

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MARULDA ORGANİK GÜBRE KULLANIMININ TUZ STRESİNE
TOLERANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

Alpay Yasin AYDIN

TARIM VE YAŞAM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**ÇANKIRI
2025**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Alpay Yasin AYDIN tarafından hazırlanan “**Marulda Organik Gübre Kullanımının Tuz Stresine Tolerans Üzerindeki Etkisi**” adlı tez çalışması 03/02/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN

Jüri Üyeleri :

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

Üye : Doç. Dr. Sevinç USLU KIRAN
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Ankara Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Esmâ ÖZHÜNER
Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ersoy YILMAZ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum **“Marulda Organik Gübre Kullanımının Tuz Stresine Tolerans Üzerindeki Etkisi”** konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (03/02/2025).

Alpay Yasin AYDIN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MARULDA ORGANİK GÜBRE KULLANIMININ TUZ STRESİNE TOLERANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Alpay Yasin AYDIN

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

Danışman: Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN

Marulda tuza toleransın artırılmasına yönelik olarak organik gübre uygulamalarının etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, materyal olarak Caipira (Şakira) kıvrıkcık marul çeşidi (Batavia tipi) kullanılmıştır. Fideler torf:perlit karışımına dikilmiş dikim sırasında saksılara vermikompost, ahır gübresi ve humik asit uygulanmıştır. Stres bitkileri için, fide dikiminden 24 gün sonra 100 mM NaCl (tuz) dozu uygulanmıştır. Stres sonunda hasat edilen bitkiler, yeşil aksam, yaş ve kuru ağırlıkları, bitki boyu, çevre ve taç genişliği, kök boğazı çapı, yaprak alanı, toplam verim, yaprak su oransal içeriği (YOSİ), SPAD değeri, yeşil aksam Na, Cl, K ve Ca içeriği bakımından incelenmiştir. Tuz stresi bitki büyüme parametreleri, SPAD değeri, toplam verim ile YOSİ, K, Ca içeriğinde azalmaya neden olmuş; SÇKM, Na ve Cl iyon konsantrasyonu bakımından ise artış meydana gelmiştir. Buna karşın, tuz stresi ile birlikte organik gübre uygulamalarında tuz stresine oranla ortalama olarak yaş ve kuru ağırlıkta %66-102; bitki boyu ve kök çapında %4-42; bitki çevre ve taç genişliğinde %29-70; yaprak alanında %140-208, toplam verimde %40-63; YOSİ değerlerinde %35-49; K içeriğinde %24-45; Ca içeriğinde %14-59 iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca Na iyon alımı %17-24, Cl iyon alımı %7-15 düzeyinde sınırlanmıştır. Çalışma sonucunda, organik gübre uygulamalarının tuz stresi ile ortaya çıkan zararlanmayı değişen oranlarda iyileştirdiği ve toleransı artırmada etkili olduğu, uygulamalar arasında bu olumlu etki açısından vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ön plana çıktığı belirlenmiştir.

2025, 49 sayfa

ANAHTAR KELİMELELER: *Lactuca sativa*, Organik Gübre, Sodyum Klorür, Tuz Stresi

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EFFECT OF ORGANIC FERTILIZER USE ON SALT STRESS TOLERANCE IN LETTUCE

Alpay Yasin AYDIN

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

Advisor: Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN

In this study investigating the effectiveness of organic fertilizer applications for increasing salt tolerance in lettuce, Caipira (Şakira) curly lettuce variety (Batavia type) was used as material. Seedlings were planted in peat:perlite mixture and vermicompost, barnyard manure and humic acid were applied to the pots during planting. For stressed plants, 100 mM NaCl (salt) dose was applied 18 days after planting the seedlings. Plants harvested at the end of stress were examined in terms of green parts, fresh and dry weights, plant height, girth and crown width, root collar diameter, leaf area, total yield, relative water content (YOSİ), SPAD value, green parts Na, Cl, K and Ca contents. Salt stress caused a decrease in plant growth parameters, SPAD value, total yield, YOSİ, K, and Ca contents; while there was an increase in TSS, Na and Cl ion concentrations. On the other hand, in organic fertilizer applications together with salt stress, on average, 66-102% improvement was achieved in fresh and dry weight; 4-42% in plant height and root diameter; 29-70% in plant circumference and crown width; 140-208% in leaf area, 40-63% in total yield; 35-49% in YOSİ values; 24-45% in K content; 14-59% in Ca content compared to salt stress. In addition, Na ion uptake was limited to 17-24%, Cl ion uptake was limited to 7-15%. As a result of the study, it was determined that organic fertilizer applications improved the damage caused by salt stress at varying rates and were effective in increasing tolerance, and among the applications, vermicompost and barn manure applications came to the fore in terms of this positive effect.

2025, 49 pages

Keywords: *Lactuca sativa*, Organic Fertilizer, Sodium Chloride, Salt Stress

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Şebnem KUŞVURAN'a ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Alpay Yasin AYDIN

Çankırı, Şubat 2025



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Tuz Stresinin Etkileri.....	4
2.2 Tuz Stresine Toleransın Sağlanması Ahır Gübresinin Etkisi	6
2.3 Tuz Stresine Toleransın Sağlanması Humik Asitin Etkisi	8
2.4 Tuz Stresine Toleransın Sağlanması Vermikompostun Etkisi.....	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1 Materyal	16
3.2 Yöntem	16
3.2.1 Stres uygulamaları	16
3.2.2 Ölçüm ve analizler.....	19
3.3 Verilerin Değerlendirilmesi	22
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	23
4.1 Yaş ve Kuru Ağırlıkları	23
4.2 Bitki Boyu.....	24
4.3 Bitkilerin Çevre ve Taç Genişliği.....	25
4.4 Marul Bitkilerinde Kök Boğazı Çapı	26
4.5 Yaprak Alanı	27
4.6 Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ).....	28
4.7 Toplam Verim	29
4.8 SPAD	30
4.9 SÇKM	31
4.10 İyon İçerikleri.....	32

5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	40
KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ	Error! Bookmark not defined.



SİMGELER DİZİNİ

EC	Elektriksel iletkenlik
g	Gram
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
L	Litre
mg	Miligram
mM	Milimolar
K	Potasyum
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre kare
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
%	Yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

LSD	Az önemli fark testi
MDA	Malondialdehit
ROS	Reaktif oksijen türleri
SÇKM	Suda çözünebilir kuru madde
SOD	Süperoksit dismutaz
YOSİ	Yaprak oransal su içeriği



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışmada yer alan uygulamalar	17
Şekil 3.2 Marul fidelerinin dikimi	18
Şekil 3.3 Marulda bitki gelişimi	18
Şekil 3.4 Marulda farklı organik gübre uygulamalarının etkileri	19
Şekil 3.5 Marulda hasat sonrası ölçümlerin gerçekleştirilmesi	21
Şekil 4.1. Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının yaş ağırlık üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	23
Şekil 4.2 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının kuru ağırlık üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	24
Şekil 4.3 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının bitki boyu üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	25
Şekil 4.4 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının çevre genişliği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	26
Şekil 4.5 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının taç genişliği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	26
Şekil 4.6 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının kök boğazı çapı üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	27
Şekil 4.7 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının yaprak alanı üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	28
Şekil 4.8 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının yaprak oransal su içeriği (YOSİ) üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	29
Şekil 4.9 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının toplam verim üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	30
Şekil 4.10 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının SPAD değeri üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	31
Şekil 4.11 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının SÇKM değeri üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)	32

Şekil 4.12 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının Na içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları).....	33
Şekil 4.13 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının Cl içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları).....	33
Şekil 4.14 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının K içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları).....	34
Şekil 4.15 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının Ca içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları).....	34



1. GİRİŞ

Bitkilerin büyüme ve gelişim süreçlerini olumsuz etkileyen çevresel stres faktörleri, tarımsal verimde ciddi kayıplara yol açan başlıca etmenler arasındadır. Bu faktörler arasında yer alan tuzluluk, kuraklık, aşırı sıcaklık veya düşük sıcaklıklar, besin maddelerinin dengesizlikleri, ağır metaller, hava kirliliği ve radyasyon gibi abiyotik stres unsurları, bitki üretiminde sınırlayıcı roller oynamaktadır (Takahashi and Shinozaki 2019).

Dünya nüfусundaki hızlı artış, gıda talebini artırmakta ve mevcut üretim kaynaklarının daha verimli kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. 2050 yılı itibarıyla dünya nüfusunun 10 milyara ulaşması ve gıda ihtiyacının %50 oranında artması öngörülmektedir (Mora et al., 2020). Bu durum, iklim değişikliği gibi çevresel sorunların etkisiyle birleştiğinde, mevcut tarım yöntemlerinin yeterliliğini sorgulanır hale getirmiştir (Lowry et al. 2019). Özellikle tuzluluk, kuraklık ve yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres faktörleri, küresel gıda güvenliği ve tarımsal sürdürülebilirlik üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu sorunlar, bilinçsiz gübreleme, yanlış sulama uygulamaları ve endüstriyel kirlilik gibi insan kaynaklı faktörlerle daha da artmıştır (Zhao et al. 2021).

Tuzluluk, tarımsal üretimdeki küresel kayıpların yaklaşık %50'sine neden olmaktadır (Zhao et al. 2021). Bu durumun tarım ve gıda güvenliği üzerindeki etkisi oldukça ciddidir. Dolayısıyla, bitkilerin tuz stresine karşı dayanıklılığını artırmaya yönelik çalışmalar, modern tarımın sürdürülebilirliği açısından büyük bir önem taşımaktadır. Tuzluluk, topraktaki çözünür tuzların yoğunluğu ve alkalın hidroliz oluşturan bileşiklerin etkisiyle ortaya çıkarak bitki büyümesini sınırlayabilir (Parihar et al. 2015).

Tuz stresi, bitki tohumlarının çimlenmesini engelleyerek veya dormansiye teşvik ederek çeşitli sorunlara yol açar. Yüksek tuz konsantrasyonu, hücrede toksik iyon birikimi, osmotik denge kaybı ve metabolik süreçlerin bozulması gibi etkilerle bitki gelişimini sınırlandırır (Kesh et al. 2022). Bu süreç, fotosentez hızının düşmesi, kök ve gövde gelişiminde yavaşlama ve hücre bölünmesi gibi temel biyolojik faaliyetlerin aksaması ile sonuçlanır (Balasubramaniam et al. 2023).

Yüksek sodyum ve klorür iyon konsantrasyonu, bitki hücreleri tarafından su ve besin alımını sınırlayan ve hücre içinde aşırı tuz iyonlarının birikmesine neden olmakta yüksek ozmotik basınç ortamına bağlı olarak su emilimi, hücre uzaması, tohum çimlenmesi, fotosentez hızı ve besin emilimi etkilenmekte ve genel olarak bitki gelişiminde olumsuzluklara neden olmaktadır. Hücre döngüsünün ilerlemesinde önemli olan bazı düzenleyici genlerin (siklin ve siklin bağımlı kinaz gibi) ifadesini azaltabilmekte ve meristemdeki hücre sayısının azalmasına, büyümenin inhibe olmasına yol açarak bitkinin besin ve suyu verimli bir şekilde emme yeteneğini olumsuz etkilemektedir (Balasubramaniam *et al.* 2023). Stres koşullarında ozmotik potansiyeldeki düşüş, su potansiyelinin azalmasına yol açmakta ve bu durum hücre zarının geçirgenliği ile bütünlüğünü olumsuz etkilemektedir (Acosta Matos *et al.* 2017, Shahzad *et al.* 2022). Hücre bölünmesi ve uzaması üzerinde meydana gelen etkiler, gövde ve köklerin uzunluk ve ağırlıklarında, yaprakların sayısı ile yüzey alanında azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca, fotosentez ve solunum süreçlerini engelleyerek metabolik dengenin bozulmasına katkıda bulunmaktadır (Jiang *et al.* 2021).

Bitkiler, çevresel stres faktörlerine uyum sağlamak için çeşitli adaptasyon mekanizmaları geliştirir. Ancak, bu mekanizmaların etkinliği, bitki türüne, stresin şiddetine ve süresine bağlı olarak değişir. Dolayısıyla, stres koşullarına tolerans gösteren bitki çeşitlerinin belirlenmesi ve bu toleransın artırılmasına yönelik yöntemlerin geliştirilmesi, sürdürülebilir tarımın anahtar unsurlarındandır. Kimyasal gübrelerin yoğun kullanımı, toprağın verimliliğini düşürmekte ve tuzluluk gibi sorunları artırmaktadır (Savci 2012). Bu durum, organik tarımın ve biyogübrelerin kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Biyogübreler, bitki kök bölgesindeki mikroorganizma popülasyonunu artırarak besin elementlerinin bitkiler tarafından daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar (Mahmud *et al.* 2021). Benzer şekilde, organik gübreler de toprak yapısını iyileştirerek bitkilerin abiyotik streslere karşı dirençlerini artırabilir (Ekbiç ve Keskin 2018).

Organik gübreler kullanıldıklarında toprak üzerinde herhangi bir toksik etkisi olmayan ve inorganik gübrelerle kıyaslandığında daha ekonomik olan gübreler olup (Abou-Baker *et al.* 2017) toprak organik maddesinin artışına ve toprak yapısının iyileşmesine de katkı sağlamaktadırlar. Ayrıca, topraktaki organik madde miktarı abiyotik stres koşullarına

karşı bitkilerin direncini artırabilmektedir (Ekbiç ve Keskin 2018). Dolayısıyla, biyogübrelerin ve organik gübrelerin kullanımı toprak yapısının iyileşmesine katkı sunarak, tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarına karşı bitkilerde toleransın artışına neden olmaktadır.

Salata ve marul türleri, Asteraceae (Compositae) familyasına bağlı olan *Lactuca* cinsine ait olup tek yıllık sebzeler arasında yer alır. Bu türlerin üretimi genellikle sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde gerçekleştirilir. Ayrıca, salata ve marullar yaprak yapısı ve yenilebilen kısımlarına göre dört farklı botanik kategoriye ayrılmaktadır (Keskin 2022). Yeşil yapraklı sebzeler arasında önemli bir yer tutan marulun en büyük üreticisi Çin'dir. Yıllık 10 milyon 725 bin 853 ton üretimle Çin, dünya marul üretiminin %60'ını karşılamaktadır. Çin'i sırasıyla 4 milyon 186 bin 674 ton ile ABD ve 939 bin 993 ton ile Hindistan takip etmektedir. İspanya (958 bin 529 ton), İtalya (855 bin 467 ton), Japonya (552 bin 705 ton), Fransa (427 bin 423 ton), İran (391 bin 432 ton), Türkiye (391 bin 432 ton) ve Meksika (343 bin 050 ton) da önde gelen marul üreticisi ülkeler arasındadır (FAO, 2020). Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2023 yılı verilerine göre, Türkiye'de toplamda 577 bin 773 ton marul üretilmiştir. Bu miktarın 259 bin 868 tonu kıvırcık, 211 bin 660 tonu göbekli ve 106 bin 245 tonu ise iceberg türüdür.

Özellikle marul (*Lactuca sativa* L.) gibi sebzelerde, tuzluluk stresi önemli bir üretim sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Marul, tuzluluk nedeniyle tohum çimlenmesi, kök ve sürgün ağırlığı gibi parametrelerde olumsuz etkiler yaşamaktadır (Xu and Mou 2015). Bu nedenle, organik gübrelerin marul üretiminde tuz stresine karşı olumlu etkilerinin incelenmesi, tarımsal verimliliği artırmak adına kritik bir öneme sahiptir.

Bu bağlamda, organik gübre uygulamalarının bitkiler üzerindeki olumlu etkileri incelendiğinde, marul bitkisinde tuz stresi altında büyüme ve gelişme süreçlerine organik gübre kullanımının etkilerini belirlemek, bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Tuz Stresinin Etkileri

Tuzluluk, bitkilerin büyüme ve gelişim süreçlerini etkileyerek ürünün kalitesini ve miktarını olumsuz yönde etkileyen önemli çevresel stres faktörlerinden biridir. Tarımsal üretimdeki verim azalmalarının yaklaşık %50'sinin abiyotik streslerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Dünya genelinde, sulanabilir alanların %30'u ve toplam tarım alanlarının %6'sı tuzluluk sorunu ile karşı karşıyadır. Yanlış sulama ve gübreleme uygulamaları gibi hatalı tarımsal yöntemler bu sorunun artmasına yol açmaktadır (Hasanuzzaman *et al.* 2013).

Sulama suyu ya da toprakta biriken tuzlar, bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi sınırlayarak tuz stresine yol açar. Bu tuzlar arasında klor, sülfat, karbonat, bikarbonat ve boratlar yer alırken, doğada en sık karşılaşılan form ise sodyum klorürdür (NaCl). Tuz düzeyindeki artış ozmotik basıncı yükseltirken, su potansiyelinin azalması bitki köklerinin su alımını engeller ve osmotik stres oluşur. Ayrıca, yüksek Na iyon konsantrasyonu toksik etkilere neden olarak bitki büyümesini ve gelişimini olumsuz etkiler (Stavridou *et al.* 2017).

Düşük ozmotik potansiyel, besin elementlerindeki dengesizlik ve iyon toksisitesinin tek başına ya da bir arada etkili olmasıyla tuz stresi, bitkiler üzerinde ciddi zararlara yol açar. Bu etkiler; tuz miktarına, stres süresine ve bitkinin türü, yaşı veya çeşidine bağlı olarak farklılık gösterir. Tuz stresi koşullarında ozmotik potansiyel azalırken su potansiyeli de düşer, bu da hücre zarının geçirgenliğini ve bütünlüğünü bozar (Acosta Matos *et al.* 2017, Shahzad *et al.* 2022). Hücre bölünmesi ve uzaması olumsuz etkilenir; buna bağlı olarak kök ve gövde uzunluğunda, ağırlığında, yaprak sayısında ve alanında azalmalar görülür.

Tuz stresinin bitkiler üzerindeki en önemli zararlı etkilerinden biri, iyon regülasyonundaki bozulmalardır. Kök bölgesinde biriken tuz, potasyum, kalsiyum ve nitrat gibi temel besin elementlerinin alımını sınırlarken, sodyum ve klor alımını artırır. Bu durum, hücresel iyon dengesinin bozulmasına yol açarak bitkinin su ve besin maddesi

alımını olumsuz etkiler. Sonuç olarak, bitki büyümesi ve gelişmesi yavaşlar, besin maddelerinin taşınımı ve metabolizma dengesinde aksaklıklar meydana gelir. Bu durum, fotosentez ve protein sentezinin olumsuz etkilenmesine, enzimlerin inaktive olmasına, kloroplastlar başta olmak üzere organellerin zarar görmesine neden olur. Na seviyesinin toksik düzeye ulaşması, K, Ca ve Mg alımını olumsuz etkilerken, Cl iyonunun toksik düzeylere ulaşması NO₃ alımını ve regülasyonunu bozmaktadır (Atalan ve Gökçe 2021).

Tuz stresinin marul üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda farklı fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere rastlanmıştır. Garrido *et al.* (2014) yaptığı çalışmada, farklı tuz dozlarına maruz bırakılan marullarda yaş ağırlık, yaprak alanı, yaprak oransal su içeriği, renk, klorofil a ve b içeriklerinde azalma gözlenirken, suda çözünebilir kuru madde içeriği, elastikiyet ve fenolik madde içeriğinde artış tespit edilmiştir.

Ahmed *et al.* (2019), marulda 0, 50, 150 ve 200 mM NaCl uygulamalarının morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, 21 günlük stres uygulaması sonrasında gövde uzunluğu, kök uzunluğu, toplam bitki ağırlığı ve yaprak sayısında azalmalar tespit edilmiştir. Tuz konsantrasyonundaki artışla birlikte prolin ve protein içeriğinde artış gözlenirken, toplam fenol içeriğinde azalma ve şeker içeriğinde 50 mM NaCl haricinde artış olduğu rapor edilmiştir. Sonuçlar, marulun 50 mM NaCl üzerindeki konsantrasyonlara karşı hassas olduğunu göstermiştir (Ahmed *et al.* 2019).

Hniličková *et al.* (2019), 0, 50, 100, 200 ve 300 mM NaCl konsantrasyonlarının marul üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Bu çalışmada, bitki kuru ağırlığında azalma, elektriksel geçirgenlikte ve Na⁺ iyon alımında artış görülmüş, K⁺/Na⁺ oranının düştüğü belirlenmiştir. Çalışma, düşük tuz konsantrasyonlarının bile marul üzerinde önemli derecede olumsuz etkiler yarattığını göstermiştir (Hniličková *et al.* 2019).

Shin *et al.* (2020), 0, 50, 100, 200, 300 ve 400 mM NaCl konsantrasyonlarında sekiz gün boyunca yetiştirilen marul bitkilerinde klorofil floresansı, büyüme parametreleri ve fitokimyasal içerikleri incelemiştir. Ölçümler, ilerleyen stres süresi ve artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak bu parametrelerin değiştiğini ve özellikle 400 mM NaCl

uygulamasında fotosentetik aktivitelerde önemli azalmalar meydana geldiğini göstermiştir (Shin *et al.* 2020) .

Bres *et al.* (2022), su kültürü koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmada, farklı NaCl konsantrasyonlarının (10, 20, 40 ve 60 mmol L⁻¹) marul üzerindeki etkilerini incelemiştir. Özellikle 60 mmol L⁻¹ konsantrasyonda N (%-11), K (%-35.7) ve Mg (%-24.5) içeriğinde azalma, Na içeriğinde ise %2400 artış tespit edilmiştir. Na:K oranındaki artışın yanı sıra Cl iyonunun yapraklardaki birikimi, nitrat içeriğinde azalmaya ve büyüme parametrelerinde kayıplara neden olmuştur (Bres *et al.* 2022).

Sardar *et al.* (2023), marulda farklı tuz konsantrasyonlarının (25, 50, 75 ve 100 mM NaCl) bitki büyümesi, gelişimi, verimi ve fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kontrol bitkileriyle kıyaslandığında, artan tuz konsantrasyonları K iyon içeriği, karotenoid ve fotosentetik pigmentlerde azalmaya; MDA, H₂O₂ içeriği ve antioksidatif enzim aktivitelerinde ise artışa neden olmuştur Sardar *et al.* 2023).

2.2 Tuz Stresine Toleransın Sağlanmasında Ahır Gübresinin Etkisi

Ahır gübresi, bir yandan toprağın yapısını iyileştirirken, aynı zamanda bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerini sağlayarak ürün verimini artırmaktadır. Bu faydalar arasında, toprağın su tutma kapasitesinin artması, suyun toprak yüzeyinde serbestçe akmasını veya buharlaşmasını engellemesi ve tarıma elverişli toprakların erozyonla taşınmasını önlemesi bulunmaktadır. Ayrıca, toprağın kolayca işlenebilir hale gelmesine, bitki gelişimi için ideal toprak sıcaklığının sağlanmasına, pH dengesinin düzenlenmesine ve toprak havalanmasının iyileştirilmesine katkı sunmaktadır. Ahır gübresinin toprakta parçalanmasıyla açığa çıkan karbondioksit ve organik asitler ise bitki besin maddelerini daha kolay alınabilir bir forma dönüştürerek bitki gelişimine destek olmaktadır (Soyergin 2006; Leskovar and Othman 2018; Aina *et al.* 2019).

Walker and Bernal (2008), 1.85 dS/m EC değerliğine sahip tuzlu toprak ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında kompost ve ahır gübresinin tuz stresine tolerans ve iyon değişim kapasitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada materyal olarak *B. maritima*, *B. vulgaris* ve *L. esculentum* kullanılmıştır. Saksıda gerçekleştirilen araştırmada, gövde kuru ağırlığının ahır gübresi kullanılan bitkilerde korunduğu, yine aynı grupta K ve P alımı artış gösterirken, Na ve Cl iyon alımının sınırlandığı tespit edilmiştir (Walker and Bernal 2008).

Ahmed *et al.* (2010) tarafından buğdayda gerçekleştirilen çalışmada; 0,11 ve 2,0 dS m⁻¹ tuz ortamında yetiştirilen bitkilerde ahır gübresi (AG) uygulanan ve uygulanmayan kontrol bitkilerinin tuza tolerans bakımından göstermiş oldukları tepkiler incelenmiştir. Araştırma sonucunda; tuz stresi ile birlikte kuru ağırlık ve bitki boyu bakımından azalma meydana gelirken, EC değerleri bakımından artışın ortaya çıktığı belirlenmiştir. Farklı uygulamaların yer aldığı çalışmada, ahır gübresi kullanımı ile birlikte bu azalmanın daha düşük düzeylerde ortaya çıktığı ve kontrol bitkilerine oranla %21-78 oranında yüksek değerlerin elde edildiği ifade edilmiştir. Araştırmada ortamın EC değerleri de ölçülmüş, ahır gübresi kullanımına bağlı olarak ortam EC değerindeki artışın kontrol bitkilerine kıyasla daha sınırlı kaldığı, dolayısıyla olumlu yönde etki ettiği bildirilmiştir (Ahmed *et al.* 2010).

Sousa *et al.* (2018) dört farklı tuz konsantrasyonuna (0,2; 2,0; 4,0 ve 6,0 dSm⁻¹) sahip sulama suyu, ahır/sığır gübresi (AG) ve biyo gübre uygulamalarının sorgum bitkisinin bitki büyümesi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda; topraktaki sığır gübresinin varlığının, tuzlu su uygulamasına rağmen bitkilere daha az zarar verdiği tespit edilmiştir (Sousa *et al.* 2018).

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen yoncada (*Medicago sativa*, cv. Gabès) ahır gübresi ve kompost (40 mg ha⁻¹) uygulamalarının etkinliğinin incelendiği çalışmada, organik gübre uygulamaları mineral madde emilimini artırarak bitki büyüme ve gelişmesini iyileştirmiştir (Mbarki *et al.* 2020).

Khan *et al.* (2023), tuz stresi (SS) altında yetiştirilen çeltikte, ahır gübresi (FYM) ve pres çamurun (PM) bitki büyümesi, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri, verimi ve tane üzerindeki etkilerini incelemiştir (SS seviyelerinden; kontrol, 6 ve 12 dS m⁻¹ SS ve OA; kontrol, FYM: %5, pres çamuru %5 ve FYM (%5) + PM (%5)). Toprak tuzluluğu çeltikte bitki büyümesi, verimi ve tane kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuş ancak OA, SS'nin zararlı etkilerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. FYM + PM'nin kombine uygulaması, klorofil içeriği, yaprak su içeriği, antioksidan aktiviteleri (askorbat peroksidaz: APX; katalaz: CAT, peroksidaz: POD ve askorbik asit: AsA), K birikiminde artırmış; Na/K oranında, elektrolit sızıntısında, malondialdehitte (MDA), hidrojen peroksitte (H₂O₂), Na birikiminde ise azalma meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda FYM ve PM uygulamasının çeltikte bitki büyümesi ve verimini artırdığı, tuzdan etkilenen topraklarda uygulanabilir olduğu vurgulanmıştır (Khan *et al.* 2023).

Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) farklı tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının (alçıtaşı, ahır gübresi ve kombinasyonları) etkisinin incelendiği çalışmada, organik gübre kullanımı agronomik özellikler iyileşme sağlanmasını, Na iyon alımının sınırlandırılması ve K, Mg, Ca ve Mg seviyelerinde artışa imkan vermiştir. Bununla birlikte uygulamalar ile fenolik ve flavanoid madde miktarında artış belirlenmiştir (Nauman *et al.* 2025).

2.3 Tuz Stresine Toleransın Sağlanmasında Humik Asitin Etkisi

Humik maddeler; humik asitler, fulvik asitler ve hüminleri kapsamakta olup özellikle son 20 yıllık süreçte artan şekilde ilgi görmektedir. Toprağa doğrudan uygulandığı gibi sıvı formülasyon şeklinde yapraktan da uygulanabilmektedir (Malik *et al.* 2021). Humik maddeler, moleküler ağırlıklarına ve çözünürlüklerine göre sınıflandırılan heterojen bileşikler olup; bazik ortamda çözünen humik asitler, alkali ve asidik ortamda çözünen fulvik asitler ve topraktan çıkarılamayan huminler olarak sınıflandırılmaktadır (Berbara and García 2014, González-Morales *et al.* 2021). Hümat, %30-50 oranında humik asit içeren ve pH değeri 5 ile 7 arasında değişen bir maddedir. Makro ve mikro besin elementleri bakımından zengin olup, %30-50 arasında nem içerir. Kurutma işlemi ile nem oranı %15-20 seviyelerine düşürülebilir ve 0-3 mm boyutlarında öğütülerek kullanılabilir.

Humik maddeler, farklı ortamlardaki çözünürlüklerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu maddelerin önemli bir bileşeni olan humik asitler, toprağın fiziksel yapısını ve dokusunu iyileştirir. Bitkilerin humik maddelere verdiği tepkiler; humik asitlerin kaynağına, konsantrasyonuna, uygulanma şekline ve bitkinin gelişim evresine bağlı olarak farklılık gösterebilir (Jindo *et al.* 2020). Humik asitler, toprağın solunum kapasitesini ve su tutma yeteneğini artırır, tohum çimlenme oranını yükseltir ve mikroflora popülasyonunun gelişimini destekleyerek kolonileşmeleri için alan sağlar. Ayrıca, topraktaki su buharlaşmasını azaltır ve organik madde miktarını artırır. Makro ve mikro besin elementlerinin (N, P, K, Mg, Ca, Zn, Fe, Cu, Mn, B vb.) bitki kök bölgesinden uzaklaşmasını engelleyerek alımını kolaylaştırır. Bu elementleri bitkiler için alınabilir forma dönüştürerek, besin maddelerinin verimliliğini en üst düzeye çıkarır. Humik asitler, toprak pH'sını düzenleyerek asidik ve bazik toprakları nötr seviyeye getirme özelliğine sahiptir. Araştırmalar, humik asitlerin uygun konsantrasyonlarda uygulandığında bitki büyümesi ve gelişimini teşvik ettiğini göstermektedir. Bu asitlerin, bitkilerde hücre zarının geçirgenliğini artırarak besin maddelerinin alımını kolaylaştırdığı ve hormon benzeri etkileri sayesinde bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Shaaban *et al.* 2013, Kuşvuran ve ark. 2021, Kuşvuran and Ellilatioğlu 2021).

Aydın *et al.* (2012) fasulyede farklı tuz kaynakları (sodyum klorid, sodyum sülfat, kalsiyum klorid, kalsiyum sülfat, potasyum klorid, potasyum sülfat, magnezyum klorid, magnezyum sülfat) ve dozları (0, 30, 60 ve 12 mM) ile oluşturmuş oldukları tuz ortamında fasulyede 3 farklı dozdaki humik asit (0, 0.05 ve 0.1% w/w) uygulamalarının etkilerini incelemişlerdir. 120 mM tuz uygulaması kontrol bitkilerinde ölümlere neden olurken; humik asit uygulamaların bitki ölümleri engellenebilmiştir. Tuz stresi ile birlikte klorofil ve nitrat içeriğinde azalmalar meydana gelmiştir. Yine tuz uygulamaları bitki biomas değerlerinde önemli azalmalara yol açmış, ancak humik asit uygulamaları ile bu olumsuz etki azaltılmıştır. Araştırmacılar elde ettikleri bulgular doğrultusunda humik asitin tuz stresinin yol açtığı olumsuzlukları önemli düzeyde engelleyerek bitki gelişimine olumlu etkiler sunduğunu ortaya koymuşlardır (Aydın *et al.* 2012).

Palumbo *et al.* (2018) kentsel katı atıklar ve zeytinin işlenmesi esnasında su filtrelerinden ekstrakte edilen humik asidin; bitki büyümesini, enzim aktivitelerini ve besin elementi taşınımını iyileştirmek için mısır (*Zea mays* L.)’da güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Humik asit kökenli biyostimülantların sadece toprak yapısı ile sınırlı kalmayıp aynı zamanda toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de iyileştirdiği (Garcia *et al.* 2012), tuzlu koşullarda hücre turgorunu ve su emilimini düzenleyerek ozmotik potansiyeli ayarlama kapasitesi üzerinde de etkide bulunduğu (de Oliveira *et al.* 2016) ve özellikle tuz stresi başta olmak üzere çevresel stres koşulları altında bitkilerde koruyucu rolü olduğu kabul edilmektedir (de Neta *et al.* 2018). Yapraktan humik asit uygulamasının, fasulyede prolin sentezini artırdığı ve membran sızıntısını azalttığı (Azevedo and Lia, 2011), ayrıca ROS salınımını azaltarak ve antioksidan savunma mekanizmasını aktive ederek koruyucu rol oynadığı belirlenmiştir. Bu enzimler, kuraklık ve tuzluluk stresi koşulları altında üretilen oksijenin serbest radikallerinin zararlı etkisini gidermektedirler (Bulgari *et al.* 2019).

Dikilitaş ve Dikilitaş (2021) çilekte tuz ve HA uygulamasının vitamin C ve likopen gibi kalite parametrelerini artırdığını; Burhan ve Al-Taey (2018) dereotunda, Kuşvuran and Ellialtıoğlu (2021) rokada gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında humik asit uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltma yönünden etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

ElFayomy *et al.* (2021) marulda dört tuz stres düzeyi (kontrol, 400, 800 ve 1200 mg/l) ve humik asit oranlarının (0, 100, 200 ve 400 mg/l) etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, 400 mg/l’de humik asit oranının artmasıyla verim ve bileşenlerinin (baş çapı, baş taze ağırlığı, baş kuru ağırlığı ve verim/besleme) kademeli olarak arttığını, yapraklarda NPK içeriğinin, toplam karbonhidrat yüzdesinin ve C vitamini içeriğinin arttığı görülmüştür. Tuzluluk uygulamaları tüm verim ve bileşenlerini önemli ölçüde azaltırken, 1200 mg/l sodyum klorür uygulaması baş çapı, baş taze ağırlığı, baş kuru ağırlığı ve verim/besleme üzerinde olumsuz etkiye neden olmuş, marulda biyokimyasal bileşimi (N, P, K, Ca, Mg ve Na), toplam karbonhidrat yüzdesi ve C vitamini içeriğinde önemli düzeyde azalmaya neden olmuştur.

Farklı tuzluluk seviyelerinde humik asit ve mikoriza uygulamalarının, marul (*Lactuca sativa* var. capitata L. 'Calmar')'ın büyümesi ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, dört tuzluluk seviyesi (musluk suyu, 2.0, 4.0 ve 6.0 mS/cm) arasındaki kombinasyonlardan oluşan 24 uygulamayı ve kontrol uygulaması olarak saf suya ek olarak beş uygulama (mikoriza), (1.5 g / L humik asit), (3.0 g / L humik asit), (1.5 g / L humik asit + mikoriza), (3.0 g / L humik asit + mikoriza) yer almıştır. Bitki büyüme parametreleri artan tuzluluk seviyeleriyle azalmış, humik asit ve/veya mikoriza uygulaması, kontrol uygulamasına oranla tüm parametrelerde iyileştirmede önemli etki göstermiştir. 3,0 g/L humik asit + mikoriza uygulaması, diğer uygulamalara oranla yaprak sayısı, baş ağırlığı, toplam taze ağırlık, baş kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök taze ağırlığı, kök kuru ağırlığı, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, protein, toplam klorofil ve potasyum/sodyum oranı açısından en yüksek ortalama değerleri göstermiş ve sodyum içerikleri azalmıştır. Çalışma sonucunda, humik asit ve mikoriza arasındaki kombinasyonun marul bitkilerinin büyümesini artırmak ve tuzluluğun zararlı etkisini en aza indirmek için etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Moubarak *et al.* 2022).

Tuzluluk stresinin, dünya çapında ürün verimi ve ürün kalitesi için önemli bir tehdit oluşturduğunu belirten Amerian *et al.* (2024) humik asit biyostimülanın uygulanması ve dayanıklı anaçlara aşılama yönetiminin, tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini etkili bir şekilde iyileştirebilen sürdürülebilir tarımsal uygulamalar olarak kabul edildiğini ifade etmiştir. Araştırmacıların hıyarda gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında, üç farklı tuzluluk seviyesi (0, 5 ve 10 dS m⁻¹ NaCl), üç seviyede (0, 100 ve 200 mg L⁻¹) yapraktan humik asit uygulaması ve hem aşılansız hem de aşılansız bitkiler değerlendirilmiştir. Bitki boyu, taze ve kuru ağırlık ve yaprak sayısı dahil olmak üzere vejetatif özellikler, artan tuzluluk stresi altında önemli bir azalma göstermiş ancak humik asidin her iki seviyede uygulanması, kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında bu etkileri hafifletmiştir. Tuzluluğun neden olduğu yaprak su içeriğindeki azalma (RWC), humik asit uygulaması ve aşılama ile sınırlanmış böylece, en yüksek RWC (%86,65), 0 dS m⁻¹ NaCl ve 20 mg L⁻¹ humik asit içeren bitkilere aşılama gözlenmiştir. Elektrolit sızıntısı (EL) tuzluluk stresi altında artmış, ancak humik asit uygulaması ve aşılama ile azalmıştır. Antioksidan enzim aktiviteleri, prolin içeriği, fenolik asitler ve fenilalanin amonyak liyaz (PAL) ve polifenol oksidaz (PPO) enzimleri artan tuzluluk ve humik asit seviyeleriyle birlikte

artmıştır. Humik asidin aksine, tuz stresi aşılanmamış hıyar bitkilerinin kök ve yapraklarında sodyum (Na) ve klor (Cl) miktarını artırmış ve potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) miktarını azaltmıştır. Ancak, 200 mg L⁻¹ humik asit uygulamasının bu etkileri hafiflettiği görülmüştür. Çalışma sonucunda tuzluluk stresine maruz kalan hıyar bitkilerinin fizyolojik süreçlerini düzenlemede ve büyümesini iyileştirmede potansiyel bir rol oynayabileceği belirtilmiştir (Amerian *et al.* 2024).

2.4 Tuz Stresine Toleransın Sağlanmasında Vermikompostun Etkisi

Solucan gübresi üretiminde genellikle *Humbricus rubellis*, *Eisenia foetida* ve *Dendrobena veneta* türleri yetiştirilmektedir. Bu solucan türleri, organik gübreler ve bitkisel atıklarla (ağaç kabukları, yapraklar, saman, sebze ve meyve artıkları) beslenir. Organik materyalin solucanların sindirim sisteminden geçerek dönüştürülmesi sonucunda yüksek değerli bir gübre elde edilir. Bu gübre, organik kompostlaşma süreci ile oluştuğu için Biohumus veya Vermikompost olarak adlandırılmaktadır (Bidabadi *et al.* 2017). Solucan gübresinin yüksek değerli olmasının temel nedenleri, bitki besin elementlerini çözülmüş ve bitkiler tarafından hemen kullanılabilir bir formda içermesi, bitki gelişimi için kritik öneme sahip organik bileşikler ve yararlı mikroorganizmaları (bakteri, fungus vb.) barındırmasıdır. Solucanların sindirim sisteminden geçen organik atıklardaki mikro besin elementleri, doğal bir şekilde sabitlenerek dışarı atılır ve koloidal formda oldukları için toprakta kayba uğramadan bitkiler tarafından kolayca alınabilir hale gelir. Ayrıca bu gübre, amino asitler, enzimler, humik ve fulvik asitler gibi bitki gelişimini hızlandıran organik bileşikler içerir. Bu özellikleri sayesinde bitkilere uygulandığında fitohormon aktivitelerini artırır ve bitkilerin hastalıklara karşı direncini yükseltir. Biohumus, simbiyotik azot bağlayan *Rhizobium* bakterileri ile asimbiyotik azot bağlayan diğer bakterileri de içerir. Bu özellik, toprağa uygulandığında azot kazanımını artırır. Tüm bu avantajlarıyla solucan gübresi, biyolojik bir gübre materyali olarak değerlendirilmektedir. Üretimi ve pazarlaması yaygınlaşmış olan bu gübre, sera ve tarla koşullarında yapılan çeşitli araştırmalarda incelenmiştir. Elde edilen bulgular, vermikompostun besin elementi alımını artırdığını, bitki gelişim hızını teşvik ettiğini ve ürün verimini yükselttiğini göstermiştir (Sallaku *et al.* 2009, Chinsamy *et al.* 2013, Durukan *et al.* 2020, Demir ve Kıran 2020).

Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Light Red Kidney) bazı morfolojik ve fizyolojik özellikleri ile mineral element konsantrasyonları üzerine vermikompost ve tuzluluk etkileşimlerinin incelendiği çalışmada, 0:100; 10:90; 25:75; 50:50 ve 75:25 olmak üzere beş farklı vermikompost ve kum oranı ile dört tuzluluk seviyesi [20, 40, 60 ve 80 mmol l⁻¹ sodyum klorür (NaCl)] değerlendirilmiştir. Vermikompost stres ve stressiz koşullarda incelenen tüm özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, yaprak ve kök dokularında fotosentez hızını ve potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırdığı, 20, 40 ve 60 mmol l⁻¹NaCl tuzluluk seviyelerinde, tüm vermikompost oranları ve 80 mmol l⁻¹NaCl'de %10 ve %75 vermikompost oranları, tuzluluğun olumsuz etkilerini önemli ölçüde iyileştirdiği rapor edilmiştir (Beykhhormizi *et al.* 2016).

Domateste (*Solanum lycopersicum* L.) tuz stresi (125 mM NaCl') ve vermikompostun (VCL- 18 mL.L⁻¹) mineral madde içeriği, kök, genç ve yaşlı yapraklarda su ve hormonal durum incelenmiştir. VCL bitki büyümesini iyileştirmiş ve tuz stresi altındaki bitkilerde Na birikimi azalmıştır. Etilen sentezinde azalma ve prolin ve antosiyanin içeriğinde artış yoluyla genç yapraklarda yaşlanmayı geciktirdi. VCL yüksek miktarda salisilik asit, benzoik asit ve aminosiklopropan karboksilik asit (ACC) içerirken düşük konsantrasyonlarda jasmonatlar, sitokininler ve prolin içerir. VCL, tuz stresi altındaki bitkilerde absisik asit içeriğini artırmamış ve ACC birikimine yol açmamış, ancak jasmonat birikimini artırmış ve yaşlı yapraklarda dihidrozeatin tiplerinde ve genç yapraklarda N6-(Δ2-izopentenil)adenin tiplerinde artışla sitokinin profili modelini değiştirmiştir. VCL, ekzojen hormonal bileşiklerin pasif emilimi yerine endojen fitohormonlar üzerindeki etkisiyle ilişkili olan tuzluluğun yaprak senesansı üzerindeki etkisini azaltmıştır (Benazzouk *et al.* 2020).

Demir ve Kıran (2020), tuz stresine (SS) maruz kalan kıvırcık salata bitkisi (*Lactuca sativa* var. *crispa*) üzerinde vermikompostun (V) makro ve mikro besin elementlerine olan etkisini inceledikleri çalışmada, farklı V dozlarını ve tuz stres seviyelerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada kullanılan V dozları; 0 (V0), %2.5 (V1) ve %5 (V2) (w/w) olarak belirlenirken, tuz stres seviyeleri ise kontrol (SS0) (0 dS m⁻¹ NaCl), orta derecede tuz stresi (SS4) (4 dS m⁻¹ NaCl) ve şiddetli tuz stresi (SS8) (8 dS m⁻¹ NaCl)

şeklinde uygulanmıştır. Orta ve şiddetli tuz stresinin, bitkilerin P, K, Mg, Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarını kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde azalttığı, buna karşılık N ve Na konsantrasyonlarını artırdığı tespit edilmiştir. Vermikompost uygulamaları sonucunda Na seviyesinin düştüğü, diğer mineral element içeriklerinin ise anlamlı derecede arttığı görülmüştür. Bu artışların en etkili olduğu uygulama, %5 V dozu ile elde edilmiştir. SS x V etkileşiminin, N, P, Mg, Na, Fe, Mn ve Zn elementleri açısından istatistiksel olarak önemli bir etki gösterdiği; ancak K, Ca ve Cu elementleri için bu etkinin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, tuzluluk sorunu bulunan alanlarda vermikompost uygulamalarının, tuzun bitki üzerindeki toksik etkilerini azaltabileceği ve besin elementlerinin alımında oluşan dengesizlikleri iyileştirmeye yardımcı olabileceği ifade edilmiştir.

Kıran (2019), marulda (*Lactuca sativa* var. *crispa*) in etkisini azaltmada vermikompostun (VC) tuz stresi üzerindeki etkisini incelediği çalışmada, farklı VC konsantrasyonları (toprak-w/w ağırlık bazında %0, 2,5 ve %5 VC) ve tuz stresi uygulamaları (4 ve 8 dS m⁻¹ NaCl seviyeleri) uygulamıştır. Tuz stresi altında, sürgün boyu, yaprak oransal su içeriği (RWC), stoma iletkenliği (gs), klorofil a (Chla) içeriği azalırken, elektrolit sızıntısı (EL), malondialdehit (MDA) içeriği, süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) aktiviteleri stresin şiddetine paralel olarak önemli ölçüde artmıştır. Tuzluluk stresi altındaki VC, yaprak dokularındaki RWC, gs ve Chla, Chlt ve karotenoid içeriklerini önemli ölçüde artırmış; ancak, MDA ve EL içeriklerinde azalma kaydedilmiştir. Araştırmada, NaCl'nin tüm seviyelerinde, VC'nin %5 oranı tuzluluğun olumsuz etkilerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Tuzlu toprakta yetiştirilen domatesin verimi ve kalitesi üzerinde vermikompost uygulamasının etkisinin araştırıldığı çalışmada, toprağın kimyasal özellikleri, verim, C vitamini, organik asit, SÇKM oranı incelenmiş; verim tuz stresi altında vermikompost uygulaması ile %65,2 oranında arttığı belirlenmiştir. Tuz stresi olmayan duruma kıyasla, C vitamini, organik asit, SÇKM ve nitrat içerikleri tuz stresi altında (2 g NaCl·kg⁻¹ toprak) sırasıyla %26,55, %40,59, %46,31 ve %35,08 artmıştır. Bu artış vermikompost uygulamasında ön plana çıkmıştır. Sonuç olarak, vermikompost fotosentetik kapasiteyi iyileştirerek ve meyveye karbonhidrat taşınmasını teşvik ederek tuz stresinin olumsuz

etkisini hafifletmiş ve domates verimini ve meyve kalitesini iyileştirmiştir (Wu *et al.* 2023).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

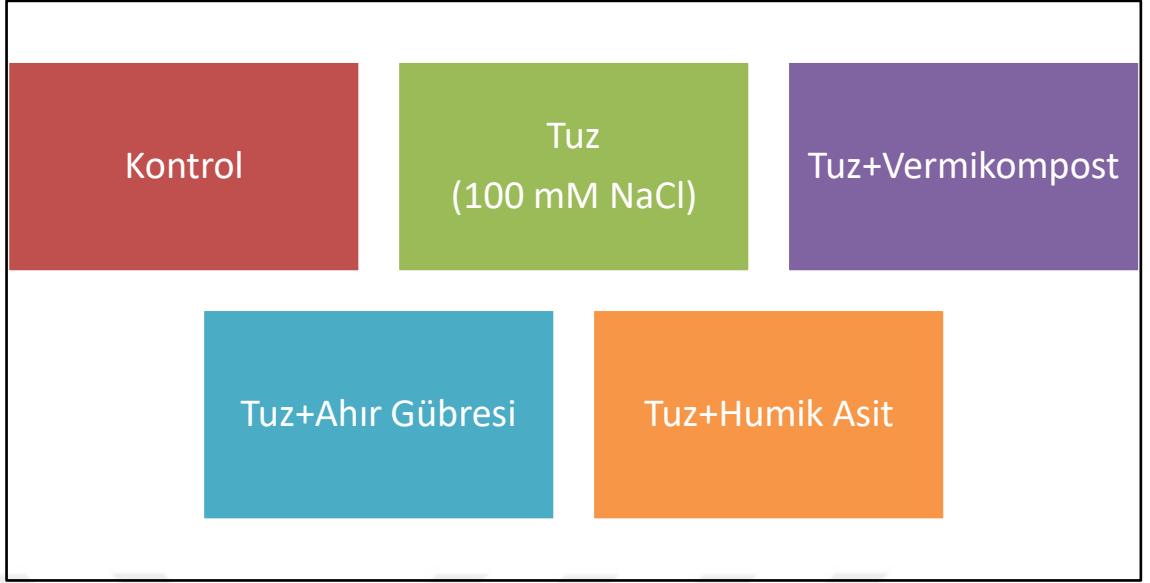
Araştırmada, Caipira (Şakira) kıvrırcık marul çeşidi (Batavia tipi) yer almıştır

3.2 Yöntem

Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu araştırma ve uygulama serası ile laboratuvarında yürütülen bu çalışmada, marul fideleri özel bir fide firmasından temin edilmiştir. Fideler, her biri 12 litre hacme sahip ve torf:perlit (2:1) karışımı içeren plastik saksılara, her saksıya 3 bitki olacak şekilde şaşırtılmıştır. Şaşırtma işlemi sonrasında, bitkiler standart besin çözeltisi kullanılarak sulanmıştır. Çalışma, stres ve kontrol uygulamaları için 3 tekrarlı olarak planlanmıştır.

3.2.1 Stres uygulamaları

Fideler saksılara şaşırtıldıktan 24 gün sonra tuz stresi uygulamalarına başlanmıştır. Bu çalışmada, organik madde olarak ahır gübresi, vermikompost ve humik asit gibi farklı organik maddelerin tuz stresi koşullarındaki etkinliği araştırılmıştır (Şekil 1). Saksı kültüründe yapılan denemede ise 5 farklı uygulama incelenmiştir. Bu deneme, organik maddelerin bitkilerin tuz stresine karşı toleransını nasıl etkilediğini belirlemeyi amaçlamaktadır.



Şekil 3.1 Çalışmada yer alan uygulamalar

Çalışma, torf: perlit karışımı içeren saksılarda, kontrol saksılarına herhangi bir uygulama yapılmamış sadece bitkilerin düzenli büyümesini sağlayacak sulama ve bakım işlemleri gerçekleştirilmiş, kontrol bitkileri ise standart besin solüsyonu ile sulanmaya devam edilmiştir. Tuz stresi için ise 100 mM NaCl uygulaması yapılmıştır. Organik gübre uygulamaları Kusvuran and Ellialtıoğlu (2021) göre yapılmıştır. Buna göre;

- Tuz+solucan gübresi uygulamasında için saksıya 13.6 gr/saksı;
- Ahır gübresi için saksıya 136 gr/saksı;
- Humik asit için saksıya 100 ppm/saksı olacak şekilde hazırlanarak torf: perlit karışımı ile karıştırılmıştır (Kusvuran and Ellialtıoğlu 2021).

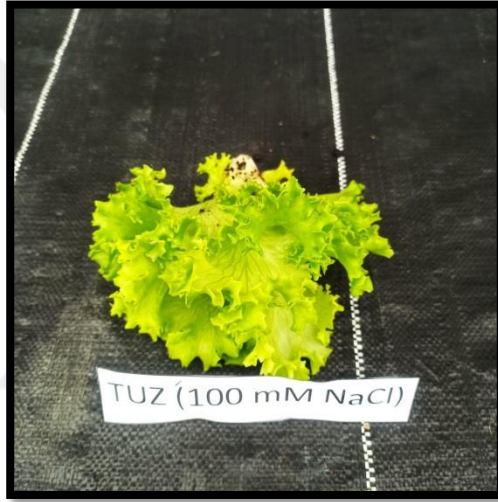
Sulamada, “drenaj çözültisi/uygulanan çözültisi” oranı temel alınmıştır (Schröder and Lieth 2002). Günlük olarak drenaj seviyeleri ölçülmüş ve bu oran, deneme süresi boyunca bitkilerin büyüme durumuna göre yaklaşık %30 seviyesinde tutulmuştur. Çalışma, stres ve kontrol uygulamaları için 3 tekrarlı olarak düzenlenmiştir. Stres uygulama süresinin sonunda, bitkiler sökülüş ve aşağıda belirtilen ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2 Marul fidelerinin dikimi



Şekil 3.3 Marulda bitki gelişimi



Şekil 3.4 Marulda farklı organik gübre uygulamalarının etkileri

3.2.2 Ölçüm ve analizler

Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıklar

Marulda gerçekleştirilen çalışmada, stres uygulamasından yirmi gün sonra bitkiler hasat edilmiş ve yaş ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Ardından, bitkiler 65 °C etüvde 48 saat süreyle kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Bitki boyu

Marulda bitki boyu metre yardımıyla cm cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.5).

Çevre ve taç genişliği (cm)

Bitkilerde çevresi ve taç genişliği metre yardımıyla cm cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.5).

Kök boğazı çapı (mm)

Kök boğazı, kökün hemen üzerinde yaprakların çıktığı gövdenin genişliği kumpas ile mm olarak ölçülmüştür.

Yaprak alanı

Yaprak alanı (CI BIO Science CI 202) yaprak alan ölçer cihazı ile cm^2/bitki olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.5 Marulda hasat sonrası ölçümlerin gerçekleştirilmesi

Yaprak oransal su içeriği

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ölçümü, tuz stresi uygulamaları altındaki marul bitkilerinin su dengesinin değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Sanchez *et al.* (2004) ve Türkan *et al.* (2005) tarafından önerilen yöntemle, stres uygulamasından on yedi gün sonra bitkiler hasat edilip, taze ağırlıkları kaydedilerek YOSİ hesaplamaları yapılmıştır. Yaprak örnekleri, etüvde kurutulmuş ve ardından kuru ağırlıkları gram cinsinden belirlenmiştir.

Toplam verim (kg/m²)

Her uygulama için hasat edilen bitkilerin tartılması ile toplam verim değerleri elde edilmiştir.

Klorofil (SPAD)

Bitkilerde klorofil değeri Minolta marka klorofilmetre ile ölçölmüřtür.

Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı

Marulda suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı ölçümü, yeni hasat edilen taze marul yapraklarında yapılmıştır. Marul yaprakları ezilip süzölmesi ile elde edilen suyunda suda çözünen kuru madde miktarı, refraktometre kullanılarak % (Briks°) olarak belirlenmiştir.

İyon içerikleri

İyon içeriklerinin belirlenmesinde, Dasgan and Koc (2009) tarafından önerilen yöntem izlenmiştir. Bitki yeşil aksamının klor konsantrasyonunun belirlenmesi ise Nielsen (2017) yöntemine ve Mohr metodu ile gerçekleştirilmiştir.

3.3 Verilerin Değerlendirilmesi

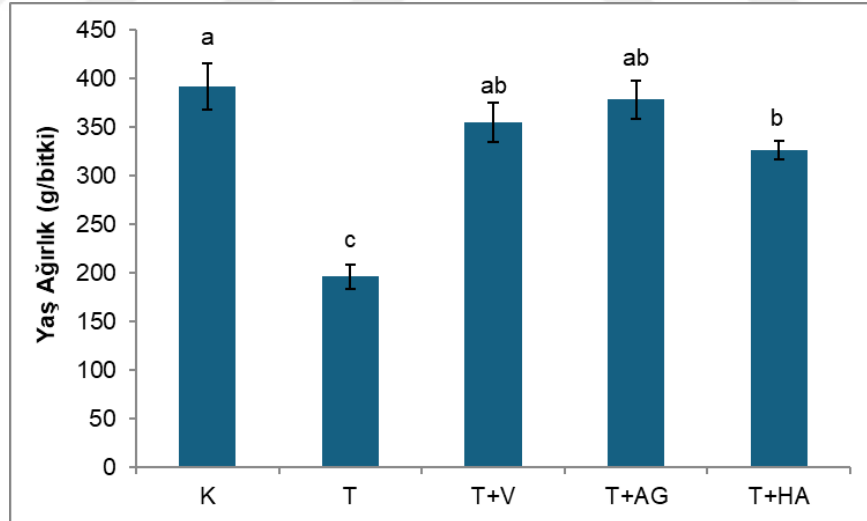
Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlamalı ve her tekrarda üç bitki olacak şekilde düzenlenmiştir. Verilerin istatistiksel analizinde, JMP (versiyon 8.0) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar, LSD testine ($p \leq 0.05$) göre gruplandırılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

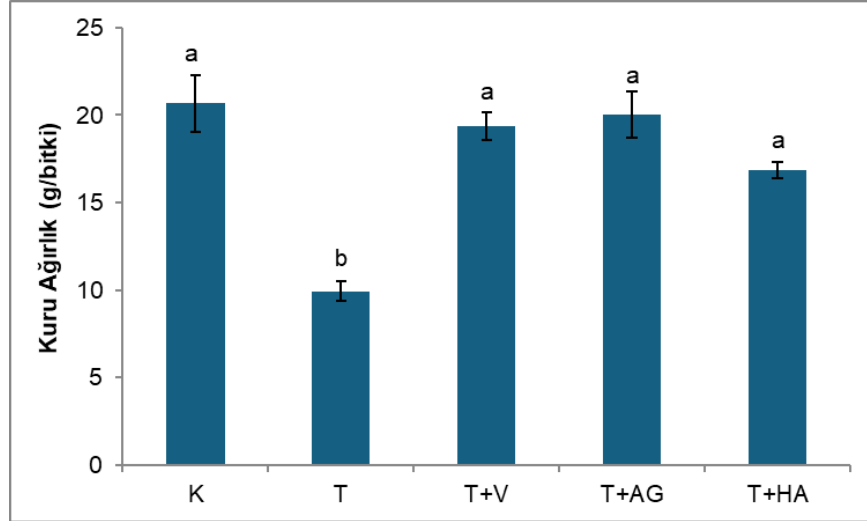
Marulda, organik madde uygulamalarının tuza toleransın sağlanması yönündeki etkinliğinin incelendiği çalışmada elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

4.1 Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Tuz stresi marulda kontrol bitkilerinde yaş ve kuru ağırlık değerleri azalmış, kontrol bitkilerine oranla yaş ağırlıkta %50, kuru ağırlıkta ise %52 düzeyinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.1. ve Şekil 4.2). Organik madde uygulamalarında ise yaş ağırlık bakımından azalma T+V’de %9, T+AG uygulamasında %3 ve T+HA uygulamasında %17 düzeyinde gerçekleşmiştir. Kuru ağırlık bakımından ise T+V uygulamasında %6, T+AG uygulamasında %3, T+HA uygulamasında ise %19 oranından meydana gelmiştir. Yaş ağırlık değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %66-93; kuru ağırlık değerlerinde ise %70-101 oranında iyileşme sağlanmıştır.



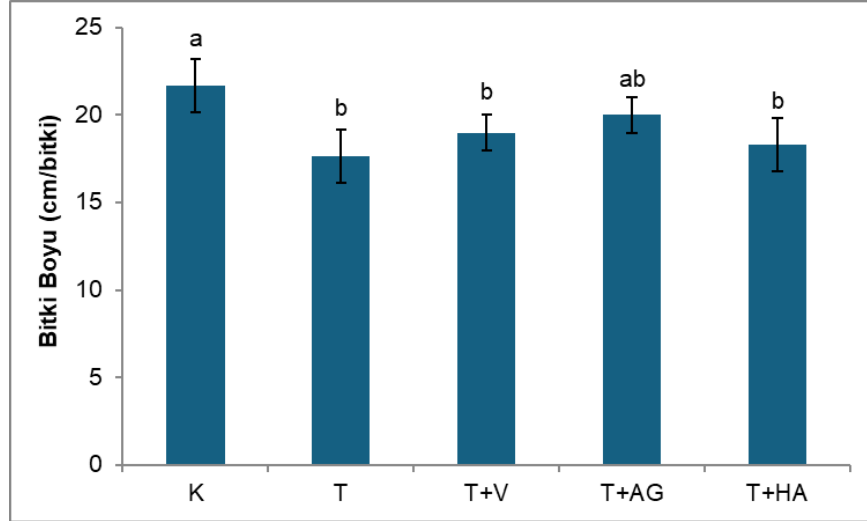
Şekil 4.1. Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının yaş ağırlık üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)



Şekil 4.2 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının kuru ağırlık üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.2 Bitki Boyu

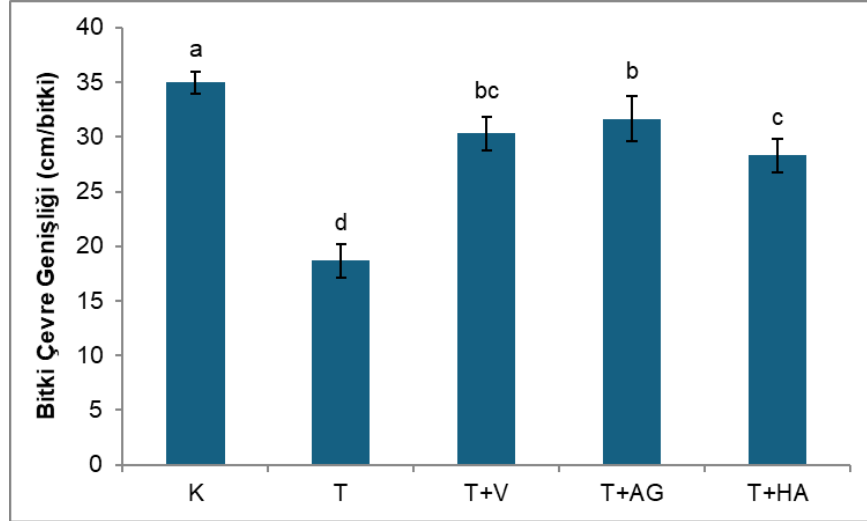
Bitki boyu bakımından meydana gelen değişimler Şekil 3'te gösterilmiştir. En yüksek bitki boyu kontrol bitkilerinde 21,67 cm/bitki olarak belirlenmiştir. Tuz stresi marulda bitki boyu değerlerinde azalmaya yol açmıştır. Bu azalma kontrol bitkilerine oranla %19 düzeyinde gerçekleşmiştir. Organik madde uygulamalarında ise bitki boyu bakımından azalma T+V'de %12, T+AG uygulamasında %8 ve T+HA uygulamasında %18 düzeyinde gerçekleşmiştir. Bitki boyu değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %4-13 oranında iyileşme sağlanmıştır.



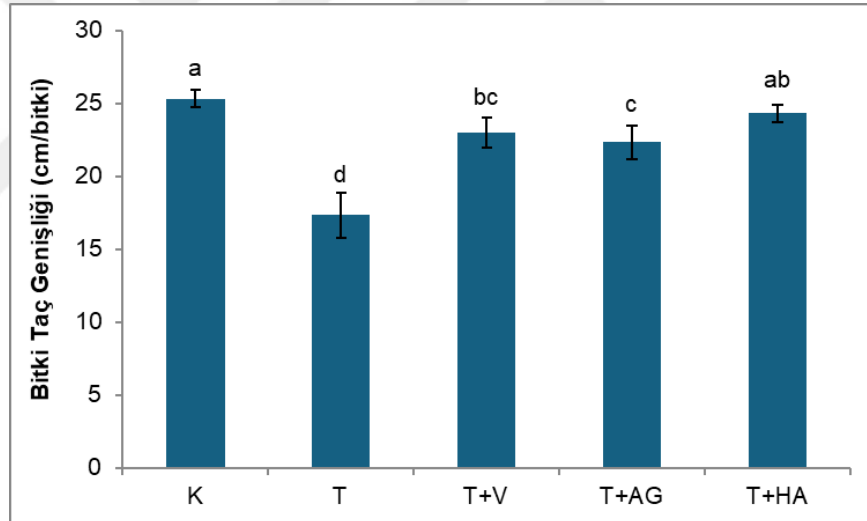
Şekil 4.3 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının bitki boyu üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.3 Bitkilerin Çevre ve Taç Genişliği

NaCl uygulaması marulda çevre ve taç genişliği bakımından tuz stresine maruz bırakılmayan kontrol bitkilerine oranla azalmaya yol açmıştır. Bu azalma kontrol bitkilerine oranla çevre genişliğinde 18,67 cm ile %47; taç genişliğinde ise 17,33 cm ile %32 düzeyinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Organik madde uygulamalarında ise çevre genişliği bakımından azalma T+V’de %13, T+AG uygulamasında %10 ve T+HA uygulamasında %19 düzeyinde gerçekleşmiştir. Taç genişliği bakımından ise T+V uygulamasında %9, T+AG uygulamasında %12, T+HA uygulamasında ise %4 oranından meydana gelmiştir. Çevre genişliği değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %52-70; taç genişliği değerlerinde ise %29-40 oranında iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.4 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının çevre genişliği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

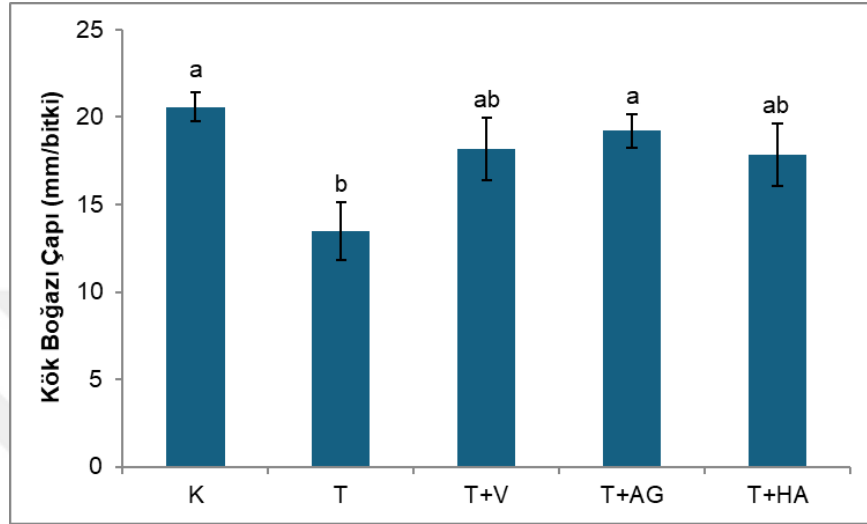


Şekil 4.5 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının taç genişliği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.4 Marul Bitkilerinde Kök Boğazı Çapı

Marulda gerçekleştirilen çalışmada, tuz stresine maruz bırakılmayan kontrol bitkilerinde kök boğazı çapı 20.59 mm/bitki olarak en yüksek değerde belirlenmiştir. Tuz uygulaması (100 mM NaCl) marulda kök boğazı çap değerlerinde azalmaya yol açmıştır. Bu azalma kontrol bitkilerine oranla %34 düzeyinde gerçekleşmiştir. Organik madde

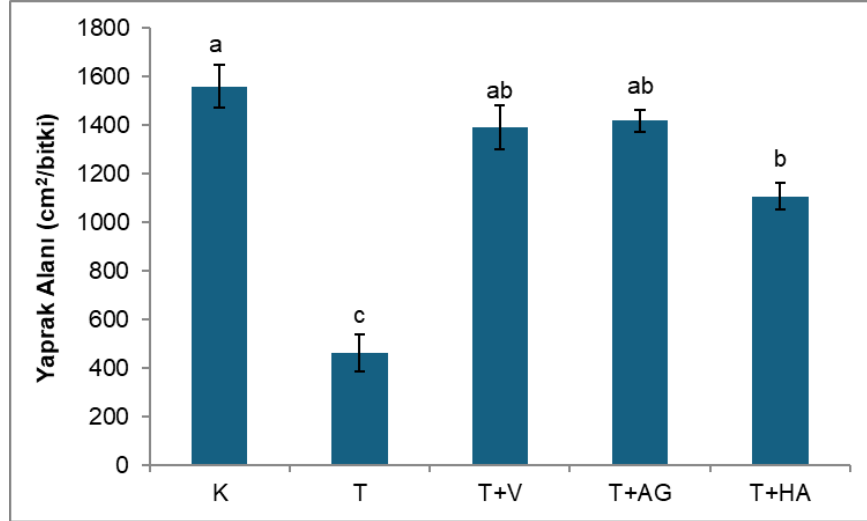
uygulamalarında ise kök boğazı çapı bakımından azalma T+V’de %12, T+AG uygulamasında %7 ve T+HA uygulamasında %14 düzeyinde gerçekleşmiştir. Kök boğazı çapı değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %32-43 oranında iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.6 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının kök boğazı çapı üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.5 Yaprak Alanı

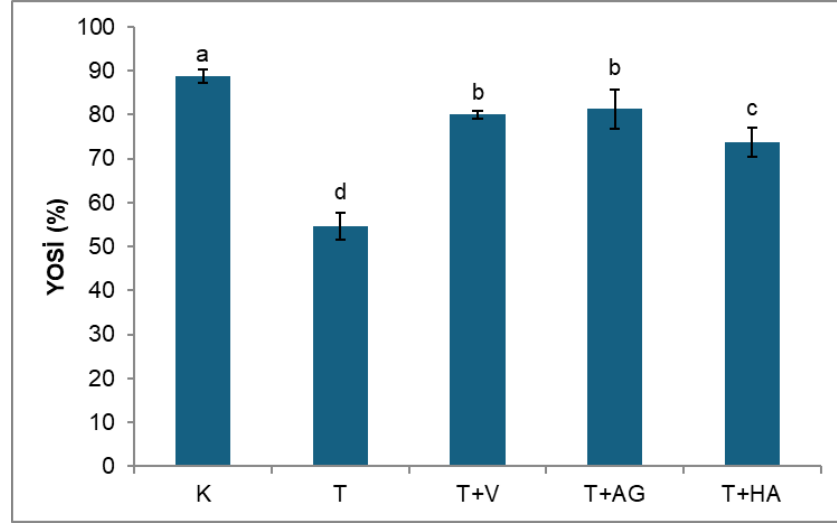
En yüksek yaprak alanı değerleri kontrol bitkilerinde 1558,53 cm²/bitki olarak tespit edilirken; en düşük değerler 100 mM NaCl uygulaması altındaki bitkilerde 460,43 cm²/bitki olarak belirlenmiştir. Tuz stresi yaprak alanında kontrol bitkilerine oranla %71 oranında azalmaya yol açmıştır. Organik madde uygulamalarında ise yaprak alanı bakımından azalma T+V’de %11, T+AG uygulamasında %9 ve T+HA uygulamasında %29 düzeyinde gerçekleşmiştir. Yaprak alanı değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %139-207 oranında iyileşme sağlanmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının yaprak alanı üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.6 Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ)

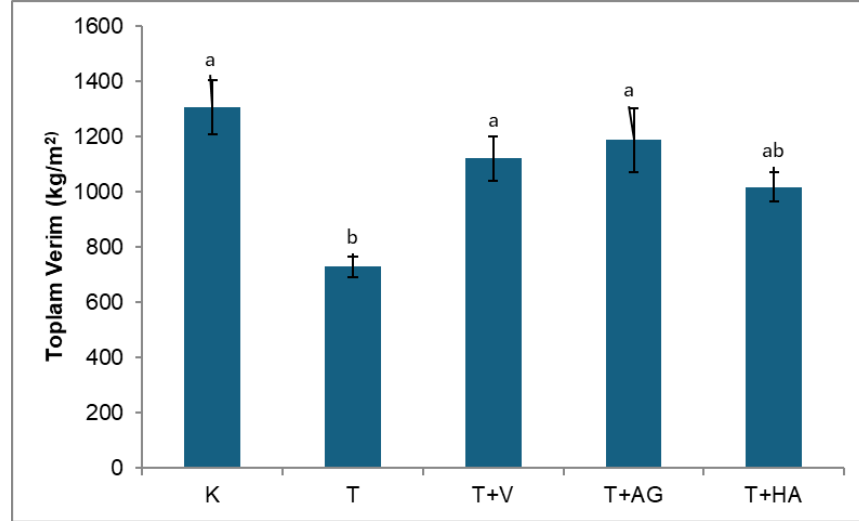
Tuz stresi, marulda YOSİ değerlerinde bir düşüşe sebep olmuştur. Bu düşüş, kontrol bitkilerine kıyasla %38 oranında olmuştur. Organik madde uygulamaları, tuz stresinin olumsuz etkilerini genel olarak hafifletmiştir (Şekil 4.8). Buna göre organik madde uygulamalarında YOSİ bakımından azalma T+V’de %10, T+AG uygulamasında %8 ve T+HA uygulamasında %17 düzeyinde gerçekleşmiştir. YOSİ değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %35-49 oranında iyileşme sağlanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının yaprak oransal su içeriği (YOSİ) üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.7 Toplam Verim

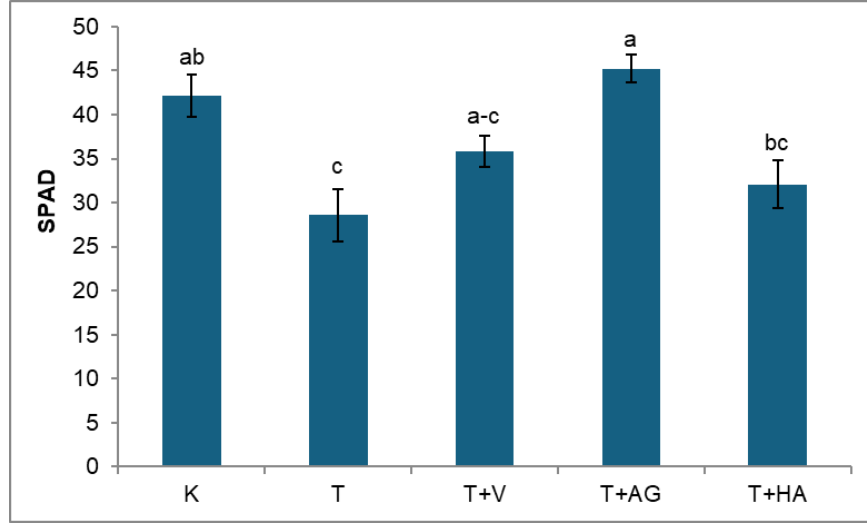
Marulda yapılan çalışmada, tuz stresine maruz kalmayan kontrol bitkilerinde toplam verim 1,3 kg/m² ile en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Tuz stresi, marulda toplam verimde bir düşüşe neden olmuştur. Bu düşüş, kontrol bitkilerine kıyasla %44 oranında (0,7 kg/m²) gerçekleşmiştir (Şekil 4.9). Organik madde uygulamaları, tuz stresinin olumsuz etkisini genel olarak azaltmıştı. Buna göre organik madde uygulamalarında toplam verim bakımından azalma T+V’de %14, T+AG uygulamasında %9 ve T+HA uygulamasında %22 düzeyinde gerçekleşmiştir. Toplam verim değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %40-63 oranında iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.9 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının toplam verim üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.8 SPAD

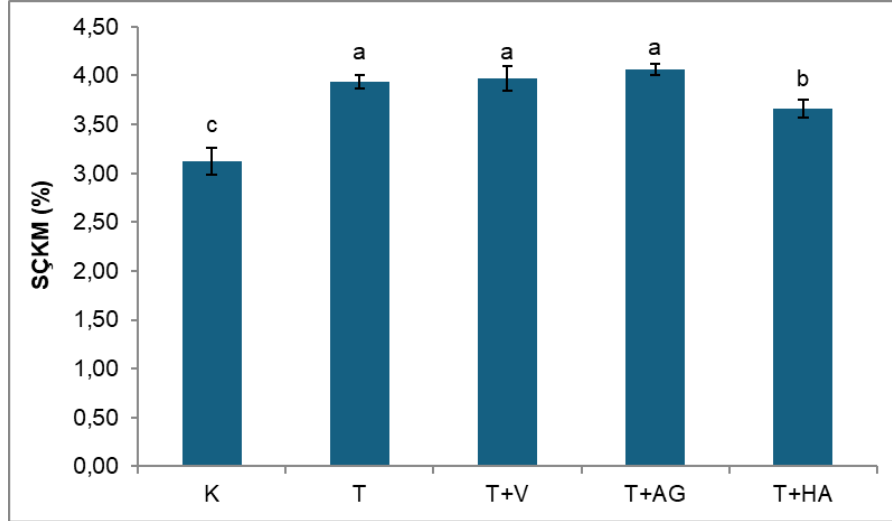
SPAD değerlerinin de belirlendiği çalışmada, tuz stresi koşullarında kontrol bitkilerine oranla SPAD değerinde %26 oranında azalma meydana gelmiştir. Organik gübre uygulamaları bu olumsuzluğu sınırlandırma açısından etkili olmuştur. Bu doğrultuda SPAD derğeri bakımından azalma T+V’de %15, T+HA uygulamasında %24 düzeyinde gerçekleşmiş, T+AG uygulamasında ise kontrol bitkilerine oranla %7 oranında artış meydana gelmiştir. SPAD değerleri incelendiğinde tuz stresi koşullarında organik madde uygulaması ile %12-58 oranında iyileşme sağlanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının SPAD değeri üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.9 SÇKM

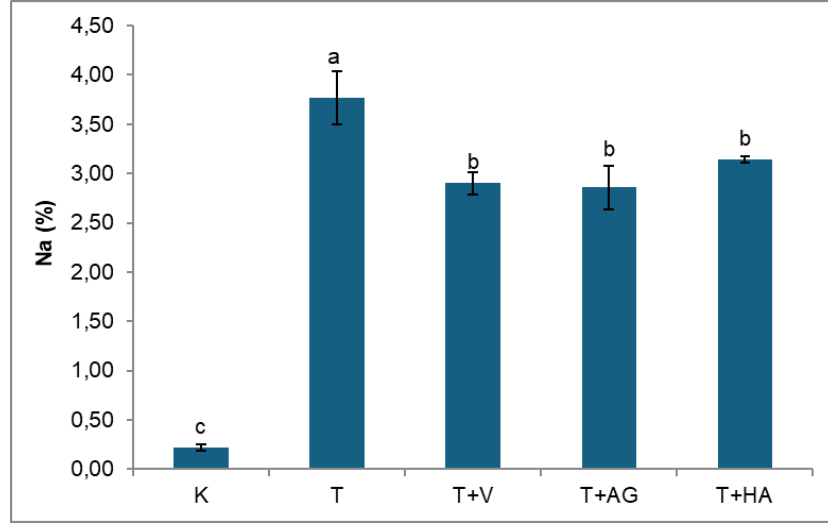
SÇKM, tuz stresi koşullarında organik madde uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde kontrol bitkilerine oranla artış göstermiştir. Bu artış T uygulamasında %26 oranında gerçekleşmiştir. Organik gübre uygulamaları bakımından ise T+V’de %27, T+AG uygulamasında %30 ve T+HA uygulamasında %17 düzeyinde kontrol bitkilerine oranla artış meydana gelmiştir (Şekil 4.11).



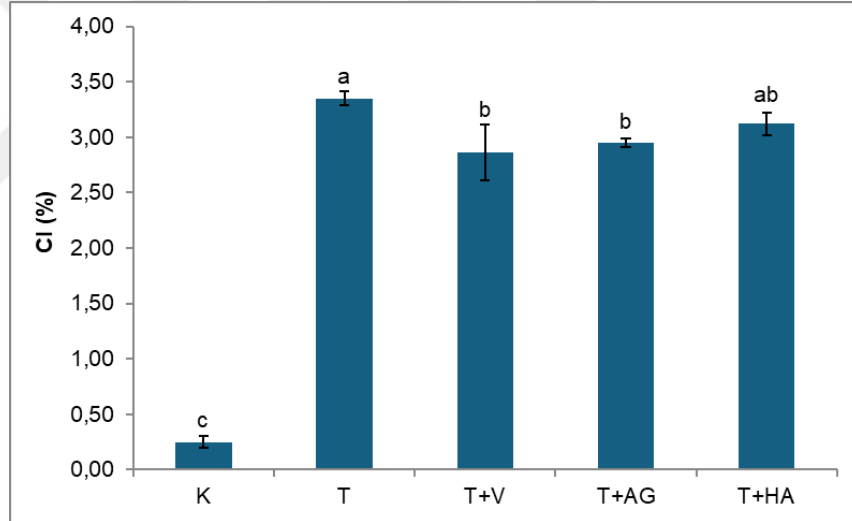
Şekil 4.11 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının SÇKM değeri üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

4.10 İyon İçerikleri

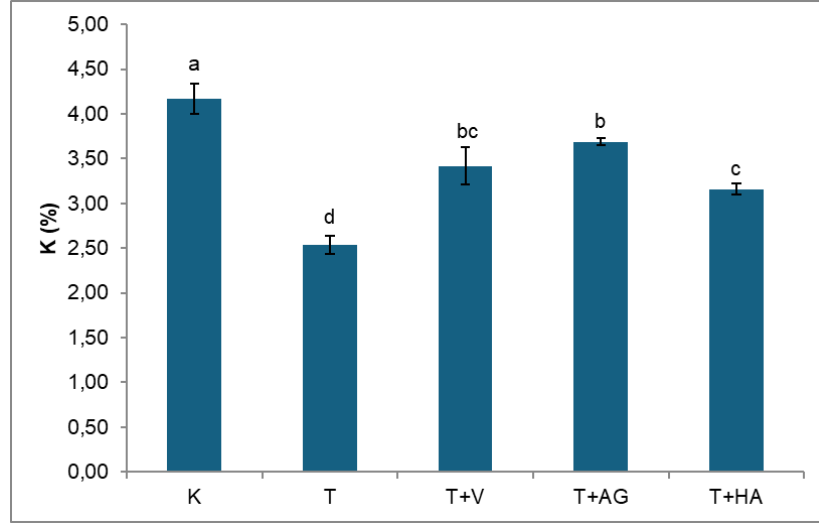
Marulda 100 mM NaCl uygulaması, Na (%1613 artış) ve Cl (%1240 artış) iyon içeriklerinde artışa yol açarken K (%39 azalma) ve Ca (%51 azalma) iyon içeriklerinde değişen oranlarda azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.12-4.15). Organik madde uygulamaları, tuz stresinin olumsuz etkisini genel olarak azaltmıştır. Kontrol bitkilerine oranla Na içeriğinde ortalama olarak %1248; Cl içeriğinde ise %1090 oranında artış meydana gelmiştir. Bununla birlikte K içeriğinde ortalama olarak %18 düzeyinde azalma meydana gelirken bu oran Ca iyon içeriğinde %32 düzeyinde azalma şeklinde kendini göstermiştir. Uygulamalar açısından incelendiğinde T+V uygulamasında Na ve Cl iyonlarında %1218 ve %1044 artış olurken; K ve Ca iyon içeriğinde %18 ve %28 oranında azalma meydana gelmiştir. T+AG uygulamasında Na ve Cl iyonlarında %1200 ve %1080 artış olurken; K ve Ca iyon içeriğinde %12 ve %23 oranında azalma meydana gelmiştir. T+HA uygulamasında ise Na ve Cl iyonlarında %1327 ve %1148 artış olurken; K ve Ca iyon içeriğinde %24 ve %45 oranında azalma meydana gelmiştir. Organik madde uygulamaları genel olarak tuz stresi karşısında Na ve Cl iyon alımının %7-24 oranında sınırlandırılmasında etkili olmuş, K ve Ca iyon içeriği ise %14-58 düzeyinde korunmuştur.



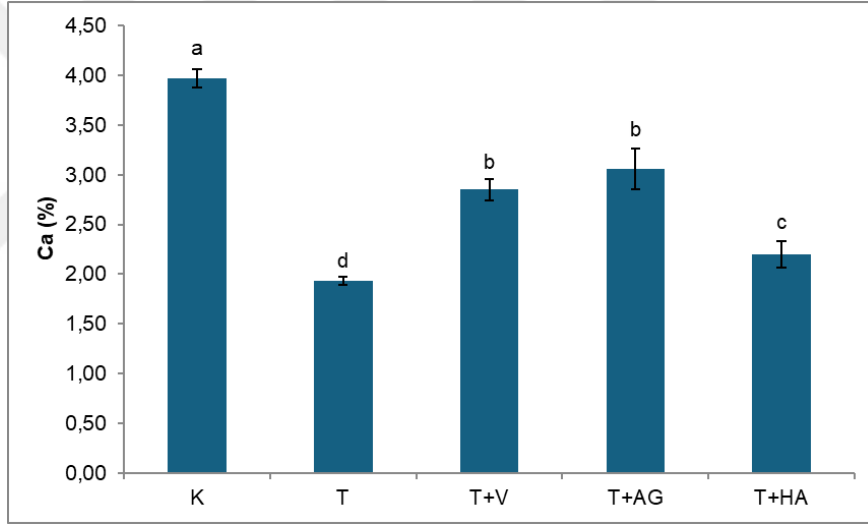
Şekil 4.12 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının Na içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)



Şekil 4.13 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının Cl içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)



Şekil 4.14 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının K içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)



Şekil 4.15 Marulda tuz stresi koşullarında organik madde uygulamalarının Ca içeriği üzerindeki etkisi (T: Tuz; T+V: Vermikompost; T+AG: Ahır Gübresi, T+HA: Humik Asit uygulamaları)

Tuzluluk, bitkilerde morfolojik ve biyokimyasal fonksiyonlar üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Tohum çimlenmesi, bitki büyümesi, gelişimi ve verimi üzerinde zararlı etkiler yaratmaktadır (Zhang and Dai 2019). Ayrıca, klorofil ve karotenoidlerin içeriğini azaltarak, kloroplast yapısını ve PSII sistemini bozar ve bu da fotosentetik sistemlerin etkinliğini kısıtlar (Pan *et al.* 2021). Toprak tuzluluğu, toprak su potansiyeli ve yaprak su potansiyelinde azalmaya yol açarak, bitkilerde su dengesizliklerine ve sonuçta ozmotik strese neden olmaktadır (Navada *et al.* 2020). Sodyum ve klor iyonlarının artışı, ozmotik

stresin ortaya çıkmasına sebep olur. Stres koşulları, bitki büyüme ve gelişmesinde azalmaya, ROS seviyelerinin artmasına ve nihayetinde oksidatif strese yol açmaktadır (Arif *et al.* 2020, Abdel Latef *et al.* 2021).

Marulda organik madde uygulamalarının tuz stresine karşı tolerans üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, 100 mM NaCl uygulaması, yaş ve kuru ağırlık, kök boğazı çapı, bitki çevresi, taç genişliği ve yaprak alanı gibi morfolojik parametrelerde düşüşlere yol açmıştır. Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyen başlıca faktörlerden biri tuz stresidir. Tuz stresini, bitkilerde çeşitli fizyolojik bozukluklara yol açmaktadır. Almodares *et al.* (2008) tarafından belirtilen stres koşullarında, ozmotik etki ve iyon toksisitesinin yanı sıra fotosentez verimliliğinde bir azalma ve besin eksiklikleri görülmektedir. Tuz stresinin etkisiyle toprak su potansiyeli düşer, bu da bitki gelişimini yavaşlatır. Ayrıca, toksik iyonların birikmesi, özellikle hücre duvarı veya sitoplazmada hızla birikerek hücrel zararlar yol açar. Bu süreç, bitkilerin su ve besin alımında bozulmalara neden olarak büyüme ve verimi olumsuz yönde etkiler (Acosta- Matos *et al.* 2017). Marulda tuz stresinin fizyolojik ve biyokimyasal değişimler üzerindeki etkisini inceleyen Garrido *et al.* (2014), stres koşullarında yaş ağırlık, yaprak alanı, yaprak oransal su içeriği gibi fizyolojik parametreler bakımından azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Benzer sonuçlar Ahmed *et al.* (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da vurgulanmış, araştırmacılar stres uygulamasından 21 gün sonra morfolojik ve fizyolojik parametrelerde azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Kuşvuran and Yılmaz (2023), marulda yaptıkları çalışmalarda, tuz stresine bağlı olarak bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarında bir azalma gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Marulda organik madde uygulamaları stresin olumsuz etkisini sınırlandırmış, morfolojik parametreler bakımından T+V uygulamasında %8-202; T+AG uygulamasında %13-208 ve T+HA uygulamasında %4-140 oranlarında iyileşme sağlanmıştır. Ahmed *et al.* (2010) tarafından buğdayda gerçekleştirilen çalışmada, tuz stresini ile birlikte kuru ağırlık ve bitki boyu bakımından azalma meydana gelirken, EC değerleri bakımından artışın ortaya çıktığını, ahır gübresi kullanımı ile birlikte bu azalmanın daha düşük düzeylerde ortaya çıktığı ve kontrol bitkilerine oranla %21-78 oranında yüksek değerlerin elde edildiği ifade edilmiştir. Sousa *et al.* (2018) dört farklı tuz konsantrasyonuna (0,2; 2,0; 4,0 ve 6,0 dSm⁻¹) sahip sulama suyu, ahır/sığır gübresi (AG) ve biyo gübre uygulamalarının sorgum bitkisinin bitki

büyümesi üzerine olan etkilerini incelemiş, sıgır gübresinin varlığının, tuzlu su uygulamasına rağmen bitkilere daha az zarar verdiği tespit edilmiştir. Dikilitaş ve Dikilitaş (2021) çilekte tuz stresi altında (50 mmol L^{-1}) HA uygulamasının vitamin C ve likopen gibi kalite parametrelerini artırdığını; Burhan and Al-Taey (2018) dereotunda, Kuşvuran and Ellialtıoğlu (2021) rokada gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında humik asit uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltma yönünden etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Amerian *et al.* (2024), bitki boyu, taze ve kuru ağırlık ve yaprak sayısı dahil olmak üzere vejetatif özellikler, artan tuzluluk stresi altında önemli bir azalma göstermiş ancak humik asidin her iki seviyede uygulanması, kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında bu etkileri hafifletmiştir. Kıran (2019), marulda (*Lactuca sativa* var. *crispa*) in etkisini azaltmada vermikompostun (VC) tuz stresi üzerindeki etkisini incelediği çalışmasında, farklı VC konsantrasyonları (toprak-w/w ağırlık bazında %0, 2,5 ve %5 VC) ve tuz stresi uygulamaları (4 ve 8 dS m^{-1} NaCl seviyeleri) uygulamış, VC uygulamasının marulda stres etkisini azalttığını belirlemiştir. Tuz stresi marulda verim bakımından kontrol bitkilerine oranla %44 oranında azalmaya neden olmuş, buna karşılık organik gübre uygulamalarında bu azalma %9-21 oranında kalmıştır. Tuz stresinin bitki büyüme ve gelişmesi ile verimi olumsuz etkileyen en önemli abiyotik stres koşullarından biri olduğunu ifade eden Sardar *et al.* (2023), marulda farklı tuz konsantrasyonlarda uyguladıkları (25, 50, 75 ve 100 mM NaCl) tuz stresi koşullarında bitki büyüme ve gelişmesinde azalma meydana geldiğini bildirmiştir. Khan *et al.* (2023), tuz stresi altında yetiştirilen çeltikte toprak tuzluluğu bitki büyümesi, verimi ve tane kalitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmuş ancak organik madde uygulamaları, tuzun zararlı etkilerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. ElFayomy *et al.* (2021) marulda tuzluluk uygulamalarının tüm verim ve bileşenlerini önemli ölçüde azalttığını, 1200 mg/l sodyum klorür uygulamasının baş çapı, baş taze ağırlığı, baş kuru ağırlığı ve verim/besleme üzerinde olumsuz etkiye neden olduğunu, 400 mg/l'de humik asit oranının artmasıyla verim ve bileşenlerinin (baş çapı, baş taze ağırlığı, baş kuru ağırlığı ve verim/besleme) kademeli olarak arttığını, yapraklarda NPK içeriğinin, toplam karbonhidrat yüzdesinin ve C vitamini içeriğinin arttığını bildirmiştir.

Yüksek tuz konsantrasyonları, toprak ozmotik basıncını artırarak bitkinin su alım kapasitesini düşürür ve hatta tamamen durdurabilir. Özellikle Na ve Cl iyonları nedeniyle

oluşan iyon toksisitesi, su taşınımında rol oynayan hücrelerde zararlara yol açarak, bitkinin su ilişkisini bozar. Marulda yapılan bu çalışmada, tuz stresi sonucu yaprak oransal su içeriğinde %40'lık bir azalma gözlemlenmiştir. Hand *et al.* (2014), bu azalmayı Na ve Cl iyon toksisitesi ile ilişkilendirmiştir. 100 mM NaCl uygulaması, marulda YOSİ değerlerini kontrol bitkilerine göre %38 oranında düşürürken, organik madde uygulamaları bu oranı %8-17 seviyelerinde tutmuş ve %35-49 arasında bir iyileşme sağlamıştır. Soyergin (2006) ve Shaaban *et al.* (2013) organik gübre kullanımının toprağın su tutma kapasitesini arttırdığını ifade etmişlerdir. Marulda tuz stresi altında, vermikompost uygulamaları ile sürgün boyu, yaprak oransal su içeriği (RWC), stoma iletkenliği (gs), klorofil a (Chla) içeriğinin artış gösterdiğini belirten Kıran (2019), NaCl'nin tüm seviyelerinde, VC'nin %5 oranı tuzluluğun olumsuz etkilerini önemli ölçüde azalttığı tespit etmiştir.

Tuz stresi, kloroplastların parçalanmasına, pigment protein komplekslerinin kararsız hale gelmesine, klorofillerin kaybolmasına ve karotenoidlerin miktar ve bileşiminde değişikliklere yol açmaktadır (Bayram *et al.* 2021). Klorofil biyosentezinin inhibe olması, klorofilin hızla bozulması ve tuzluluğun yol açtığı oksidatif hasar, azalan klorofil içeriğinin başlıca nedenleri olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada SPAD değerleri tuz stresine bağlı olarak azalma göstermiş (%32 azalma), organik madde uygulamaları ile SPAD değerleri %12-58 oranında korunmuştur. Aydın *et al.* (2012) fasulyede, tuz stresi ile birlikte klorofil ve nitrat içeriğinde azalmalar meydana geldiğini, ancak humik asit uygulamaları ile bu olumsuz etkinin azaldığını ifade etmişlerdir. Dineshkumar *et al.* (2018), organik gübre kullanımının N, P ve K iyon alımını kolaylaştırdığını böylece klorofil içeriğinin korunduğunu bildirmiştir. Darini (2017) organik gübre kullanımının fotosentetik pigmentlerde artışa imkan sağladığını rapor etmiştir. Farklı tuzluluk seviyelerinde humik asit ve mikoriza uygulamalarının, marul (*Lactuca sativa* var. capitata L. 'Calmar')'ın büyümesi ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, 3,0 g/L humik asit + mikoriza uygulaması, toplam klorofil ve potasyum/sodyum oranı açısından en yüksek ortalama değerleri göstermiş ve sodyum içerikleri azalmıştır (Moubarak *et al.* 2022).

Tuz stresi, bitkilerde önemli biyokimyasal değişimlere ve morfolojik bozulmalara yol açmaktadır. Kök bölgesindeki tuz birikimi, ozmotik stresin yanı sıra, potasyum ve kalsiyum gibi makro besin elementlerinin alımını sınırlamakta, sodyum ve klor iyonlarının alımını artırarak hücredeki iyon dengesini bozmaktadır. Bu durum, iyon toksisitesine yol açarak fotosentez, protein sentezi ve enzim aktivitelerini etkiler. Kloroplastlar ve diğer hücresel organeller üzerinde hasar meydana gelir. Sodyumun toksik seviyelere ulaşması, potasyum ve kalsiyum iyonlarının alımını ve düzenlenmesini etkileyerek bitkinin besin dengesini bozar. Aynı zamanda, klor iyonunun toksik seviyelere çıkması, NO_3^- anyonunun alımını ve düzenlenmesini engeller. Aktif absorpsiyonla alınan potasyum, ozmotik potansiyelin sağlanmasında kritik bir rol oynar ve hücre içindeki su dengesini etkiler. Tuzluluk stresi, kuraklık gibi ikincil stres faktörünü de beraberinde getirir. Bu durumda, köklerden su alımı sınırlanır, doku ve organlara besin akışı azalır, bu da besin eksikliklerine yol açar. Özellikle kalsiyum içeriği, bu süreçte azalır. Kıran *et al.* (2015) tarafından yapılan çalışmada, patlıcanda tuz stresi Na ve Cl iyonlarının içeriğini artırmış ve bu artış, farklı genotipler arasında değişkenlik göstermiştir. Benzer şekilde, Kuşvuran *et al.* (2024) tarafından biberde gerçekleştirilen çalışmalarda, NaCl uygulamaları ile tuz stresi koşulları altında Na ve Cl iyonlarının içeriklerinde artış gözlemlenmiştir. Marulda yapılan çalışmalarda da, 100 mM NaCl uygulaması ile Na ve Cl iyon içeriğinde kontrol bitkilerine oranla artış gözlemlenmiştir (Torun 2023). Marulda farklı organik madde uygulamalarının tuz stresi koşullarında Na, C, K ve Ca iyon değişimine olan etkisi de incelenmiş, organik madde uygulanmayan tuz bitkilerinde Na ve Cl iyon içeriği % 1613 ve %1240 oranında artışa yol açarken K ve Ca iyon içerikleri %39 ve %51 oranında azalma göstermiştir. Bitkiler, potasyumun aktif absorpsiyonu ve birikimi sayesinde hücredeki ozmotik potansiyeli artırarak daha fazla suyun hücre içine girmesini sağlarlar (Kuşvuran ve Büyükdiñç 2022). Bu nedenle, hücredeki ozmotik dengenin korunmasında potasyum konsantrasyonunun önemi büyüktür. Tuz stresi sonucu meydana gelen kuraklık, kök hücrelerinden başlayarak diğer doku ve organlara besin maddelerinin akışının azalmasına yol açar, bu da farklı dokularda besin elementlerinin eksikliğine neden olur. Tuz stresinin oluşturduğu su eksikliği, dokularda kalsiyum (Ca) konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Ca iyonlarının ksilemde taşınması ve floemdeki hareketliliği sınırlı olduğundan, suyun kısıtlı olduğu durumlarda bu iyonların taşınımı da sınırlanır (Torun 2023). Burhan and Al-Taey

(2018), organik madde ilavesinin sodyum yüzdesini düşürdüğünü çünkü organik maddenin sodyumun bir kısmını bir Na-organik bileşiği şeklinde depoladığını belirtmişlerdir. Çeltikte organik gübre uygulamasına bağlı olarak artan besin alımı ve yüksek K/Na oranları gözlemlenmiştir (Chowdhury *et al.* 2019). Benzer şekilde, Mbarki *et al.* (2020), tuzlu koşullar altında bitkide tuza toleransının iyileştirilmesi için yürüttüğü çalışmada; çiftlik ve tavuk gübresi gibi organik madde kullanımının çeltikte bitki büyümesi, tane ve sap verimi, K/N oranı ve besin elementi alımını önemli ölçüde artırdığını bildirmişlerdir. Amerian *et al.* (2024) hıyar da 200 mg L⁻¹ humik asit uygulamasının bu etkileri hafiflettiği görülmüştür. Gerçekleştirilen bu çalışmada V, AG ve HA uygulamalarında Na ve Cl iyon alımı sınırlandırılmış (%7-24), K ve Ca iyon içeriği ise %14-58 oranında korunmuştur.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bitkisel üretim ve verim üzerinde olumsuz etkiler yaratan başlıca stres faktörlerinden biri tuz stresidir. Marulda yapılan bu çalışmada, tuz stresine bağlı olarak bitki büyümesi ve gelişmesi, verim, YOSİ, SPAD, potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) içeriğinde azalma; sodyum (Na) ve klor (Cl) içeriğinde ise artış gözlemlenmiştir. Tuz stresinin yol açtığı olumsuz etkilerin önlenmesine yönelik sınırlı önlemler ve tuzluluk problemlerinin zamanla tekrar ortaya çıkması, bu tür sorunlarla mücadele için zaman alıcı ve maliyetli çözümler gereksinimini artırmaktadır. Bu nedenle, farklı yöntemlerin uygulanması önemli hale gelmektedir. Organik gübrelerin toprak yapısına olan olumlu etkileri yanında, su tutma kapasitesini artırması, içerdikleri vitamin ve hormon gibi yardımcı materyaller, topraktaki makro ve mikro besin elementlerinin bitkinin kullanabileceği bir formda tutmaları ve çevre dostu bir uygulama olmaları gibi nedenlerden dolayı kullanımı giderek artış göstermektedir. Sahip oldukları bu özellikler aynı zamanda tuz stresinin olumsuz etkilerini sınırlandırmak amacını da beraberinde getirmektedir. Marulda gerçekleştirilen bu çalışmada farklı organik gübre kullanımının tuz stresinin olumsuzluklarını değişen oranlarda sınırlandırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Geleceğe yönelik yapılacak çalışmalarda verim ve verim bileşenlerini içerecek geniş alanlarda planlanan çalışmaların gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdel Latef, A. A. H., Tahjib-Ul-Arif, M. and Rhaman, M. S. 2021. Exogenous auxin-mediated salt stress alleviation in faba bean (*Vicia faba* L.). *Agronomy*, 11(3): 547.
- Abou-Baker, N. H., Ibrahim, E. A. and Abd-Eladl, M. M. 2017. Biozeolite for improving bean production under abiotic stress conditions. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov Series II: For. Wood Ind. Agric. Food Eng.*, 10(59): 151-170.
- Acosta-Motos, J., Ortuño, M., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M. and Hernandez, J. 2017. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1): 18.
- Ahmed, B. O., Inoue, M. and Moritani, S. 2010. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. *Agric. Water Manag.*, 97(1): 165-170.
- Ahmed, S., Roy Choudhury, A., Chatterjee, P., Samaddar, S., Kim, K., Jeon, S. and Sa, T. 2019. The role of plant growth-promoting rhizobacteria to modulate proline biosynthesis in plants for salt stress alleviation. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management: Volume 1: Rhizobacteria in Abiotic Stress Management*, pp. 1-20.
- Aina, O. E., Amoo, S. O., Mugivhisa, L. L. and Olowoyo, J. O. 2019. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on the bioactive compounds and antioxidant activity of tomato. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17: 3681-3694.
- Almodares, A., Hadi, M. R. and Dosti, B. 2008. The effects of salt stress on growth parameters and carbohydrates contents in sweet sorghum. *Res. J. Environ. Sci.*, 2(4): 298-304.
- Amerian, M., Palangi, A., Gohari, G. and Ntatsi, G. 2024. Humic acid and grafting as sustainable agronomic practices for increased growth and secondary metabolism in cucumber subjected to salt stress. *Scientific Reports*, 14(1): 15883.
- Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A. and Hayat, S. 2020. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156: 64-77.

- Atalan, İ.K. ve Gökçe Öztürk, Z.N. 2021. Tuzluluk Stresi. In: Sebzelerde Stres Toleransı ve Islah Stratejileri. Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Daşgan, H.Y., Kuşvuran, Ş. (eds.), Gece Kitaplığı, pp: 157-203, Ankara.
- Aydin, A., Kant, C. and Turan, M. 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. African Journal of Agricultural Research, 7(7): 1073-1086.
- Azevedo, R.A. and Lea, P.J. 2011. Research on abiotic and biotic stress—What next? Ann. Appl. Biol., 159: 317-319.
- Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaeili, N. and Zhang, H. 2023. Plants' response mechanisms to salinity stress. Plants, 12(12): 2253.
- Benazzouk, S., Dobrev, P. I., Djazouli, Z. E., Motyka, V. and Lutts, S. 2020. Positive impact of vermicompost leachate on salt stress resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) at the seedling stage: A phytohormonal approach. Plant and Soil, 446: 145-162.
- Bayram, M., Dere, S., Arpacı, B.B. and Daşgan, Y. 2021. Sebzelerde çoklu stres faktörleri ve bitki reaksiyonları. In: Sebzelerde Stres Toleransı ve Islah Stratejileri. Ellialtıoğlu, Ş.Ş., Daşgan, H.Y., Kuşvuran, Ş. (eds.), Gece Kitaplığı, pp: 277-311, Ankara.
- Berbara, R.L.L. and García, A.C. 2014. Humic substances and plant defense metabolism. In: Ahmad P, Wani MR (Eds) Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment, New York, Springer, pp:297-319.
- Beykkhormizi, A., Abrishamchi, P., Ganjeali, A. and Parsa, M. 2016. Effect of vermicompost on some morphological, physiological and biochemical traits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. Journal of Plant Nutrition, 39(6): 883-893.
- Bidabadi, S. S., Dehghanipoodeh, S. and Wright, G.C. 2017. Vermicompost leachate reduces some negative effects of salt stress in pomegranate. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 6: 255-263.
- Breś, W., Kleiber, T., Markiewicz, B., Mieloszyk, E. and Mieloch, M. 2022. The effect of NaCl stress on the response of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Agronomy, 12(2): 244.

- Bulgari, R., Franzoni, G. and Ferrante, A. 2019. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6): 306.
- Burhan, A. K. and AL-Taey, D. K. 2018. Effect of Potassium humate, humic acid, and compost of rice wastes in the growth and yield of two cultivars of Dill under salt stress conditions. *Advances In Natural and Applied Sciences*, 12(11): 1-6.
- Chinsamy, M., Kulkarni, M. G. and Van Staden, J. 2013. Garden-waste-vermicompost leachate alleviates salinity stress in tomato seedlings by mobilizing salt tolerance mechanisms. *Plant Growth Regulation*, 71(1): 41-47.
- Chowdhury, S., Bhusan, D., Hashem, M. A. and Hoque, M. A. 2019. Organic amendments for mitigating soil salinity in rice. *Res. Agric. Livest. Fish.*, 6(1): 11-17.
- Darini, M. T. 2017. Studies of chemical sandy soil and physiological properties of *Aloe vera* L. plant on nutrient stress condition. *Intern. J. Cur. Agri. Sci.*, 7: 208-212
- Daşgan, H.Y. and Koç, S. 2009. Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters. *Journal of Food, Agriculture Environment*, 7(2): 363-372.
- de Oliveira, F.A., de Medeiros, J.F., da Cunha, R.C., de Souza, M.W.L. and Lima, L.A. 2016. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. *Rev. Ciência Agronômica*, 47: 307-315.
- Demir, Z. and Kiran, S. 2020. Effect of vermicompost on macro and micronutrients of lettuce (*Lactuca sativa* var. Crispa) under salt stress conditions. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1): 33-43.
- de Neta, M.L.S., de Oliveira, F.A., Torres, S.B., Souza, A.A.T., da Silva, D.D.A. and dos Santos, S.T. 2018. Gherkin cultivation in saline medium using seeds treated with a biostimulant. *Acta Scientiarum Agronomy*, 40: e35216.
- Dikilitaş, S. K. and Dikilitaş, M. 2021. Determination of the physiological and biochemical effects of humic acid application in strawberry plant grown under salt stress. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3): 326-335.
- Dineshkumar, R., Kumaravel, R., Gopalsamy, J., Sikder, M.N.A. and Sampathkumar, P. 2018. Microalgae as bio-fertilizers for rice growth and seed yield productivity. *Waste and Biomass Valorization*, 9(5): 793-800.

- Durukan, H., Saraç, H. ve Demirbaş, A. 2020. Farklı dozlarda vermikompost uygulamasının mısır bitkisinin verimine ve besin elementleri alımına etkisi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 45-51.
- Ekbiç, E. ve Keskin, A. 2018. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen soğanda çay atığı kompostu uygulamalarının etkileri. Akademik Ziraat Derg., 7(1): 1-8.
- ElFayomy, A., Yousry, M. M. and El-Behairy, U. A. 2021. Response of lettuce to humic acid and salt stress condition under soilless culture system. Journal of the Advances in Agricultural Research, 26(1): 20-38.
- Garrido, Y., Tudela, J. A., Marín, A., Mestre, T., Martínez, V. and Gil, M. I. 2014. Physiological, phytochemical and structural changes of multi-leaf lettuce caused by salt stress. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(8): 1592-1599.
- González-Morales, S., Solís-Gaona, S., Valdés-Caballero, M.V., Juárez-Maldonado, A., Loredó-Treviño, A. and Benavides-Mendoza, A. 2021. Transcriptomics of biostimulation of plants under abiotic stress. Frontiers in Genetics, 12.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M. M., Roychowdhury, R. and Fujita, M. 2013. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. International Journal of Molecular Sciences, 14(5): 9643- 9684.
- Hniličková, H., Hniličková, F., Orsák, M. and Hejtnáček, V. 2019. Effect of salt stress on growth, electrolyte leakage, Na⁺ and K⁺ content in selected plant species. Plant, Soil & Environment, 65(2).
- Jiang, Y., Tong, S., Chen, N., Liu, B., Bai, Q., Chen, Y. and Liu, H. 2021. The PalWRKY77 transcription factor negatively regulates salt tolerance and abscisic acid signaling in Populus. The Plant Journal, 105(5): 1258-1273.
- Jindo, K., Pasqualoto, Canellas, L., Albacete, A., Figueiredo dos Santos, L., Frinhan Rocha, R.L., Carvalho Baia, D., Aguiar Canellas, D.O., Luc Goron, T. and Lopez Olivares, F. 2020. Interaction between humic substances and plant hormones for phosphorous acquisition. Agronomy, 10(5): 640.
- Keskin, B. 2022. Su kültüründe baş salata (ICEBERG) marul yetiştiriciliğinde biyostimulantların etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Khan, I., Mahmood, S., Chattha, M. U., Bilal Chattha, M., Ahmad, S., Awan, M. I. and Hassan, M. U. 2023. Organic amendments improved the productivity and bio-

- fortification of fine rice by improving physiological responses and nutrient homeostasis under salinity stress. *Plants*, 12(8): 1644.
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Özgün, Ö., Sönmez, K., Özbek, H. ve Ellialtıoğlu, Ş.Ş. 2015. Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1): 20-30.
- Kıran, S. (2019). Alleviation of adverse effects of salt stress on lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) by application of vermicompost. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 18(5):153-160.
- Kusvuran, A., Bilgici, M., Kusvuran, S. and Nazli, R. I. 2021. The effect of different organic matters on plant growth regulation and nutritional components under salt stress in sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.]. *Maydica*, 66(1):1- 9.
- Kusvuran, S. and Ellialtıoğlu, S.S. 2021. Assessment of different organic matters on antioxidative enzyme activities and nutritional components under salt stress in salad rocket (*Eruca sativa*). *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 31 (5): 1319-1328.
- Kuşvuran, Ş. ve Büyükdiñç Turan, D. 2022. Biberde kuraklığın morfolojik ve fizyolojik etkileri. *International Black Sea Modern Scientific Research Congress*, September 29, 2022- October 02, 2022, pp. 224-233, Rize.
- Kusvuran, S. and Yilmaz, U. D. 2023. Ameliorative role of salicylic acid in the growth, nutrient content, and antioxidative responses of salt-stressed lettuce. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 22(1): 75-85.
- Leskovar, D. and Othman, Y.A, 2018. Organic and conventional farming differentially influenced soil respiration, physiology, growth and head quality of artichoke cultivars. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 18: 865-880.
- Mahmud, A. A., Upadhyay, S. K., Srivastava, A. K. and Bhojiya, A. A. 2021. Biofertilizers: A Nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. *Curr. Res. Environ. Sustain.*, 3: 100063.
- Malik, A., Mor, V.S., Tokas, J., Punia, H., Malik, S., Malik, K., Sangwan, S., Tomar, S., Singh, P., Singh, N., Nidhi, H.N., Singh, G., Vinit Kumar, S. and Karwasra, A. 2021. Biostimulant-Treated Seedlings under Sustainable Agriculture: A Global Perspective Facing Climate Change. *Agronomy*, 11(1): 14.

- Mbarki, S., Skalicky, M., Talbi, O., Chakraborty, A., Hnilicka, F., Hejnak, V. and Abdelly, C. 2020. Performance of *Medicago sativa* grown in clay soil favored by compost or farmyard manure to mitigate salt stress. *Agronomy*, 10(1): 94.
- Moubarak, K., Gabr, S. M., Aboukila, E. and Brengi, S. H. 2022. Possibility of overcoming salt stress of lettuce plants using humic acid and mycorrhiza. *Journal of the Advances in Agricultural Research*, 27(1): 193-210.
- Navada, S., Vadstein, O., Gaumet, F., Tveten, A. K., Spanu, C., Mikkelsen, O. and Kolarevic, J. 2020. Biofilms remember: osmotic stress priming as a microbial management strategy for improving salinity acclimation in nitrifying biofilms. *Water Research*, 176: 115732.
- Nauman, M., Alghamdi, A. A., Ahmed, J., Ahmad, R., Bilal, M., Khan, S. A. and Shahzad, M. 2025. Enhanced resilience to salt stress: An integrated approach addressing physiochemical attributes of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Polish Journal of Environmental Studies*, 34(3): 2323-2336.
- Palumbo, G., Schiavon, M., Nardi, S., Ertani, A., Celano, G. and Colombo, C. M. 2018. Biostimulant potential of humic acids extracted from an amendment obtained via combination of olive mill wastewaters (OMW) and a pre-treated organic material derived from municipal solid waste (MSW). *Frontiers in Plant Science*, 9: 1028.
- Pan, T., Liu, M., Kreslavski, V. D., Zharmukhamedov, S. K., Nie, C., Yu, M. and Shabala, S. 2021. Non-stomatal limitation of photosynthesis by soil salinity. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(8): 791-825.
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P. and Prasad, S. M. 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(6): 4056-4075.
- Sallaku, G., Babaj, I., Kaciu, S. and Balliu, A. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7(3-4): 869-872.
- Sanchez, F.J., Andres, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) Subjected to Water Stress. *Field Crops Research*, 86: 81-90.

- Sardar, H., Khalid, Z., Ahsan, M., Naz, S., Nawaz, A., Ahmad, R. and Abou Fayssal, S. 2023. Enhancement of salinity stress tolerance in lettuce (*Lactuca sativa* L.) via foliar application of nitric oxide. *Plants*, 12(5): 1115.
- Savci, S. 2012 An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, 3(1): 73.
- Schroder, F.G. and Lieth, J.H., 2002. Irrigation Control in Hydroponics. In: Savvas D, Passam P (Eds) *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications. Athens, Greece, 263-269.
- Shaaban, A., Se, S. M., Mitan, N. M. M. and Dimin, M. F. 2013. Characterization of biochar derived from rubber wood sawdust through slow pyrolysis on surface porosities and functional groups. *Procedia Eng.*, 68: 365-371.
- Shahzad, B., Rehman, A., Tanveer, M., Wang, L., Park, S. K. and Ali, A. 2022. Salt stress in brassica: effects, tolerance mechanisms, and management. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(2): 781-795.
- Shin, Y. K., Bhandari, S. R., Jo, J. S., Song, J. W., Cho, M. C., Yang, E. Y. and Lee, J. G. 2020. Response to salt stress in lettuce: Changes in chlorophyll fluorescence parameters, phytochemical contents, and antioxidant activities. *Agronomy*, 10(11): 1627.
- Sousa, R. D., Lacerda, C. D., Aguiar, E. D. and Praxedes, S. C. (2018). Effect of biofertilizer application on sorghum plants irrigated with saline water. *Científica (Jaboticabal)*, 46 (4): 380-397.
- Soyergin, S., 2006. Organik tarımda toprak verimliliğinin korunması, gübreler ve organik toprak iyileştiricileri, *Sürdürülebilir Rekabet Avantajı Elde Etmede Organik Tarım Sektörü Sektörel Stratejiler ve Uygulamalar*, 222-246.
- Stavridou, E., Hastings, A., Webster, R. J. and Robson, P. R. 2017. The impact of soil salinity on the yield, composition and physiology of the bioenergy grass *Miscanthus× giganteus*. *Gcb Bioenergy*, 9(1): 92-104.
- Takahashi, F. and Shinozaki, K. (2019). Long-distance signaling in plant stress response. *Current opinion in plant biology*, 47: 106-111.
- Torun, G. (2023). Marulda nano silisyum dozları ve uygulama yöntemlerinin tuza toleransın sağlanması üzerindeki etkisi. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı.

- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F. and Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediates water stress. *Plant Science*, 168: 223-231.
- Xu, C. and Mou, B. 2015. Evaluation of lettuce genotypes for salinity tolerance. *HortScience*, 50(10): 1441-1446.
- Walker, D. J., and Bernal, M. P. 2008. The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresource technology*, 99(2): 396-403.
- Wu, D., Chen, C., Liu, Y., Zhang, G. and Yang, L. 2023. Vermicompost improves tomato yield and quality by promoting carbohydrate transport to fruit under salt stress. *Horticulturae*, 9(9): 1015.
- Zhang, Q. and Dai, W. 2019. Plant response to salinity stress. In: *Stress Physiology of Woody Plants*, CRC Press, pp. 155-173
- Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C. and Wang, P. 2021. Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9): 4609.