

Asetil Salisilik Asit Solüsyonlarında Ön Çimlendirmenin Havuç Tohumlarının Tuz Stresi Altında Çimlenme ve Çıkışı Üzerine Etkileri

Cennet Akbıyık^{ORCID}, Hakan Aktaş^{ORCID*}

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, Isparta, Türkiye

*Corresponding author : hakanaktas@isparta.edu.tr
Orcid No: <https://orcid.org/0001-0001-8280-5758>

Received : 29/12/2021
Accepted : 15/06/2022

Özet: Bu çalışmada asetil salisilik asit (ASA) solüsyonun farklı dozlarında ön çimlendirmenin “Nantes” havuç çeşidi (*Daucus corata* L.) tohumlarının tuz stresi altında çimlenme ve çıkış performansları üzerine etkileri laboratuvar koşullarında araştırılmıştır. Tohumlar, ASA solüsyonları içerisinde 24 saat süreyle iklim dolabında ön çimlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemden sonra ön çimlendirme ve kontrol grubu olarak iki gruba ayrılmıştır. Her iki grup 0, 50, 100 ve 150 mM NaCl stresine maruz bırakılarak, ASA uygulamasının tuzluk sterine tepkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda yüksek tuz konsantrasyonunun (150 mM NaCl) havuç tohumlarının çimlenmesini azalttığı, yüksek dozdaki ASA ön uygulamalarının tohumların çimlenme ve çıkış parametrelerini etkilediği belirlenmiştir. Sonuçlara göre ön uygulamalar arasında doz x tuz etkileşiminde 150 mg/L ASA uygulamasında 0 ve 50 mM NaCl etkileşiminde %93 ile en yüksek çimlenme oranı belirlenmiştir. ASA uygulamalarının, düşük ve yüksek tuzluluğa sahip yetiştirme ortamlarında tohumların çimlenme oranında artış sağladığı ve başarılı bir şekilde kullanılabilmesi için ön görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Asetil salisilik asit (ASA), Ön çimlendirme, Havuç tohumu, Tuz stresi

Effects of Pre-Germination in Acetyl Salicylic Acid Solutions on Germination and Emergence of Carrot Seeds Under Salt Stress

Abstract: In this study, the effects of pre-germination at different doses of acetyl salicylic acid (ASA) solution on the germination and emergence performance of “Nantes” carrot cultivar (*Daucus corata* L.) seeds under salt stress were investigated in the laboratory conditions. Seeds were pre-germinated in a climate cabinet for 24 hours in 0, 50, 100 and 150 mg L⁻¹ ASA solutions in hydropriming at 15°C. After this process, they were divided into two groups as pre-germination and control groups. Both groups were exposed to the stress of 0, 50, 100 and 150 mM NaCl, and the response of ASA application to salt stress was investigated. As a result of the research, it was determined that high salt concentration (150 mM NaCl) decreased the germination of carrot seeds, and high dose ASA pre-applications affected the germination and emergence parameters of the seeds. According to the results, the highest germination rate was determined with 93% in the 0 and 50 mM NaCl interaction in the 150 mg/L ASA application in dose x salt interaction. It has been predicted that ASA applications increase the germination rate of seeds in low and high salinity growing environments and can be used successfully.

Keywords: Acetyl salicylic acid (ASA), Priming, Carrot seed, Salt stress

1. Giriş

Tohum bitkisel üretimde kullanılan en önemli üretim materyeldir. Birçok sebze, tarla bitkileri, endüstri bitkileri ve süs bitkilerinin üretiminde yoğun olarak kullanılan tohumların heterojen çimlenme ve çıkışı, üretimde önemli sorunlara neden olabilmektedir. Özellikle olumsuz çevre koşulları, düşük ve yüksek toprak sıcaklıkları, toprak tuzluluğu ve toprak kaymak tabakası gibi faktörler tohumların çimlenmesi ve fide çıkışını olumsuz etkilemektedir. Ancak bu olumsuz çimlenme koşullarına karşı tohumlara birtakım ön uygulamalar (priming) yapılarak, tohumlarda çimlenme ve çıkış problemleri önlenmektedir (Bhanuprakash ve ark., 2016). Bu işlemlerde ise farklı kimyasallar, tuzlar veya büyüme düzenleyiciler kullanılmaktadır. Son yıllarda artan sıcaklıklar, tuzluluk ve kuraklık gibi çevresel etkenlerin bitkilerde vegetatif ve generatif gelişim dönemlerinde olumsuz etkiler gösterdiği bildirilmektedir (Blumwald 2003; Karni ve ark. 2010). Generatif aksamından olan tohum bir bitkinin oluşmasında ve çoğaltılmasında kullanılan en önemli üretim materyalidir. Tohum olumsuz çevre koşullarına maruz kalması durumunda çimlenme yeteneğini hızla yitirmektedir. Tohumculuk sektöründe üretim esnasında veya daha sonraki süreçlerde tohumların olumsuz koşullara maruz kalması durumunda önemli çimlenme sorunları ile karşılaşıldığı bilinmektedir. Bu durum önemli kayıpların olmasına neden olmaktadır. Örneğin; çimlenme yüzdesini hızlı kaybeden türlerden olan havuç tohumları farklı stres koşullarına maruz kalması durumunda önemli çimlenme ve çıkış kayıplarıyla karşı karşıya kalabilmektedir. Tuz stresi de bunlardan birisidir. Genel olarak tuz stresi tohumlarda çimlenme, çıkış ve fide gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Kara ve ark. 2011; Yıldız ve ark. 2011). Tohumda çimlenme, kökçüğün tohum kabuğundan çıkması şeklinde tanımlanmaktadır (Rajjou ve ark., 2011)). Tohumlarda çimlenme su alımı ile başlamaktadır. Ancak tuzun varlığı su alımını azaltmaktadır (Othman 2005). Tohumun çevresindeki Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının yüksek oranda birikmesi ile meydana gelen iyon toksisitesi ve osmotik basınç, tohumlarda su alımının azalmasına neden olmakta ve tuzlu koşullarda çimlenmeyi engellemektedir (Murillo-Amodor ve ark. 2002). Çimlenme sürecinde abiyotik bir tehlike olarak tuzluluk, yüksek seviyelerde tohum çimlenmesini inhibe edebilmekte veya daha düşük seviyelerde dormansinin başlamasına neden olabilmektedir (De Villiers ve ark. 1994). Bu olumsuz etkiler, düşük osmotik potansiyelden dolayı imbibisyonun (sıvının katı madde tarafından emilmesi) azalması (Poljakoff-Mayber ve ark. 1994), toksisite nedeni ile enzimatik aktivitenin değişmesi (Jisha ve ark., 2013)) protein metabolizmasının engellenmesi, bitki büyüme regülatörlerinin dengesinin bozulması, tohumdaki besi kullanımının azalması (Ibrahim, 2016) veya hücrelerin mitoz bölünmesinin engellenmesi (Baranova 2021) şeklinde gerçekleşmektedir. Ayrıca tuzluluk gerek osmotik, gerekse toksik iyon etkileri yoluyla bitki gelişmesini olumsuz olarak etkilemektedir (Kantar ve Elkoca 1998; Aktas 2002; Karni ve ark. 2010).

Sebze türleri içinde genellikle tohumla çoğaltılan havuç bitkisinin tuza hassasiyeti oldukça fazladır. Toprak saturasyon eriyiği elektriksel iletkenliğinin 1 dS/m 'nin

üzerine çıkmasıyla havuç bitkisinde verim kayıpları da başlamaktadır (Bolton ve Simon, 2019). Osmotik potansiyelin -0,5 MPa'a kadar düşmesi çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkili olmamakla beraber, toprak su potansiyelinin -0,01 MPa'a düşmesi havuçta çimlenme ve fide büyümesini oldukça azaltmaktadır. Bu bakımdan özellikle su stresinin artması havuç yetiştiriciliğini kısıtlamaktadır (Shannon ve Grieve 1999). Birçok araştırma bitkilerde tuzluluğun tohum çimlenmesi, büyümesi, enzim aktivitesi ve mitotik aktivite üzerinde olumsuz etkisini azaltmak için bitki büyüme düzenleyicileri ve farklı bitki besin elementlerinin kullanımını önermektedir (Çavuşoğlu ve Kabar 2008; Tabur ve Demir 2008, 2009, 2010; Çavuşoğlu ve Tabur 2015). Bitkiler çimlenme ve ilk gelişme evrelerinde tuza daha duyarlıdır. Sebzelerin tuz toleransı diğer kültür bitkilerine oranla daha düşüktür (Öztürk 2002). Tohumların çimlenmesi de bu olumsuz çevre koşullarından negatif etkilenmektedir. Bu durum çimlenme yüzdesi üzerine ya da çıkış üzerine olumsuz etki şeklinde görülmektedir. Ancak abiyotik stres koşullarında çimlenme ve çıkış sorunlarına karşı tohumlara; hormon ve büyüme düzenleyici madde solüsyonlarına daldırma veya bu maddelerin ön çimlendirme solüsyonuna ilave edilmesi şeklinde de uygulamalar yapılmaktadır (Kenanoğlu 2016). Böylece bu sorunların üstesinden gelmeye çalışılmaktadır. Asetil salisilik asit (ASA) bileşiğinde bunlardan biri olup, abiyotik strese karşı savunma mekanizmalarını da harekete geçirdiği bilinmektedir (Rivas-San ve Plasencia 2011; Hara ve ark. 2012). Asetil salisilik asit'in kuraklık (Miura ve Tada 2014), tuzluluk (Fahad ve Bano 2012), üşüme (Yang ve ark. 2012) ve yüksek sıcaklık (Fayez ve Bazaid 2014) gibi streslerle ilişkili olduğu yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur. Ayrıca ASA'nın tohum çimlenmesi, çıkışı ve tuz stresi gibi durumlara karşı olumlu etkiler gösterdiği, bununla beraber bitkide bakteri, mantar ve viral enfeksiyonlara karşı sistemik kazanılmış (SAR) direnci uyardığı ve bazı bitkilerde nitrat redüktaz aktivitesini ve kuru madde miktarını arttırması gibi fizyolojik etkilere neden olduğu bildirilmektedir (Kaydan ve Yağmur 2006).

Bu araştırmada tuz stresine oldukça hassas olan havuç tohumlarının tuz stresi altında çimlenme performanslarının farklı dozlarda uygulanan asetil salisilik asit (ASA) ile olan ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre tuzluluk stresine karşı hassasiyeti olan ve tohumla üretimi yaygın olan havuç gibi türlerde ASA uygulamalarının etkilerinin belirlenmesinde örnek teşkil etmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metod

Araştırmada, bitkisel materyal olarak "Nantes" tipi havuç (*Daucus carota* L.) tohumları kullanılmıştır. Tohum ön çimlendirme uygulamaları laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olup; tohumlar, 0, 50, 100 ve 150 mg L⁻¹ ASA solüsyonlarına tabi tutulmuş, daha sonra 0, 50, 100 ve 150 mM NaCl tuz dozlarına maruz bırakılarak, aşağıda detaylı açıklanan işlemler gerçekleştirilmiştir.

Tohum nem tayini; Nantes havuç (*Daucus carota* L.) tohumlarının nem tayini Uluslararası Tohum Deneme

Birliği (ISTA) “Yüksek Sabit Sıcaklık Yöntemi” kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tohumlar ön çimlendirme öncesi, 2 tekrarlı ve her tekrarda 4.5 g tohum olacak şekilde yüksek sabit sıcaklıkta “130-133 °C” 60±3 dk. boyunca kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan örnek, kapağı kapatılarak içinde nem çekici silika jel bulunan desikatör içine konulmuş ve oda sıcaklığında soğutulduktan sonra tartılarak, kurutma sonrası meydana gelen ağırlık kaybı orijinal (yaş) ağırlığına oranlanarak % tohum nemi belirlenmiştir. Buna göre Nantes havuç çeşidi tohumlarının % nem tayini aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$\% \text{ nem} = [(M2-M3) / M1] \times 100$$

M1: kurutma öncesi tohum ağırlığı

M2: kurutma öncesi tohum + dara ağırlığı

M3: kurutma sonrası tohum + dara ağırlığı

Buna göre havuç tohumlarının nem kapsamlarının %10,51 olduğu tespit edilmiştir (ISTA 2009).

2.1. Ön çimlendirme uygulamaları

Tohumlar saf su içinde 0 (kontrol), 50, 100 ve 150 mg L-1 ASA solüsyonlarında bekletildikten sonra 15 °C sıcaklıkta iklim dolabında 24 saat ön çimlendirmeye bırakılmıştır. Her bir uygulama için, 10 g havuç tohumu 20 ml uygulama solüsyonu içinde (1:2 tohum solüsyon) petri kaplarında ön çimlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Uygulama sonrası tohumlar filtre kağıdına serilerek uygulama öncesi nem ağırlıklarına kadar oda sıcaklığında kurutulmuştur. Araştırmada kontrol tohumları ile birlikte uygulama gören tohumlar çimlenme ve çıkış testine alınmıştır. Bütün uygulamalarda çimlenen tohumların sayımı günlük olarak yapılmış ve çimlenen tohumların oranı yüzde olarak belirlenmiştir. Ön çimlendirme uygulamaları gören tohumlar ile kontrol tohumlarında, standart tohum çimlenme kurallarına göre 20 °C sıcaklıkta kum ortamında çimlenme, çıkış ve fide büyüme testlerine tabi tutulmuşlardır.

2.2. Standart çimlenme testi

Ön çimlendirme uygulamalarının NaCl stresi altında çimlenme performansı üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla havuç tohumları, 0, 50, 100 ve 150 mM NaCl solüsyonlarında ön çimlendirmeye alınmıştır. Ön çimlendirme öncesi ve sonrasında tohumlarda canlılık oranlarını belirlemek için, ISTA kurallarına göre her bir uygulama 4 tekrerrür ve her bir tekrerrürde 50 adet tohum olacak şekilde petri kaplarına ekilmiş, 20 °C sıcaklıktaki inkübatörde 14 gün süre ile çimlendirme testine tabi tutulmuştur (ISTA 2009). Her bir petriye 4 ml tuz (NaCl) solüsyonu ilave edilmiştir. Çimlendirme ortamında nem azaldığında yeniden hazırlanan tuz solüsyonlarından ortama ilave yapılmıştır. Çimlendirme testinde günlük sayımlar yapılarak kökçük uzunluğu ≥ 2 mm olan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir. Yapılan günlük sayım değerlerinden aşağıdaki formül kullanılarak ortalama çimlenme zamanı (gün) hesaplanmıştır. (Pedersen ve ark. 1993). Ayrıca günlük çimlenen tohumlar sayılarak ortamdaki uzaklaştırılmamıştır ve test sonunda normal ve anormal çim (Şekil 1) oranları belirlenmiştir.



Şekil 1. Normal ve anormal çimlenen tohumlar

$$\text{Ortalama çimlenme zamanı} = \sum(g*n) / S_n$$

g: sayımın yapıldığı gün

n: sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum sayısı

S_n: test sonunda toplam çimlenen tohum sayısı

2.3. Çıkış testi

Ön çimlendirme uygulanmış tohumlar, 4 tekrerrürlü ve her tekrerrürde 50 adet tohum olacak şekilde steril kum ile doldurulan 500 cc plastik kaplara ekilmiştir. Çimlendirme testlerinde tohum fizyologlarının kabul ettiği tohumdan kökçük çıkışı (2 mm) canlılık kriteri olarak kabul edilmektedir. Ancak agronomik açıdan bakıldığında çimlenebilen her tohumun eksiksiz ve kusursuz organlara sahip normal bir bitki oluşturması beklenemez. Bu nedenle tohumların çimlenme testinden farklı olarak, fide oluşturabilme gücünü belirlemek için kumda çıkış testleri yapılmıştır. Çimlendirme testinde olduğu gibi her bir uygulama için 4 tekrerrür ve her bir tekrerrür de 50 adet tohum olacak şekilde içinde kum bulunan plastik kaplara ekimi gerçekleştirilerek 15 °C sıcaklıktaki iklim dolabında 21 gün boyunca çıkış testine tabi tutulmuştur. Sulama suyu olarak 0, 50, 100 ve 150 mM NaCl solüsyonu kullanılmıştır. Test sonunda kum üzerine çıkan ve kotiledon yaprakları kum yüzeyine paralel hale gelen çimler sayılarak % çıkış oranı belirlenmiştir. Bu testlerde de günlük sayımlar yapılmış ve bu değerler kullanılarak standart çimlendirme testinde ifade edilen formül kullanılıp ortalama çıkış zamanı belirlenmiştir.

2.4. Fide kalitesindeki değişim

Uygulamaların fide kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla, her bir uygulamadan 50 adet tohum içinde torf bulunan (Klasman-Deilman GmbH, PotgrandH, Germany) saksılara ekilmiştir. Ekim sonrası saksılar 20 °C sıcaklığındaki iklim odasında tutulmuştur. Saksılar 0, 50, 100 ve 150 mM NaCl solüsyonları ile sulanmıştır. Saksılarda yetiştirilen fideler 2-4 yapraklı oldukları dönemde (yaklaşık 35-40 gün), her bir uygulamadan rastgele seçilen 10 fidede, kumpas yardımı ile fide boyu (rozet gövde ile büyüme ucu arası cm olarak) ve fide çapı (rozet gövde) ölçülmüştür..

2.5. İstatiksel analiz

Elde edilen veriler faktöriyel düzende SPSS programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında Varyans analizi, faktörlerin seviye ortamları arasındaki farklılıklar TUKEY testi kullanılarak belirlenmiştir (p<0.05).

3. Bulgular

Ön çimlendirme uygulamalarında ön çimlendirme uygulanmış ve kontrol havuç tohumlarında 20°C yapılan standart çimlenme testi sonuçları değerlendirildiğinde tuz (NaCl) konsantrasyonu arttıkça tohumların çimlenme oranlarında bir azalış meydana gelirken, ASA uygulamasında ise çimlenme oranlarında artışlar gerçekleşmiştir. Ayrıca ön çimlendirme uygulamalarının çimlenme oranı üzerine etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Uygulamalarda Doz x Tuz ikili etkileşimi istatistiki olarak anlamlı bulunmadığı için ikili etkileşim hataya dahil edilmiştir. Toplam çimlenme özelliği bakımından elde edilen verilerle yapılan varyans analizi sonucunda Doz x Tuz etkileşimi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; 0 mg/L (kontrol) ASA ön uygulamasında en yüksek çimlenme oranı % 89 ile 0 mM NaCl tuz dozunda gözlenmiştir. Ön uygulamalar arasında en yüksek çimlenme oranına %93,0 ile 50 mM NaCl ile 50 mg/L ASA etkileşimi 150 mg/L ASA ile 50 mM NaCl dozlarında belirlenmiştir. Tuz stresi çimlenme oranı incelendiğinde uygulamalar (ASA) ne olursa olsun tuz stresi arttıkça çimlenme oranında azalmalar tespit edilmiştir (Tablo 1). Çimboyu değerleri bakımından kontrol (0 mM NaCl) koşullarında 5.2, 5.4, 5.3, 5.8 cm değerlerini sırasıyla 0, 50, 100 ve 150 ASA dozlarında en yüksek değerlere ulaştığı belirlenirken, tuz arttıkça çim boyunda azalmalar oluştuğu belirlenmiştir. En düşük değerler 150 mM NaCl uygulamasında 50 mg/L ASA uygulamasında 0.3 ile belirlenmiştir. Ancak 50 ve 100 mM NaCl uygulamalarında ASA uygulamalarının oldukça etkili olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2).

Tablo 1. Farklı tuz (NaCl) ve ASA uygulamalarının standart çimlendirmeye etkileri

ASA (mg/L)	NaCl (mM)	Çimlenme oranı (% \geq 2mm)	Normal çimlenme Oranı (%)	Anormal çimlenme Oranı (%)	Çim boyu (cm)
0	0	89,0 Ba	80,0 Aa	9,0 Aab	5,2 Aa*
	50	87,0 Ba	77,5 Aa	9,5 Aa	4,4 Bb
	100	81,5 Bb	72,0 Aa	9,5 Aa	3,3 Cab
	150	54,0 Ac	46,0 Bb	8,0 Ab	1,8 Da
50	0	92,0 Aa	82,0 Aa	10,0 Aba	5,4 Aa
	50	93,0 Aa	83,0 Aa	10,0 Aba	5,0 Aab
	100	88,0 Ab	75,0 Aa	13,0 Aa	3,2 Bb
	150	45,0 Bc	32,0 Bc	13,0 Aa	0,3 Cb
100	0	92,5 Aa	86,5 Aa	6,0 Cb	5,3 Aa
	50	92,0 Aa	85,0 Aa	7,0 Ca	5,0 Aab
	100	85,0 Ab	68,0 Ba	17,0 Ba	3,5 Bab
	150	43,0 Cc	24,0 Cc	19,0 Aa	0,7 Cb
150	0	93,0 Aa	87,0 Aa	6,0 Bb	5,8 Aa
	50	93,0 Aa	86,0 Ba	7,0 Aba	5,4 Aa
	100	88,0 Ab	77,0 Ba	11,0 Aa	3,9 Ba
	150	46,5 Bc	40,0 Cb	6,5 Bb	0,6 Cb

*Büyük harfler her bir tuz dozunda ASA dozları arası farklılığı her küçük harfler ise her bir ASA dozunda tuzların seviye ortalamaları arası farklılığı göstermektedir. $p < 0.05$ **

Araştırma sonuçlarına göre ön çimlendirme uygulamaları fide boyu ve fide çapı üzerine etkileri olumlu etkide bulunurken, NaCl uygulamaları fide boyu ve çapında azalmalara neden olmuştur. Tablo 2’de gösterilen verilere göre tuz stresi arttıkça fide boyu ve fide çapı azalmıştır. En yüksek fide boyu 0 NaCl dozunda 150 mg/L ASA uygulamasında 11.9 cm ile ilk sırada yer alırken, bunu yine aynı tuz dozunda 11.5 ve 11.4 cm ile sırasıyla 50 ve 100 mg/L ASA uygulamaları takip etmiştir. En kısa fide boyu 50 mg/L ASA uygulamasında 100 mM NaCl dozunda 3.8 cm ile elde edilmiştir. Fide çapı değerleri incelendiğinde en yüksek değer 1.17 mm ile 100 mg/L ASA uygulamasında ve 0 mM NaCl tuz dozundan elde edilmiştir (Tablo 2). En düşük değerler ise 0 mg/L ASA uygulamalarında 0.25 ve 0.29 mm ile sırasıyla 100 ve 150 mM NaCl tuz dozlarında görülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2. Ön çimlendirme uygulamalarının tuz stresi altında havuç tohumlarının fide boyu ve fide çapı üzerine etkileri

ASA (mg/L)	NaCl (mM)	Fide boyu (cm)	Fide çapı (mm)
0	0	10,6 Ab	0,78 Ab
	50	8,0 Ba	0,49 Bb
	100	5,2 Cab	0,25 Cb
	150	4,2 Da	0,29 Cb
50	0	11,5 Aa	0,94 Ac
	50	7,0 Bb	0,68 Bb
	100	4,7 Cb	0,43 Cab
	150	3,8 Da	0,49 Ca
100	0	11,4 Aa	1,17 Aba
	50	7,3 Bb	0,86 Ba
	100	5,4 Ca	0,54 Ca
	150	4,0 Da	0,43 Cab
150	0	11,9 Aa	0,74 Ac
	50	7,1 Bb	0,67 Aa
	100	5,7 Ca	0,53 Ba
	150	4,4 Da	0,43 Cab

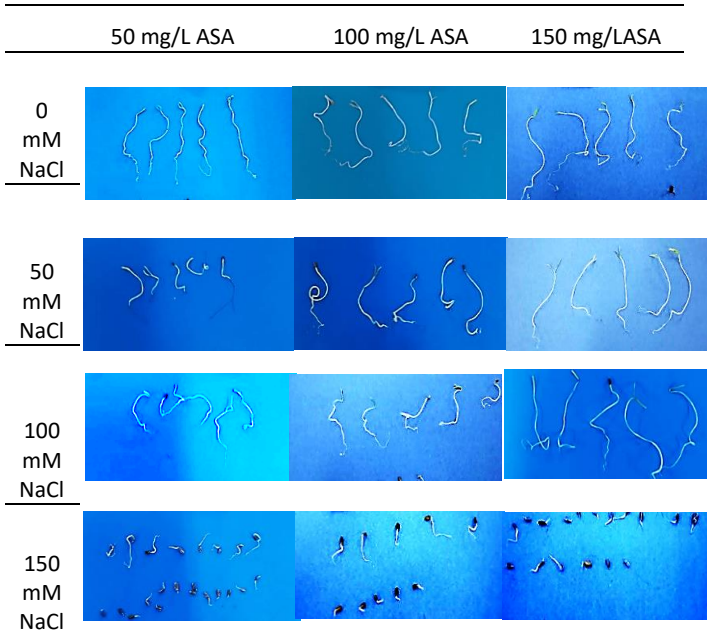
*Büyük harfler her bir tuz dozunda ASA dozları arası farklılığı her küçük harfler ise her bir ASA dozunda tuzların seviye ortalamaları arası farklılığı göstermektedir. $p < 0.05$ **

ASA uygulamalarının tuz stresi altında havuç tohumlarının ortalama çıkış zamanı üzerine etkileri denemede araştırılmış olup Tablo 3’te gösterilmiştir. Buna göre tuz dozu arttıkça ortalama çıkış süresinde arttığı ayrıca ASA uygulamalarının bu çıkış süresi üzerine çok olumlu bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Örneğin 150 mg/L ASA uygulaması ve 150 mM NaCl uygulamasında çıkışlar 12.5 gün ile en uzun sürede çimlenmiştir. 0 mM NaCl (kontrol) uygulamalarında 7.7, 9.0, 8.7, 8.3 gün sırasıyla 0, 50, 100, 150 mg/L ASA uygulamaları ile bir artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 3. ASA uygulamalarının tuz stresi altında havuç tohumlarının ortalama çıkış zamanı üzerine etkileri

ASA (mg/L)	NaCl (mM)	Ort. Çıkış Zamanı (gün)
0	0	7,7 Cb
	50	9,1 Aba
	100	10,0 Aa
	150	8,6 BCc
50	0	9,0 Ba
	50	8,4 Ba
	100	11,2 Aa
	150	11,3 Aa
100	0	8,7 Bab
	50	8,6 Ba
	100	9,9 Abb
	150	11,0 Ab
150	0	8,3 Cab
	50	9,5 Bca
	100	10,0 Bab
	150	12,5 Aa

*Büyük harfler her bir tuz dozunda ASA dozları arası farklılığı her küçük harfler ise her bir ASA dozunda tuzların seviye ortalamaları arası farklılığı göstermektedir. p<0.05 **

**Şekil 2.** ASA ve tuz kombinasyonlarının tohum çimlenmesi üzerine etkileri

4. Tartışma

Bu çalışmada son yıllarda yapılan birçok çalışmada yaygın olarak kullanılan; Asetil Salisilik Asitin (ASA) tuz stresi altında havuç tohumlarının çimlenme ve çıkışı üzerine etkileri araştırılmıştır

Tuz stresi altında havuç bitkisinin çimlenme ve çıkışı iyileştirmek amacıyla yapılan denemede standart çimlendirme, düşük ve yüksek sıcaklık çimlendirme, çıkış testi, fide kalitesindeki değişimi gösteren parametreler incelenmiş ve istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada, tuzluluk, konsantrasyonuna bağlı olarak havuç tohumlarının çimlenmesini engellemiştir (Tablo 1). Tuzun tohumlarda çimlenmeyi engelleyici etkisi, pek çok çalışmada ortaya konmuştur (Ghoulam ve Fores 2001; Gulzar ve Khan 2002; Çavuşoğlu ve ark. 2007; İbrahim 2016). Çimlenme oranının azalmasına yüksek tuz konsantrasyonunun su alımını engellemesi, tuzun toksik etki yapması ve çimlenme sırasında gerekli olan enzimlerin tuz stresinden dolayı aktif hale gelememesinin neden olduğu bildirilmektedir (Essa 2002; Sadeghian ve Yavari 2004; Läuchli ve Grattan, 2007; Khayamim ve ark., 2014).

Yapılan bu çalışmada tuz stresi ile çimlenme yüzdesi düşmüştür. Ancak ASA uygulamaları tuz stresi altında çimlenme yüzdesini artırmıştır (Tablo 1). Örneğin; 0 mg/L ASA uygulamasında 100 mM tuz stresinde çimlenme %81,5 oranında gerçekleşirken aynı doz tuz stresinde 150 mg/L ASA uygulamasında %88 çimlenme gözlenmiştir. Buna göre uygulanan asitlerin çimlenme oranı üzerine %6,5 oranında olumlu etkide buldukları tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada yine havuç bitkisinde abiotik stres altında ASA uygulamalarının çimlenme üzerine olumlu etkide bulunduğu belirlenmiştir (Rajasekaran ve ark. 2002).

Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre, 0 mg/L (kontrol) ASA dozunun ön uygulamasında en yüksek çimlenme oranı %89 ile 0 mM NaCl uygulamasında elde edilmiştir. Ön uygulamalar arasında en yüksek çimlenme oranına %93.0 ile 50 mg/L asit ile 50 mM NaCl dozu ve 150 mg/L asit ile 50 mM NaCl dozunda belirlenmiştir. Ayrıca çim boylarının ASA uygulamaları ile ilgili belirlenmiştir (Şekil 2). Benzer bir çalışmada Maş fasulyesinde tuzlu koşullarda uygulanan SA ve KNO₃ uygulamalarının çimlenme ile ilgili özellikleri iyileştirdiği ve tuz stresine karşı çimlenme aşamasında dayanıklılığı artırdığı gözlenmiştir (Entasari ve ark. 2012).

Normal çimlenme sonuçları incelendiğinde ise yüksek normal çimlenme oranının %87 ile 150 mg/L ASA ile 0 mM NaCl dozu kombinasyonundan elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 1).

Denemede elde edilen standart çimlendirme testi bulgularına yapılan varyans analizi sonucuna göre havuç tohumlarına yapılan ön uygulamaların ortalama çimlenme zamanı üzerine etkisi NaCl doz etkileşimi önemli bulunmuştur. En düşük ortalama çimlenme zamanı 3.9 gün ile 0 mM NaCl dozunda gözlenmiştir. En yüksek ortalama çimlenme zamanı 150 mM NaCl tuz dozunda 9.0 gün olmuştur (Tablo 3). Sonuçlar göre tuz dozu arttıkça ortalama çimlenme zamanı uzamıştır. Havuç bitkisi tuza tolerans düzeyi düşük olan bir bitki olduğu için tuzluluk ortalama çimlenme zamanını olumsuz etkilemiştir. Araştırmacıların yaptığı çalışmalar ile bu denemede elde edilen sonuçlar paralellik göstermiş olup; tuzluluğun çimlenme üzerine olumsuz etkiler gösterdiğini belirtilmiştir (De Villiers ve ark. 1994). Ancak tohuma yapılan ön uygulamaların hem

çimlenme hemde çim boyu üzerine olumlu etkilerinin olduğu söylenebilir nitekim yapılan bir araştırmada ASA uygulanmış biber tohumlarının çimlenme ve çıkış performanslarını artırdığı belirlenmiştir (Korkmaz 2005). Bu durum ASA'nın abiyotik stres koşullarına karşı toleransın artırılmasında önemli rol alabileceğini göstermektedir.

Fide boyu ve fide çapı denemede yapılan istatistik analizler sonucu ASA x NaCl interaksyonu önemli bulunmuştur. Tespit edilen değerler incelendiğinde en yüksek fide boyu değeri 150 mg/L ASA uygulamasının 0 mM NaCl dozunda 11,9 cm olarak elde edilmiştir, en düşük fide boyu ise 50 mg/L asit uygulamasının 150 mM NaCl dozunda 3,8 cm olarak ölçülmüştür. Diğer uygulamalar arasında ASA x NaCl interaksyonlarına bakıldığı zaman 0 mM tuz dozu oranlarında asit dozu artırıldığında fide boyu üzerinde olumlu etki gözlenmiştir (Tablo 2). Fide çapı bakımından ise 100 mg/L ASA dozunda 1.17 mm ile en yüksek fide çapı değeri 0 mM NaCl dozunda belirlenmiştir. ASA x NaCl interaksyonunda asit dozu arttıkça fide çapı değeri artmıştır ve tuz dozu arttıkça fide çapı değeri azalmıştır. En düşük fide çapı değeri 0 mg/L (kontrol) ASA dozunun 100 mM NaCl uygulamasında 0,25 mm olarak ölçülmüştür. ASA uygulamalarında asit dozları tuzluluk stresine karşı pozitif etki sağladığı belirlenmiştir (Tablo 2). Havuç gibi çimlenmesi geç ve zor olan küçük embriyolu bazı sebze tohumlarının olumsuz toprak koşullarındaki çimlenmesini iyileştirmek ve homojen fide çıkışını sağlamak amacıyla yapılan araştırmalarda (Brocklehurst ve ark. 1984; 1987a,b; Yanmaz ve Özdil 1992) ekim öncesi bazı ön uygulamalar sonunda çimlenme ve çıkış hızı oranlarını arttırdığı, erken ve homojen fide çıkışı sağladığı belirlenmiştir (Duman ve Eşiyok 1998).

Ön çimlendirme uygulamalarının tuz stresi altında ortalama çıkış zamanına etkisi incelendiğinde ASA x NaCl doz interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmuştur. Denemede sonuçlara bakıldığı zaman 0 mg/L ASA (kontrol) ön uygulamasında en düşük ortalama çıkış zamanı 7,7 gün ile 0 mM NaCl uygulamasında gözlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre tuz dozunun artması havuç tohumlarının ortalama çıkış zamanını uzatmıştır, 150 mg/L ASA doz ön uygulamasında 150 mM tuz dozunda 12,5 gün ortalama çıkış zamanıyla en yüksek değere ulaşmıştır.

5. Sonuç

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde Nantes havuç tohumlarına uygulanan tuz çözeltisi genel olarak bitki büyümesini olumsuz yönde etki ederken ASA ön uygulaması tuzun bu olumsuz etkilerinin açığa çıkmasını geciktirmiş ve tohumlarda tuz stresi belirtilerinin daha geç görülmesine yol açmıştır. Bu açıdan ASA çimlenme oranı, çıkış testi ve fide kalitesi üzerine tuz stresinin olumsuz etkilerini düzeltici etkiler yapmıştır. ASA uygulamasının bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini ve tuzun olumsuz etkisini tolere ettiğini göstermiştir. Streslere toleransı arttırmak için ASA gibi ön uygulamaların kullanımı alternatif yaklaşımlar olarak görülmektedir. Yapılan bu çalışmanın havuç üretiminde tuzluluk stresine karşı olumsuz etkileri en aza indirerek

üreticiye ışık tutacağı ve ülke ekonomisine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma CA tarafından hazırlanan “Asetil Salisilik Asit Solüsyonlarında Ön Çimlendirmenin Havuç Tohumlarının (*Daucus carota* L.) Tuz Stresi Altında Çimlenme ve Çıkışı Üzerine Etkileri” isimli Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Aktas H. 2002. Selection and physiological characterization of pepper for resistance to salinity stress. Cukurova Uni Inst Nat Appl Sci.106 p
- Baranova, E.N., Gulevich, A.A. 2021. Asymmetry of Plant Cell Divisions under Salt Stress. Symmetry, 13:1811. <https://doi.org/10.3390/sym13101811>
- Bhanuprakash, K., Yogeesh, H. S. 2016. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops, Springer. India, pp: 103-117.
- Blumwald E. 2003. Engineering salt tolerance in plants. Biotechnol. Genet. Eng Rev. 20(1):261-276
- Bolton, A., Simon, P. 2019. Variation for salinity tolerance during seed germination in diverse carrot [*Daucus carota* (L.)] germplasm. HortScience, 54(1): 38-44.
- Brocklehurst PA, Dearman J, Drew RLK. 1987b. Improving establishment of vegetable crops by osmotic seed treatments. Acta Hort. 198:73-80.
- Brocklehurst PA, Dearman JA, Drew RLK. 1987a. Recent developments in osmotic treatment of vegetable seeds. Acta Hort. 215:193-200.
- Brocklehurst PA, Dearman JA. 1984. Comparison of different chemical for osmotic treatment of vegetable seed. Ann. Appl. Biol. 105:391-398.
- Çavuşoğlu D, Tabur S. 2015. Tuz stresi altında çimlendirilen arpa tohumlarında borik asit uygulamasının sitogenetik etkisi. SDU Fen Bil. Enst. Der. 19(2):142-150.
- Çavuşoğlu K, Kabar K. 2007. The effects of pretreatments of some plant growth regulators on germination and seedling growth of radish seeds under salin conditions. Dumlupınar Üniv. Fen Bil Enst Der. 14:27-36.
- Çavuşoğlu K, Kabar K. 2008. Bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin tuzlu koşullar altındaki arpa tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması. Fırat Üniv Fen ve Müh Bil Der. 20(1):43-55.
- De Villiers AJ, Van Rooyen MW, Theron GK, Van De Venter HA. 1994. Germination of three namaqual and pioneer species, as influenced by salinity, Temperature and Light, Seed Sci Tech. 22:427-433.
- Duman İ, Eşiyok D. 1998. Ekim öncesi PEG ve KH₂PO₄ uygulamalarının havuç tohumlarının çimlenme ve çıkış oranı ile verim üzerine etkileri. Turk J Agric For. 22:445-449.
- Entasari M, Zadeh FS, Zare S, Farhangfar M, Dashtaki M. 2012. Effect of seed priming on mung bean (*Vigna radiate*) cultivars with salicylic acid and potassium nitrate under salinity stress. Int. J Agri Res Rew 2(5):926-932.
- Essa TA. 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. J. Agron. Crop. Sci. 188: 86-93.
- Fahad S, Bano A. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. Pak. J Bot. 44:1433-1438.

- Fayez KA, Bazaid SA. 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *J. Saudi. Soc. Agri. Sci.* 13:45–55.
- Ghoulam C, Fores K. 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris L.*). *Seed Sci. Tech.* 29:357–364.
- Gulzar S, Khan Ma. 2002. Alleviation of salinity-induced dormancy in perennial grasses. *Biol. Plant.* 45(4):617–619.
- Hara M, Furukawa J, Sato A, Mizoguchi T, Miura K. 2012. Abiotic stress and role of salicylic acid in plants, in: A. Parvaiz, M.N.V. Prasad (Eds.). *Abiotic Stress Responses in Plants*, Springer. New York, U.S.A. pp. 235–251.
- Ibrahim, E. A. 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *J. Plant Physiol.* 192: 38–46.
- Kantar F, Elkoca E. 1998. Kültür bitkilerinde tuza dayanıklılık. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 29(1):163–174.
- Kara B, Akgun İ, Altındal D. 2011. Triticale genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi. *Selçuk J. Agri. Food Sci.* 25(1):1–9.
- Karni L, Aktas H, Deveturero G, Aloni B. 2010. Involvement of root ethylene and oxidative stress-related activities in pre-conditioning of tomato transplants by increased salinity. *J. Hortic. Sci.* 85(1):23–29.
- Kaydan D, Yağmur M. 2006. Farklı salisilik asit dozları ve uygulama şekillerinin buğday (*Triticum aestivum L.*) ve mercimekte (*Lens culinaris Medik.*) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *J. Agri. Sci.* 12(3):285–293.
- Kenanoğlu BB. 2016. Tohumların çimlendirilmesinde farklı organik ön çimlendirme (Ozmotik Koşullandırma) Uygulamalarının Kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bil. Enst. Der.* 21(2):124–134.
- Khayamim, S., Tavkol Afshari, R., Sadeghian, S. Y., Poustini, K., Roozbeh, F., Abbasi, Z. 2014. Seed germination, plant establishment, and yield of sugar beet genotypes under salinity stress. *J. Agricul. Scien. Tech.*, 16(4): 779–790
- Korkmaz A. 2005. Inclusion of acetyl salicylic acid and methyl jasmonate into the priming solution improves low-temperature germination and emergence of sweet pepper. *HortScience.* 40(1):197–200.
- Läuchli, A., Grattan, S. R. 2007. Plant growth and development under salinity stress. In *Advances in Molecular Breeding toward Drought and Salt Tolerant Crops*, pp. 1–32. Springer, Dordrecht.
- Miura K, Tada Y. 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Front. Plant Sci.* 5:747. doi:10.3389/fpls.2014.00004.
- Murillo-Amador B, Lopez-Aguilar R, Kaya CJ, Larrinaga-Mayoraland A, Flores-Hernandez A. 2002. Comparative affect of NaCl and polyethylene glycol on germination emergence and seedling growth of cowpea. *J. Agron. Crop. Sci.* 188:235–247.
- Othman Y. 2005. Evaluation of barley cultivars grown in Jordan for salt tolerance. Ph. D Thesis, Jordan University of Science and Technology. Jordan.
- Öztürk A. 2002. Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan tuzlu ve normal suların patlıcan (*Solanum melongena L.*) bitkisinin bazı özelliklerine ve toprak tuzluluğuna etkisi. *Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Der.* 16(30):14–20.
- Pedersen LH, Jorgensen PE, Pulsen I. 1993. Effects of seed vigor and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum*) and winter barley (*Hordeum vulgare*). *Seed Sci. Tech.* 21:159–178.
- Poljakoff-Mayber A, Somers GG, Werker E, Gallagher JL. 1994. Seeds of *kosteletzky virginica* (Malvaceae) their structure, germination and salt tolerance, II. Germination and Salt Tolerance. *Am. J. Bot.* 81:54–59.
- Rajasekaran LR, Stiles A, Caldwell CD. 2002. Stand establishment in processing carrots- effects of various temperature regimes on germination and the role of salicylates in promoting germination and low temperatures. *Can. J. Plant Sci.* 82: 443–450.
- Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C., Job, D. 2012. Seed germination and vigor. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63:507–533
- Rivas-San VM, Plasencia J. 2011. Salicylic acid beyond defense: its role in plant growth and development. *J. Exp. Bot.* 62:3321–3338.
- Sadeghian SY, Yavari N. 2004. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. *J Agron. Crop Sci.* 190:138–144.
- Shannon MC, Grieve CM. 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hort.* 78:5–38.
- Tabur S, Demir K. 2009. Cytogenetic response of 24-epibrassinolide on the root meristem cells of barley seeds under salinity. *Plant Growth Regul.* 58:119–123.
- Tabur S, Demir K. 2010. Role of some growth regulators on cytogenetic activity of barley under salt stress. *Plant Growth Regul.* 60:99–104.
- Tabur S, Demir K. 2008. Tuz stresi (NaCl) altında çimlendirilen arpa tohumlarının mitotik indeks ve kromozom anormallikleri üzerine bazı bitki büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının etkileri. *SDU Fen Bil. Enst. Der.* 3(2): 162–173.
- Yang Z, Cao S, Zheng Y, Jiang Y. 2012. Combined salicylic acid and ultrasound treatments for reducing the chilling injury on peach fruit. *J. Agric. Food Chem.* 60:1209–1212.
- Yanmaz R, Özdil AH. 1992. Domates ve biber tohumlarında ekim öncesi PEG (polyethylene glycol) uygulamalarının çimlenme ve çıkış oranı ile süresi üzerine etkileri. *Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi.* 13–16.
- Yıldız M, Terzi H. 2011. Türkiye ' de ekimi yapılan bazı arpa çeşitlerinde erken fide evresi tuz toleransının belirlenmesi. *J. Agri. Sci.* 17:1–9.