67 ± 0.81	4.67 ± 0.65	4.60 ± 0.71	

^{öd}: Önemli değil.

4.4. Turp Kuru Ağırlık Yüzdesi

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ile farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının turpta kuru madde oranı üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunurken, tuz x silisyum interaksiyonunda önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.4). Tuz uygulamalarının ortalama turp kuru madde oranına istatistiki olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı olarak bulunmuştur. En yüksek turp kuru ağırlık yüzdesi (10.00 ± 0.91) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (8.14 ± 0.87) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S4

uygulamasından sonra kuru madde oranını düşüren tuz uygulamaları sırasıyla S3 ve S4 uygulamaları olmuştur. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp kuru madde oranına istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek kuru madde oranı ($\% 9.74\pm1.06$) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer ($\% 8.09\pm1.00$) ise Si1 (0 ppm Si) kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Si2 ve Si3 uygulamaları bu iki değer arasında yer almıştır. Tuz x silisyum interaksiyonunda turpta kuru madde oranı $\% 7.02$ ile $\% 10.82$ değerleri arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.4. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp kuru ağırlık yüzdesine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA.
Si1 (0 ppm)	9.20±0.70 ^{od}	8.50±0.60	7.60±0.50	7.02±0.53	8.09±1.00 C**
Si2 (100 ppm)	9.91±0.76	9.56±0.62	8.33±0.27	8.38±0.52	9.04±0.88 B
Si3 (200 ppm)	10.04±0.80	8.89±0.42	9.18±0.18	8.67±0.89	9.20±0.78 B
Si4 (400 ppm)	10.82±0.99	10.13±0.74	9.50±0.18	8.51±0.42	9.74±1.06 A
ORTALAMA.	10.00±0.91 A**	9.27±0.83 B	8.66±0.81 C	8.14±0.87 C	

Silisyum ve Tuz ortalamalarında **: $p<0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında sonuçlar öd: Önemli değil.

4.5. Turpta Renk Özellikleri

4.5.1. L* değeri

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının turpta L* değeri üzerine etkisi istatistiki a önemli bulunurken, tuz x silisyum interaksiyonunda önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.5). Tuz uygulamalarının ortalama turpta L* değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp L* değerleri (37.50 ± 3.87) S2 (1.2 dS/m) (37.50 ± 3.87) S1 ve (36.12 ± 3.31) S3 uygulamalarından elde edilirken, en düşük değer (33.87 ± 2.26) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde

edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turpta L^* değeri üzerine istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek etki (38.53 ± 3.20) Si4 ve (38.41 ± 3.49) Si1 uygulamasında belirlenirken, en düşük değerler (33.58 ± 2.08) ise Si3 (200 ppm Si) ve (33.97 ± 1.62) ise Si2 (100 ppm Si) uygulamalarında tespit edilmiştir. tuz x silisyum interaksiyonunda turpta L^* değerinde 32.56 ile 40.66 değerleri arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek turp L^* değeri (40.66 ± 3.50) S2*Si4 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (32.56 ± 1.48) ise S4*Si2 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turpta L^* renk değeri üzerine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	40.12 ± 2.60^{od}	40.40 ± 2.72	39.38 ± 1.01	34.36 ± 3.66	38.41 ± 3.49 A**
Si2 (100 ppm)	34.54 ± 1.81	34.69 ± 2.06	34.06 ± 0.70	32.56 ± 1.48	33.97 ± 1.62 B
Si3 (200 ppm)	34.03 ± 2.09	34.29 ± 1.86	32.84 ± 3.38	33.13 ± 1.56	33.58 ± 2.08 B
Si4 (400 ppm)	39.80 ± 3.93	40.66 ± 3.50	38.22 ± 1.63	35.46 ± 1.59	38.53 ± 3.20 A
ORTALAMA	37.50 ± 3.87 A**	37.50 ± 3.87 A	36.12 ± 3.31 A	33.87 ± 2.26 B	

Silisyum ve Tuz ortalamalarında **: $p<0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında sonuçlar ^{od}: Önemli değil.

4.5.2. a^* değeri

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarında turpta a^* değeri üzerine etkisi tuz ortalamalarında ve tuz x silisyum interaksiyonunda istatistiki açıdan önemli bulunurken, silisyum uygulamalarındaki farklar önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.6). Tuz x silisyum interaksiyonunda turpta a^* değeri 23.84 ile 45.58 değerleri arasında farklılık göstermiş, aralarındaki fark istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp a^* değeri (45.58 ± 2.87) S4*Si3 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (23.84 ± 2.69) ise S3*Si3 uygulamasın ve S1*Si1, S1*Si3, S1*Si4, S3*Si1 uygulamalarına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp a^*

değerine istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp a^* değeri (38.57 ± 6.18) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değerler (27.07 ± 4.57) ise en düşük tuz dozu (S1=0.6 dS/m) ve S3 dozu uygulamasından (29.86 ± 6.90) elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp a^* değerine istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek etki (33.89 ± 3.77) Si2(100 ppm Si) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (31.13 ± 6.24) ise Si1 (0 ppm Si) kontrol uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp a^* renk değeri üzerine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2(1.2 dS/m)	S3(2.4 dS/m)	S4(3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	25.47 $\pm$ 2.26 e**	34.50 $\pm$ 2.58 bcd	24.64 $\pm$ 0.44 e	38.03 $\pm$ 1.40 bc	31.13 $\pm$ 6.24 ^{od}
Si2 (100 ppm)	33.27 $\pm$ 2.99 cd	38.80 $\pm$ 1.93 bc	33.69 $\pm$ 1.26 cd	29.80 $\pm$ 1.29 de	33.89 $\pm$ 3.77
Si3 (200 ppm)	24.93 $\pm$ 1.08 e	30.62 $\pm$ 4.40 de	23.84 $\pm$ 2.69 e	45.58 $\pm$ 2.87 a	31.30 $\pm$ 9.77
Si4 (400 ppm)	24.06 $\pm$ 3.33 e	29.20 $\pm$ 7.68 de	37.26 $\pm$ 7.36 bc	40.84 $\pm$ 0.80 ab	32.83 $\pm$ 8.38
ORTALAMA	27.07 $\pm$ 4.57 C**	33.52 $\pm$ 5.63 B	29.86 $\pm$ 6.90 C	38.57 $\pm$ 6.18 A	

Tuz ortalamalarında ve tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında sonuçlar **: $p<0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Silisyum ortalamalarında sonuçlar ^{od}: Önemli değil.

4.5.3. b^* değeri

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksiyonun turp b^* değeri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.7). Tuz x silisyum interaksiyonunda turp b^* değerine etkisi 8.80 ile 16.18 arasında değişkenlikler göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp b^* değeri S2*Si2, Si2*S3, Si4*S3, Si3*S4 ve Si4*S4 uygulamalarına ait bitkilerde, en düşük değer ise S1*Si4 ve S3*Si3 uygulamalarına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp b^* değerine istatistiki olarak etkisi $p<0.01$ düzeyinde anlamlı olacak şekilde önemli bulunmuştur. En yüksek turp b^* değeri (13.51 ± 2.79) S3 (2.4 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (10.66 ± 1.64) ise en düşük tuz dozu (S1=0.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S4 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp

b* değerine istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ düzeyinde anlamlı olacak şekilde önemli bulunmuştur. En yüksek etki (13.80 ± 2.41) Si2 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (11.93 ± 2.80) ise Si3 (200 ppm Si) uygulaması yanı sıra Si4 ve Si1 uygulamalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp b* renk değeri üzerine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	11.20 $\pm$ 1.12 cd**	10.61 $\pm$ 1.10 cd	13.70 $\pm$ 1.33 ab	12.12 $\pm$ 1.93 bc	11.98 $\pm$ 1.74 B**
Si2 (100 ppm)	12.27 $\pm$ 0.60 bc	16.18 $\pm$ 0.54 a	15.79 $\pm$ 0.96 a	10.99 $\pm$ 0.91 cd	13.80 $\pm$ 2.41 A
Si3 (200 ppm)	10.51 $\pm$ 1.04 cd	13.76 $\pm$ 0.97 ab	9.32 $\pm$ 1.20 d	14.74 $\pm$ 2.81 a	11.93 $\pm$ 2.80 B
Si4 (400 ppm)	8.80 $\pm$ 1.47 d	9.23 $\pm$ 1.06 d	15.27 $\pm$ 0.20 a	15.70 $\pm$ 1.59 a	12.26 $\pm$ 3.53 B
ORTALAMA	10.66 $\pm$ 1.64 C**	12.32 $\pm$ 3.03 B	13.51 $\pm$ 2.79 A	13.39 $\pm$ 2.60 AB	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında **: $p<0.01$ seviyesinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

4.5.4. Chroma değeri

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamaları ve bu uygulamaların interaksiyonunun turpta chroma değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8). Tuz x silisyum interaksiyonunda chroma değeri etkisi 25.80 ile 48.12 arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde anlamlı olacak şekilde önemli bulunmuştur. En yüksek turp chroma değeri (48.12 ± 3.21) S4*Si3 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer ise S3*Si3, S1*Si1 ve S1*Si4 uygulamalarına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp chroma değeri istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde anlamlı olacak şekilde önemli bulunmuştur. En yüksek turp chroma değeri (41.06 ± 6.14) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (30.80 ± 5.00) ise en düşük tuz dozu (S1=0.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S3 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp chroma değeri istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde anlamlı olacak şekilde önemli bulunmuştur. En yüksek etki (37.53 ± 6.47)

Si4 ve (37.22±3.83) Si2 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (33.48±5.80) ise Si1 (0 ppm Si) ve Si3 (34.66±9.12) uygulamalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp chroma (C) değerine etkisi

	S1 (0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	27.19±3.47 i**	35.11±1.17 efg	28.76±2.07 hı	40.77±0.59 bcd	33.48±5.80 B**
Si2 (100 ppm)	36.81±1.28 defg	42.06±1.93 bc	37.60±1.99 cdef	32.46±1.40 gh	37.22±3.83 A
Si3 (200 ppm)	30.19±3.55 hı	34.54±3.00 fg	25.80±2.54 ı	48.12±3.21 a	34.66±9.12 B
Si4 (400 ppm)	27.82±4.84 ı	39.87±1.03 bcd	39.58±1.40 bcde	42.89±2.06 b	37.53±6.47 A
ORTALAMA	30.80±5.00 D**	37.90±3.70 B	32.92±6.30 C	41.06±6.14 A	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 seviyesinde anlamlı olacak şekilde öndemli farklılıklar bulunmaktadır.

4.5.5. Hue açısı (h°) değeri

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarında ve turp hue açısı (h°) değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan tuz x silisyum interaksiyonunda önemli bulunurken, tuz ortalamalarında ve silisyum ortalamalarında önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.9). Tuz x silisyum interaksiyonunda turp hue açısı (h°) değeri 17.16 ile 26.56 değerleri arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı olacak şekilde önemli bulunmuştur. En yüksek turp hue açısı (h°) değeri (26.56±2.50) S1*Si3 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (17.16±0.45) ise S2*Si1 ve S3*Si4 (17.78±2.17) uygulamalarına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp hue açısı (h°) değeri istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek turp hue açısı (h°) değeri (22.81±3.35) S1 (0.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (21.25±4.09) ise S3(2.4 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp hue açısı (h°) değeri istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek etki (22.41±3.01) Si3 (200 ppm Si) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (20.72±2.63) ise Si4 (400 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turpta hue açısı (h°) değeri üzerine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	24.84±0.92 ab**	17.16±0.45 d	24.28±6.33 a-b	19.78±1.12 cd	21.21±4.40 ^{od}
Si2 (100 ppm)	19.63±0.70 cd	22.70±0.85 abc	23.30±2.22 abc	23.53±1.77 abc	22.29±2.09
Si3 (200 ppm)	26.56±2.50 a	22.74±1.32 abc	19.65±0.42 cd	20.69±0.17 bcd	22.41±3.01
Si4 (400 ppm)	20.90±1.74 bcd	22.77±2.31 abc	17.78±2.17 d	21.44±2.17 bcd	20.72±2.63
ORTALAMA	22.81±3.35 ^{od}	21.34±2.80	21.25±4.09	21.36±1.94	

Tuz x silisyum interaksiyonunda **: $p < 0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Silisyum ve Tuz ortalamalarında farklı harfler arasında sonuçlar^{od}: Önemli değil

4.6. Turp Ağırlığı (g)

Toprakta uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ile farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve bu uygulamaların interaksiyonunun turp ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.10). Tuz x silisyum interaksiyonunda turp ağırlığı 10.85 g ile 17.94 g arasında farkındalık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En büyük turp ağırlığı (17.94 ± 0.72 g) S3*Si4, S2*Si4 (18.44 ± 0.81 g) ve S1*Si4 (17.73 ± 1.55 g) uygulamalarına ait bitkilerde, en düşük değer (10.85 ± 1.55 g) ise S4*Si3 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp ağırlığına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En büyük turp ağırlığı (16.13 ± 2.07 g) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (12.75 ± 2.97 g) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S3 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp ağırlığına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (17.84 ± 0.99 g) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (12.47 ± 1.47 g) ise Si1 (0 ppm Si) kontrol uygulaması ve Si2 uygulamasında (13.27 ± 2.06 g) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp ağırlığı (g) üzerine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	13.37±1.25 cd*	13.48±0.28 cd	11.60±1.57 de	11.43±1.52 de	12.47±1.47 C**
Si2 (100 ppm)	16.03±1.16 ab	13.37±1.08 cd	12.22±0.81 de	11.44±1.45 de	13.27±2.06 C
Si3 (200 ppm)	17.41±0.66 ab	15.03±1.64 bc	15.04±2.41 bc	10.85±1.55 e	14.58±2.86 B
Si4 (400 ppm)	17.73±1.55 a	18.44±0.81 a	17.94±0.72 a	17.25±0.88 ab	17.84±0.99 A
ORTALAMA	16.13±2.07 A**	15.08±2.33 AB	14.20±2.94 B	12.75±2.97 C	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyionunda farklı harfler arasında *:p<0.05 seviyesinde anlamlı; **: p<0.01 seviyesinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır.

4.7. CAT Enzim Aktivitesi

Toprakdan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksyionun turpun CAT içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı olacak şekilde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11). Tuz x silisyum interaksyionunda turpta CAT içerikleri 0.002 ile 0.010 (nmol/g TA) arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek CAT içeriği (0.010±0.005) S1*Si1 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (0.002±0.001) ise S2*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama CAT içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.05 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek CAT içeriği (0.007±0.003) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (0.004±0.003) ise (S2=1.2dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama CAT içeriğine etkisi istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek etki (0.006±0.004) Si1 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (0.004±0.001) ise Si4 (400 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turpun CAT içeriğine (nmol/g TA) etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	0.010±0.005 a**	0.002±0.001 e	0.004±0.002 de	0.009±0.001 ab	0.006±0.004 A*
Si2 (100 ppm)	0.006±0.001 bcd	0.010±0.001 a	0.002±0.001 e	0.007±0.001 abc	0.006±0.003 A
Si3 (200 ppm)	0.009±0.003 ab	0.001±0.0004 e	0.009±0.002 ab	0.002±0.001 e	0.005±0.004 AB
Si4 (400 ppm)	0.003±0.001 de	0.004±0.001 cde	0.004±0.001 cde	0.004±0.001 de	0.004±0.001 B
ORTALAMA	0.007±0.003 A*	0.004±0.003 B	0.005±0.002 B	0.005±0.003 AB	

Silisyum ve tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyionunda farklı harfler arasında *:p<0.05 seviyesinde anlamlı; **: p<0.01 seviyesinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır

4.8. SOD Enzim Aktivitesi

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada tuz uygulamaları ve tuz x silisyum interaksyionunun turp SOD içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, silisyum uygulamalarının etkisi anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 4.12). Tuz x silisyum interaksyionunda turp SOD içerikleri 37.83 ile 89.36 (ünite/g TA) arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek SOD içeriği (89.36±18.87) S4*Si1 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (37.83±4.15) ise S3*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama SOD içeriğine etkisi istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek SOD içeriği (78.24±15.44) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (52.43±15.21) ise (S1=0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama SOD içeriğine istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamasına rağmen, en yüksek değer (69.99±15.94) Si2 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (56.46±13.74) ise Si4 (400 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp SOD içeriğine (ünite/g TA) etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	45.96±10.24cd*	70.48±20.18 abc	37.83±4.15 d	89.36±18.87 a	60.91±24.76 ^{öd}
Si2 (100 ppm)	65.21±20.73 abcd	82.58±10.75 ab	68.79±20.55 abc	63.36±9.44 abcd	69.99±15.94
Si3 (200 ppm)	47.07±9.59 cd	55.58±9.96 bcd	67.62±20.94 abc	88.63±8.48 a	64.73±19.84
Si4 (400 ppm)	51.46±17.11 cd	51.96±14.57 cd	50.80±4.98 cd	71.62±6.96 abc	56.46±13.74
ORTALAMA	52.43±15.21 C**	65.15±17.74 B	56.26±18.52 BC	78.24±15.44 A	

Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında *:p<0.05 seviyesinde anlamlı; **: p<0.01 seviyesinde anlamlı olacak şekilde farklılıklar bulunmaktadır. Silisyum ortalamaları farklı harfler arasında sonuçlar ^{öd}: Önemli değil.

4.9. APX Enzim Aktivitesi

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksyonun turpun APX içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.13). Tuz x silisyum interaksyonunda turp APX içerikleri 0.22 ile 1.52 nmol/g TA arasında farklılık gözlenmiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek APX içeriği (1.52±0.08) S3*Si1 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (0.22±0.04) ise S1*Si3 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama APX içeriğine etkisi istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek APX içeriği (0.80±0.49) S3 (2.4 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (0.61±0.26) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama APX içeriğine etkisi istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (1.08±0.49) Si1 kontrol uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (0.44±0.29) ise Si2 (100 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp APX içeriğine (nmol/g TA) etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	1.43±0.26 a**	1.00±0.19 bc	1.52±0.08 a	0.39±0.10 fg	1.08±0.49 A**
Si2 (100 ppm)	0.99±0.16 bc	0.27±0.05 g	0.24±0.07 g	0.44±0.06 efg	0.44±0.29 C
Si3 (200 ppm)	0.22±0.04 g	1.08±0.07 b	0.64±0.06 def	0.66±0.24 de	0.65±0.34 B
Si4 (400 ppm)	0.43±0.22 efg	0.31±0.10 g	0.80±0.17 cd	0.95±0.06 bc	0.62±0.30 B
ORTALAMA	0.75±0.54 AB**	0.67±0.41 BC	0.80±0.49 A	0.61±0.26 C	

Silisyum ve tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.10. Lipid Peroksidasyonu (MDA İçeriği)

Toprakdan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksiyonun turpun MDA içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.14). Tuz x silisyum interaksiyonunda turp MDA içeriği 1.74 ile 7.68 nmol/g TA arasında farkındalık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp MDA içeriği (7.68±1.24 nmol/g TA) S1*Si1 kontrol uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (1.74±0.24) ise S3*Si4 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp MDA içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp MDA içeriği (5.36±1.70) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (3.38±1.26) ise (S3=2.4 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp MDA içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (5.63±1.54) Si1 kontrol uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (3.45±1.62) ise Si4 (400 ppm Si) , (3.65±0.54) Si2 (100 ppm) , (3.81±0.77) Si3 (200 ppm) uygulamalarında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp MDA içeriğine (nmol/g TA) etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	7.68±1.24 a**	5.82±0.33 b	5.10±0.35 bc	3.94±0.37 cdefg	5.63±1.54 A**
Si2 (100 ppm)	4.13±0.87 cdef	3.26±0.23 fg	3.34±0.15 efg	4.01±0.47 cdefg	3.65±0.54 B
Si3 (200 ppm)	4.76±1.02 bcde	3.53±0.02 defg	3.35±0.14 efg	3.51±0.05 efg	3.81±0.77 B
Si4 (400 ppm)	4.46±0.29 bcdef	4.95±0.36 bcd	1.74±0.24 h	2.65±1.99 gh	3.45±1.62 B
ORTALAMA	5.36±1.70 A**	4.47±1.13 B	3.38±1.26 C	3.52±1.05 C	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.11. Turp Ca İçeriği

Toprakta uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksiyonun turp Ca içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.15). Tuz x silisyum interaksiyonunda turp Ca içeriği %0.16 ile %0.42 arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Ca içeriği (%0.42±0.07) S4*Si4 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (%0.16±0.01) ise S2*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp Ca içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Ca içeriği (%0.36±0.06) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (%0.22±0.04) ise (S3=2.4 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp Ca içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (0.32±0.05%) Si3 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (0.27±0.09%) ise Si1 (0 ppm) kontrol uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.15. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Ca içeriğine etkisi (%)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	0.23±0.004 g**	0.16±0.01 h	0.34±0.01 bcd	0.36±0.05 bc	0.27±0.09 C**
Si2 (100 ppm)	0.29±0.03 ef	0.25±0.004 fg	0.34±0.03 bcd	0.32±0.01 cde	0.30±0.04 AB
Si3 (200 ppm)	0.30±0.02 de	0.25±0.003 fg	0.37±0.02 b	0.34±0.03 bcd	0.32±0.05 A
Si4 (400 ppm)	0.18±0.02 h	0.23±0.01 g	0.31±0.01 cde	0.42±0.07 a	0.28±0.10 BC
ORTALAMA	0.25±0.05 B**	0.22±0.04 C	0.34±0.03 A	0.36±0.06 A	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında **: $p<0.01$ seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.12. Turp K İçeriği

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının tuz ortalamalarında ve interaksyonun turp K içeriği üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunurken silisyum ortalamalarında önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.16). Tuz x silisyum interaksyonunda turp K içeriği % 0.50 ile % 1.33 arasında farkındalık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp K içeriği (%1.33±0.17) S3*Si2 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (%0.50±0.07) ise S2*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp K içeriğine istatistiki olarak etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek turp K içeriği (%1.05±0.20) S3 (2.4 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (%0.79±0.21) ise (S2=1.2 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp K içeriğine istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamakla birlikte yüksek değer (%0.97±0.24) Si3 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (0.86±0.27 %) ise Si1 (0 ppm Si) kontrol uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp K içeriğine etkisi (%)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	0.75±0.07 de**	0.50±0.07 g	1.00±0.07 bc	1.18±0.05 ab	0.86±0.27 ^{0D}
Si2 (100 ppm)	0.90±0.17 cde	0.80±0.08 cde	1.33±0.17 a	0.75±0.11 de	0.94±0.27
Si3 (200 ppm)	1.30±0.19 a	0.92±0.10 cde	0.93±0.10 cd	0.72±0.06 ef	0.97±0.24
Si4 (400 ppm)	0.54±0.05 fg	0.96±0.14 c	0.94±0.11 cd	1.17±0.06 ab	0.90±0.25
ORTALAMA	0.87±0.31 BC**	0.79±0.21 C	1.05±0.20 A	0.95±0.24 B	

Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Silisyum ortalamaları farklı harfler arasında sonuçlar Ö.D: Önemli değil.

4.13. Turp Mg İçeriği

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksyonun turp Mg içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.17). Tuz x silisyum interaksyonunda turp Mg içeriği 0.13% ile 0.38% arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Mg içeriği (%0.38±0.02) S3*Si2 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (% 0.13±0.02) ise S1*Si4 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp Mg içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Mg içeriği (% 0.29±0.06) S3 (2.4 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (0.17±0.05 %) ise (S1=0.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp Mg içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (%0.26±0.08) Si2 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (% 0.21±0.08) ise Si4 (400 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Mg içeriğine etkisi (%)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	0.15±0.003 ef**	0.13±0.03 f	0.25±0.03 cd	0.32±0.06 b	0.21±0.09 C**
Si2 (100 ppm)	0.17±0.02 ef	0.23±0.01 d	0.38±0.02 a	0.26±0.03 cd	0.26±0.08 A
Si3 (200 ppm)	0.24±0.02 cd	0.18±0.02 e	0.28±0.04 bc	0.24±0.01 cd	0.24±0.04 B
Si4 (400 ppm)	0.13±0.02 f	0.18±0.01 e	0.23±0.02 d	0.32±0.02 b	0.21±0.08 C
ORTALAMA	0.17±0.05 B**	0.18±0.04 B	0.29±0.06 A	0.28±0.05 A	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.14. Turp Na İçeriği

Toprakta uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksiyonun turp Na içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.18). Tüm saksılardan seçilen 192 adet bitkinin turp Na içeriği % 0.25 ile %1.32 arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Na içeriği (%1.32±0.08) S4*Si4 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (%0.25±0.01) ise S1*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp Na içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Na içeriği (%1.07±0.17) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (%0.38±0.11) ise (S1=0.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp Na içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek değer (%0.69±0.41) Si4(400ppm) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (%0.55±0.28) ise Si1 (0 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Na içeriğine etkisi (%)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	0.25±0.01 h**	0.35±0.02 g	0.69±0.07 d	0.91±0.08 c	0.55±0.28 C**
Si2 (100 ppm)	0.46±0.09 ef	0.37±0.03 fg	0.72±0.07 d	0.98±0.02 bc	0.63±0.25 B
Si3 (200 ppm)	0.46±0.02 ef	0.50±0.07 e	0.71±0.09 d	1.05±0.04 b	0.68±0.25 AB
Si4 (400 ppm)	0.33±0.05 h	0.43±0.03 efg	0.69±0.07 d	1.32±0.08 a	0.69±0.41 A
ORTALAMA	0.38±0.11 C**	0.41±0.07 C	0.70±0.06 B	1.07±0.17 A	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında **: $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.15. Turp Cu İçeriği

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksyonun turp Cu içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.19). Tuz x silisyum interaksyonunda turp Cu içeriği 19.08 mg/L ile 90.03 mg/L arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Cu içeriği (90.03 ± 0.57 mg/L) S1*Si3 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer ise S4*Si4, S2*Si1 ve S4*Si1 uygulamalarına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp Cu içeriğine istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Cu içeriği (67.91 ± 15.42 mg/L) S1 (0.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (42.44 ± 23.24 mg/L) ise (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp Cu içeriğine istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (71.73 ± 14.04 mg/L) Si3 (200ppm) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (37.62 ± 16.39 mg/L) ise Si1 (0 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Cu içeriğine etkisi (mg/L)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	58.26±0.07 c**	20.24±4.45 e	46.66±1.13 d	25.32±3.93 e	37.62±16.39 D**
Si2 (100 ppm)	52.73±1.49 cd	55.97±3.52 c	72.26±8.48 b	50.51±2.35 cd	57.87±9.81 B
Si3 (200 ppm)	90.03±0.57 a	52.73±3.38 cd	69.30±1.05 b	74.87±2.04 b	71.73±14.04 A
Si4 (400 ppm)	70.65±8.65 b	58.25±3.65 c	53.20±6.37 cd	19.08±3.67 e	50.29±20.59 C
ORTALAMA	67.91±15.42 A**	46.80±16.46 C	60.35±12.10 B	42.44±23.24 D	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.16. Turp Fe İçeriği

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada tuz uygulamaları ve tuz x silisyum interaksiyonunun turp Fe içeriği üzerinde etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, silisyum uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.20). Tuz x silisyum interaksiyonunda turp Fe içeriği 87.24 mg/L ile 218.68 mg/L arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Fe içeriği S1*Si4 ve S1*Si1 uygulamalarına ait bitkilerde, en düşük değer (87.24±4.66 mg/L) ise S4*Si2 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp Fe içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Fe içeriği (177.94±46.08 mg/L) S1 (0.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (99.64±14.24 mg/L) ise (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp Fe içeriğine istatistiksel olarak etkisi önemli bulunmamakla birlikte en yüksek değer (134.61±55.53 mg/L) Si4(400ppm) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (118.16±23.94mg/L) ise Si2 (100 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Fe içeriğine etkisi (mg/L)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	205.58±43.32 a**	51.13±5.17 f	139.95±9.70 bc	100.95±11.57 de	124.40±62.17 ^{od}
Si2 (100 ppm)	134.72±12.22bcd	141.89±10.35 bc	108.78±7.22 cde	87.24±4.66 e	118.16±23.94
Si3 (200 ppm)	152.77±5.62 b	107.98±4.04 cde	141.31±16.19 bc	100.42±17.11 de	125.62±25.22
Si4 (400 ppm)	218.68±47.26 a	103.22±8.72 de	106.60±14.38 cde	109.95±16.53 cde	134.61±55.53
ORTALAMA	177.94±46.08A**	101.06±34.50 C	124.16±20.22 B	99.64±14.24 C	

Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Silisyum ortalamaları farklı harfler arasında sonuçlar ^{od}: Önemli değil.

4.17. Turp Mn İçeriği

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada tuz uygulamaları ve tuz x silisyum interaksyonunun turp Mn içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, silisyum uygulamalarının etkisi anlamlı bulunmamıştır (Çizelge 4.21). Tuz x silisyum interaksyonunda turp Mn içeriği 5.39 mg/L ile 9.52 mg/L arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Mn içeriği S3*Si1 ve S3*Si4 uygulamalarına ait bitkilerde, en düşük değer (5.39±0.91 mg/L) ise S4*Si4 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp Mn içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Mn içeriği (8.31±1.95 mg/L) S3 (2.4 dS/m) pratik etkileşmesinden elde edilirken, en az değere (6.38±1.22 mg/L) ise (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının ortalama turp Mn içeriğine istatistiksel olarak etkisi önemli önemli bulunmamakla birlikte en yüksek değer (7.96±1.92 mg/L) Si1 (0ppm) kontrol uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (7.57±1.42mg/L) ise Si2 (100 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Mn içeriğine etkisi (mg/L)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	9.11±1.24 ab**	7.66±0.98 abc	9.52±1.25 a	5.54±1.30 de	7.96±1.92 ^{od}
Si2 (100 ppm)	8.22±1.28 ab	9.01±0.71 ab	5.83±0.17 cde	7.22±0.72 bcde	7.57±1.42
Si3 (200 ppm)	7.30±0.55 bcde	8.00±1.33 ab	8.37±2.09 ab	7.38±0.12 bcd	7.76±1.18
Si4 (400 ppm)	8.63±0.80 ab	7.74±0.10 abc	9.51±1.13 a	5.39±0.91 e	7.82±1.75
ORTALAMA	8.31±1.11 A**	8.10±0.95 A	8.31±1.95 A	6.38±1.22 B	

Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Silisyum ortalamaları farklı harfler arasında sonuçlar ^{od}: Önemli değil.

4.18. Turp Zn İçeriği

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksyonun turp Zn içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.22). Tuz x silisyum interaksyonunda turp Zn içeriği 5.58 mg/L ile 46.59 mg/L arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Zn içeriği (46.59±5.46mg/L) S3*Si2 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (5.58±0.39 mg/L) ise S2*Si2 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp Zn içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp Zn içeriği (17.74±17.72 mg/L) S3 (2.4 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (11.55±8.86 mg/L) ise (S2=1.2 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp Zn içeriğine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (21.72±17.50 mg/L) Si2(100ppm) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (11.16±5.49 mg/L) ise Si3 (200 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp Zn içeriğine etkisi (mg/L)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	21.79±4.30 bc**	25.75±5.03 b	7.08±1.36 e	7.73±0.79 e	15.59±9.14 B**
Si2 (100 ppm)	9.34±4.63 de	5.58±0.39 e	46.59±5.46 a	25.36±8.00 b	21.72±17.50 A
Si3 (200 ppm)	18.93±4.32 bc	7.41±0.05 e	11.20±2.96 de	7.10±1.46 e	11.16±5.49 C
Si4 (400 ppm)	21.31±6.21 bc	7.47±0.41 e	6.09±0.02 e	15.23±2.52 cd	12.53±7.04 BC
ORTALAMA	17.84±6.72 A**	11.55±8.86 B	17.74±17.72 A	13.85±8.52 B	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında **: $p<0.01$ seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.19. Turp P İçeriği

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksiyonun turp P içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.23). Tuz x silisyum interaksiyonunda turp P içeriği %0.19 ile %0.34 arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp P içeriği (%0.34±0.04) S4*Si1 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (%0.19±0.005) ise S1*Si4 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp P içeriğine istatistiksel olarak etkisi $p<0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp P içeriği (%0.30±0.04) S3 ile (%0.28±0.04) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (%0.25±0.04) ise (S1=0.6 dS/m) ile (%0.26±0.02) S2 (1.2dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp P içeriğine istatistiki olarak etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek etki (%0.29±0.04) Si1 (0ppm) kontrol uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (%0.26±0.04) ise Si4 (400 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının turp P içeriğine etkisi (%)

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	0.31±0.005 abc**	0.24±0.004 gh	0.28±0.02 def	0.34±0.04 a	0.29±0.04 A**
Si2 (100 ppm)	0.26±0.01 efg	0.29±0.03 cde	0.32±0.02 ab	0.23±0.02 h	0.28±0.04 B
Si3 (200 ppm)	0.25±0.01 gh	0.24±0.01 gh	0.29±0.004 bcde	0.27±0.008 defg	0.26±0.02 BC
Si4 (400 ppm)	0.19±0.005 ı	0.26±0.02 fgh	0.30±0.05 bcd	0.30±0.02 bcd	0.26±0.04 C
ORTALAMA	0.25±0.04 B**	0.26±0.02 B	0.30±0.04 A	0.28±0.04 A	

Silisyum ve Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında **: p<0.01 seviyesinde anlamlı değişkenlikler bulunmaktadır.

4.20. Uygulamaların Toprak Ec Değeri Üzerine Etkisi

Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada tuz uygulamalarının toprak Ec değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunurken, silisyum uygulamaları ve tuz x silisyum interaksyonu önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.24). Tuz uygulamalarının ortalama toprak Ec değerine istatistiksel olarak etkisi p<0.01 seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek toprak Ec değeri (789.83±240.86) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (295.00±35.62C) ise (S1=0.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamalarda tuz oranı artıkça, toprak tuzluluğu artmıştır. Tuz x silisyum interaksyonunda toprak Ec değeri 288.67 ile 871.67 arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek turp Ec değeri (871.67±42.67) S4*Si3 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (288.67±54.78) ise S1*Si2 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama toprak Ec değerine istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek değer (544.25±230.26) Si3 (200ppm) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (460.58±237.36) ise Si1 (0 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının toprak Ec değerine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	296.00±59.63 ^{öd}	311.00±104.79	533.33±219.40	702.00±278.63	460.58±237.36 ^{öd}
Si2 (100 ppm)	288.67±54.78	300.67±9.29	534.67±131.70	719.00±79.08	460.75±198.99
Si3 (200 ppm)	302.67±11.06	407.00±5.57	595.67±95.18	871.67±42.67	544.25±230.26
Si4 (400 ppm)	292.67±11.85	370.00±29.55	622.33±121.97	866.67±442.01	537.92±306.47
ORTALAMA	295.00±35.62C**	347.17±65.13 C	571.50±133.75 B	789.83±240.86 A	

Tuz ortalamaları farklı harfler arasında **: $p < 0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Silisyum ortalamaları ile tuz x silisyum interaksyonunda farklı harfler arasında sonuçlar^{öd}: Önemli değil.

4.21. Uygulamaların Toprak pH Değeri Üzerine Etkisi

Toprakta uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada silisyum uygulamalarının turp yetiştirilen toprağın pH değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunurken, tuz uygulamaları ve tuz x silisyum interaksyonu önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.25). Silisyum uygulamalarının ortalama toprak pH değerine istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (7.90 ± 0.04) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (7.80 ± 0.05) ise Si1 (0 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir. Si2 ve Si3 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır.

Tuz x silisyum interaksyonunda toprak pH değeri, 7.80 ile 7.94 arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek toprak pH değeri (7.94 ± 0.02) S1*Si4 uygulamasında, en düşük değer (7.80 ± 0.03) ise S4*Si2 uygulamasında belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama toprak pH değerine istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek toprak pH değeri (7.88 ± 0.07) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değer (7.83 ± 0.04) ise (S2=1.2 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.25. Tuzluluk ve silisyum uygulamalarının toprak pH değerine etkisi

	S1(0.6 dS/m)	S2 (1.2 dS/m)	S3 (2.4 dS/m)	S4 (3.6 dS/m)	ORTALAMA
Si1 (0 ppm)	7.79±0.02 ^{öd}	7.80±0.05	7.80±0.04	7.81±0.11	7.80±0.05 C**
Si2 (100 ppm)	7.90±0.05	7.86±0.04	7.81±0.06	7.80±0.03	7.84±0.06 B
Si3 (200 ppm)	7.87±0.09	7.81±0.006	7.86±0.03	7.88±0.04	7.85±0.05 B
Si4 (400 ppm)	7.94±0.02	7.86±0.04	7.89±0.02	7.89±0.03	7.90±0.04 A
ORTALAMA	7.88±0.07 ^{öd}	7.83±0.04	7.84±0.05	7.84±0.07	

Silisyum ortalamaları farklı harfler arasında **: p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Tuz ortalamaları ile tuz x silisyum interaksiyonunda farklı harfler arasında sonuçlar ^{öd}: Önemli değil.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya üzerinde tarım arazilerinin her geçen gün azalmasına karşın nüfus da önemli ölçüde artmakta ve bu nüfusun beslenmesi için gerekli gıda üretimi de aynı oranda artmaktadır. Globalleşen dünya ile birlikte tarımsal üretimde yaşanan gerek stres gerekse de verim ve kalitedeki düşüşler üretimi ciddi bir şekilde etkilemektedir. Son yıllarda geleneksel gübre uygulamalarına alternatif olabilecek uygulamaların birçok araştırmacı ve tarımsal faaliyet gösteren işletmeler tarafından tercih edildiği bilinmektedir. Bunlardan bir tanesi de nanogübrelerdir. Nanogübreler arasında yer alan Silisyum ise, potasyum silikat (K_2SiO_3), magnezyum silikat ($MgSiO_3$), kalsiyum silikat ($CaSiO_3$), mono silisik asit veya silisik asit [sırasıyla $Si(OH)_4$ ve H_4SiO_4] formunda gübre olarak kullanılabilme özelliğine sahiptir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde bitkilerin gelişim ve fonksiyonları üzerine silisyum elementinin doğrudan veya dolaylı olumlu etkilerinden dolayı dünya genelinde silisyuma ilginin arttığı görülmektedir. Uygun olmayan iklim şartlarında Silisyum kuraklık stresi ve aşırı sıcaklık, mineral toksik özellik gibi stres koşullarına tam anlamıyla dayanıklılık sağladığı gibi; bitki hastalıklarına ve böcek zararlılarına karşı etkin koruyucu özellikleri olduğu bildirilmiştir (Sistani ve ark., 1997; Ma, 2004).

Mevcut su kaynaklarımızın gittikçe azalması veya tükenmesi nedeniyle az tuzlu veya tuzlu sularında sulama suyu olarak kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Gelecekte bu kullanım ihtiyacının da artacağı aşikardır. Tuzlu sulama sularının kullanımının olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu etkilerin başında tuzlu sulama suyuyla bitkilerin strese girmesi ve gelişimlerini yeterince ve dengeli sağlayamamalı gelmektedir. Yine tuzlu sulama suları ile sulana topraklarda da sulama miktarına ve zamanına bağlı olarak değişmekle birlikte tuz birikimleri oluşmakta ve zamanla toprak verimliliği azalmaktadır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde tuzlu topraklarda bitki tarafından alınan Na tuzlarını tutmak ve bitkiyi tuz stresinden korumak için topraklara silisyum uygulamasının etkili olduğu görülmüştür. Bu amaçla tuzlu sulama suyuyla sulanan topraklara kimyasal gübrelerin aksine çevre dostu olan nano silisyum uygulayarak hem

toprak verimliliğinin korunmasının sağlanacağı hem de bitkinin maruz kaldığı tuz stresinin azalacağı düşünülmektedir.

Bu bilgilerden yola çıkarak fındık turbu üzerinde tuz stresi altında farklı dozlarda nano silisyum uygulaması yaptığımız çalışmada tuzlu sulama suyu ile yaptığımız sulamanın ve nano silisyumun turp boyu üzerinde önemli etkileri olmuştur. Turpta bitki boyu uzunlukları 20.83 mm ile 31.37 mm arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp boyu uzunluğu (31.37 ± 3.81 mm) S1*Si4 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (20.83 ± 3.57 mm) ise S4*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp boyuna istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp boyu (29.36 ± 4.50 mm) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (23.70 ± 3.57 mm) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S3 tuz uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında ye almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp boyuna istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek etki (27.09 ± 4.34) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (24.51 ± 3.20 mm) ise Si2 (100 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir. Almutairi (2016), yaptığı çalışmada domates tohumlarını farklı dozlarda nano silisyum ile muamele etmiş ve tuz stresi altında çimlendirmiş ve tuzluluğun, domates bitkilerinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi, tuz stresi tarafından önemli ölçüde engellediği sonucuna varmıştır. NaCl stresi altında N-Si'ye maruz bırakıldıktan sonra domates tohumlarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme oranı ile domates fidelerinin kök uzunluğu ve taze ağırlığı artmıştır. Koroğlu (2019), yaptığı çalışmada tuzluluğun artmasıyla Rafina F1 kırmızı fındık turp boylarının baskı altında kaldıkları, S1 ile S5 konuları arasında azalma olduğunu gözlemlemiştir. Mevcut tez çalışmasında tuzlu su uygulamaları turp boyunda azalmalara azalmalara neden olduğu; bununla birlikte nano silisyumun tuzlu suyla yetiştirilen turpta turpta turp boyuna olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Bitkinin antioksidan biyolojik katalizörlerinin aktivitesini arttıran özellikteki silisyum, membran lipid peroksidasyonunu ve plazma membranlarının geçirgenliği azaltarak, membran fonksiyonu ve bütünlüğünü koruyarak tuz stresinin olumsuz etkisini gidererek ve tuzlu koşulda bitki gelişim ve verimini iyileştirilecek düzeyde artırmaktadır (Zhu ve ark., 2004; Aranda ve ark., 2005). Silisyumun sodyum alınımını azalttığı ve kloroplastlardaki

aktif (O_2) oksijen radikallerinin varlığını arttırdığı, tuz stresi altında kloroplast membranında zararlanmasını azalttığı, böylece bitkinin tuz stresinden daha az etkilendiği raporlandırılmıştır (Qian et al., 2006). Miyake ve Takahashi (1983) hıyarda yaptıkları bilimsel çalışmada çözeltiye silisyum ilave edilmesile bitki gelişiminde ve veriminde artışlar gözlemlenmiştir. Aynı şekilde topraksız tarım yapılarak hıyar, gül ve dolmalık kabakta yaptıkları çalışmalarda kök bölgesinde silisyum konsantrasyonunun artışının yararlı etki yaptığı ve toplam veriminde buna bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Voogt ve Sonneveld, (2001) bitkilerin tuz stresine tepkisi, küçük ve daha az sayıda yaprak oluşturması ve bitki boyunun azalması olarak görüldüğünü bildirmiştir. Domates ve farklı sebze türlerinde yapılan çalışmalar göstermiştir ki tuzlu koşullarda bitki biyomasının (Perez-Alfocea ve ark., 1993; AlKaraki, 2000; Bolarin ve ark., 2001; Santa-Cruz ve ark., 2002) ve veriminin azalması (Schwarz ve ark., 1997; Stanghellini ve ark., 1998; Li, 2000; Tüzel ve ark., 2003; Wahome, 2003) mevcut tezdeki araştırma sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turp çapına etkisine baktığımızda ise tuz uygulamalarının ortalama turp çapına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp çapı (21.06 ± 6.34 mm) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (17.96 ± 3.34 mm) ise en yüksek tuz dozu ($S_4 = 3.6$ dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S3 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. S2 ve S3 tuz uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp çapına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (21.47 ± 6.06 mm) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (17.05 ± 2.35 mm) ise Si1 (0 ppm Si) kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Tuz x silisyum interaksiyonunda turp çapları 16.05 mm ile 25.13 mm arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek turp çapı uzunluğu (25.13 ± 11.01 mm) S1*Si4 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (16.05 ± 2.43 mm) ise S4*Si1 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Köroğlu (2019), yaptığı çalışmada sulama suları tuz seviyeleri arttıkça meyve çaplarının küçüldüğünü belirtmiş ve en yüksek turp çapını 30.95 mm ile S1 konusundan elde etmiştir. Siddiqui ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, NaCl ile muamele edilen Rafina F1 kırmızı fındık turp tohumlarının, köklerin ve sürgünlerin çimlenme yüzdesinde, kuvvetinde, uzunluğunda,

apında, taze ve kuru ağırlıklarında azalma gösterdiğini belirtmiştir. Fındık turplarının sulama suyundaki tuz seviyelerinin artmasıyla daha da küçüldüğü görülmüş ve verim, kalite ve pazar değeri kaybedeceği sonucuna ulaşmıştır. Mevcut tez çalışmasında tuzlu su uygulamaları turp çapında da azalmalara neden olduğı; bununla birlikte nano silisyumun tuzlu suyla yetiştirilen turpta turp çapına da olumlu etkileri olduğı gözlenmiştir. Besin çözeltisindeki tuz konsantrasyonun artışıyla meydana gelen verim kaybının ortalama meyve ağırlığındaki ve meyve sayısındaki azalmadan kaynaklandığı görülmüştür (Hao ve ark., 2000; Mavrogianopoulos ve ark., 2002). Yapılan bilimsel araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, meyve büyüklüğünün de tuz uygulamasındaki artışa bağılı olarak azaldığı bulunmuştur (Stanghellini ve ark., 1998; Hao ve ark., 2000).

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının yaprak sayısına etkisine baktığımızda ise topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve bu uygulamaların interaksyonunun turpta yaprak sayısı üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır (izelge 4.3). Yine de tuz uygulamaları sonucu turpta yaprak sayısında küçük düşüşler olduğı gözlenmektedir. Tam tersi olarak da artan silisyum dozlarına bağılı olarak yaprak sayısında kontrole göre artışlar olduğı gözlemlenmiştir. Tuz x silisyum interaksyonunda ise en fazla yaprak sayısı (5.10 ± 0.56 adet) S1*Si3 pratik açıdan elde edilirken, en az yaprak sayısı ise (4.37 ± 0.67 adet) S2*Si1 uygulamasında olduğı belirlenmiştir. Hussain (2021), soya fasulyesi ile yaptığı çalışmada silisyum uygulaması (200 mg/kg) ile bitkide klorofil içeriğini, çözünür şekerleri, taze ağırlığı, kök uzunluğunu, kök yüzey alanını, kök hacmini, kök-gövde oranını ve kök kuru ağırlığını arttırdığını belirtmiştir. Mevcut çalışmamızda ise yaprak sayısında istatistiki olarak önemli bir fark görülmemekle birlikte, tuzlu su uygulamaları ile birlikte yaprak sayısının nispeten azaldığı ve silisyum uygulamalarında ise nispeten arttığı gözlenmektedir. Silisyum uygulamalarının, çözünür şeker ve sakaroz gibi bazı karbonhidratların gövde ve yapraklarda birikimini önemli ölçüde artırarak daha iyi gövde, yaprak mukavemeti sağladığı düşünülmektedir (Hussain, 2021).

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turpta kuru madde oranına etkisine baktığımızda ise tuz uygulamalarının ortalama turp kuru madde oranına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek turp kuru ağırlık yüzdesi (10.00 ± 0.91) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde

edilirken, en düşük değere (8.14 ± 0.87) ise en yüksek tuz dozu ($S_4 = 3.6$ dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S_4 uygulamasından sonra kuru madde oranını düşüren tuz uygulamaları sırasıyla S_3 ve S_4 uygulamaları olmuştur. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp kuru madde oranına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek kuru madde oranı (9.74 ± 1.06) Si_4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (8.09 ± 1.00) ise Si_1 (0 ppm Si) kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Si_2 ve Si_3 uygulamaları bu iki değer arasında yer almıştır. Tuz x silisyum interaksiyonunda turpta kuru madde oranı 7.02 ile 10.82 değerleri arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek turp kuru ağırlık yüzdesi (10.82 ± 0.99) $S_1 * Si_4$ uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (7.02 ± 0.53) ise $S_4 * Si_1$ uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Ünlükara ve ark (2008) marulda sulama suyu tuzluluğuna olan hassasiyet belirlemesi çalışmalarında 0.75, 1.5, 2.5, 3.5, 5.0 ve 7.0 dS/m olan sulama sularını uygulamışlar ve tuzluluğun artmasıyla toprak tuzluluğu ve bitki veriminde azalma olduğunu, bitki kuru madde içeriğinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Köroğlu (2019) sera şartlarında farklı tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyu uygulamalarının (*Raphanus sativus* L.) yüzde verimine etkisini araştırdığı çalışmada, S_1 konusunda ortalama değeri 8.18 iken, S_5 konusunda bu değer 9.57 olduğunu; yani uygulamalarda tuz oranı arttıkça kuru madde değerlerinde artış gözlemlendiğini belirtmiştir. Haghighi ve Pessarakli (2013), yaptığı çalışmada kiraz domateslerinde tuzluluğun bitki yaş ve kuru ağırlıkları, kök hacmi ve gövde çapları üzerinde zararlı etkileri olduğunu göstermiş; tuzluluğun zararlı etkilerini silisyum uygulamaları ile azalttığını belirtmiş ve nano silisyumun tuzlu su stresi koşullarında fotosentez hızını, mezofil iletkenliğini ve bitki suyu kullanım verimliliğini iyileştirdiği sonucuna varmıştır. Mevcut tez çalışmamızda da turpta kuru madde oranından istatistiki olarak önemli farklar gözlenmiş; tuzlu su uygulamaları ile birlikte turpta kuru madde oranının önemli ölçüde azaldığı ve silisyum uygulamalarında ise önemli düzeyde artışı gözlenmektedir. Silisyum uygulamalarının, çözünür şeker ve sakaroz gibi bazı karbonhidratların gövde ve yapraklarda birikimini önemli ölçüde artırarak daha iyi gövde, yaprak mukavemeti sağladığı düşünülmektedir (Hussain, 2021). Artan sodyumklorür derişiminin bitkide yaratmış olduğu iyon dengesizliği (Levitt, 1980; Munns ve Termaat, 1986; Pasternak, 1987) yanında ozmotik strese bağlı olarak meydana gelen ozmotik dehidrasyon ve artan transpirasyonla açıklanabilir.

Hücrenin su ve ozmotik potansiyelini düşüren ozmotik dehidrasyon, hücre hacminin ve genişleme oranının azalmasına neden olur. Artan transpirasyon sonucunda, bitkinin sürgün ve yapraklarında oraya çıkan kurumalar ağırlık kaybına neden olduğu bulunmuştur (Lewit, 1980; Shannon ve Grieve 1999). Tuzlu sulama suyu ve silisyum ilavesi ile turp yaprak sayısındaki istatistiksel analiz sonucu önemli olmasa da genel olarak bitkinin gelişimini ve bitki verimini arttırdığı bulunmuştur. Silisyum bitkilerin fotosentez, transpirasyon ve su kullanım etkinliğini artırdığı bilinmekle ve dolayısıyla bitkilerde vejetatif gelişimi teşvik etmektedir (Savant ve ark., 1997).

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turpta renk parametrelerine etkisine baktığımızda ise turpta “L” renk parametresi üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, tuz x silisyum interaksiyonunda önemli bulunmamıştır. Turpta “a” renk parametresi üzerine etkisi tuz ortalamalarında ve tuz x silisyum interaksiyonunda istatistiki açıdan önemli bulunurken, silisyum uygulamalarındaki farklar önemli bulunmamıştır. Turp “b” renk parametresine etkisi 8.80 ile 16.18 arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Turpta chroma renk değeri üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş; ayrıca, tuz x silisyum interaksiyonunda chroma renk değeri etkisi 25.80 ile 48.12 arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Turp hue açısı (h°) renk parametresi üzerine etkisi istatistiki açıdan tuz x silisyum interaksiyonunda önemli bulunurken, tuz ortalamalarında ve silisyum ortalamalarında önemli bulunmamıştır. Tuz x silisyum interaksiyonunda turp hue açısı (h°) renk parametresi 17.16 ile 26.56 değerleri arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Köroğlu (2019), sera şartlarında farklı tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyu uygulamalarının turp (*Raphanus sativus* L.) verimi üzerine etkisi araştırılmış olan bilimsel çalışmada, tuzluluk seviyesinin artışı turp yapraklarında b değerini arttırdığını, turp köklerinde ise a değerini düşürdüğünü ve L değerlerini 39.92 ile 38.87 arasında olduğunu belirtmiştir. Mevcut çalışmamızda tuzluluğun renk değerlerini genelde olumsuz olarak etkilediği buna karşılık silisyum uygulamalarının olumlu etkilediği görülmektedir.

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turp ağırlığına etkisine baktığımızda ise turp ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı

bulunmuştur. Tuz x silisyum interaksiyonunda turp ağırlığı 10.85 g ile 17.94 g arasında farklılık göstermiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En büyük turp ağırlığı (17.94 ± 0.72 g) S3*Si4, S2*Si4 (18.44 ± 0.81 g) ve S1*Si4 (17.73 ± 1.55 g) uygulamalarına ait bitkilerde, en düşük değer (10.85 ± 1.55 g) ise S4*Si3 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama turp ağırlığına istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En büyük turp ağırlığı (16.13 ± 2.07 g) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (12.75 ± 2.97 g) ise en yüksek tuz dozu (S4=3.6 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. S2 ve S3 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. Silisyum uygulamalarının da ortalama turp ağırlığına istatistiki olarak etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek değer (17.84 ± 0.99 g) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (12.47 ± 1.47 g) ise Si1 (0 ppm Si) kontrol uygulaması ve Si2 uygulamasında (13.27 ± 2.06 g) tespit edilmiştir. Koroğlu (2019), sera şartlarında farklı tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyu uygulamalarının turp (*Raphanus sativus* L.) verimine etkisini araştırdığı çalışmada sulama suyu tuz seviyeleri arttıkça uygulamalarda verimin azaldığını, turp sayıları ile turp ağırlıkları arasındaki değişimler karşılaştırıldığında ağırlıklardaki değişimlerin daha belirgin olduğunu belirtmiştir. Bu durum tuzluluk artışıyla birlikte turp ağırlığının azaldığını göstermiştir. Siddiqui ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, NaCl tuzu ile muamele edilen tohumların, köklerin ve sürgünlerin çimlenme yüzdesinde, kuvvetinde, uzunluğunda, çapında, taze ve kuru ağırlıklarında azalma gösterdiğini belirtmiştir. Almutairi (2016), yaptığı çalışmada NaCl stresi altında nano silisyuma maruz bırakıldıktan sonra domates tohumlarının çimlenme yüzdesi ve çimlenme oranı ile domates fidelerinin kök uzunluğu ve taze ağırlığının arttığını belirtmiştir. Pessarakli (2013), yaptığı çalışmada silisyum uygulaması ile taze ve kuru ağırlıklar, kök hacmi ve klorofil konsantrasyonunun arttığını belirtmiş ve silisyumun, tuzluluk stresinin bitkinin taze ağırlığı, klorofil konsantrasyonu, fotosentez hızı ve yaprak su içeriği üzerindeki etkisini hafiflettiği sonucuna varmıştır. Tuzlu koşulda yapılan bir çalışmada su kullanım etkinliği ve bitki kuru ağırlığı ile bitki su tüketimi arasındaki oran, tuzlu ve silisyumlu koşulda yetişen bitkilerde sırasıyla %17 ve %16 oranında daha yüksek bulunmuştur. Böylece silisyumun tuzlu koşulda bitki dokularındaki suyu depolamada, büyüme oranını arttırmada ve tuz stresinin etkisini hafifletmede etkili olduğu belirtilmiştir (Romero Aranda ve ark., 2006).

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turpta enzim içeriğine etkisine baktığımızda ise topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyum ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının ve interaksiyonun turpun CAT içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Toprakten uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada tuz uygulamaları ve tuz x silisyum interaksiyonunun turp SOD içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, silisyum uygulamalarının etkisi anlamlı bulunmamıştır. Turpun APX içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Turpun MDA içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Normal koşullarda bitki hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi ve antioksidan savunma bir denge içindedir. Bununla birlikte, stres koşulları altında, denge bozulabilir ve aşırı ROS üretimine ve oksidatif hasara neden olabilir (Gong ve ark., 2005). SOD, oksijeni H_2O_2 'ye dönüştürür ve bu daha sonra CAT tarafından su ve moleküler oksijene katalize edilir (Wang ve diğerleri, 2009). Su eksikliği koşullarında, bitkilerin ROS'u temizlemesi ve dolayısıyla oksidatif hasarı önlemesi için yüksek antioksidan savunma kapasitesi gereklidir (Masoumi ve ark., 2011; Yang ve diğerleri, 2010). Silisyum (Si), yerkabuğunda oksijenden sonra en bol bulunan ikinci mineral elementtir (Gottardi ve ark., 2012). Bitkilerin çoğu için gerekli olmayan bir element olarak kabul edilir. Buna rağmen, özellikle hastalıklar, zararlılar, barınma, kuraklık, tuzluluk, ağır metal, radyasyon, yüksek veya düşük sıcaklık ve besin maddeleri gibi biyotik ve abiyotik streslere maruz kaldıklarında, bitkilerin büyümesi üzerindeki yararlı etkileri yaygın olarak rapor edilmiştir (Ma ve Yamaji, 2008). Adrees ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada metal kontaminasyonundan kaynaklanan stres altında azalan enzimatik antioksidan aktiviteler ve silikon, bitkilerin metal stresıyla başa çıkmasına yardımcı olan süperoksit dismutaz, peroksidazlar, katalaz ve askorbat peroksidazın aktivitesini arttırdığını belirtmiştir. Mevcut çalışmamızda tuzluluğun CAT, SOD, APX, MDA enzim içerikleri üzerinde olumsuz olarak etkilediği buna karşılık silisyum uygulamalarının olumlu etkilediği görülmektedir.

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turpta makro&mikro içeriğine etkisine baktığımızda ise turp Ca içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Turp K içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, silisyum ortalamalarında önemli bulunmamıştır. Turp Mg içeriği üzerine

etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Turp Na içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Turp Cu içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Turp Fe içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, silisyum uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır. Turp Mn içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, silisyum uygulamalarının etkisi anlamlı bulunmamıştır. Turp Zn içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Turp P içeriği üzerine etkisi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur. Mehrabanjoubani ve ark. (2015), silisyum uygulamasının, biyotik ve abiyotik strese karşı direnci arttırdığı ve pH ayarlaması ve silikatlı gübrelerde bulunan makro ve mikro besinlerin asimilasyonu gibi dolaylı etkileri olduğu için bitki büyümesi üzerinde faydalı etkileri olduğu bildirilmiştir. Kaya ve ark. (2006), yaptığı çalışmada silisyum ilavesinin, kuraklık stresi altındaki mısır yapraklarında Ca ve K seviyelerini arttırdığını belirtmiştir. Ripathi ve ark., (2003) yaptıkları çalışmada, Si uygulamasından sonra bitki tarafından N, P, Ca ve Mg alımının da arttığını gözlemlemiştir. Bitkinin antioksidant biyolojik katalizörlerinin aktivitesini arttıran silisyum, membran lipid peroksidasyonunu ve plazma membranlarının geçirgenliği azaltarak, membran fonksiyonu ve bütünlüğünü koruyarak tuz stresinin olumsuz etkisini gidermekte ve tuzlu koşulda bitki gelişim ve verimini iyileştirmektedir (Zhu ve ark., 2004; Aranda ve ark., 2005). Yine silisyumun sodyum alımını azalttığı ve kloroplastlardaki aktif oksijen radikallerinin varlığını arttırdığı, tuz stresi altında kloroplast membranında zararlanmayı azaltacak yönde olduğu, buna ilaveten bitkinin tuz stresinden daha az etkilendiği bildirilmiştir (Qian et al., 2006). Mevcut çalışmamızda tuzluluğun genelde makro ve mikro element miktarlarını olumsuz olarak etkilediği buna karşılık silisyum uygulamalarının ise olumlu etkilediği görülmektedir.

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turpta toprak Ec değeri üzerine etkisine baktığımızda ise topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada tuz uygulamalarının toprak Ec değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunurken, silisyum uygulamaları ve tuz x silisyum interaksyonu önemli bulunmamıştır. Tuz uygulamalarının ortalama toprak Ec değerine istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek toprak Ec değeri (789.83 ± 240.86) S4 (3.6 dS/m) uygulamasından elde edilirken, en düşük değere (295.00 ± 35.62) ise (S1=0.6 dS/m)

uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamalarda tuz oranı artıkça, toprak tuzluluğu artmıştır. Tuz x silisyum interaksiyonunda toprak Ec değeri 288.67 ile 871.67 arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek turp Ec değeri (871.67 ± 42.67) S4*Si3 uygulamasına ait bitkilerde, en düşük değer (288.67 ± 54.78) ise S1*Si2 uygulamasına ait bitkilerde belirlenmiştir. Silisyum uygulamalarının da ortalama toprak Ec değerine istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek değer (544.25 ± 230.26) Si3 (200ppm) uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (460.58 ± 237.36) ise Si1 (0 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir.

Tuzlu sulama suyu ile sulama ve nano silisyum uygulamalarının turpta toprak pH değeri üzerine etkisine baktığımızda ise Topraktan uygulanan farklı dozlardaki nano silisyumun ve farklı dozlarda tuzlu sulama suyu uygulamalarının incelendiği çalışmada silisyum uygulamalarının turp yetiştirilen toprağın pH değeri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunurken, tuz uygulamaları ve tuz x silisyum interaksiyonu önemli bulunmamıştır. Silisyum uygulamalarının ortalama toprak pH değerine istatistiksel olarak etkisi $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı bulunmuştur. En yüksek değer (7.90 ± 0.04) Si4 uygulamasında belirlenirken, en düşük değer (7.80 ± 0.05) ise Si1 (0 ppm Si) uygulamasında tespit edilmiştir. Si2 ve Si3 uygulamaları sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır. Tuz x silisyum interaksiyonunda toprak pH değeri, 7.80 ile 7.94 arasında değişkenlik göstermiş ve aralarındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek toprak pH değeri (7.94 ± 0.02) S1*Si4 uygulamasında, en düşük değer (7.80 ± 0.03) ise S4*Si2 uygulamasında belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının ortalama toprak pH değerine istatistiki olarak etkisi önemli bulunmamıştır. En yüksek toprak pH değeri (7.88 ± 0.07) S1 (0.6 dS/m) kontrol uygulamasından elde edilirken, en düşük değer (7.83 ± 0.04) ise (S2=1.2 dS/m) uygulamasından elde edilmiştir. Mehrabanjoubani ve ark. (2015), silisyum uygulamasının, biyotik ve abiyotik strese karşı direnci arttırdığı ve pH ayarlaması ve silikatlı gübrelerde bulunan makro ve mikro besinlerin asimilasyonu gibi dolaylı etkileri olduğu için bitki büyümesi üzerinde faydalı etkileri olduğu bildirilmiştir. Mevcut çalışmamızda silisyum uygulamalarının toprak pH değeri nispeten küçük oranlarda artırdığı görülmektedir.

Mevcut tez çalışmasında tuz stresinde nano silisyum kullanımının turpun bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Denemede, tuzlu sulama suyu

stresi oluşturmak için NaCl tuzu, nano gübre olarak da silisyum kullanılmıştır. Saksı denemesi olarak yürütülen çalışmada 4 farklı sulama suyu tuzluluğuna sahip su uygulamaları [elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, T0: 0.60 dS/m, T1: 1.2 dS/m, T2: 2.4 dS/m ve T3: 3.6 dS/m] ve artan dozlarda silisyum (0, 100, 200 ve 400 ppm) uygulamaları yapılmıştır. Çalışma 3 tekerrürlü olarak toplamda 48 saksıda yürütülmüştür. Çalışmada, turp boyu, turp çapı, turp ağırlığı, yaprak sayısı, renk değerleri, lipid peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA) ve enzim aktivitelerinin (SOD, CAT ve APX), yanı sıra turpta makro-mikro besin elementleri [fosfor (P), potasyum (K), sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn) ve bakır (Cu)] belirlenmiştir. Yapılan bu bilimsel çalışmanın sonucuna göre tuz stresi altında bitkilerin tepkisel olarak tuz stresinden kurtulmak adına ürün verim ve verim unsurlarında meydana gelen kaybın azaltılması yönünde nano-boyutta silisyum partikülleri ile bu tepkinin yönetilmesinde istatistiksel anlamda önemli katkılar sağlamıştır. Bitki besin ve iyon dengesinin sağlanmasına katkıları yanında biyolojik katalizör olan enzimlerin etki mekanizması sonucu bitkinin bu stresini azaltma yönünde önemli etkileri olmuştur. Tuzlu sulama suyu ile yaptığımız sulamayla birlikte uygulanan nano silisyum dozları arasında Si3(200 ppm) ve Si4 (400 ppm) uygulamalarının önemli değerler meydana getirdiği görülmüştür

Gelecekteki çalışmalarda farklı bitki türlerinde silisyumun, turpta ise farklı nanogübre uygulamalarının farklı biyotik veya abiyotik stres koşullarında denenmesi faydalı olacaktır.



KAYNAKLAR

- Anonim, 2009. Bahçecilik. Turp Yetiştiriciliği. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara. https://hboqm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/turp_yetistiriciligi.pdf Erişim tarihi: 15.06.2022.
- Anonim, 2018. Nano teknolojik Gübre Nedir Kullanım Alanları. <https://nanokar.com/blog/makale/Nanoteknolojik-Gubre-Nedir-KullanimAlanlari-66.html>. Erişim tarihi:03.06.2020
- Akça, Y., Samsunlu, E., 2012. The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, proline and nutrient accumulation, and K/Na ratio in walnut. **Pakistan Journal of Botany**, 44 (5): 1513-1520.
- Almutairi, Z. M., 2016. Effect of nano-silicon application on the expression of salt tolerance genes in germinating tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings under salt stress. **Plant Omics**, 9 (1): 106.
- Awang, Y. B., Atherton, J. G., Taylor, A. J., 1993. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. II. Fruit quality. **Journal of Horticultural Science**. 68: 791-795.
- Ayers, R.S., Westcot, D.W., 1985. **Water quality for agriculture**. FAO Irrigation and Drainage, Rome. 29.
- Batsmanova, L. M., Gonchar, L. M., Taran, N. Y., Okaneneko, A. A., 2013. Using a colloidal solution of metal nanoparticles as micronutrient fertilizer for cereals. **Proceedings of the International Conference Nanomaterials: Applications and Properties**, 2 (4): 1-2.
- Botella M. A., Rosado A., Bressan R. A., Hasegawa P. M., 2005. **Plant Adaptive Responses to Salinity Stress**. *Plant Abiotic Stress*, Blackwell Publishing Ltd., 270.
- Burssens, S., Himanen, K., Cotte, B.V., Beeckman, T., Montagu, M.V., Inze, D., Verbruggen, N., 2000. Expression of Cell Cycle Regulatory Genes and Morphological Alterations in Response to Salt Stress in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, 211: 632-640.
- Dağhan, H. 2017. Nano-Gübreler. **Turkish Journal of Agricultural Engineering Research**, 4 (2): 197-203.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple range and multiple F tests. **Biometrics**, 11 (1):, 1-42.
- Gong, H., Chen, G., Chen, G., Wang, S., Zhang, C., 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, 169: 313–321.
- Güneri, B. E., 2010. **Nohut Çesitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi** (doktora tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Fakültesi, Ankara.
- Güngör, Y., Artık, N., Yurtseven, E., 1993. Effect of Irrigation Water Salinity on Soybean Chemical Composition. **Doğa Turkish Journal of Agricultural and Forestry**, 17: 443-449.
- Haghighi, M., Pessarakli, M., 2013. Influence of silicon and nano-silicon on salinity tolerance of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) at early growth stage. **Scientia Horticulturae**, 161: 111-117.
- Halefoğlu, Y., Kuşvuran, E., 2010. Sol-jel ve yakma yöntemleri ile seramik pigmentlerinin hazırlanması. **Seramik İşleme Araştırmaları Dergisi**, 11: 131.

- Hao, X., Papadopoulos, A. P., Dorais, M., Ehret, D. L., Turcotte, G., Gosselin, A., Soneveld, C., Berhoyen, M. N. J., 2000. Improving tomato fruit quality by raising the EC of NFT nutrient solutions and calcium spraying effects on growth photosynthesis yield and quality. *Acta Horticulture*, **511**: 213-221.
- Horuz, A., 2016. The effects of silicon on plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, **6** (2):151-163.
- Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **168** (4): 541-549.
- Kaçar B., Katkat B., Öztürk S., 2006. *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayın Dağıtım. Yay. No: 2, 493-533
- Köroğlu, M. H., 2019. *Sera Koşullarında Farklı Tuz Seviyesine Sahip Sulama Suyu Uygulamalarının Turp (Raphanus Sativus L.) Verimine Etkisi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). SÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Kumar, V., Rani, A., Solanki, S., Hussain, S. M., 2006. Influence of growing environment on the biochemical composition and physical characteristics of soybean seed. *Journal of Food Composition and Analysis*, **19**: 188-195.
- Larcher W., 1995. Photosynthesis as a Tool for Indicating Temperature Stress Events. *Ecophysiology of Photosynthesis*. **100**: 261-277.
- Levitt, J., 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Academic Press, Yay. No: 2, New York. 607.
- Liu, R., Lal, R., 2014. Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (Glycine max). *Science Reports*. **4**: 5686–5691.
- Ma J. F., 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses, *Soil Science and Plant Nutrition*, **50** (1):11-18.
- Mehrabanjoubani, P., Abdolzadeh, A., Sadeghipour, HR, Aghdasi, M., 2015. Silicon, affects the transcellular and apoplastic uptake of some nutrients in plants. *Pedosphere*, **25** (2): 192-201.
- Miyake, Y., Takahashi, E., 1983. Effect of silicon on the growth of cucumber plant in soil culture. *Soil Science and Plant Nutrition*, **29** (4): 463-471.
- Mukherjee, A., Sinha, I., Das, R., 2015. Application of nanotechnology in agriculture: Future prospects. *Outstanding Young Chemical Engineers (OYCE) Conference*, March 13-14, DJ Sanghvi College of Engineering, Mumbai, India
- Munns, S., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annuals Reviews*. **59**: 651-681.
- Munns, R., Termaat, A., 1986. Whole-plant responses to salinity. *Functional Plant Biology*, **13** (1): 143-160.
- Naderi, M., Danesh Shahraki, A.A., Naderi, R., 2011. Application of nanotechnology in the optimization of formulation of chemical fertilizers. *Iran Journal Nanotech*, **12**: 16–23.
- Parida, A.K., and Das, A. B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**: 324- 349.
- Perez Alfocea, F., Estan, M. T., Caro, M., Bolarin, M. C., 1993. Response of tomato cultivars to salinity. *Plant and Soil*, **150**: 203-211.
- Pessaraki, M., Szabolcs, I., 2019. *Soil Salinity And Sodcity as Particular Plant/Crop Stress Factors*. CRC Press, Florida. 1-16.
- Qian, Q. Q., Zai, W.S., Zhu, Z.J, Yu, J.Q., 2006. Effects of exogenous silicon on active oxygen scavenging systems in chloroplasts of cucumber (*Cucumis sativus* L.)

- seedlings under salt stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, **32**: 107- 112.
- Raikova, O. P., Panichkin, L. A., Raikova, N. N., 2006. Studies on the effect of ultrafine metal powders produced by different methods on plant growth and development. Nanotechnologies and information technologies in the 21st century. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 108-111.
- Reynolds, G.H. 2002. Forward to the future nanotechnology and regulatory policy. *Pac. Res. Inst.*, **24**: 1-23.
- Romero-Aranda, R.M, Jurado, O., Cuartero, J., 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology*, **163**: 847-855.
- Savant N. K., Synder G. H., Datnoff L. E., 1997. Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy*, **58**: 151-199.
- Selivanov, V.N., Zorin, E.V., 2001. Sustained Action of ultrafine metal powders on seeds of grain crops. *Perspekt. Materialy*, **4**: 66–69.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., Zhao, C. X., 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus biologies*, **331** (3): 215-225.
- Siddiqui, M. H., Al- Whaibi, M. H., Faisal, M., Al Sahli, A. A., 2014. Nano- silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on Cucurbita pepo L. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **33** (11): 2429-2437.
- Singh, M. D., Chirag, G., Prakash, P. O., Mohan, M. H., Prakasha, G., Vishwajith, 2017. Nano fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. *International Journal of Agriculture Sciences*, **9** (7): 3831-3833.
- Sistani K. R, Savant N. K, Reddy K. C., 1997. Effect of Rice Hull ash Silicon on Rice Seedling Growth. *Journal of Plant Nutrition*, **20** (1): 195-201.
- S. M. E. Satti, M. Lopez, Fahad A. A., 1994. Salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomato. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **25**: 501-510.
- Sohrab, D., Tehranifara, A., Davarynejada, G., Abadiab, J., Khorasani, R., 2016. Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (Punica granatum cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae*, **210**: 57-64.
- Stanghellini, C., Van Meurs W. T. M., Corver, F., Van Dulleman, E., Simonse, L., 1998. Combined effect of climate and concentration of the nutrient solution on a greenhouse tomato crop. II: Yield quantity and quality. *Acta Horticulture*, **458**: 231-237.
- Subramanian, K.S., Manikandan, A., Thirunavukkarasu, M., Sharmila Rahale, C., 2015. *NanoFertilizers for Balanced Crop Nutrition*. Springer International Publishing, Switzerland. 69-80.
- Termaat, A., Munns, R., 1986. Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth. *Functional Plant Biology*, **13** (4): 509-522.
- Tuteja, N., 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in Enzymology*, **428**: 419-438.
- Ulukapı, K., Nasırcılar, A. G., Kurt, Z., 2020. Bazı turp çeşitlerinin tuza tolerans düzeylerinin belirlenmesi ve salisilik asidin tuzlu şartlarda çimlenme üzerine

- etkinliğinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, **8** (3): 632-637.
- Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G. D., 2010. Effect of salinity on eggplant growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage*, **59**: 203- 2014.
- Voogt, W., Sonneveld, C., 2001. *Silicon in Horticultural Crops Grown in Soilless Culture*. Studies in Plant Science, vol. 8, 115-131
- Winsten, S., Clippinger, E., Fainberg, A. H., Robinson, G. C., 1954. Salt effects and ion-pairs in solvolysis1. *Journal of the American chemical society*, **76** (9): 2597-2598.
- Yaylalı, İ. K., Çiftçi, N. 2008. Tuzlu sulama suyu uygulamalarının domates bitkisinde bazı büyüme unsurları üzerine etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, **22** (44): 33-47.
- Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., Yu, J., 2004. Silicon Reduces Salt Stress and Increases The Activity of Antioxidant Enzymes in The Leaves of Cucumber With Salt Stress. *Plant Science*, **167** (3): 527-533.

ÖZ GEÇMİŞ

Hunay Ecem KUL, ilköğrenimini Filo İlkokulu'nda, lise öğrenimini Şehit Koray Akoğuz Lisesi'nde bitirdi. 2019 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri bölümünde lisans eğitimini tamamladı.



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 27/08/2022

Tez Başlığı / Konusu:

FARKLI SEVİYELERDE TUZLU SULAMA SUYU VE NANO SİLİSYUM KULLANIMININ
TURPUN FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 63 sayfalık kısmına ilişkin, 18/05/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 12 (yüzde 12) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Materyal ve yöntem hariç,
- Kaynaklar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

27/08/2022

Adı Soyadı: Hunay Ecem KUL

Öğrenci No:

Anabilim Dalı:

Programı:

Statüsü: ☒ Yüksek Lisans

☐ Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAY
UYGUNDUR

Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Dr. Öğr. Üyesi Talip ÇAKMAKCI