

Adaçayı (*Salvia officinalis*)'nda Tuzluluk (NaCl) Stresi Üzerinde Salisilik Asit Uygulamalarının Etkisi

Gizem KAMÇI TEKİN^{1*}, Erhan AKALP², Vedat PİRİNÇ³, Özlem TONÇER⁴

¹Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 73000, Şırnak

^{2,3}Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 21000, Diyarbakır

⁴Dicle Üniversitesi, Diyarbakır Tarım Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Programı, 21000, Diyarbakır

¹<https://orcid.org/0000-0001-6551-8669>

²<https://orcid.org/0000-0003-3471-8996>

³<https://orcid.org/0000-0001-9701-2240>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-5273-8101>

*Sorumlu yazar: gzmkm2@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 01.02.2023

Kabul tarihi: 20.10.2023

Online Yayınlanma: 11.03.2024

Anahtar Kelimeler:

Salvia officinalis L.

Tuzluluk

Salisilik asit

Adaçayı

Prolin

ÖZ

Adaçayı, Lamiaceae familyasına ait bir tür olup, içerdiği uçucu yağ ve diğer sekonder metabolitler nedeniyle Türkiye ve dünya yüzeyinde önemli bir ticari öneme sahiptir. Bu çalışma farklı tuz ve salisilik asit uygulamalarının adaçayı (*Salvia officinalis* L.) bitkisinin morfolojik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada; Kontrol (0), 5 farklı tuz (50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl) ve üç farklı Salisilik asit (SA) (0,1, 0,5 ve 1,0 mM) konsantrasyonları uygulanmıştır. İncelenen özellikler değerlendirildiğinde; adaçayında bitki boyunun 11,78-24,17 cm, kök uzunluğunun 9,13-20,70 cm, taze bitki ağırlığının 1,94-7,03 g/bitki, taze kök ağırlığının 0,89-3,50 g/bitki, bitki zararlanma skalasının 3-5 arasında değiştiği ve bitkinin sentezlediği prolin miktarının 0,10-1,56 (µmol/mg T.A.) aralığında olduğu tespit edilmiştir. Kontrol uygulaması incelenen özellikler açısından yüksek değerler verse de salisilik asit ve tuz uygulamasının incelenen özellikleri olumlu etkilediği görülmüştür.

Effect of Salicylic Acid Application on Salinity (NaCl) Stress in Sage (*Salvia officinalis*)

Research Article

Article History:

Received: 01.02.2023

Accepted: 20.10.2023

Published online: 11.03.2024

Keywords:

Salvia officinalis L.

Salinity

Salicylic acid

Sage

Proline

ABSTRACT

Sage, a member of the Lamiaceae family, holds significant commercial significance in Turkey and worldwide due to its essential oil and secondary metabolites. This investigation aims to examine the impacts of diverse salt and salicylic acid applications on *Salvia officinalis* L. plant's morphological features. The study applied various treatments, including Control (0) and 5 different salt concentrations (50, 100, 150, 200, and 250 mM NaCl), and three Salicylic acid (SA) concentrations (0.1, 0.5, and 1.0 mM). Upon evaluation, sage plants exhibited a range of characteristics such as plant height ranging from 11.78 to 24.17 cm, root length ranging from 9.13 to 20.70 cm, fresh plant weight ranging from 1.94 to 7.03 g/plant, and fresh root weight ranging from 0.89 to 3.50 g/plant. The scale of damage to the plant ranges from 3 to 5, and the plant synthesizes between 0.10-1.56 (µmol/mg T.A.) proline. Though high values were obtained in the control application in relation to the assessed properties, the application of salicylic acid and salt was observed to have a beneficial effect on these properties.

To Cite: Kamçı Tekin G., Akalp E., Pirinç V., Tonçer Ö. Adaçayı (*Salvia officinalis*)'nda Tuzluluk (NaCl) Stresi Üzerinde Salisilik Asit Uygulamalarının Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2024; 7(2): 500-511.

Giriş

Adaçayı, Lamiacea familyasına ait çok yıllık ve tek yıllık türleri bulunan önemli bir tıbbi ve aromatik bitkisidir. Türkiye’de Ege ve Akdeniz bölgelerinde; Dünyada ise ılıman iklim koşullarına sahip bölgelerde yetiştirilmektedir. En önemli *Salvia* türleri *S. officinalis* L., *S. fruticosa* Mill., (syn. *S. triloba* L.), *S. pomifera* L., *S. lavandulaefolia* Vahl ve *S. sclarea* L.'dir. Türkiye florasında *Salvia* cinsi 100 tür ve 107 takson ile temsil edilmektedir (Tursun ve ark., 2021). *Salvia officinalis* L. yabancı döllen, 60-100 cm kadar boylanabilen, yeşil-tüylü yaprağa, beyaz ve pembe çiçek rengine sahip olan tıbbi aromatik bitkidir (Kusaksız, 2019).

Adaçayının ticari olarak kullanılan kısımları yaprakları olmakla birlikte bünyesinde bulundurduğu uçucu yağ içeriğindeki α -tuyon, 1,8-sineol, β -tuyon ve kafur gibi bileşenlerin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesinin olduğu bildirilmektedir (Karakuş ve ark., 2017). Geleneksel tıpta ağrıkessici, kabızlık önleyici, aşırı terleme ve cilt rahatsızlıklarının giderilmesinde kullanılmaktadır (Çamlıca ve ark., 2019).

Bitkiler vejetatif ve generatif gelişme süreçlerinde birçok olumsuz koşullara maruz kalmaktadır. Olumsuz koşullar stres olarak adlandırılmakta olup; biyotik ve abiyotik stres olarak ikiye ayrılmaktadır. Biyotik stres; funguslar, bakteriler, virüsler, bitkiler, nematodlar, antropojenik etkiler, hayvanlar gibi faktörleri içerirken, abiyotik stres ise; tuzluluk, kuraklık, radyasyon, yüksek-düşük sıcaklık, atmosfer kirliliği, yüksek-düşük ışık şiddeti gibi etkileri kapsamaktadır. Bitkilerin yaşadığı stres koşulları; reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu ve birikimini artırarak ciddi metabolik işlev bozukluklarına neden olur, bu da Deoksiribo Nükleik Asitte (DNA) hasara, lipid peroksidasyonuna ve enzimlerin inaktivasyonuna yol açabilen bir oksidatif stres ile sonuçlanmaktadır (Tounekti ve ark., 2013).

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk stresi bitkilerde verim ve kalitenin yanısıra sürdürülebilir tarım kapsamında toprak yapısını negatif yönde etkilemektedir. Kurak ve yarı kurak koşullarda yüksek buharlaşma, bilinçsiz ve vahşi sulama tuzluluğu artıran etmenlerden birkaç tanesi olarak sıralanabilmektedir. Çalışmalar; *S. officinalis*'de tuz stresi uygulamalarının bitkide incelenen parametrelerde önemli değişikliklere neden olduğunu bildirmektedir (Hendawy ve Khalid, 2005; Torun, 2019). İncelenen parametreler ışığında tuz stresine karşı bitkiler prolin ve çözünür şeker gibi uyumlu ozmolitleri biriktirerek bir mekanizma oluşturmaktadır (Hussain ve ark., 2011). Tuz stresini önlemeye yönelik yapılan çalışmalarda bazı büyüme düzenleyicilerinin işe yaradığı rapor edilmiştir (Kaydan ve ark., 2007). Bu bitki büyüme düzenleyicilerinden biri de salisilik asittir. SA hidroksil grubu aromatik halkaya sahip bir fenolik olup endojen bir bitki büyüme düzenleyicisidir, çok sayıda metabolik süreçte önemli roller oynar ve ağır metaller, tuzluluk ve yüksek sıcaklık gibi farklı abiyotik strese maruz kalan bitkilerde solunum, fotosentez ve antioksidan mekanizmalarını düzenler (Haydari ve ark., 2019; Sharma ve ark., 2020). Bitkilerde kök sayısını, kök uzunluğunu artırır, köklenme süresini kısaltır, köklerde absorpsiyon ve membran taşınım mekanizmasını, stomaların kapanmasını engeller, vejetatif aksam gelişimini artırdığı yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Aktaş ve Güven, 2005;

Özeker, 2005). Salisilik asit bitkinin köklerinde biriken tuz sebebiyle oluşan su stresinin oksidatif hasarı engellenmesine ve protein yapısının korunmasında etkin olduğu tespit edilmiştir (Rivas-San Vicente ve Plasencia 2011). Idrees ve ark. (2011); Choudhary ve ark. (2021) yaptıkları çalışmalarda SA uygulamalarının bitkilerde stresi azalttığı ve çimlenmeyi artırdığını bildirmişlerdir. Hendawy ve Khalid (2005) *S.officinalis* bitkisinde salisilik asidin (SA) abiyotik stres karşısında toleransı artırdığını rapor etmişlerdir. Salisilik asidin temel olarak zararlı koşullarda ekonomik ürünlere direnç kazandırdığı bilinmesine rağmen, adaçayı bitkisinde tuzluluk üzerine etkilerini inceleyen çok az çalışma mevcuttur.

Bu çalışmada adaçayı (*Salvia officinalis* L.) bitkisinde farklı SA ve tuz uygulamaları (NaCl) ile salisilik asit ön uygulamasının tuzluluk stresine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma, 2020 yılı ilkbahar döneminde Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait uygulama ve araştırma serasında yürütülmüştür. Sera koşulları gündüz sıcaklığı 25°C±1; gece sıcaklığı ise 20 °C±1 olarak ayarlanmıştır. Araştırmada bitki materyali olan adaçayına ait tohumlar, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen Elif çeşidine aittir. Çalışmada kullanılmış olan bitkilere ait tohumların ekimleri serada toprak, torf, kum, perlit karışımı (3:1:1:1) bulunan viyoller içerisine 25 Mart 2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Tohumlarda çıkışı garantilemek için viyollerin her gözüne 4 tohum ekilmiş ve gereklikçe sulamaları yapılmıştır. Çıkışlar görüldükten sonra her viyol gözlerinde 1 fide kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Bitkiler 10-15 cm boyunda 5-6 yapraklı olduğu dönemde su kültürüne alınmıştır. Saksıların üzerine fideleri yerleştirmek amacıyla eşit sayıda delik bulunan tablalar bırakılmış ve tablaların üzerindeki deliklere fideler süngerlere sarılarak su kültürüne alınmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Çalışma 1 saksıda 5 bitki olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Bitkilerin su kültüründe yetiştiriciliği için 2,7 lt hacme sahip deliksiz saksılar kullanılmış; saksı içerisindeki suyun oksijen miktarını artırmak için her saksı içerisine hava sirkülasyonunu sağlayacak hava motoru kullanılmıştır. Kompresör elektriği zamanlayıcı ile verilmiş; zamanlayıcı 24 saat boyunca 1 saat çalışacak 1 saat duracak şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca saksılardaki oksijen miktarını artırmak için saksı içerisindeki su 3 günde bir değiştirilmiş ve aynı anda besin solüsyonu suya eklenmiştir (Kuşvuran ve ark., 2008). Bitkileri su kültüründe besleyebilmek için Hoagland besin çözeltisi kullanılmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950). Verilen gübre değerleri yapılan çalışmalar ışığında Ec ölçer cihaz yardımıyla ölçülerek ortalama 1,5-2,0 dS/m aralığında tutulmaya çalışılmıştır. Kullanılan salisilik asit (SA) Merck firmasından temin edilmiştir. Araştırmada; Kontrol (0), 5 farklı tuz (50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl/l) ve üç farklı Salisilik asit (SA) (0,1, 0,5 ve 1,0 mM/l) konsantrasyonları uygulanmıştır, tuz uygulaması her gün 50 mM dozların verilmesiyle beş günde 250 mM'ye tamamlanmıştır. Çalışmada ayrıca belirlenen farklı salisilik asit dozları üzerine uygulanan NaCl uygulaması ile oluşturulan kombinasyonlar da uygulamaları oluşturmuştur. Fidelerin saksılara

dikiminden 1 hafta sonra bitkilerin ortama uyum sağladığına karar verilerek uygulamalar başlatılmıştır. Saksılara önce belirlenen farklı dozlardaki SA tek seferde verilmiş ve ardından 2 gün sonra her gün 50 mM olacak şekilde NaCl konsantrasyonları uygulanmış ve 5. günün sonunda toplamda 250 mM tuz konsantrasyonu tamamlanmıştır. Son tuz uygulamasından 10 gün sonra bitkiler saksılardan çıkarılmış ölçüm ve gözlemleri alınarak çalışma sonlandırılmıştır. Hasat edilen bitkilerde, bitki hasar skalası (Kuşvuran, 2010), bitki yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök uzunluğu, bitki boyu, prolin içeriği incelenmiştir. Prolin miktarının belirlenmesinde Bates ve ark. (1973)'nin geliştirildiği yöntemle göre, 520 nm'de spektrofotometrede (Shimadzu 1208) $\mu\text{mol/mg T.A.}$ olarak hesaplanmıştır.

İstatistik Analizler

Çalışmadan elde edilen veriler JMP 14 PRO istatistik programında Tukey varyans analizine tabi tutulmuştur. LSD testi kullanılarak uygulamaların arasındaki ortalama farkları belirlenmiştir.

Bulgular

Tablo 1 incelendiğinde, adaçayında farklı SA ve tuz uygulamaları ve bunların kombinasyonları birlikte değerlendirildiğinde; bitki boyu üzerine uygulamaların etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$). En yüksek bitki boyu (24,17 cm) 0,5 mM SA + 200mM NaCl uygulamasından elde edilirken, en düşük bitki boyu 11,78 cm ile 1 mM SA + 250mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir.

Adaçayında farklı SA ve NaCl uygulamalarının kök uzunluğu üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$). Çalışmada en yüksek kök uzunluğu 200 mM NaCl uygulamasından (20,70 cm), en düşük kök uzunluğu ise 100mM NaCl (9,13 cm) uygulamasından elde edilmiştir.

Adaçayında farklı SA ve NaCl uygulamalarının taze bitki yaş ağırlığı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$). Çalışmada en yüksek bitki ağırlığı 0,5 mM SA + 150 mM NaCl (7,03 g) ve 0,5 mM SA (7,00 gr) uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük bitki ağırlığı ise 1,94 g ile 0,1 mM SA + 200mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir.

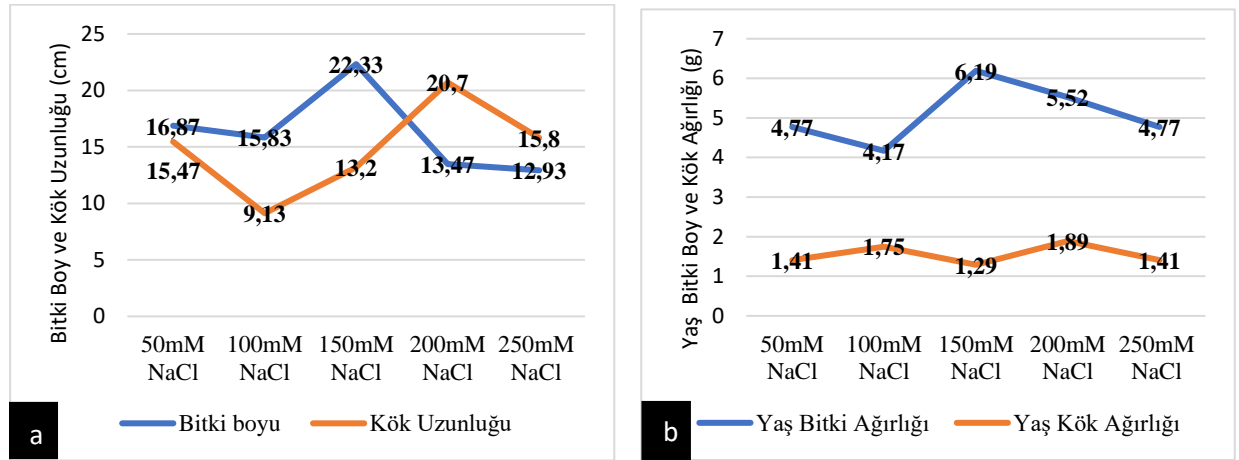
Adaçayında farklı SA ve NaCl uygulamaları ile birlikte kombinasyonların kök yaş ağırlığı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,005$). Çalışmada en yüksek kök ağırlığı 0,5 mM SA (3,50 g) uygulamasından elde edilmiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ise 0,1 mM SA (0,89 g) uygulamasından elde edilmiştir.

Adaçayında farklı SA ve NaCl uygulamalarının bitkilerde meydana gelebilecek hasarlar üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,005$). Sıfırdan beşe kadar verilen puanlamada; sıfır hasarın olmadığı bitkiler olarak kabul edilmiş, beş ise hasarın en fazla meydana geldiği bitkiler olarak değerlendirilmiştir.

Hasar indeksi incelendiğinde kontrol grubundaki bitkilerde de zararlanmanın 3 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. En az zararlanmanın 0,5 mM SA + 150mM NaCl, 0, 5mM SA + 50 mM NaCl ve 200 mM NaCl uygulamalarından elde edildiği genel olarak SA dozları ile SA ve NaCl'nin kombinasyonları ile yapılan uygulamalarda hasar indeksinin arttığı tespit edilmiştir. 1,0 mM SA + 100 mM NaCl, 1,0 mM SA + 150 mM NaCl, 1,0 mM SA + 200 mM NaCl ve SA 1,0 mM + 250 mM NaCl uygulamalarında zararlanma indeksi kontrol grubuyla aynı olduğu tespit edilmiştir.

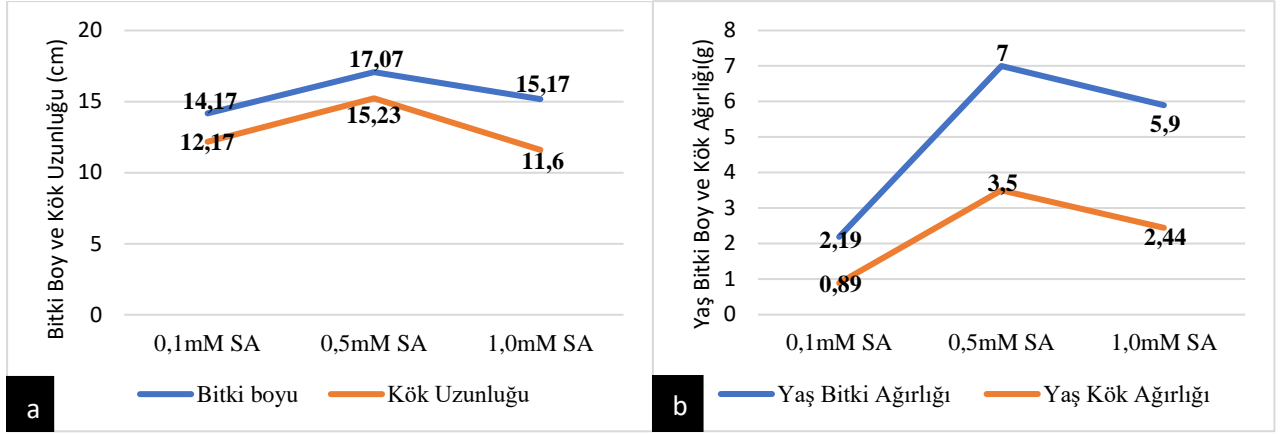
Adaçayında farklı SA ve NaCl uygulamalarının bitki stres direncinin bir sonucu olarak artan prolin miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,001$). Çalışmada elde edilen verilere göre çalışmamızda stres uygulanan gruplarda prolin içeriği, kontrole kıyasla artmış, en yüksek prolin içeriği (1,56 $\mu\text{mol/mg}$ T.A.) 1,0 mM SA + 200 mM NaCl uygulamasından elde edilirken, bunu 1,49 $\mu\text{mol/mg}$ T.A. ile 0,5 mM SA + 200 mM NaCl ve 0,5 mM SA + 50 mM NaCl (1,49 $\mu\text{mol/mg}$ T.A.) uygulamalarında tespit edilmiştir. En düşük prolin içeriği ise; 1,0 mM SA + 250 mM NaCl (0,10 $\mu\text{mol/mg}$ T.A.) ve 100 mM NaCl (0,11 $\mu\text{mol/mg}$ T.A.) uygulamalarından elde edilmiştir.

Salisilik asit uygulamasının ardından uygulanan tuz uygulamalarının bitki gelişimi açısından kontrole göre farklılıklarının gözlemlendiği çalışmada, tuz uygulaması ve salisilik asit uygulamalarının tek başına etkileri Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. NaCl Uygulamasının Bitki Boyu ve Kök Uzunluğu (cm) ile (a) Yaş Bitki Ağırlığı ve Kök Ağırlığına (g) (b) Etkisi

Bitkilere kademeli olarak verilen farklı NaCl (50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM, 250 mM) konsantrasyonlarının meydana getirdiği değişimlerde, bitki boyu 150 mM dozunda en yüksek olurken, daha yüksek dozlarda bitki boyunda düşüşler gözlenmiştir. Kök boyunda da benzer bir eğilim gözlenmiş 200 mM dozunda maksimum kök boyu elde edilmiştir. En yüksek yaş bitki ağırlığı 200 mM tuz uygulamasından elde edilmiş, yüksek dozun olumsuz etkisi bitki ağırlığında da kaydedilmiştir. Yaş kök ağırlığı açısından dozların etkisi belirgin olmamakla birlikte 200 mM tuz uygulamasının en yüksek değeri verdiği belirlenmiştir.



Şekil 2. Farklı Salisilik Asit Dozu Uygulamalarının Bitki Boyu ve Kök Uzunluğu (cm) (a) ile Yaş Bitki Ağırlığı ve Kök Ağırlığına (g) (b) Etkisi

Çalışmada farklı salisilik asit dozlarının (01 mM, 0,5 mM ve 1,0 mM SA) bitki gelişimi üzerine etkisi bakımından, salisilik asidin 0,5 mM dozunun bitkinin kök uzunluğu, bitki boyu, yaş bitki ağırlığı ve yaş kök ağırlığını artırdığı belirlenirken, artan dozda incelenen bu özelliklerde tekrar düşüşler gözlenmiştir.

Tablo 1. Adaçayı (*Salvia officinalis*)’nda farklı tuz ve salisilik asit uygulamalarının bazı bitkisel özellikler ve prolin içeriğine etkileri

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Yaş Bitki Ağırlığı (g/bitki)	Yaş Kök Ağırlığı (g/bitki)	Skala	Prolin (µmol/mg T.A.)
Salisilik Asit						
0,1 mM SA	14,17 f-g	12,17 b-e	2,19 bc	0,89 b	4	0,34 d-g
0,5 mM SA	17,07 b-g	15,23 a-e	7,00 a	3,50 a	5	0,41 c-g
1,0 mM SA	15,17 efg	11,6 c-e	5,9 abc	2,44 ab	4	0,31 efg
NaCl						
50 mM NaCl	16,87 b-g	15,47 a-e	4,77 abc	1,41 b	4	0,34 d-g
100 mM NaCl	15,83 d-g	9,13 e	4,17 abc	1,75 ab	5	0,11 fg
150 mM NaCl	22,33 abc	13,2 b-e	6,19 abc	1,29 b	3	0,15 fg
200 mM NaCl	13,47 fg	20,70 a	5,52 abc	1,89 ab	2	0,61 b-g
250 mM NaCl	12,93 g	15,8 a-e	4,77 abc	1,41 b	4	0,80 a-g
Salisilik Asit + NaCl Uygulaması						
0,1 mM SA + 50mM NaCl	21,87 a-d	17,00 abc	4,74 abc	1,43 b	4	1,27 ab
0,5 mM SA + 50mM NaCl	17,83 a-g	12,87 b-e	3,56 abc	1,7 ab	2	1,49 a
1,0 mM SA + 50mM NaCl	21,6 a-e	17,2 abc	4,15 abc	1,32 b	4	1,12 a-d
0,1 mM SA + 100mM NaCl	17,73 a-g	10,63 cde	4,88 abc	1,6 ab	4	1,11 a-d
0,5 mM SA + 100mM NaCl	22,53 ab	16,37 a-d	3,65 abc	1,83 ab	5	0,90 a-f
1,0 mM SA + 100mM NaCl	15,4 d-g	9,77 de	5,59 abc	1,71 ab	3	0,30 efg
0,1 mM SA + 150mM NaCl	17,17 b-g	15,8 a-e	5,01 abc	1,32 b	5	0,13 fg
0,5 mM SA + 150mM NaCl	19,53 a-f	14,30 a-e	7,03 a	1,51 ab	2	0,99 a-e
1,0 mM SA + 150mM NaCl	15,97 c-g	15,13 a-e	6,64 ab	2,56 ab	3	0,26 efg
0,1 mM SA + 200mM NaCl	12,57 g	10,7 cde	1,94 c	1,77 ab	3	0,23 efg
0,5 mM SA + 200mM NaCl	24,17 a	12,07 b-e	2,31 bc	1,49 ab	4	1,49 a
1,0 mM SA + 200mM NaCl	14,77 fg	16,77 abc	3,08 abc	1,33 b	3	1,56 a
0,1 mM SA + 250mM NaCl	13,23 fg	15,37 a-e	3,21 abc	1,96 ab	4	1,15 abc
0,5 mM SA + 250mM NaCl	15,47 d-g	14,63 a-e	4,29 abc	1,62 ab	4	0,48 b-g
1,0 mM SA + 250mM NaCl	11,78 g	15,33 a-e	3,78 abc	1,50 ab	3	0,10 g
Kontrol	23,00 ab	18,63 ab	6,71 ab	1,92 ab	3	0,23 efg
LSD	1,68*	1,77*	1,78**	0,52**	0	0,19*

Tartışma

Adaçayı bitkisinin hidroponik ortamda tuzlu koşullarda salisilik asit uygulamasıyla bazı morfolojik özelliklerde önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

En yüksek bitki boyunun 0,5 mM SA uygulaması ile birlikte uygulanan 200 mM NaCl dozundan elde edildiği görülmüştür. Saksılara verilen farklı dozlardaki SA uygulamalarının farklı tuz dozlarına karşı tolerans gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulamalarında 0,5 mM SA dozu uygun olarak tespit edilmiştir. Göçer ve ark. (2021) yılında yapmış oldukları çalışmada tuz seviyelerindeki artışın adaçayı bitkisini önemli düzeyde etkilediğini aynı zamanda biyomas açısından da farklılıkların ortaya çıktığını bildirmişlerdir. *S. officinalis*'de bitki boyunun tuz dozu arttıkça azaldığını, bitki boyunu $36,78 \pm 4,9$ - $8,43 \pm 0,5$, kök uzunluğunun $35,5 \pm 2$ - $12,7 \pm 1,4$ arasında değiştiğini tespit etmiştir. Kulak (2011) yapmış olduğu çalışmada adaçayı bitkisinin gelişiminin 100 mM NaCl uygulamasına kadar fazla tepki göstermediğini bunun üzerindeki dozlarda bitkinin gelişiminin olumsuz yönde etkilediğini ve bitki boyunun ortalama 12,03-16,84 cm olduğunu bildirmiştir. Çamlıca ve ark. (2019) tuz stresi altında adaçayında selenyumun etkisini incelediği çalışmalarında, farklı dozlardaki selenyum uygulaması sonucu bitki boylarını 15,56-23,85 cm olarak bildirmişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçların önceki çalışmalarla benzer olduğu tespit edilmiştir. Yapılan araştırmada ortamdaki tuzluluğun artışı ile bitki boylarında düşüşler olduğu tespit edilmiş; ancak ortama verilecek 0,5 mM'lık SA ile bitki boylarının tek başına tuz uygulanan bitkilerden yüksek (24,17 cm) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kök uzunluğu 200 mM NaCl (20,70 cm) uygulamasından, en düşük kök uzunluğunun 100 mM NaCl (9,13 cm) uygulamasından elde edilmiştir. NaCl + SA uygulamalarında yapılan ölçümlerde kök uzunluğunda artışların meydana geldiği ancak kontrole karşılaştırıldığında değerlerde dalgalanmalar olduğu gözlenmiştir. Çamlıca ve ark. (2019) yaptıkları araştırmalarında kök uzunlukları bakımından farklı Selenyum dozlarında adaçayında istatistiki olarak farklılık olmadığını rapor etmişlerdir. Aynı araştırmacılar kök uzunluğunun tuzlu koşullarda yüksek bulunmasını Selenyum uygulamasının belirli miktarlarda tuz yoğunluğunu inhibe edebileceğini ileri sürmüşlerdir. Yüksek tuz seviyelerinin, kök büyümesini hızlandırdığı bazı çalışmalarda bildirilmiştir. (Wang ve ark. 2022). Zaimoğlu ve Doğru, 2016 tuz stresinin bazı mısır genotiplerinde kök, bazılarında ise gövde büyümesini inhibe ettiğini ve bunun tuz alınımı ve taşınımı konusunda genotipe bağlı farklılıklardan kaynaklanmış olabileceğini ileri sürmüştür.

Çalışmada yaş bitki ağırlıklarında kontrole karşılaştırıldığında değerlerin daha düşük olduğu, 0,1 mM SA + 150 mM NaCl dozuna kadar artışlar olduğu ortamdaki tuz miktarının artmasıyla değerlerin düştüğü görülmüştür. Sadece tuz uygulanan bitkilerde NaCl dozları arttıkça yaş bitki ağırlıkları azalmış, en yüksek yaş kök ağırlığının 0,5 mM SA (3,50 g) uygulamasından elde edildiği tespit edilmiştir. Kulak (2011) sadece tuz uygulaması yaptığı çalışmasında yaş kök ağırlığının 6,78-24,55 g arasında olduğunu rapor etmiştir.

Çalışmada skala değerlerine bakıldığında ortamdaki SA ve NaCl uygulamalarda zararlanma indeksinin yüksek; bazı uygulamalarda kontrol grubu bitkileriyle benzer olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak 1,0

mM SA'in farklı NaCl dozları ile uygulamasının zararlanma skalasını artırmadığı tespit edilmiştir. Yapılan birçok çalışmada SA uygulamalarının bitki fizyolojisi ve morfolojisini olumlu etkilediği rapor edilmektedir (Kaydan ve Yağmur, 2006; Altıkardeş ve ark., 2018).

Çalışmada bitkinin sentezlediği prolin miktarında ortamdaki SA ve NaCl dozları ile bağlantılı olarak elde edilen değerlerde dalgalanmalar olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak stres şartlarında bitkinin savunma direnci ile artan prolin miktarının, tuz uygulanmış bitkilerde yüksek olması beklenmektedir. En yüksek prolin miktarı 0,5/1,0 mM SA + 200 mM NaCl uygulamalarından, en düşük prolin miktarı 1,0 mM SA + 250 mM NaCl uygulamasından (0,10 µmol/mg T.A.) elde edilmiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında uygulamalardan elde edilen prolin miktarları NaCl + SA uygulamalarında artış göstermiştir. Önal ve ark. (2021) bürülcede yaptıkları bir çalışmada tuzla muamele sonucu bitkilerde prolin aktivitesinin arttığını rapor etmiştir. Kaya ve ark. (2006) kavunda yaptıkları bir çalışmada prolin içeriğinin tuz stresine bağlı olduğu ve stres ile birlikte prolin içeriğinde artışlar görüldüğü belirtilmiştir. Erkılıç (2005)'ın biberde yaptığı bir çalışmada tuz uygulamasının prolin içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Sahar ve ark. (2011) ve Torun (2019) *Salvia officinalis* bitkisinde tuz stresine karşı prolin üretiminin arttığını bildirmişlerdir.

Sonuç

Ülkemizde adaçayı (*Salvia L.*) cinsine ait birçok türe rastlamak mümkündür (Yılmaz ve Güvenç, 2007). Bitki, alternatif tıp alanında oldukça fazla yer almakta olup halk arasında çay olarak da tüketilmektedir. Bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerinde karşılaşılabileceği biyotik ve abiyotik stres faktörleri bitkilerin önemli gelişim ve verim kayıplarına; hatta ölümlerine yol açabilmektedir (Hoseyni ve Rezvani, 2006; Akbari ve ark., 2007; Mahdavi ve ark., 2008; Hamidi ve Safarnejad, 2010). Tarımsal üretimde abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluğu önlemek için birçok akademik çalışmalar yapılmıştır (Elmas, 2021). Stres faktörünü tolere etmek veya ortadan kaldırmak için bu amaçla bazı besin elementlerinin kullanımı başta olmak üzere birçok organik, inorganik ve bitki düzenleyicileri çalışmalarda kullanılmıştır. Salisilik asit dünya üzerinde insanlar, hayvanlar ve bitkiler üzerinde birçok çalışmada kullanılmış, olumlu birçok özelliği üzerinde sayısız yayınlar yapılmıştır. Bu çalışma ile elde edilen bulgulara göre salisilik asidin tuzluluk stresini önlemede etkili olduğu gözlenmiş ve tuzlu topraklarda salisilik asit kullanımı ile bitkisel üretimin yapılabilmesi önerilebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Akbari G., Sanavy SA., Yousefzadeh S. Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 2007; 10(15): 2557-2561.
- Aktaş LY., Güven A. Bitki savunma sistemlerinde hormonal sinyal moleküller ve çapraz-iletisimleri. *Çankaya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Journal of Arts and Sciences* 2005; 3.
- Altıkardeş E., Koyuncu MA., Erbaş D. Hıyarlarda salisilik asit uygulaması ile depolama süresinin uzatılması ve kalite kayıplarının azaltılması. *Akademik Ziraat Dergisi* 2018; 7(2): 143-150.
- Bates LS., Waldren RP., Teare ID. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 1973; 39(1): 205-207.
- Çamlıca M., Yaldız G., Özen F., Başol A., Aşkın H. Adaçayı ve dağ çayında tuz stresi üzerine selenyum uygulamalarının etkisi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2019; 7(sp2): 29-35.
- Choudhary S., Zehra A., Mukarram M., Wani KI., Naeem M., Khan MMA., Aftab T. Salicylic acid-mediated alleviation of soil boron toxicity in *Mentha arvensis* and *Cymbopogon flexuosus*: Growth, antioxidant responses, essential oil contents and components. *Chemosphere* 2021; 276: 130153.
- Elmas S. *Salvia officinalis* (tıbbi adaçayı) bitkisinin bazı abiyotik stres faktörlerine yanıtları. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2021; 11(2): 943-959.
- Erkılıç E.G. Tuz stresi altındaki biber (*Capsicum annuum* L.) fidelerinde salisilik asitin prolin birikimi ve bazı fizyolojik özelliklere etkisi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı 2005.
- Göçer H., Yetişir H., Ulaş A., Arslan M., Aydın A. Plant growth, ion accumulation and essential oil content of *Salvia officinalis* Mill. and *S. tomentosa* L. grown under different salt stress. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature* 2021; 24(3): 505-514.
- Hamidi H., Safarnejad A. Effect of drought stress on alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in germination stage. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 2010; 8(6): 705-709.
- Haydari M., Maresca V., Rigano D., Taleei A., Shahnejat-Bushehri AA., Hadian J., Sorbo S., Guida M., Manna C., Piscopo M., Notariale R., De Ruberto F., Fusaro L., Basile A. Salicylic acid and melatonin alleviate the effects of heat stress on essential oil composition and antioxidant enzyme activity in *Mentha × piperita* and *Mentha arvensis* L.. *Antioxidants* 2019; 8(11): 547.
- Hendawy SF., Khalid KA. Response of sage (*Salvia officinalis* L.) plants to zinc application under different salinity levels. *Journal of Applied Sciences Research* 2005; 1(2): 147-155.
- Hoagland DR., Arnon DI. The water-culture method for growing plants without soil. *Circular. California Agricultural Experiment Station* 1950; 347(2nd edit).

- Hoseyni H., Rezvani MP. Effect of water and salinity stress in seed germination on isabgol (*Plantago ovata*). Iranian Journal of Field Crops Research 2006; 4(1): 15-22.
- Hussain SS., Ali M., Ahmad M., Siddique KHM. Polyamines: natural and engineered abiotic and biotic stress tolerance in plants. Biotechnology Advances 2011, 29(3): 300-311.
- Idrees M., Naeem M., Aftab T., Khan MMA., Moinuddin. Salicylic acid mitigates salinity stress by improving antioxidant defence system and enhances vincristine and vinblastine alkaloids production in periwinkle [*Catharanthus roseus* (L.) G. Don]. Acta Physiologiae Plantarum 2011; 33(3): 987-999.
- Karakuş M., Baydar H., Erbaş S. Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) populasyonundan geliştirilen klonların verim ve uçucu yağ özellikleri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 2017; 26(Özel Sayı): 99-104.
- Kaya C., Tuna AL., Ashraf M., Altunlu H. Improved salt tolerance of melon (*Cucumis melo* L.) by the addition of proline and potassium nitrate. Environmental and Experimental Botany 2006; 60(3): 397-403.
- Kaydan D., Yağmur M. Farklı salisilik asit dozları ve uygulama şekillerinin buğday (*Triticum aestivum* L.) ve mercimekte (*Lens culinaris* medik.) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi 2006; 12(3): 285-293.
- Kaydan D., Yağmur M., Okut N. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarım Bilimleri Dergisi 2007; 13(2): 114-119.
- Kulak M. Farklı tuz uygulamalarının adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nın gelişimi üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı 2011.
- Kuşaksız G. Rare and endemic taxa of Lamiaceae in Turkey and their threat categories. Journal of Scientific Perspectives 2019; 3(1): 69-84.
- Kuşvuran Ş. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı 2010.
- Kuşvuran Ş., Yaşar F., Abak K., Ellialtıoğlu Ş. Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis* sp.'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 2008; 18(1): 13-20
- Mahdavi B., Modares SS., Balouchi HR. Effect of sodium chloride on germination and seedling growth of grasspea cultivars (*Lathyrus sativus*). Iranian Journal of Biology 2008; 20(4): 363-374.
- Önal AÖ., Altun SM., Kaşko AY. Tuz stresinin börülcede bazı fizyolojik özellikler ve mineral madde oranlarına etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi 2021; 7(2): 297-305.

- Özeker E. Salisilik asit ve bitkiler üzerindeki etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2005; 42(1): 213-223.
- Rivas-San Vicente M., Plasencia J. Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. Journal of Experimental Botany 2011; 62(10): 3321-3338.
- Sahar K., Amin B., Taher NM. The salicylic acid effect on the *Salvia officinalis* L. sugar, protein and proline contents under salinity (NaCl) stress. Journal of Stress Physiology & Biochemistry 2011; 7(4): 80-87.
- Sharma A., Sidhu GPS., Araniti F., Bali AS., Shahzad B., Tripathi DK., Brestic M., Skalicky M., Landi M. The role of salicylic acid in plants exposed to heavy metals. Molecules 2020; 25(3): 540.
- Torun H. Cobalt+salt-stressed *Salvia officinalis*: ROS scavenging capacity and antioxidant potency. International Journal of Secondary Metabolite 2019; 6(1): 49-61.
- Tounekti T., Hernández I., Munné-Bosch S. Salicylic acid biosynthesis and role in modulating terpenoid and flavonoid metabolism in plant responses to abiotic stress. Salicylic Acid 2013; 141-162.
- Tursun AO., Sipahioglu HM., Telci I. Genetic relationships and diversity within cultivated accessions of *Salvia officinalis* L. in Turkey. Plant Biotechnology Reports 2021; 15: 663-672.
- Wang S., Ge S., Tian C., Mai W. Nitrogen-salt interaction adjusts root development and ion accumulation of the Halophyte *Suaeda salsa*. Plants 2022; 11(7): 955.
- Yılmaz G., Güvenç A. Ankara’da aktarlarda “adaçayı” adı altında satılan drogların morfolojik ve anatomik olarak incelenmesi. Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi 2007; 36(2): 87-104.
- Zaimoğlu S., Doğru A. Farklı mısır genotiplerinde tuz stresinin bazı büyüme parametreleri ve fotosentetik aktivite üzerindeki etkileri. 23. Ulusal Biyoloji Kongresi, 5-9 Eylül 2016, Gaziantep.