T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI NaCl KONSATRASYONLARINDA YETİŞTİRİLEN ADAÇAYI (*Salvia officinalis*) BİTKİSİNDE BAZI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ETKİLERİN İNCELENMESİ

Ferhat GÖKÇE

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME BÖLÜMÜ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2023

İÇİNDEKİLER

SayfaNo

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1.Adaçayı Bitkisi ve Tuz Toleransı 6
3. MATERYAL ve YÖNTEM 8
3.1.Materyal 8
3.2.Yöntem 8
3.2.1.Fizyolojik analizler 9
3.2.1.1.Üst aksam yaş ve kuru ağırlıkları 9
3.2.1.2 Bitkide membran stabilite indeksi (MSI) 9
3.2.2.Biyokimyasal analizler. 10
3.2.2.1.Bitkilerde klorofil analizi. 10
3.2.2.2.Bitkilerde prolin analizi 11
3.2.2.3.Bitkilerde lipit peroksidasyonu (MDA) 12
3.2.2.4.Bitkilerde hidrojen peroksit (H_2O_2) 13
3.2.2.5.Peroksidaz (POD, E.C.1.11.1.7) enzim analizi 13
3.2.2.6.Katalaz (CAT, E.C.1.11.1.6)enzim analizi 14
3.2.3.Bitki Na^+ ve Cl^- içeriğinin belirlenmesi 14
3.2.4.Verilerindeğerlendirilmesi 14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 15
4.1.Bitki Fizyolojik Parametreleri 15
4.2.Bitki Biyokimyasal Parametreleri 16
4.3. Bitki Na^+ ve Cl^- İçerikleri 22
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 25
5.1.Sonuçlar 25
5.2.Öneriler 26
KAYNAKLAR 27
ÖZGEÇMİŞ 33

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI NaCl KONSATRASYONLARINDA YETİŞTİRİLEN ADAÇAYI (*Salvia officinalis*) BİTKİSİNDE BAZI FİZYOLOJİK ve BİYOKİMYASAL ETKİLERİN İNCELENMESİ

Ferhat GÖKÇE

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sema KARAKAŞ DİKİLİTAŞ
Yıl: 2023, Sayfa:33

Bu çalışmada tıbbi ve aromatik bitki olan adaçayının (*Salvia officinalis*) NaCl tuz stresine göstermiş olduğu fizyolojik ve biyokimyasal tepkisi ve toleransı araştırılmıştır. Adaçayı bitkisi sera koşullarında, saksı ortamında, farklı tuz konsantrasyonlarında (0 (kontrol), 50, 100, 200, 400 ve 600 mmol L^{-1} NaCl) yetiştirilmiştir. Tuz uygulamalarından 6 hafta sonra bitkiler hasat edilerek bazı fizyolojik ve biyokimyasal ve bitki ve kök Na^+ ve Cl^-içerikleri belirlenmiştir. Fizyolojik parametrelerden bitki boyu, üst aksam yaş ve kuru ağırlığında 200 mmoL^{-1} NaCl konsantrasyonundan itibaren istatistiksel olarak azalmanın olduğu görülmüştür. MSI değeri 100 mmol L^{-1} NaCl seviyesinden itibaren artmıştır. Biyokimyasal parametrelerden bitki klorofil a ve klorofil b içeriği 200 mmol L^{-1} NaCl seviyesinden sonra azalmıştır. Prolin, MDA ve H_2O_2 miktarı 100 mmol L^{-1} NaCl seviyesinden itibaren kademeli olarak artmıştır. CAT ve POD antioksidant enzim içerikleri 100, 200 ve 400 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonlarında artmış, 600 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonunda ise azalmıştır. Artan NaCl miktarına bağlı olarak bitki ve kök Na^+ ve Cl^- içeriklerinin de arttığı belirlenmiştir. Adaçayı (*S. officinalis*) bitkisinin NaCl tuz stresine karşı göstermiş olduğu fizyolojik ve biyokimyasal etkiler dikkate alındığında bu bitkinin özelikle 50, 100 ve 200 mmol L^{-1} NaCl seviyelerine kadar tuz stresine toleransının olduğu, ancak400 ve 600 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonlarında bitkinin toleransının azaldığı görülmüştür. Bu bitkinin 200 mmol L^{-1} NaCl seviyelerine kadar olan tuzlu ortamlarda (toprak veya su) fitoremediasyon yönteminde halofit bir bitki olarak yetiştirilebileceği söylenebilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Tuz stresi, Bitkisel iyileştirme, Adaçayı, Halofit

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF of SOME PHYSIOLOGICAL and BIOCHEMICAL EFFECTS of SAGE (*Salvia officinalis*) GROWING IN DIFFERENT NaCI CONCENTRATIONS

Ferhat GÖKÇE

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Deparment of Soil Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sema KARAKAŞ DİKİLİTAŞ
Year: 2023, Page:33

In this study, the physiological and biochemical response and tolerance of sage (*Salvia officinalis*), a medicinal and aromatic plant, to NaCl salt stress was investigated. Sage plants were grown under greenhouse conditions in pots at different salt doses (0 (control), 50, 100, 200, 400 and 600 mmol L^{-1} NaCl). Plants were harvested 6 weeks after salt application and some physiological and biochemical as well as plant and root Na^+ and Cl^- levels were determined. Based on the physiological parameters, it was observed that from a NaCl concentration of 200 mmoL^{-1} there was a statistical decrease in plant height, wet weight of the plant top and dry weight of the plant top. The MSI value increased from an L^{-1}NaCl value of 100 mmol.Among the biochemical parameters, the levels of plant chlorophyll a and chlorophyll b decreased after a level of 200 mmol L^{-1} NaCl. The amount of proline, MDA and H_2O_2 increased gradually from a 100 mmol L-1-NaCl level. The antioxidant enzyme content of CAT and POD increased at concentrations of 100, 200, and 400 mmol L^{-1} NaCl and decreased at concentrations of 600 mmol L^{-1} NaCl. It was found that the Na^+ and Cl^- content of plants and roots increased with increasing amounts of NaCl.Considering the physiological and biochemical action of the sage plant (*S. officinalis*) against NaCl stress, this plant shows a tolerance to salt stress of up to 50, 100 and 200 mmol L^{-1} NaCl doses, but at very high salt levels of 400 and 600 mmol L^{-1}NaCl concentrations. It was observed that the tolerance of the plant decreased. As a halophyte plant, it can be grown using the phytoremediation method in saline environments (soil or water) with NaCl levels up to 200 mmol L^{-1}.

KEYWORDS: Salt stress, Fitoremediasyon, *Sage*, Halophyte

TEŞEKKÜR

Çalışma konumun seçiminden sonuçlandırılmasına kadar tez çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doc. Dr. SEMA KARAKAŞ DİKİLİTAŞ' a çok teşekkür ederim. Sera ve laboratuvar çalışmalarında desteklerinden faydalandığım Prof. Dr. Ertuğrul GÜLDÜR, Doç. Dr. Murat DİKİLİTAŞ ve Arş. Gör. Ferhat UĞURLAR' a teşekkür ederim. Juri üyeleri Prof. Dr. Ahmet ALMACA ve Doç. Dr. Ahmet ÇELİK hocalarıma katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım süresince desteklerini esirgemeyip her türlü fedakârlığı yapan ve başarılarımda önemli katları olan sevgili ailemin tüm fertlerine teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

SayfaNo

Şekil 3.1.Deneme alanından bir görüntü 9
Şekil 3.2.MSI analizinden bir görüntü 10
Şekil 3.3.Klorofil analizinden bir görüntü 11
Şekil 3.4.Prolin analizinden bir görüntü 12
Şekil 3.5.MDA analizinden bir görüntü 13
Şekil 4.1.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Chl-a içeriği. 16
Şekil 4.2.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Chl-b içeriği 17
Şekil 4.3.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Prolin içeriği 18
Şekil 4.4.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin MDA içeriği 19
Şekil 4.5. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin H_2O_2 içeriği 20
Şekil 4.6. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin CAT içeriği 21
Şekil 4.7. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin POD içeriği 21
Şekil 4.8.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Na içeriği 22
Şekil 4.9.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin kök Na içeriği 23
Şekil 4.10.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Cl içeriği 23
Şekil 4.11. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin kök Cl içeriği 24

ÇİZELGELER DİZİNİ

SayfaNo

Çizelge 3.1.Yetiştirme ortamındaki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....8
Çizelge 4.1. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin bazı fiziksel özellikleri 15

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
cm	Santimetre
dS	desisimens
g	Gram
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
m	metre
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Milimolar
mmol	Milimol
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
µmol	Micro mol
%	Yüzde birim
℃	Santigrat derece

1.GİRİŞ

Bitkiler yaşam döngüleri sürecince gelişimlerini olumsuz yönde etkileyen çeşitli çevresel faktörlere maruz kalırlar. Bu elverişsiz şartlara neden olan faktörler stres olarak adlandırılır. Çevresel stres faktörleri, bitkilerde büyüme ve gelişmenin dönemlerinin yavaşlamasına ve metabolik fonksiyonlarının bozulmasına yol açarak bitki ölümüne neden olurlar (Hirayama ve Shinozaki, 2010). Bitkileri olumsuz etkileyen bu çevresel stresler biyotik ve abiyotik faktörler olmak üzere ikiye gruba ayrılır (Mumtaz ve ark., 2022). Abiyotik stres faktörleri arasında bulunan tuzluluk stresi, kurak ve yarı kurak bölge topraklarında tarımsal üretimi tehdit eden önemli bir sorundur (Balusamy ve ark., 2022).

Tuz stresi, bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini osmotik ve iyon stresi olarak gösterir (Muns ve ark., 2006). Kök bölgesindeki tuz miktarının artışı ilk olarak osmotik stresi oluşturarak bitkinin alabileceği su miktarının azalmasına neden olmaktadır (Isayenkov ve Maathuis, 2019). Bitkinin kullanabileceği su miktarındaki azalma nedeniyle hücre genişlemesi azalır ve sürgün gelişimi yavaşlar (Anjum ve ark., 2017). iyon stresinde ise ortamda miktarı artan Na^+ ve Cl^- iyonları K^+, Ca^{+2} ve NO_3^- gibibesin elementleri ile rekabete girerek bitkilerde, besin elementlerinin noksanlığı, dengesizliği ve toksisitesine neden olur (Munns and Tester, 2008;Hu ve Scmidhalter, 2005). Bitki organlarındaki toksik sodyum iyonları Fotosentez, solunum, membranlara ve hücre bölünme ve büyümesi gibi çeşitli fizyolojik ve biyolojik olayları olumsuz etkileyerek bitkinin anormal gelişimine ve ürün veriminde kayıplara neden olur (Van ve Zhangh., 2020; Iqbal ve ark., 2020).

Tuzluluk stresi ayrıca bitkide oksidatif strese neden olan reaktif oksijen türlerinin (ROS)O_2^-, H_2O_2, OH^-oluşumuna neden olur (Gupta ve ark., 2015). Bitkiler enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidantlar vasıtasıyla (SOD, CAT, POD vb. ve vitaminler, flavonoidler, stilbenler ve karotenoidler gibi) ROS' un zararlı etkilerinden korunmaya çalışırlar (Hasanuzzaman ve ark., 2020). Stres koşulları altında üretilen ROS' un üretim hızı katlanarak artar ve antioksidan koruyucu sistemlerin potansiyelini aşarak hücrenin yapısına ve fonksiyonlarına zarar verir (Sachdev ve ark., 2021;

Sheikhalipour ve ark., 2021).

Bu çalışmada, farklı NaCl seviyelerinde (0 (kontrol), 50, 100, 200, 400 ve 600 mmol L^{-1} NaCl) yetiştirilen Adaçayı (*Salvia officinalis)* bitkisinin tuz stresine karşı göstermiş olduğu fizyolojik ve biyokimyasal tepki ve tolerans içeriği araştırılmıştır. Ayrıca bu bitkinin ortamda bulunan tuzu uzaklaştırma ve iyileştirme (fitoremediasyon) etkisi de belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprak tuzluluğunun birçok nedenleri bulunmaktadır. Bunlar arasında ana materyal deniz ve okyanusların etkisi, yüksek buharlaşma, aşırı sulama, aşırı gübreleme, drenaj bozukluğu gibi nedenler sıralanabilir (Hasanuzzaman ve ark., 2013; Singh ve ark., 2014). Genellikle kurak ve yarı kurak iklim koşularında yüksek sıcaklık ve buharlaşma nedeni ile ortamda tuz iyonlarının oranı artmakta ve topraklar tuzlulaşmaktadır (Jallali ve Merrikhpour, 2008).

Dünyada tuzdan etkilenmiş toplam alan yaklaşık 1 milyar ha olup bu alanlar giderek artmaktadır (Tian ve ark., 2020; Hopmans ve ark., 2021). Bir yılda yaklaşık olarak2 milyon hektar alan tuzlanmaktadır (Singh, 2018). Küresel olarak toplam sulanan arazilerin beşte biri tuzdan etkilenmiş olup, gelecek 30 yıl içerisinde bu aran %50'nin üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Wang ve ark., 2020).

Toprak tuzluluğu tarımsal üretimi olumsuz etkilemekte olup, verim kaybına neden olmaktadır (Dube ve ark., 2020). Tuz stresi, bitkilerde osmotik etki, iyon dengesini etkilemekte ve bitkilerin fotosentez yapımını engelleyerek bitkinin strese girmesine neden olmaktadır (Çulha ve ark.,2011**;** Jajoo, 2013).

Tuz stresi bitkinin yapraklarında klorofili olumsuz etkiler. Yaprak dokularında bulunan kareoteneid ve klorofil tuz stresine maruz kalarak azalma gösterilmektedir (Khan, 2003; Karakaş ve ark., 2016).

Bitkiler NaCI stresine karşı göstermiş oldukları tolerans bakımından Glikofitler ve Halofitler olarak iki gruba ayrılırlar. Kültür bitkisini içeren glikofitler de yaklaşık 100-200 mmol L^{-1} tuz stresinde büyüme ve gelişimleri oldukça etkilenir. Meyveler çok hafif tuza toleranslı iken, arpa, pamuk, şeker pancarı gibi bitkiler tuza toleranslıdırlar (Kaşali ve ark., 2021; Karakas ve Dikilitaş, 2020).

Şahin ve ark. (2016), yılında yapmış oldukları araştırmalarında farklı pamuk (*Gossypium hirsitum*) çeşitlerini artan NaCI seviyelerinin (0, 25, 50, 75, 100, 125 ve

150 mM) tohum çimlenmesine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak çimlenmenin azaldığını ve 125 mmol L^{-1} tuz seviyesinde ise pamuk çeşitlerinin genelinde çimlenmenin durduğunu belirtmişlerdir.

Turhan ve ark. (2019), farklı tuz konsantrasyonlarında (1.4-, 2.4-, 3.4-, 4.4-, 5.4-, 6.4-, 7.4 ve 8.4 dS m^{-1}) yetiştirdikleri patlıcan (*Solanum melongena*) bitkisinde 3.4 dS m^{-1}ve üzeri tuz seviyelerinde verimin azaldığını rapor etmişlerdir. Ayrıca karotenoid ve klorofil içeriğinin 3.4 dS m^{-1} tuzluluk seviyesinden sonra artan dozlara bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir.

Julien ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada farklı tuz içeriklerinde (0, 30, 60, 90 ve 120 mmol L^{-1}) yabani acı biber (*Casicum frutescens L.*) bitkisinin gelişim, çiçeklenme ve verim gibi parametrelerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda tuzluluğun, bitkinin çiçeklenme ve meyve olgunlaşmasını engellediğini, 90 ve 120 mmol L^{-1} tuz seviyelerinde bitkide meyve elde edemediklerini belirtmişlerdir.

Narimani ve ark. (2020), farklı tuzluluk seviyelerinde (0, 100, 200 ve 300 mmol L^{-1}) yetiştirilen4 farklı arpa (*Hordeum vulgare L.*) çeşidinin fizyolojik ve biyokimyasal tepkilerini incelemek üzere bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Tuzluluk stresinin tüm çeşitlerde kök ve sürgün K/Na oranının ve fotosentez pigmentlerinin azaldığını buna karşın CAT enzim aktivitesinin, prolin ve çözünebilir şekerlerin artığını bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada arpa (*H. vulgare*) vekıyı domuzu rezene (*Peucedanumjaponicum)* bitkilerini farklı NaCl konsantrasyonları (0, 50,75 ve 150 mmol L^{-1}) içerisinde 16 gün boyunca tuz stresine maruz bırakmışlar. Araştırma sonucunda arpa bitkisinin 50 ve 75 mmol L^{-1} tuz seviyelerinde arpa bitkisinin yapraklarında şekil bozukluğu meydana geldiğini ve *P.japonicum* bitkisinin ise yaprak büyümesini koruduğunu bildirmiştir.

Ors ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada farklı tuz konsantrasyonlarının (0, 100, 150) domates (*Lycopersicon esculentum L.)* bitkisinin beslenmesi ve fizyolojik gelişimi üzerine etkisini incelmişlerdir. Artan tuz konsantrasyonu ile beraber bitki taze ağırlığının azaldığını ve elektrolit sızıntısının artığını bildirmişlerdir.

Bayat ve ark. (2022), tuzluluğun ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla 4 farklı NaCl konsantrasyonunda (0,50,100,150 mmol L^{-1}) çimlenme deneyi gerçekleştirmişler. Araştırma sonucunda tuzluluğun buğday çimlenmesini önemli düzeyde engellediğini bildirmişlerdir.

Halofit bitkiler yüksek tuz stresinde (500 mmol L^{-1}) yaşamlarını sürdürebilen bitkilerdir (Yılmaz ve ark., 2011; Flowers ve Colmer, 2015;). Örneğin A*triplex, Mesemyramthenum, Pportulaca, Salsola, Salicornia* gibi halofit türleri oldukça tuzlu ortamlarda yetişebilmektedir (Karakas ve Dikilitas, 2020).

Al-Busaidi ve ark (2007), yaptıkları çalışmada sedum bitkisini farklı tuz dozlarında (0.7,15,30 ve 46 dS m^{-1}) sulayarak bitkinin tuza olan toleransını incelenmişlerdir. Yüksek tuz seviyesinde yetişen bitkinin taze ağırlığının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu bitkinin yüksek tuzdan etkilenmediğini ifade etmişlerdir.

Panahi ve ark. (2015), tarafından yaptıkları bir çalışmada dikenli döngele (*Salsola orientalis*) bitkisini sera ortamında farklı tuz seviyelerinde (0, 100, 200, 300, 400 ve 500 mmol L^{-1}) yetiştirilerek bitkinin tuza dayanıklılığını, vejetatif büyüme ve biyokimyasal araştırmasında prolin ile çözünür şekerin artan tuz seviyelerine göre artış gösterdiğini belirtmişler. Bitkinin 300 mmol L^{-1} tuz seviyesinde herhangi bir olumsuzluk görülmediğini, daha yüksek tuz seviyelerinde ise bitkinin büyümesinde olumsuz etkiler görüldüğünü bildirmişlerdir.

Fatzori ve ark. (2017), yapmış oldukları çalışmada kristal buz bitkisini (*Mesambryanthemum crystallinum L.*) artan konsantrasyonlarda NaCI stresine (0, 2, 4, 8, 12, 16, 20 ve 35dS m^{-1}) maruz bırakmışlardır. Tuz uygulamalarının bitki gelişimini etkilemediğini kontrole göre gelişiminin daha hızlı olduğunu ve bir ay daha

erken hasat yapıldığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak kristal buz bitkisinin yüksek tuz seviyelerinde yetiştirilebileceğini bildirmişlerdir.

Örçen (2020), tarafından halofit bitkilerden olan deniz börülcesine (*Salicornia europaea*) farklı tuz (0, 200, 400, 600 mmol L^{-1}) konsantrasyonları uygulanmış, bitkinin büyüme ve gelişimi araştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda deniz börülcesinin 600 mmol L^{-1} tuz seviyesine kadar gelişim gösterdiğini belirtmiştir.

Xu ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada deniz lavantası (*Limonium sinuatum*) bitkisinin çiçek renklerine göre (beyaz, mavi, pembe, sarı ve mor) beş farkı bitkileri kullanmışlardır. Bu bitkileri 250 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonu altında yetiştirmişlerdir. Daha sonra bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal toleranslarını araştırmışlardır. Bu araştırmada pembe renkli bitkinin en yüksek gelişim, tuz birikimi, klorofil içeriği gösteriş olduğu belirtilmiştir.

2.1. Adaçayı Bitkisi ve Tuz Toleransı

Adaçayı (*Salvia* L.), Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasından saçak köklü ve çok yıllık bir bitki olup, yaprakları tüylü gri-yeşil renkli, çiçek rengi mor-mavi olup tıbbi ve aromatik bir bitkidir (Bağdat, 2006). Lamiaceae familyasının yaklaşık 224 cinsi, 5600 türü bulunmaktadır (Nakipoğlu, 1993; Hickey ve King, 1997). Ülkemizde alternatif tıpta yaygın kullanılan Lamiaceae familyası genellikle Akdeniz bölgesinde yetişip yaklaşık 45 cins ve 540 türü bulunmaktadır (Nakipoğlu, 1993; Güner ve ark. 2000). Lamiaceae familyasından farmakolojik önemi yüksek olan *Salvia* L.'nin yeryüzünde yaklaşık dokuz yüz türü; ülkemizde ise doksan yedi türü bulunmaktadır (İpek ve Gürbüz, 2010)

Salvia türleri çoğunlukla uçucu yağ bakımından zengin olmaları nedeniyle farmakolojik ve parfümeri sanayisinde büyük bir yer sahibidir. Uçucu yağ bakımından zengin olan *Salvia* türleri bu özellikleri nedeniyle farmokolojik olarak ve parfümeri sanayisinde önemlidirler (Karalija ve ark., 2022). Bu nedenle adaçayı bitkisi kozmetik (sabun ve parfüm), aromatik, bitkisel boya, peyzaj ve gıda sanayisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bir anti bakteriyel olarak doğal koruyucu etkisi olup et, balık, tavuk

gibi besinlerin raf ömürlerini uzatılmasında kullanılır. Çay olarak tüketilen adaçayın sindirim sistemi rahatsızlıkların giderilmesinde, romantizm ve tansiyon düşürücü gibi özellikleri bilinmektedir (Bağdat, 2006).

Son yıllarda *Salvia* türlerinin anti bakteriyel bir yapıya sahip olduğu, arteriyel kan basıncını düşürdüğünü ve sindirim sistemde etkili olduğu tıp alanında yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir (Başer ve ark., 1994; Şensoy, 2007).

Adaçayı ayrıca kimya endüstrisinde de kullanılmaktadır. Adaçayı; kolonyalar, vücut losyonları, vücut yağları, sabunlar, saç şampuanları, kremler, oda spreylerinde ve deodorantlarında güzel, rahatlatıcı kokusu nedeniyle tercih edilmiştir (Özdalyan, 1998; Şensoy, 2007).

Taârit ve ark. (2012), adaçayı (*Salvia officinalis*) bitkisini farklı NaCl seviyelerindeki su kültüründe (0, 25, 50, 75 ve 100 mmol L^{-1}) 4 hafta süre ile maruz bırakarak bitki gelişimi, besin alımı, fenolik içerikleri ve antioksidant aktivitelerini araştırmışlardır. Yaptıkları araştırmada 100 mmol L^{-1} NaCl seviyesinde bitki gelişiminin %61 azalma olduğunu, sodyumun vokuollerde biriktiğini belirtmişlerdir.

Aslani ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada adaçayı (*Salvia officinalis*) bitkisini 5 farklı tuzluluk (2.3, 4.3, 8.3, 12.3 ve 16 dS m^{-1}) seviyesine maruz bırakmışlardır. Yaptıkları araştırmada adaçayı bitkisinin 12.3 dS m^{-1} tuzluluk seviyesine kadar herhangi bir zarar görülmediğini, adaçayı bitkisinin tuza dayanıklı olduğunu ve tuz stresine maruz kalan alanlarda yetiştirilebileceğini belirtmişlerdir.

Kulak ve ark. (2020), adaçayı (*Salvia officinals* L.) bitkisini kullanarak artan tuz konsantrasyonlarından (0, 50, 100, 150 ve 200 mmol L^{-1}) ve farklı tuz çeşitlerinde bitkiyi tuz stresine maruz bırakmışlardır. Farklı tuz konsantrasyonları içerisinde 100 mmol L^{-1} tuz dozuna kadar adaçayı bitkisinde olumsuzluk belirlenmediğini, 100 mmol L^{-1} tuz dozundan itibaren tuz seviyelerinin artışına bağlı olarak bitki gelişiminin azaldığını belirtmişlerdir

3.MATERYAL ve YÖNTEM

3.1.Materyal

Çalışmamız Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölüm serasında, 2 L saksılar içerisinde yürütülmüştür. Denemede bitki materyali olarak Lamiaceae familyasına ait tıbbi ve aromatik bitki olan adaçayı (*Salvia officinalis)*, yetiştirme ortamı olarak ise Harran Üniversitesi Osmanbey yerleşkesinden temin edilen toprak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan toprakların bazı özellikleri Çizelge 3.1.' de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Yetiştirme ortamındaki toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Özellikleri	Değerler
EC	0.95 dS m^{-1}
pH	7.58
Organik Madde	0.82
Kum	19
Silt	25
Kil	55
Tekstür sınıfı	Kil

3.2.Yöntem

Çalışmada kullanılan saksılar tesadüf parsellerine bağlı bloklar olacak şekilde 5 tekerrürlü olarak dizayn edilmiştir. Harran Üniversitesi Osmanbey yerleşkesinden alınan topraklar temiz bir ortamda kurutulup elenmiş ve hazırlanan topraktan 1.5 kg her bir saksıya ilave edilmiştir. Her bir saksıya bir adet adaçayı fidesi dikilmiştir (Şekil 3.1.). Bitkiler üç haftalık gelişme döneminin ardından saksılara ilgili NaCl konsantrasyonlarındaki (0(kontrol),50,100,200,400 ve 600 mmol L^{-1} NaCl)sulama suları ile sulamaları yapılmıştır. Bitkinin tepki ve toleransına bağlı olarak tuz

uygulamalarının 6.haftasından sonra bitkiler hasat edilerek fizyolojik ve biyokimyasal analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Deneme alanından bir görüntü

3.2.1.Fizyolojik analizler

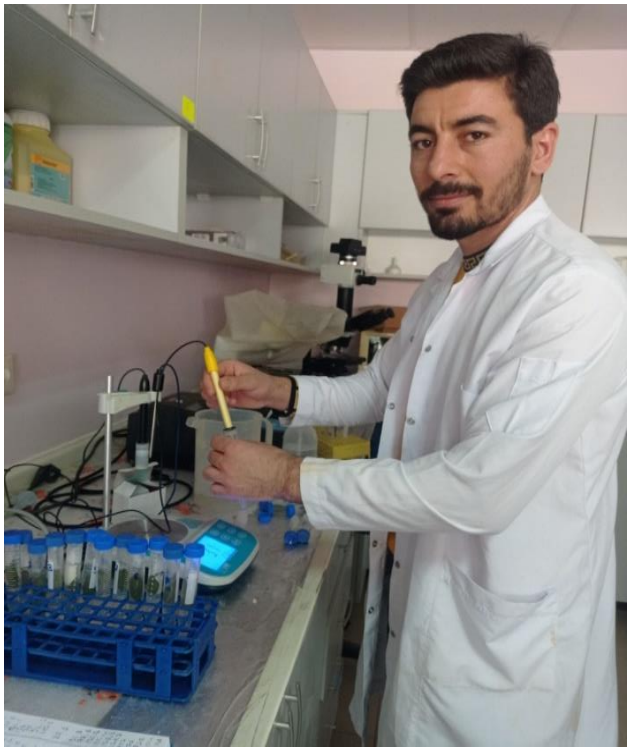
3.2.1.1.Üst aksam yaş ve kuru ağırlığı

Adaçayı bitkisi üst aksamı hasat edilerek yaş ağırlıkları alınmıştır. Bitkilerin taze yapraklarından bir miktar alınıp, analizlerin yapılması ve tazeliğini koruması için -20°C'lik dondurucuda saklanmıştır. Geriye kalan bitki aksamı ise70 ^{o}C'lik etüvde kurutularak kuru ağılıkları belirlenmiştir.

3.2.1.2. Bitkide membran stabilite indeksi

Bitkide membran geçirgenliği (MSI) Premchandra ve ark., 1990; Sairam ve ark., 2002, yönteminde birkaç ufak değişiklik yapılarak belirlenmiştir (Karakaş, 2013) Taze adaçayı yaprakları benzer boyutlarda kesilerek (0.5) g 10 ml saf suda 40^{o}C de 30 dakika su banyosunda bekletilmiş ve daha sonra çözeltinin EC_1 değeri EC metre ile okunmuştur. Daha sonra su banyosunda 100 ^{o}C de 10 dk süre ile bekletilip çözeltinin EC_2 değeri ölçülmüştür. MSI değerleri % olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır

$$\% MSI=[1-(EC_1/EC_2)] \times 100 \quad (3.1)$$



Şekil3.2. MSI analizinden bir görüntü

3.2.2.Biyokimyasal analizler

3.2.2.1.Bitkilerde klorofil analizi

Adaçayı bitkisinin taze yaprağından0.5 g tartılarak ve 5 ml %80 aseton:su (v/v) karışımı ile homojenize edilip Whatman kâğıtla filtre edildikten sonra klorofil a (Chl a) 663.5 nm, klorofil b (Chl b) 645 nm de UV mikroplate spektrometrede (Epoch, SN: 1611187, USA) %80 aseton kontrolüne karşı okumaları yapılmıştır. Aşağıdaki formül ile hesaplanarak mg g^{-1} taze ağırlık olarak belirtilmiştir (Arnon,1949; Karakaş, 2013).

$$Chl\text{-}a(mg/l) = 12.7A_{6635} - 2.69A_{645}$$

$$Chl\text{-}b(mg/l) = 22.9A_{645} - 4.68A_{6635} \quad (3.2)$$



Şekil 3.3. Klorofil analizinden bir görüntü

3.2.2.2.Bitkilerde prolin analizi

Prolin içeriği Bates ve ark. (1973), metodu ile belirlenmiştir. Taze adaçayı yaprakları (0.5 g)10 ml %3'lük sülfo salisilik asit ile homojenize edilmiştir. Karışım filtre kâğıdı ile süzükten sonra 2 ml test tüpüne aktarılarak üzerine2 ml asit-ninhydrin karışımı eklenmiş ve 100 °C ile su banyosunda bir saat süreyle kaynatılmıştır. Karışım hızlı bir şekilde buz içerisinde soğutulduktan sonra 5 ml toluen eklenerek vorteks ile karıştırılmıştır. Karışım 10 dk bekletilerek iki faz oluşumu sağlanmış ve üst kısmındaki faz alınarak UV mikroplate spektrometrede 515 nm de absorbans değerleri bulunmuştur. Sonuçlar aşağıdaki formül ile hesaplanıp µmol g^{-1} taze ağırlık olarak belirtilmiştir.

$$\frac{\mu mol \text{ prolin}}{g^{-1} \text{ taze ağırlık}} = \frac{[(\mu g \text{ prolin } ml^{-1} \text{ x toluen hacmi (ml)} / (115.5\ \mu g\ \mu mol^{-1})]}{(g \text{örnek}/5)} \qquad (3.3)$$



Şekil3.4. Prolin analizinden bir görüntü

3.2.2.3.Bitkilerde lipit peroksidasyonu (MDA)

Bitkilerde lipit peroksidasyonu (MDA) Sairam ve Saxena (2000), yöntemine göre belirlenmiştir. Taze yapraktan0.5 g tartılmış ve 10 ml %0.1'lik triklorasetik asitle (TCA) homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 5 dakika santrifüj edildikten sonra 1 ml ekstrakt alınmıştır. Üzerine 4 ml % 20'lik TCA çözülmüş % 0.5' lik tiobarbiturik asit (TBA) eklenmiştir. Karışım 30 dakika 95 ^{o}C'de su banyosunda bekletilmiştir. Soğutulan karışım 10 dakika santrifüj edilmiştir ve 532 ve 600 nm'de UV mikroplate spektrometrede absorbans değerleri belirlenmiştir. MDA miktarı aşağıdaki formül ile hesaplanarak nmol g^{-1} taze ağırlık olarak belirtilmiştir.

$$\text{MDA (nmol g}^{-1}\text{ taze ağırlık)} = \frac{\textbf{Ekstra hacim (ml)} \times [\textbf{A532}-\textbf{A600})/((\textbf{155 mM}^{-\textbf{1}}\ \textbf{cm}^{-\textbf{1}})]}{\textbf{Örnek miktarı(g)}} \times \mathbf{10^3} \qquad (3.4)$$



Şekil 3.5. MDA analizinden bir görüntü

3.2.2.4.Bitkilerde hidrojen peroksit (H_2O_2)

Hidrojen Peroksit (H_2O_2) Velikova ve ark. (2000), metodu ile belirlenmiştir. Taze adaçayı bitkisinin yaprağından 0.5 g alınıp %0.1 (w/v)' lik5 ml Trikloro asetikasit (TCA) ile homojenize edilmiş ve 15 dk süre ile santrifüj edilmiştir. Daha sonra 0.5 ml süpernatanttan alınıp üzerine 0.5 ml 10 mmol L^{-1} K-fosfat tampon (pH 7.0) çözeltisi ve1 ml 1 M potasyum iodür eklenmiştir. Karışımın absorbans değerleri 390 nm'de UV mikroplate spektrometrede (Epoch, SN: 1611187, USA) belirlenmiştir. H_2O_2içeriği µmol g^{-1} taze ağırlık olarak belirtilmiştir.

3.2.2.5. Peroksidaz (POD, E.C.1.11.1.7) enzim analizi

Peroksidaz enzim analizi Cvikorová ve ark. (1994), metoduna göre belirlenmiştir. Adaçayı bitkisinin taze yapraklarından 0.5 g alınarak 10 ml 50 mmol L^{-1}Na-fosfat çözeltisiyle homojenize edilmiştir. Elde edilen ekstraktan 10 µl alınıp sonra üzerine 290 µl (13 mmol L^{-1}guaiacol, 5 mmol L^{-1} H_2O_2 ve 50 mmol L^{-1}Na-fosfat (pH 6.5)) reaksiyon karışımı eklenmiş ve UV mikroplate spektrometrede (Epoch, SN: 1611187, USA) 470 nm'de 1 dakika aralıklarla 3 kez absorbans değerleri okunmuştur.

Sonuçlar ünite mg^{-1} taze ağırlık olarak belirtilmiştir.

3.2.2.6. Katalaz (CAT, E.C.1.11.1.6) enzim analizi

Katalaz enzimi Miloseviç ve Slusarenko (1996), yöntemine göre yapılmıştır. Taze adaçayı bitkisi ve 50 mmol L^{-1} Na-fosfat çözeltisinin homojenize edilmesiyle elde edilen ekstrakttan 5 µlalınmış ve üzerine295 µl (4 mmol $L^{-1}Na_2EDTA$, 10 mmol $L^{-1}H_2O_2$ ve 50 mmol L^{-1}Na-fosfat) reaksiyon karışımı eklenmiştir. Karışımın absorbans değerleri 240 nm'de 30 sn süre ile UV mikroplate spektrometrede (Epoch, SN: 1611187, USA) belirlenmiştir ve ünite mg^{-1}taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

3.2.3. Bitki Na^+ve Cl^-içeriğinin belirlenmesi

Adaçayı yaprak ve kök Na^+ ve Cl^-içerikleri Chapman ve Pratt (1961), yöntemi ile belirlenmiştir. Kurutulup ve öğütülmüş yaprak ve köklerden0.5 g tartılıp porselen krozelerde kül fırınında 500 °C'de 5 saat süreyle yakılmıştır. Daha sonra soğutulan örneklerin üzerine 5 ml2 N hidroklorik asit ilave edilmiş ve 30 dakika sonra Whatman No.42 filtre kâğıdı ile 50 ml'lik balon jojelere aktarılmıştır. Saf su ile balon jojeler derecesine tamamlanmıştır. Elde edilen süzüklerin Na^+ içerikleri Inductively Coupled Plasma (ICP), Cl^- içerikleri ise iyon kromotoğrafisi cihazında belirlenmiştir.

3.2.4.Verilerin değerlendirilmesi

Çalışma sonunda analizlerden elde edilen veriler SPSS (Version 22.0) ANOVA analizi ile Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile $P \leq 0.05$ önem düzeyinde analiz edilmiştir. Değerlerin ortalamaları ile standart hata (±) hesaplanarak çizelge ve grafikler olarak belirtilmiştir.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1.Bitki Fizyolojik Parametreleri

Sera koşularında saksı ortamında farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen adaçayı bitkisinin bitki boyu, üst aksam yaş ve kuru ağırlıkları ile MSI değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı NaCl konsantrasyonlarda yetiştirilen Adaçayı bitkisinin bazı fizyolojik özellikleri

NaCl Uygulamaları (mmol L^{-1})	Bitki Boyu (cm $bitki^{-1}$)	Üst Aksam Yaş Ağırlığı (g $bitki^{-1}$)	Üst Aksam Kuru Ağırlık (g $bitki^{-1}$)	MSI (%)
0(Kontrol)	33.40±0.92a	9.14±0.20a	2.28±0.05a	6.44±1.14e
50	35.00±0.71a	9.20±0.19a	2.51±0.06a	8.83±0.65e
100	32.20±1.83a	8.81±0.28a	2.22±0.08a	17.87±0.98d
200	31.60±0.75b	7.10±0.10b	2.09±0.19b	32.38±3.03c
400	29.60±1.75b	5.28±0.30c	1.59±0.04c	50.39±2.21b
600	27.20±2.22c	4.13±0.38d	1.24±0.10c	66.70±2.27a

Çizelge4.1 incelendiğinde 200 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyon uygulamalarından itibaren bitki boyu, bitki üst aksam yaş ve kuru ağırlığında istatistiksel olarak azalmanın olduğu görülmüştür. Tuz uygulamalarında özellikle 50 mmol L^{-1} NaCl' de bitkinin boyu, üst aksam yaş ağırlık ve kuru ağırlığı kontrolden daha yüksek olduğu görülmüş olup, bu durum bu seviyedeki tuz konsantrasyonunun bitkinin gelişiminde teşvik edici tuz miktarı olduğunu göstermiştir.

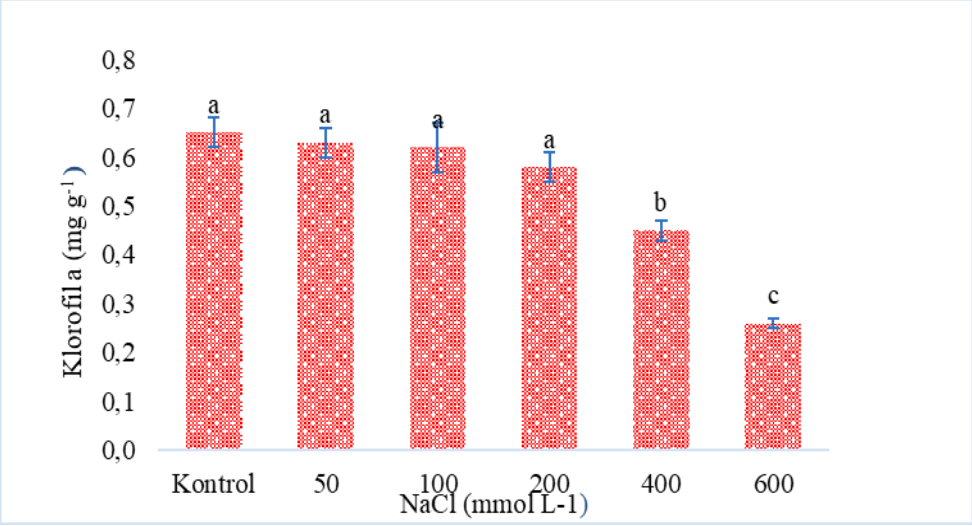
Bitkide MSI incelendiğinde artan NaCl konsantrasyonuna göre MSI değerleri artış göstermiştir. En düşük değer % 6.44 olarak kontrol uygulamasında, en yüksek değer %66.70 olarak 600 mmoL^{-1} NaCl uygulamalarında belirlenmiştir.

Tuz stresi nedeniyle bitkilerin gelişimi, membran geçirgenliği olumsuz etkilenmektedir (Saidimoradi ve ark., 2019; Karakaş ve ark., 2021). Es-sbihi ve ark. (2021), yaptıkları araştırmada 150 mmol L^{-1} NaCI uygulamasının adaçayı bitkilerinde gövde ve kök gelişimini etkilediğini ve klorofil pigmentlerinde de azalmanın olduğunu bildirmişlerdir.

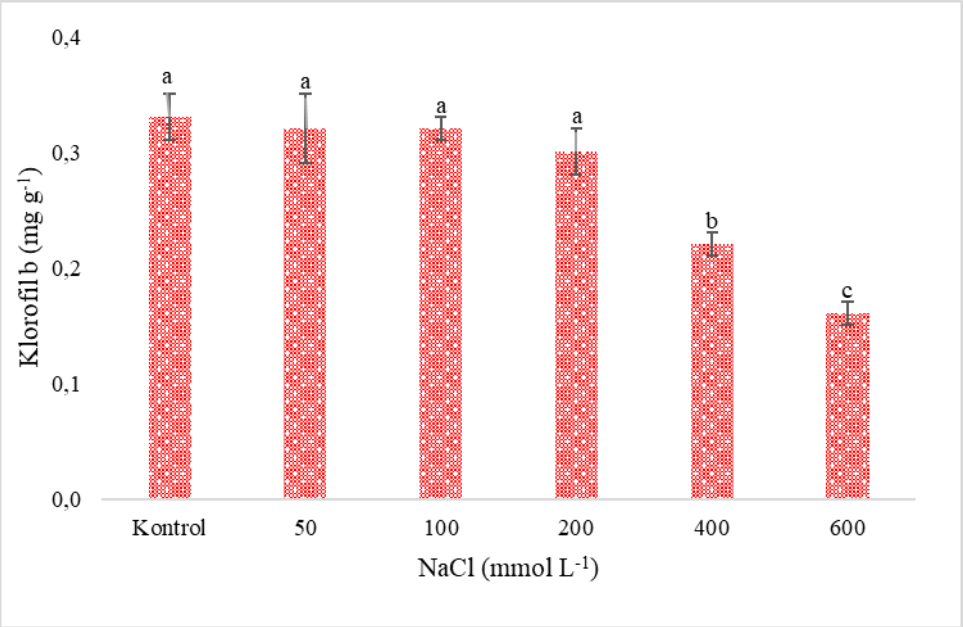
Uzilday ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada tuz hardalı (*eutrema parvulum)* bitkisini farklı NaCl konsantrasyonlarında (0, 50, 200 ve 300 mmol L^{-1}) yetiştirilerek artan NaCl konsantrasyonlara bağlı olarak bitki boyunda, bitki kuru ağırlığı ve yaş ağırlıklarında azalma olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.Bitki Biyokimyasal Parametreler

Hasat edilen adaçayı bitkisindeklorofil (Chl-a ve Chl-b), prolin, MDA, H_2O_2, CAT ve PODantioksidan enzim içerikleri araştırılmıştır. Adaçayı bitkisinin klorofil (Chl-a ve Chl-b) içeriklerine farklı NaCl konsantrasyonlarının etkileri istatistiksel olarak önemlidir ($P \leq 0.05$). Bitki Chl-a ve Chl-b miktarı özellikle 200 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonundan sonra azalma göstermiştir. En düşük Chl-a 0.26 mg g^{-1} ve Chl-b 0.16 mg g^{-1}değerlerinde 600 mmoL^{-1} NaCl seviyesinde belirlenmiştir (Şekil 4.1; Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Chl-a içeriği

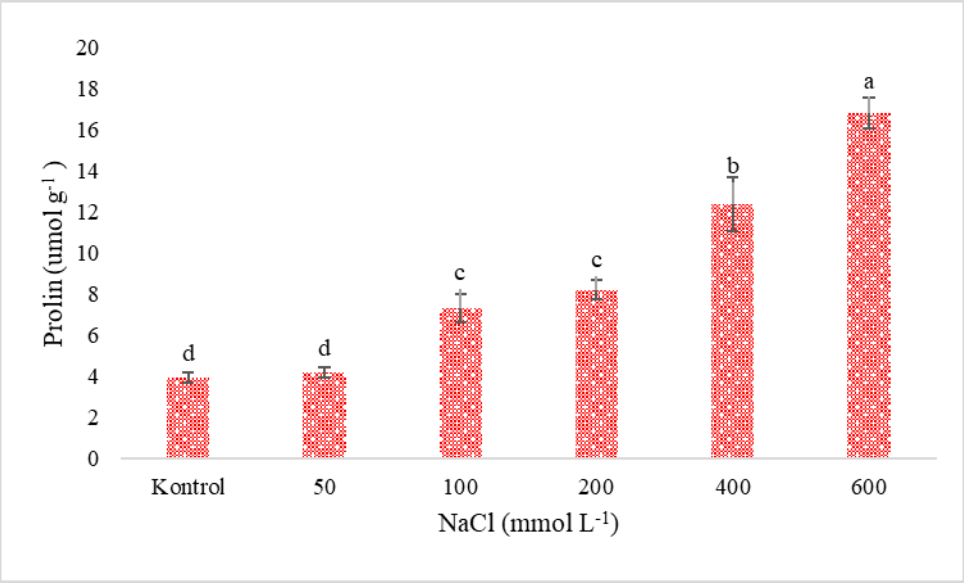


Şekil 4.2.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Chl-b içeriği

Bitkilerde tuz stresi klorofil sentezini olumsuz etkileyerek klorofil içeriklerinin azalmasına sebep olur. Yapılan birçok araştırmada tuz stresi nedeniyle bitki klorofi a, klorofil b ve toplam klorofil içeriklerinin azaldığı bildirilmiştir (Dikilitaş ve ark., 2019).

Cárdenas ve ark. (2020), tuz stresi altında yetiştirilen deniz börülcesi *(Salicornia europaea)* bitkisinin farklı tuz konsantrasyonlarına (0,200,400,800,1000 mmol L^{-1}) bağlı olarak klorofil-a ile klorofil-b içeriklerinde azalma olduklarını belirtmişlerdir.

Adaçayı bitkisinin prolin içerikleri üzerine farklı NaCl stresinin etkisi istatistiksel olarak önemli görülmüştür($P \leq 0.05$). Prolin içeriği özellikle 100 mmol L^{-1}NaCl seviyesinden itibaren artış göstermiş olup, en yüksek prolin miktarı16.83 µmol g^{-1} olarak 600 mmol L^{-1}NaCl de belirlenmiştir (Şekil 4.3).

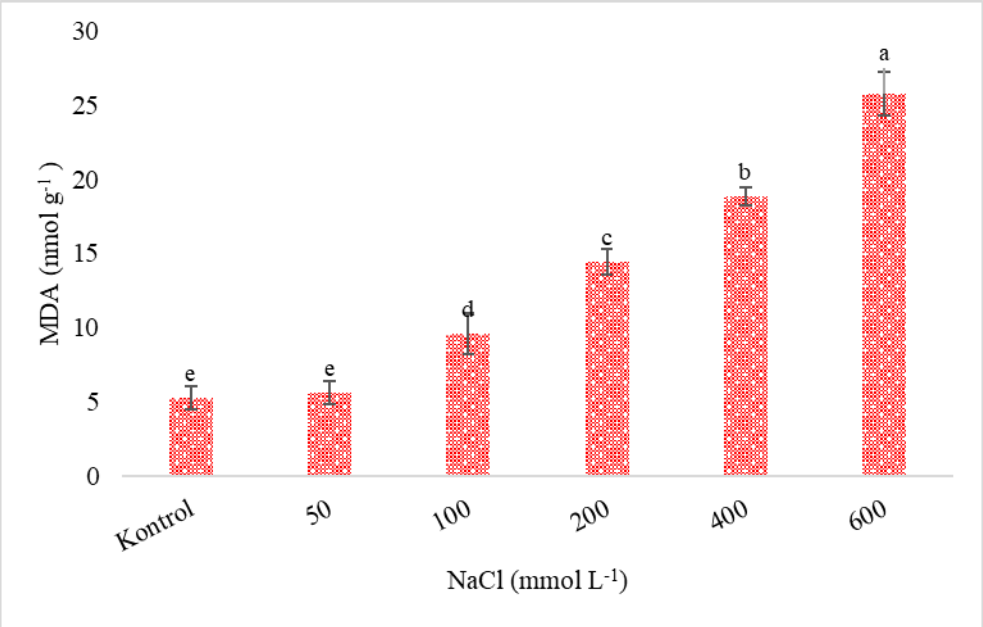


Şekil 4.3. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Prolin içeriği

Tuz stresinde bitkilerde prolin miktarının artığı yapılan birçok çalışma sonucunda belirtmiştir (Ghanem ve ark.,2021; Alhasnawi,2019; Akçin ve ark,2017). Sdouga ve ark. (2019), farklı NaCl (0,50,100,150 mmol L^{-1}) stresi altında yetiştirilen semizotu *(Portulaca oleracea L.)* bitkisinin prolin miktarının artığını belirlemişlerdir. Parida ve ark. (2016), tuz stresinde misfak ağacı *(Salvadora persica)* fidelerinde prolin miktarının artığını bildirmişlerdir.

Farklı bir çalışmada Pardo ve ark. (2016*), Inula crithmoides* ve *Plantago crassifolia* bitkilerini farklı seviyelerde uyguladıkları tuz stresinin bitkilerde prolin miktarının artığını tespit etmişlerdir.

Farklı seviyelerdeki NaCl uygulamalarının adaçayı bitkisinin MDA içeriğindeki etkisi istatiksel olarak önemli görülmüştür($P \leq 0.05$). Adaçayı bitkisi NaCl uygulamalarına bağlı olarak özellikle 100 mmol L^{-1} NaCl' den itibaren MDA miktarı artış göstermiştir. En yüksek MDAiçeriği25.72 nmol g^{-1} ile 600 mmol L^{-1}NaCl uygulamasında belirlenmiştir (Şekil4.4).

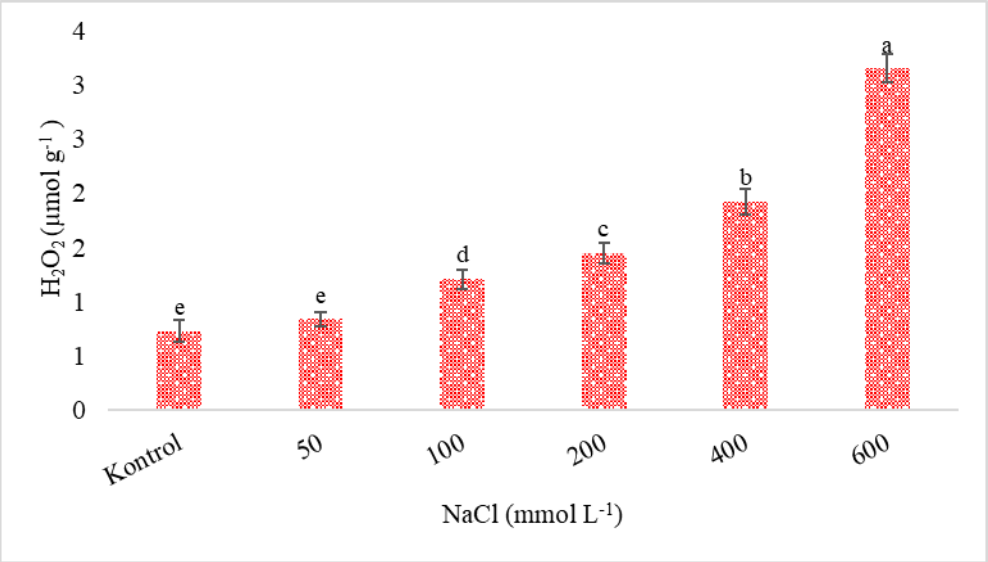


Şekil 4.4. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin MDA içeriği

Mohammadi ve ark. (2019), da yapmış olduğu araştırmalarında kallar otu *(Leptochloa fusca L.)* bitkisini farklı NaCl (0, 300, 450, 600 mmol L^{-1}) seviyelerde uyguladıkları tuz stresinin MDA içeriğinin artığını belirtmişlerdir.

Karakas ve ark. (2021), da yapmış olduğu araştırmalarında farklı tuz (0, 50 ,100, 200, 300, 400, 500 mmoL^{-1}) stresi altında Kaz ayağı *(C. acinaciformis)* bitkisinin MDA içeriğinin artan tuz seviyesine bağlı olarak artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Aadaçayı bitkisine farklı dozlardaki NaCl uygulamalarının etkisi H_2O_2 içeriğinde istatiksel olarak önemli görülmüştür ($P \leq 0.05$). NaCl stresi adaçayı bitkisinde özellikle 100 mmol L^{-1} NaCl uygulamasında itibarenH_2O_2miktarını artırmıştır. En yüksek H_2O_2 içeriği 3.15 µmol g^{-1} ile 600 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonunda görülmüştür (Şekil4.5).



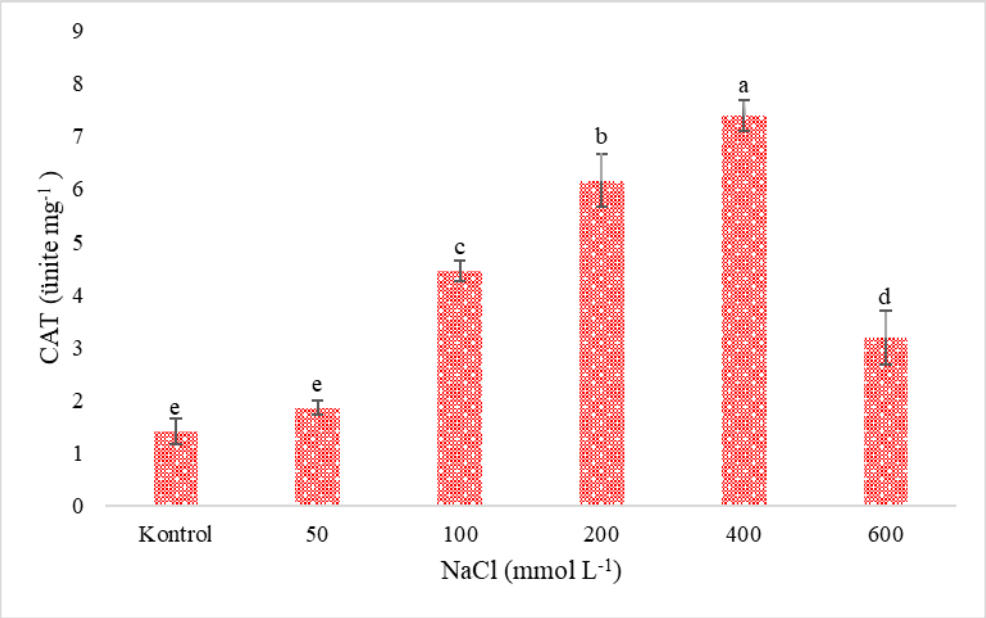
Şekil 4.5. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin H2O2 içeriği

Tuz stresinin bitkilerde H_2O_2 içeriğinin arttığını yapılan birçok araştırmalarda belirlenmiştir (Altuntaş, 2020; Lu ve ark., 2021; Karakaş ve ark.,2021).

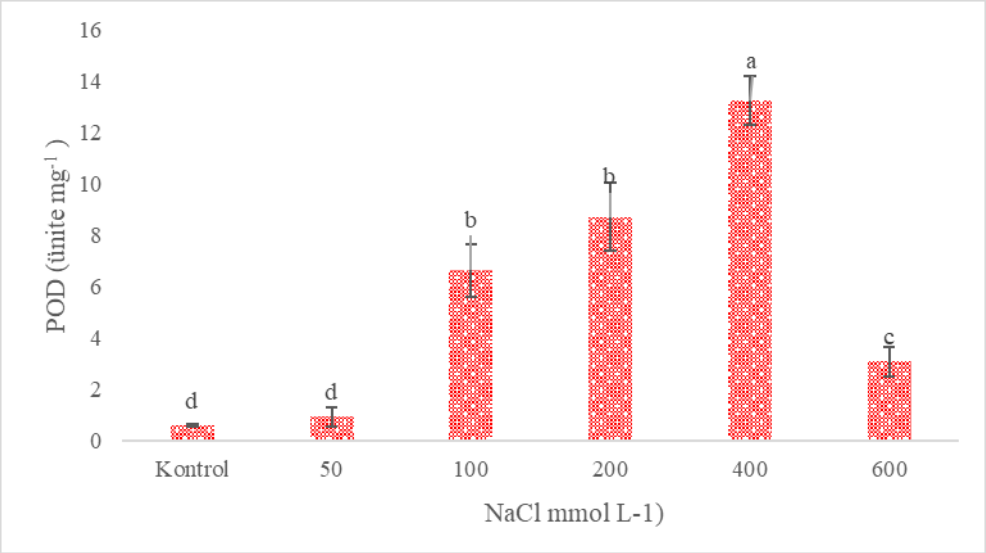
Altuntaş (2020), halofit bitkisi olan kır sakızı *(Scorzonera hieraciifalia)* bitkisini farklı (0, 150, 300, 450 ve 600 mmol L^{-1}) NaCl konsantrasyonlarında tuz stresinde yetiştirerek daha sonra fiziksel ve biyolojik analiz çalışmasını yaparak artan NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak H_2O_2 içeriğinin arttığını belirtmiştir.

Lu ve ark. (2021), *Halogeton glomeratus* bitkisine farklı (0, 200, 400 mmol L^{-1}) dozlarda uyguladıkları tuz stresinin bitkide H_2O_2 içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir.

Adaçayı bitkisinde farklı NaCl uygulamalarının CAT ve POD antioksidan enzimlerine etkisi istatiksel olarak önemlidir ($P \leq 0.05$). CAT ve POD antioksidan enzim içerikleri özellikle 100, 200 ve 400 mmol L^{-1}NaCldozlarındakademeli olarak artmış, ancak 600 mmol L^{-1}NaCl stres seviyesinde bu enzimlerin aktivasyonları azaldığı görülmüştür (Şekil4.6 ve Şekil4.7).



Şekil 4.6. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin CAT içeriği



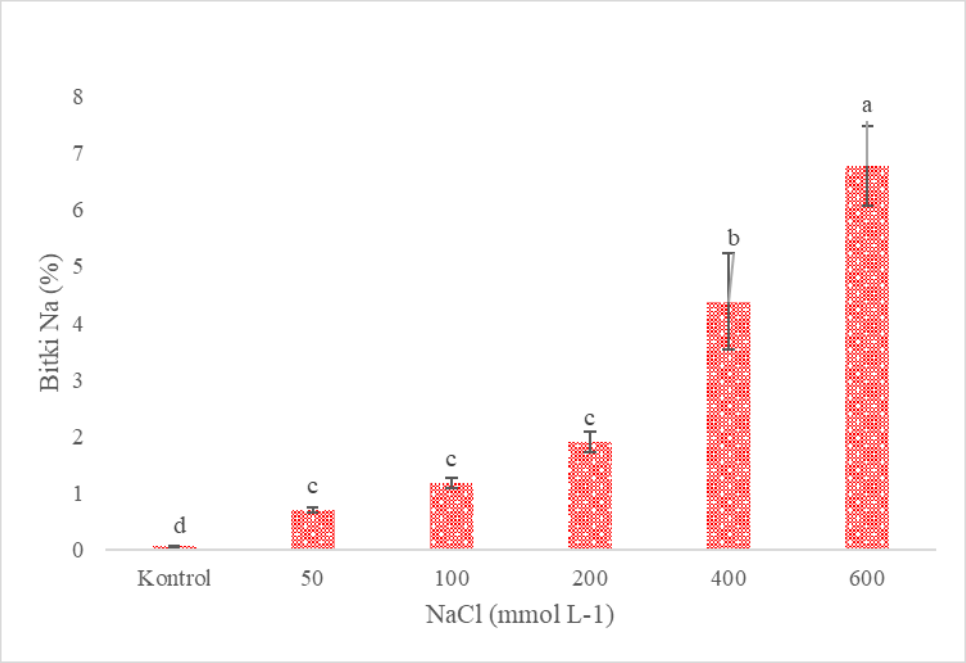
Şekil 4.7. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin POD içeriği

Cai ve ark. (2020), 5 farklı kiona bitkileri üzerinde yaptıkları çalışmada tuz stresine maruz kalan bitkilerin artan NaCl konsantrasyonuna göre ilk önce CAT ve POD içeriklerinin artış gösterdiklerini ancak daha sonra CAT ve POD içeriklerinin azalış göstererek doğrusal olmayan modeller göstermişlerdir.

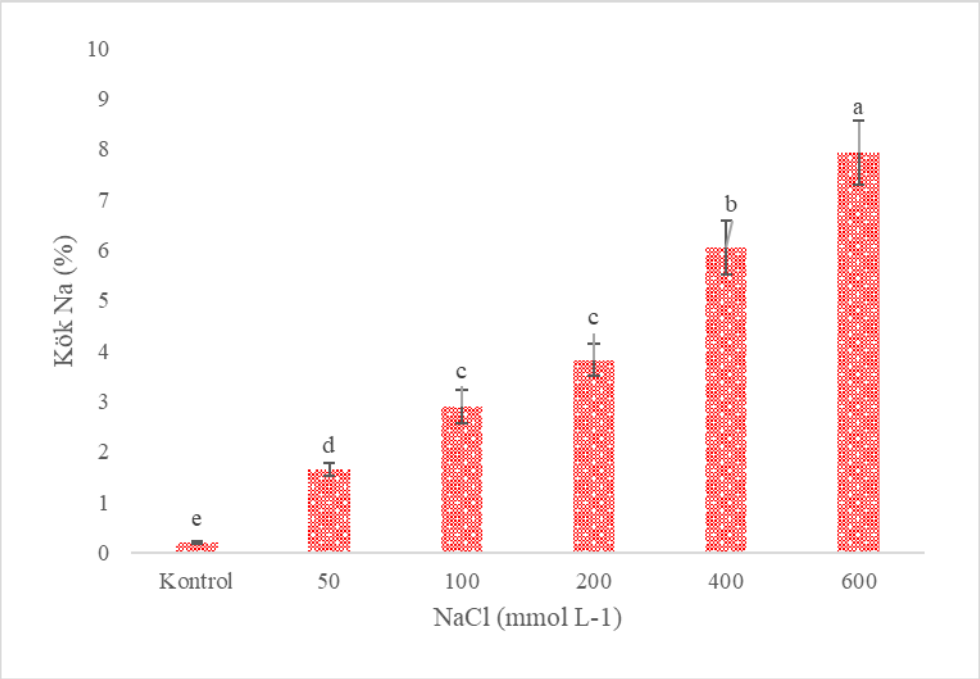
Yapılan başka bir çalışma da Lu ve ark. (2021),saksaul, ılgın ve fırat kavağı *(Haloxylon ammodendron, Tamarix ramosissima, Populus euphratica,)* bitki türlerinde yaptıkları çalışmada farklı NaCl konsantrasyonlarında (0, 50, 100, 200 ve 400 mmol L^{-1}) CAT ve POD değerlerin ilk önce arttığı ancak artan NaCl konsantrasyonlarında kademeli bir şekilde CAT ve POD değerleri azaldığını belirtmişlerdir.

4.3.Bitki ve Kök Na ve Cl İçerikleri

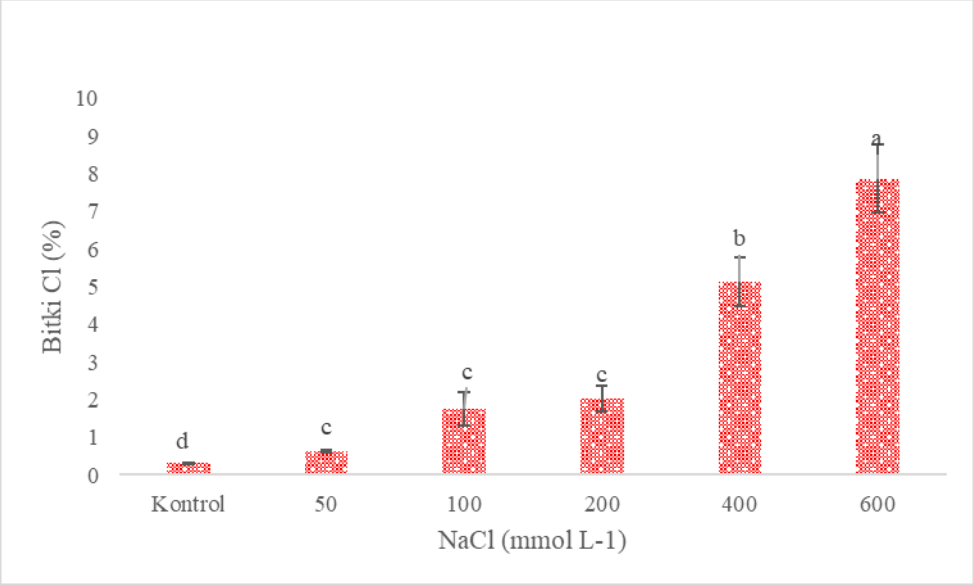
Artan NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak bitki ve kökte Na^+ ve Cl^- içeriklerinin kademeli olarak artığı belirlenmiştir (Şekil 4.8., Şekil 4.9., Şekil 4.10., Şekil 4.11.).



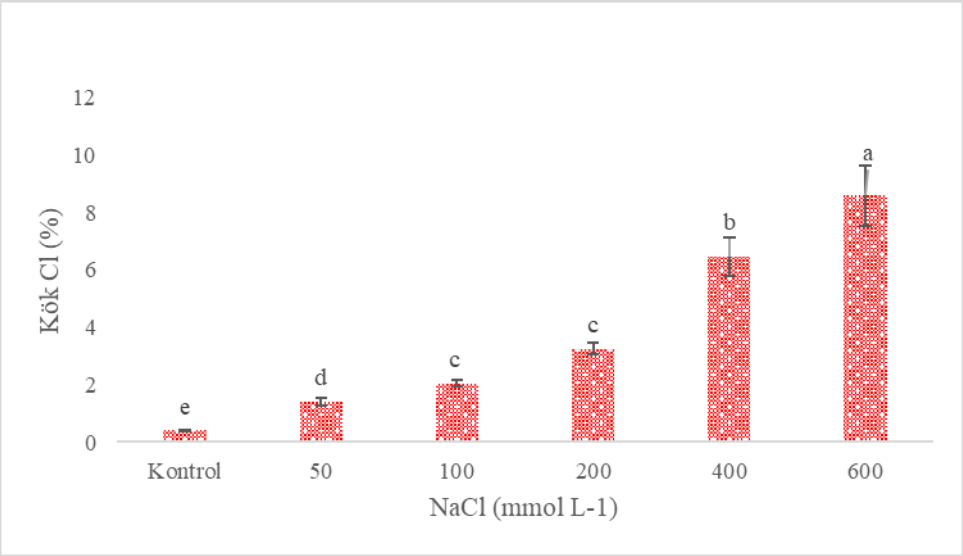
Şekil 4.8. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Na içeriği



Şekil 4.9. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin kök Na içeriği



Şekil 4.10. Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin Cl içeriği



Şekil 4.11.Farklı NaCl konsantrasyonlarında yetiştirilen Adaçayı bitkisinin kök Cl içeriği

Yapılan araştırmalarda tuz stresinin bitkilerin yaprak ve köklerinde Na^+ ve Cl^- içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir (Sarabi ve ark.,2017; Zouhaier ve ark.,2015; Zhang ve ark.,2014).

Salachnave ark. (2016), tükürük otu *(Ornithogalum saundersiae)* bitkisi üzerinde yaptıkları tuzluluk çalışması, bitkiyi farklı NaCl konsantrasyonlarında (0, 100 ve 200 mmol L^{-1}) NaCl uygulaması yapmışlardır. Yaptıkları uygulamadan sonra bitkinin yapraklarında Na ve Cl element parametrelerini analiz etmişler. Sonuç olarak artan NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak yaprakta Na^+ ve Cl^-içeriklerinin artığını belirtmişlerdir.

Yapılan benzer bir halofit bitkisinde Meychik ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada *Suaeda altissima L.* bitkisi üzerinde yapılan farklı NaCl (0.5, 250 ve 750 mmol L^{-1} uygulamasından sonra bitkinin kök ve yapraklarında Na^+ ile Cl^-içerikleri incelemesinde artan NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak bitkinin kök ve yapraklarında Na^+ ile Cl^-içeriklerinin arttığını belirtmişlerdir

5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Bu araştırmada adaçayı (*Salvia officinalis)* bitkisi farklı konsantrasyonlarda (0,50,100,200,400 ve 600 mmol L^{-1}) NaCl tuz stresine maruz bırakılarak bitkinin fizyolojik ve biyokimyasal etkileri incelenmiştir.

Çalışmanın sonucunda fizyolojik ve biyokimyasal analizlerden elde edilen veriler incelendiğinde NaCl stresinin bitkide fizyolojik parametrelerden bitkinin boyu, üst aksam yaş ağırlığı ve üst aksam kuru ağırlığı kontrole oranla artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak azalmıştır. MSIdeğeri bitkinin maruz kaldığı tuz stresine bağlı olarak artmıştır.

Biyokimyasal parametrelerden Chl-a ve Chl-b içerikleri 200 mmol L^{-1} NaCl uygulamasından sonra NaCl stresinin artışına bağlı olarak azalmıştır. Yine biyokimyasal parametrelerden prolin, MDA ve H_2O_2 miktarlarında 100 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonundan itibaren kademeli olarak artış görülmüştür. CAT ile POD enzim içerikleri 100, 200 ve 400 mmol L^{-1} NaCl dozlarında kademeli olarak artarken, 600 mmol L^{-1} NaCl dozunda azalmıştır.

Artan NaCl miktarına bağlı olarak bitki ve kök Na^+ ve Cl^-içeriklerinin de kademeli olarak artığı görülmüştür. Adaçayı bitkisinin özelikle 50, 100 ve 200 mmol L^{-1} NaCl konsantrasyonunuzdaki tuza toleranslı olduğu, ancak 400 ve 600 mmol L^{-1}NaCl seviyelerindeki tuz stresine bitkinin toleransının azaldığı yapılan fizyolojik ve biyokimyasal analizler neticesinde görülmüştür. Adaçayının özellikle 200 mmol L^{-1} NaCl seviyelerindeki tuzlu ortamlarda (toprak veya su) yetiştirilebileceği ve fitoremediasyon yönteminde halofit bir bitki olarak kullanılabilirliği söylenebilmektedir.

5.2.Öneriler

Adaçayı bitkisinin NaCl stresine karşı göstermiş olduğu fizyolojik ve biyokimyasal etkileri ve Na^+ ve Cl^- iyonlarını depolama özelliği dikkate alındığında adaçayı (*S. officinalis*) bitkisinin özellikle 200 mmol L^{-1}seviyelerinde tuz stresine toleransının yüksek düzeyde olduğu söylenebilmektedir. Bu bağlamda tuzdan etkilenmiş alanlarda, tuzlu sulama suyu ile sulanan alanlarda adaçayı bitkisinin tuzun topraktan uzaklaştırılmasındaki etkinliği saha çalışmaları ile desteklenmelidir. Bu bitkinin kırılma noktası 200 mmol L^{-1} olup özellikle bu tuz seviyesindeki toprak ve su ortamında yetiştirilebileceği önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AKÇİN, A., YALÇIN, E. ve AKÇİN, T. A., 2017. Spergularia marina (L.) Griseb.Caryophyllaceae)'da tuzluluğun prolin ve klorofil pigmentleri üzerine etkisi.Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,2(1): 80-92.

Al-BUSAİDİ, S.A., YAMAMOTO, T., INOUE, M. and IRSHAD, M., 2007. Sedum response to sea water salinity under different irrigation methods. World Journal of Agricultural Science 3: 547–552.

ALHASNAWİ, A. N., 2019. Role of proline in plant stress tolerance: A mini review.Research on Crops,20(1).

ALTUNTAŞ, C., 2020 Endemik halofit scorzonera hieraciifolia bitkisinin tuz stresine tolerans mekanizmasının araştırılması 5:1-87

ANJUM, S. A., ASHRAF, U., ZOHAİB, A., TANYEER, M., NAEEM, M., ALİ, I. and NAZİR, U., 2017. Growth and development responses of crop plants under drought stress: a review. Zemdirbyste,104(3): 267-276.

ARNON, D. L., 1949. A Copper Enzyme Is Isolated Chloroplast Polyphenol Oxidase In Beta Vulgaris.Plant Physiol 24: 1-15.

ASLANİ, H. and RAZMJOO, J., 2016. Common sage (Salvia officinalis L.) responses to salinity and drought stresses in Isfahan region. InInternational Symposium on the Role of Plant Genetic Resources in Reclaiming Lands and Environment Deteriorated by Human and 1190(pp. 145-150).

ATZORİ, G., DE VOS, A. C., VAN RİJSSELBERGHE, M., VİGNOLİNİ, P., ROZEMA, J., MANCUSO, S. and VAN BODEGOM, P. M., 2017. Effects of increased seawater salinity irrigation on growth and quality of the edible halophyte Mesembryanthemum crystallinum L. under field conditions.Agricultural Water Management,187, 37-46.

BAĞDAT, R. B., 2006. Tibbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları, tıbbi adaçayı (Salvia officinalis L.) ve ülkemizde kekik adıyla bilinen türlerin yetiştirme teknikleri.Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi,15(1-2): 19-28.

BALUSAMY, S. R., RAHİMİ, S., SUKWEENADHİ, J., SUNDERRAJ, S., SHANMUGAM, R., THANGAVELU, L. and PERUMALSAMY, H., 2022. Chitosan, chitosan nanoparticles and modified chitosan biomaterials, apotential tool to combat salinity stress in plants.Carbohydrate Polymers, 119-189.

BATES, L. S., WALDREN, R. P. and TEARE, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. – Plant and Soil 39: 205-207.

BAYAT, E., KOŞUNKARTAY, H. ve KODAZ, S., 2020. Tuzluluk Stresinin Buğdayın Çimlenme Parametreleri Üzerine Etkileri.Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (41): 246-251.

CAİ, Z. Q., ve GAO, Q., 2020. Beş zıt yayla quinoa çeşidinde tuz toleransının karşılaştırmalı fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmaları.BMC Bitki Biyolojisi,20(1): 1-15.

CARDENAS-PEREZ, S., PİEMİK, A., LUDWİCZAK, A., DUSZYN, M., SZMİDT-JAWORSKA, A. and CHANONA-PEREZ, J. J., 2020. Image and fractal

analysis as a tool for evaluating salinity growth response between two Salicornia europaea populations.BMC plant biology,20(1): 1-14.
CHAPMAN, H. D., and PRATT, P. F., 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants, and Waters; University of California, Division of Agricultural Sciences:Riverside, CA, USA.
CVIKROVA, M., HRUBCOVA, M., VAGNER, M., MACHACKOVA, I. ve EDER, J., 1994. Phenolic acids and peroxidase activity in Alfalfa (Medicago sativa) embryogenic cultures after ethephon treatment. – Plant Physiological 91(2): 226-233.
ÇULHA, Ş., ve ÇAKIRLAR, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları.Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,11(2): 11-34.
DİKİLİTAŞ, S. K., DİKİLİTAŞ, M., ASLAN, M. and GÜZEL, A. N., 2019. Evaluation of biochemical and physiological responses of salsola spp at their natural habitats.Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi,23(2): 226-233.
ES-SBİHİ, F. Z., HAZZOUMİ, Z., AASFAR, A., and AMRANİ JOUTEİ, K., 2021. Improving salinity tolerance in Salvia officinalis L. by foliar application of salicylic acid. Chemical and Biological Technologies in Agriculture,8, 1-12.
FLOWERS, T. J., and COLWER, T. D., 2015. Plant salt tolerance: adaptations in halophytes. Annals of botany, 115(3): 327-331.
GARCİA-CAPARROS, P., DE FİLİPPİS, L., GUL, A., HASANUZZAMAN, M., OZTURK, M., ALTAY, V., and LAO, M. T., 2021. Oxidative stress and antioxidant metabolism under adverse environmental conditions: a review.The Botanical Review,87, 421-466.
GHANEM, A. M. F., MOHAMMED, E., KASEM, A. M., and EL-GHAMERY, A. A., 2021. Differential salt tolerance strategies in three halophytes from the same ecological habitat: Augmentation of antioxidant enzymes and compounds. Plants, 10(6): 1100.
GUPTA, D. K., PALMA, J. M., and CORPAS, F. J. (Eds.)., 2015.Reactive oxygen species and oxidative damage in plants under stress(pp. 1-22). Heidelberg: Springer.
GÜNER, A., ÖZHATAY N, EKİM T, BAŞER KHC., 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. 2 nd Edition, Edinburgh University Press, Edinburgh.
HASANUZZAMAN, M., BHUYAN M.H.M., ZULFİQAR F., RAZA A., MOHSİN S.M., MAHMUD J.A., FUJİTA M. and FOTOPOULOS V., 2020. Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: Revisiting the crucial role of a universal defense regulator.Antioxidants; 9:681.
HASANUZZAMAN, M., NAHAR, K., and FUJİTA, M., 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages.Ecophysiology and responses of plants under salt stress, 25-87.
HİCKEY, M., and KİNG, C., 1997. Common Families of Flowering Plants. 1 st Edition, Cambridge University Press, New York,31.
HİRAYAMA, T., and SHİNOZAKİ, K., 2010. Research on plant abiotic stress responses in the post genome era: past present and future. Plant J.61,1041-1052. Doi:10.1111/j.1365-313X.2010.04124.x
HOPMANS, J. W. et al., 2021. Critical knowledge gaps and research priorities in global soil salinity. Advances in Agronomy, 169, 1– 191. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.03.001
HU, Y., and SCHMİNDHALTER, U., 2005. Drought and Salinity: A Comparison of

Their Effects on Mineral Nutrition of Plants, Journal of Plant Nutrient and Soil Science, 168:541-549

IQBAL, S., HUSSAİN, S., QAYYAUM, M. A., and ASHRAF, M., 2020. The response of maize physiology under salinity stress and its copingstrategies.Plant stress physiology, 1-25.

ISAYENKAY, S. V., and MAATHUİS, F. J., 2019. Plant salinity stress: many unanswered questions remain.Frontiers in plant science,10, 8

İPEK, A., ve GÜRBÜZ, B., 2010. Türkiye florasında bulunan Salvia Türleri ve tehlike durumları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstütüsü Dergisi 19(1-2): 30-35.

JAJOO, A., 2013. Changes in Photosystem II in Response to Salt Stress P. Ahmad et al. (eds.), Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress, Springer Science+Business Media, LLC 2013.

JALALİ, M., and MERRİKHPOUR, H., 2008. Effects of poor quality irrigation waters on the nutrient leaching and groundwater quality from sandy soil.Environmental Geology,53: 1289-1298.

JULİEN, K. K., ABDOU, M. A., ARMEL, C. G. M., FRANOİSE, A. K., ELİANE, K., LATİFOU, L., and CHRİSTOPHE, B. G., 2019. Effect of salt stress on flowering, fructification and fruit nutrients concentration in a local cultivar of chili pepper (Capsicum frutescens L.). International Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 11(1): 1-7.

KARAKAS, S., DIKILITAS, M., and AKKURAK, H., 2021. Biochemical and DNA damage responses of hydroponically grown Elands sourfig (Carpobrotus acinaciformis L.) leaves to cadmium stress conditions.Appl. Ecol. Environ. Res,19: 2649-2666.

KARAKAŞ, S., ÇULLU MA., KAYA C., and DİKİLİTAŞ M., 2016. "Halophytic companıon plants improve growth and physiological parameters of tomato plants grown under salinity", Pakistan J of Botany, vol. 48(1): p. 21-28

KARAKAŞ, S., DİKİLİTAŞ, M., ALMACA, A., and TİPİRDAMAZ, R., 2020. Physiological and biochemical responses of (Aptenia cordifolia) to salt stress and its remediative effect on saline soils. Appl. Ecol. Environ. Res, 18: 1329-1345.

KARALİJA, E., DAHİJA, S., TARKOWSKİ, P., and ZELJKOVİĆ., S. Ć., 2022. Influence of climate-related environmental stresses on economically important essential oils of mediterranean Salvia sp. Frontiers in Plant Science, 13, 1085.

KAŞALİ, A. E., 2021.Farklı tuz çeşitlerinin glikofitik ve halofitik bitkilerinin antioksidan enzimlerinin kinetiği üzerine etkilerinin araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

KULAK, M, GUL F., and SEKEROGLU, N., 2020. Changes in growth parameter and essential oil composition of sage (Salvia officinalis L.) leaves in response to various salt stresses. Industrial Crops and Products, 145: 112078.

LİU, L., NAKAMURA, Y., TALİMAN, N. A., SABAGH, A. E., MOGHAİEB, R. E., and SANEOKA, H., 2020. Differences in the Growth and Physiological Responses of the Leaves of Peucedanum japonicum and Hordeum vulgare Exposed to Salinity.Agriculture,10(8): 317.

LORETO, F., and VELIKOVA, V., 2001. Isoprene Produced By Leaves Protects the Photosynthetic Apparatus Against Ozone Damage, Quenches Ozone Products, and Reduces Lipid Peroxidation of Cellular Membranes. Plant Physiology, 127(4): 1781-1787.

LU, Y., ZENG, FJ, Lİ, XY and ZHANG, B., 2021. Progresif tuz stresine maruz kalan

üç odunsu bitkinin fizyolojik değişimleri. Photosynthetica, 59(1):171-184.
MEYCHİK, NR, NİKOLAEVA, YI ve YERMAKOV, IP., 2013. Halofitin (Suaeda altissima (L.) Pall.) ve glikofitin (Spinacia oleracea L.) tuzluluğa fizyolojik tepkisi.
MILOSEVIC, N., ve SLUSARENKO, A. J., 1996. Active Oxygen Metabolism and Lignifications in The Hypersensitive Response in Bean. Physiological and Molecular Plant Pathology 49: 143-158.
MOHAMMADİ, F., KAVOUSİ, H. R., and MANSOURİ, M., 2019. Effects of salt stress on physio-biochemical characters and gene expressions in halophyte grass Leptochloa fusca (L.) Kunth. Acta Physiologiae Plantarum, 41(8):1-10.
MUMTAZ, M. Z., AHMAD, M., MEHMMOD, K., SHEİKH, A. S., MALİK, A., HUSSAİN, A., and ZAHİR, Z. A., 2022. Role of plant growth-promoting rhizobacteria in combating abiotic and biotic stresses in plants. InMicrobial BioTechnology for Sustainable Agriculture Volume 1(pp. 43-104). Singapore: Springer Nature Singapore.
MUNNS, R., TESTER M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59, 651–681.
NAKİPOĞLU, M., 1993. Bazı Adaçayı (Salvia L.) türleri ve bu türlerin ekonomik önemi. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Dergisi 6: 45-58
NARİMANİ, T., TOORCHİ, M., TARİNEJAD, A. R., MOHAMMADİ, S. A., and MOHAMMADİ, H., 2020. Physiological and biochemical evaluation of Barley (Hordeum vulgare L.) under salinity stress.Journal of Agricultural Science and Technology, 22(4): 1009-1021
ORS, S., EKİNCİ, M., YİLDİRİM, E., SAHİN, U., TURAN, M., and DURSUN, A., 2021. Interactive effects of salinity and drought stress on photosynthetic characteristics and physiology of tomato (Lycopersicon esculentum L.) seedlings. South African Journal of Botany, 137: 335-339.
ÖZDALYAN, N., 1998. "Süperkritik Akışkan Ekstraksiyon Yöntemi ile Elde Olunan Adaçayı Ekstraktının Antioksidan Özellikleri Üzerine Bir Çalışma", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-84.
PANAHİ, F., ASAREH, M. H., JAFARİ, M., GİVAR, A., TAVİLİ, A., ARZANİ, H., and GHORBANİ, M., 2015. The responses of Salsola orientalis to salt stressInternational Journal of Advanced Biological and Biomedical Research,3(2):163-172.
PARDO-DOMENECH, L. L., TİFREA, A., GRİGORE, M. N., BOSCAİU, M., VİCENTE, O., 2016. Proline and glycine betaine accumulation in two succulent halophytes under natural and experimental conditions. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 150(5): 904-915.
PARİDA, A. K., VEERABATHİNİ, S. K., KUMARİ, A., and AGARWAL, P. K., 2016. Physiological, anatomical and metabolic implications of salt tolerance in the halophyte Salvadora persica under hydroponic culture condition. Frontiers in Plant Science, 7, 351.
PREMCHANDRA, GS, SANEOKA H., and OGATA S., 1990. Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance as affected by applied nitrogen in soybean. Journal Agricultural Science Cambridge. 115: 63-66.
SACHDEV, S., ANSARİ, SA, ANSARİ MI, FUJİTA M., and HASANUZZAMAN, M., 2021. Abiotic Stress and Reactive Oxygen Species: Generation, Signaling, and Defense Mechanisms. Antioxidants (Basel). 2021 Feb

11;10(2):277.
SAİDİMORADİ, D.; GHADERİ, N.; JAVADİ, T., 2019. Salinity stress mitigation by humic acid application in strawberry (Fragaria x ananassa Duch.). Sci. Horticulturae, 256, 594.
SAİRAM, R. K, VEERABHADRA RAO K., and SRİVASTAVA, G.C., 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163:1037-/1046.
SARABİ, B., BOLANDNAZAR, S., GHADERİ, N., and GHASHGHAJE, J., 2017. Genotypic differences in physiological and biochemical responses to salinity stress in melon (Cucumis melo L.) plants: Prospects for selection of salt tolerant landraces. Plant Physiology and Biochemistry, 119: 294-311.
SDOUGA, D., AMOR, F. B., GHRİBİ, S., KABTNİ, S., TEBİNİ, M., BRANCA, F., MARGHALİ, S., 2019. An insight from tolerance to salinity stress in halophyte Portulaca oleracea L.: Physio-morphological, biochemical and molecular responses. Ecotoxicology and Environmental Safety, 172: 45-52.
SHEİKHALİPOUR, M., ESMAJELPOUR, B., BEHNAMİAN, M., GOHARİ, G., GİGLOU, M. T., VACHOVA, P., and SKALİCKY, M., 2021. Chitosan–selenium nanoparticle (Cs–Se NP) foliar spray alleviates salt stress in bitter melon.Nanomaterials, 11(3): 684.
SİNGH, A., 2018. Alternative management options for irrigationinduced salinization and waterlogging under different climatic conditions. Ecological Indicators, 90, 184–192. https://doi. org/10.1016/j.ecolind.2018.03.014
ŞAHİN, C. B., ve AKÇALI, C. T., 2016. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı pamuk çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkisi.Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 2(2): 75-79.
ŞENSOY, N.D., 2007. "Adaçayı (Salvia officinalis) Yapraklarından Süperkritik Karbondioksit Ekstraksiyonu ile Doğal Antioksidan Eldesi ve Tayini", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
TAARİT, M. B., MSAADA, K., HOSNİ, K., and MARZOUK, B., 2012. Physiological changes, phenolic content and antioxidant activity of Salvia officinalis L. grown under saline conditions.Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(8):1614-1619.
TİAN, F., HOU, M., QİU, Y., ZHANG, T., & YUAN, Y., 2020. Salinity stress effects on transpiration and plant growth under different salinity soil levels based on thermal infrared remote (TIR) technique. Geoderma, 357, 113961. https://doi.org/10.1016/j.geode rma.2019.113961
TURHAN, A., ve KUŞÇU, H., 2019. Tuzluluk Stresinin Patlıcanda (Solanum melongena L.) Su Kullanım Etkinliği, Verim Bileşenleri, Yaprak Klorofil ve Karotenoid İçeriği Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(1): 61-68.
UZILDAY, BARİS, et al. Changes in the alternative electron sinks and antioxidant defence in chloroplasts of the extreme halophyte Eutrema parvulum (Thellungiella parvula) under salinity.Annals of Botany, 2015, 115.3: 449-463.
VAN ZELM, E., ZHANG, Y., 2020. Testerink C. Salt Tolerance Mechanisms of Plants. Annu. Rev. Plant Biol;71: 403–433.
WANG, F., ZHOU, S., BİSWAS, A., YANG, S., & DİNG, J., 2020. Multialgorithm comparison for predicting soil salinity. Geoderma, 365, 114211. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114211jallali

XU, X., ZHOU, Y., Mİ, P., WANG, B., and YUAN, F., 2021. Salt-tolerance screening in Limonium sinuatum varieties with different flower colors.Scientific reports,11(1): 1-14.

YILMAZ, E., TUNA, M., BÜRÜN, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, gösterdikleri tolerans stratejileri, C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7.1 (2011) 47–66 7.1 (2011) 47–66 ISSN 1305-1385

ZHANG, L., MA, H., CHEN, T., PEN, J., YU, S., and ZHAO, X., 2014. Morphological and physiological responses of cotton (Gossypium hirsutum L.) plants to salinity.PLoS One,9(11): e112807