

Tuz Stresine Maruz Bırakılan Kanola (*Brassica napus* L.)’da Priming Uygulamalarının (Salisilik Asit ve Askorbik Asit) Çimlenme Üzerine Etkisi

Münüre TANUR ERKOYUNCU^{1*}, Mustafa YORGANCILAR¹

ÖZET: Bu çalışmada, tuz stresine maruz bırakılan kanola (*Brassica napus* L.) tohumlarına salisilik asit (SA) ve askorbik asit (AsA) ile priming yapılarak çimlenmeye etkilerinin belirlenmesi ve bu uygulamaların optimum konsantrasyonlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, 5 farklı NaCl konsantrasyonu (kontrol, 50, 100, 150, 200 mM) ile 2 farklı priming uygulaması (SA ve AsA) ve her priming uygulamasının 5 farklı konsantrasyonu (kontrol, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) ele alınmıştır. Çalışma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme süresi (gün) ve çimlenme indeksi (hızı) değerleri incelenmiştir. SA uygulamaları arasında, 0.5 mM SA konsantrasyonunun, artan tuz dozlarında tuz stresinin olumsuz etkisini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı, ortalama çimlenme süresini kısalttığı ve çimlenme oranını artırdığı tespit edilmiştir. SA konsantrasyonu artıkça (1.5 mM ve 2.0 mM SA) tüm tuz uygulamalarında çimlenmenin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. AsA uygulamaları arasında ise 0.5, 1.0, 1.5 mM konsantrasyonlarının, tuz stresinin olumsuz etkisini büyük ölçüde azaltarak çimlenme oranı ve çimlenme indeksi değerlerine olumlu etkide bulunduğu belirlenirken, ortalama çimlenme süresi üzerine etki etmediği tespit edilmiştir. Kanola tohumlarına çimlenme öncesi uygulanan SA ve AsA ile priming uygulamalarının, tuz stresinin çimlenme engelleyici etkisini önemli ölçüde ortadan kaldırdığı saptanmış olup, 0.5 mM SA/AsA konsantrasyonları optimum doz olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kanola, Çimlenme, Tuz, Priming, Salisilik asit, Askorbik asit

Effect of Priming Applications (Salicylic Acid and Ascorbic Acid) on Germination in Canola Under Salt Stress (*Brassica napus* L.)

ABSTRACT: In this study, it was aimed to determine the effects of germination of canola (*Brassica napus* L.) seeds on germination by priming with salicylic acid (SA) and ascorbic acid (AsA) and to determine the optimum concentrations of these applications. In the study, 5 different NaCl concentrations (control, 50, 100, 150, 200 mM) and 2 different priming applications (SA and AsA) and 5 different concentrations (control, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) of each priming application were discussed. The experiment was established in randomized plots with 4 replications according to the factorial design. As a result of the research, the germination rate (%), mean germination time (days) and germination index were examined. Among SA applications, 0.5 mM SA concentration was found to reduce the negative effect of salt stress at increasing salt doses, accelerate germination, shorten the average germination time and increase the germination rate. As the SA concentration increased (1.5 mM and 2.0 mM SA) it was determined that germination was negatively affected in all salt applications. Among AsA applications, it was determined that 0.5, 1.0, 1.5 mM concentrations had a positive effect on the germination rate and germination index values by decreasing the negative effect of salt stress, while not affecting the average germination time. Priming applications with SA and AsA, which we applied to canola seeds before germination, have been found to significantly eliminate the germination inhibitory effect of salt stress, and 0.5 mM SA / AsA concentrations were determined optimally.

Keywords: Canola, Germination, Salt, Priming, Salicylic acid, Ascorbic acid

¹ Münüre TANUR ERKOYUNCU (Orcid ID: 0000-0001-5004-4771), Mustafa YORGANCILAR (Orcid ID: 0000-0003-4938-8547), Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Münüre TANUR ERKOYUNCU, e-mail: mtanur@selcuk.edu.tr

GİRİŞ

Tuzluluk, tarımsal üretim alanlarında toprak verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, ürün verimini sınırlandıran başlıca abiyotik stres faktörlerinden biridir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, özellikle sulanan alanlarda, sulama ve drenajın uygun olmaması, düşük yağış, yüksek buharlaşma ve tuzlu sularla sulama gibi sebeplerden dolayı yaygın olarak görülmektedir (Munns ve Tester, 2008). Tuzluluk, bitkinin ölümüne neden olabildiği gibi tolerans durumuna bağlı olarak büyümesini engellemekte, dolayısıyla verim ve kalitenin azalmasına sebep olmaktadır (Hasegawa ve ark., 1986).

Çimlenme ve fide oluşumu, sağlıklı bir bitki gelişimi için hayat döngüsünün iki önemli kritik aşaması olup (Hubbard ve ark., 2012), bitkinin en duyarlı olduğu dönemlerdir (Yadav ve ark., 2011). Tohum çimlenmesini ve fide gelişimi olumsuz yönde etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinin başında tuzluluk gelmektedir (Almansouri ve ark., 2001). Çimlenme ve fide aşaması bitki büyümesinin tuzluluğa verdiği tepkilerin öngörüsüdür (Cuartero ve ark., 2006). Bu nedenle, tuz stresi altında daha hızlı çimlenen tohumların, sağlıklı bir fide gelişimi geçirerek tuz toleransının daha fazla olacağı ve dolayısıyla daha yüksek verim sağlanacağı beklenmektedir (Munns, 2002).

Tuzluluk, tohumun çevresinde oluşan dış osmotik potansiyelin yükselmesi sonucu fizyolojik kuraklık meydana getirerek (Murillo-Amador ve ark., 2002) ya da yüksek seviyedeki Na⁺ iyonu birikimi ile iyon toksisitesi oluşturarak tohumda biyokimyasal reaksiyonlar üzerinde bozulmalara neden olmakta ve tohumun çimlenmesine engel olmaktadır (Khajeh-Hosseini ve ark., 2003; Aydın ve Atıcı, 2015). Priming uygulamaları ile özellikle olumsuz çimlenme koşulları altında, tarımsal açıdan önemli pek çok bitkide, hızlı ve uniform çimlenme ile normal ve güçlü fidelerin gelişimi teşvik edilerek tohum performansının artması sağlanmıştır (McDonald, 2000; Cantliffe, 2001; Mohammadi, 2009). Priming, özellikle tarım arazilerindeki tuzluluk sorununu aşmak için kullanılan düşük maliyetli, kolay ve düşük riskli bir tekniktir (Maiti ve Pramanik, 2013). Çeşitli bitkilerde, priming uygulamalarına bitki büyüme düzenleyicilerinin ve hormonların dâhil edilmesiyle tohum performansında daha fazla artış olduğu gözlemlenmiştir (Lee ve ark., 1998). Pek çok bitkide, salisilik asit (SA), absisik asit (ABA), jasmonik asit (JA) askorbik asit (AsA) gibi çeşitli hormonların ve vitaminlerin priming uygulamalarına dâhil edilmesinin, çimlenme ve fide döneminde stres faktörlerine karşı faydalı etkileri olduğu gözlemlenmiştir (Habib ve ark., 2010; Nawaz ve Ashraf, 2010; Khan ve ark., 2011).

Salisilik asit (SA), özellikle çimlenme olmak üzere, fotosentez, solunum, çiçeklenme ve yaşlanma gibi büyüme ve gelişme evrelerinin düzenlenmesinde katkıda bulunan, fitohormon olarak bilinen bir fenolik bileşiktir (Rivas-San Vicente ve Plasencia, 2011). Ayrıca SA aşırı sıcaklık, ozon kirliliği, UV ışınımı, ağır metaller, kuraklık ve tuzluluk gibi biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı oluşturulan bitki savunma cevaplarında önemli role sahip bir sinyal molekülüdür (Hara ve ark., 2012; Miura ve Tada, 2014; Semida ve ark., 2017). SA'nın priming uygulamasının tuzluluğun bitkiler üzerindeki etkilerini azalttığı çeşitli araştırmalarla kanıtlanmıştır (Jini ve Joseph, 2017; Anaya ve ark., 2018).

Askorbik asit (AsA), bitkilerde yüksek miktarda bulunup stres fizyolojisinin yanı sıra bitki büyüme ve gelişmesinde rol oynayan önemli bir antioksidan molekülüdür (Noctor ve Foyer, 1998; Conklin, 2001). Askorbik asit (C vitamini), hücre bölünmesi, ozmotik ayarlama (De Gara, 2003) çevresel streslere karşı direnç, fotosentez, etilen, gibberellin, antosiyanin sentezlerinde (Smirnoff ve Wheeler, 2000) ve ayrıca çimlenmenin ilk aşamalarında hayati bir rol oynar (Arrigoni ve ark., 1997). Birçok çalışma, askorbik asidin en uygun konsantrasyonunun, tuzlu koşullar altında yetiştirilen bitkilerin çimlenme ve gelişme evrelerinde faydalı bir etki gösterdiğini bildirmiştir (Khan ve ark., 2006; Arafa ve ark., 2009; Ekmekçi ve Karaman, 2012; Azooz ve ark., 2013).

Kanola (*Brassica napus* L.) oleik asitçe zengin, yazlık, kışlık ve alternatif çeşitleri olan, tohumunda %38-50 oranında ham yağ içeren önemli bir yağ bitkisidir (Darçın ve ark., 2014; Gürsoy ve ark., 2016). Bitkinin tohumundan elde edilen yağ, yemeklik yağ olarak kullanılmakla birlikte, sabun, boya ve plastik sanayisinde, çeşitli motorlarda hidrolik yağ olarak ve özellikle biyodizel yapımında önemli oranlarda kullanılmaktadır (Anğın ve Vurarak, 2012). Ayrıca, küspesinde yüksek oranda protein bulunduğu kaliteli bir hayvan yemidir (Saeidnia ve Gohari, 2012). Yağlı tohumlu bitkiler arasında, Türkiye’nin ekolojik şartlarına uyumlu bitkilerden biri olması, ekiminden hasadına kadar bütün yetiştirme tekniğinin mekanizasyona uygun olması (Beğbağa ve Öztürk, 2008), buğday ile ekim nöbetine girebilmesi gibi özellikleri (Baran ve ark., 2014) sebebiyle oldukça önemli bir yere sahiptir.

Tuzluluk kanolada çimlenme döneminden başlayarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemekte ve verimde ciddi kayıplara neden olmaktadır (Uyanık ve ark., 2014). Ülkemiz yağ bitkileri içerisinde önemini giderek artıran, yağ açığımızın kapatılmasında alternatif bir bitki olan ve son yıllarda gerek dünyada ve gerekse ülkemizde ekim alanı ve üretimi önemli miktarda artan kanolanın, gelişme dönemlerine göre tuza toleransının belirlenmesinin yanı sıra tuzlu koşullara adaptasyonunu artıracak uygulamaların araştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, tuz stresine maruz bırakılan kanola tohumlarında salisilik asit ve askorbik asit uygulamalarının çimlenmeye etkileri belirlenerek, tuzlu şartlarda kanolada daha iyi çimlenme ve fide gelişimini sağlayacak optimum konsantrasyonların tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bitki Biyoteknolojisi Laboratuvarında yürütülmüştür. Bitki materyali olarak ‘Petrol’ (Syngenta) kışlık kanola çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada 5 farklı tuz konsantrasyonu (kontrol, 50, 100, 150, 200 mM) ile 2 farklı priming uygulaması (SA ve AsA) ve her priming uygulamasında 5 farklı konsantrasyonu (kontrol, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mM) ele alınmıştır. Tuz stresi oluşturmak için analitik düzeyde NaCl kullanılmıştır.

Araştırma, “Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Deseni”ne göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çimlendirme öncesinde tohumlar %5’lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 10 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur (Uyanık ve ark., 2014). Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar priming için farklı konsantrasyonlardaki SA ve AsA çözeltilerinde 12 saat bekletilmiş (Nazarian, 2016) ve ardından önceki nem içeriklerine dönünceye kadar oda koşullarında 24 saat kurutma kâğıtları üzerine alınarak kurutulmuşlardır. İçerisinde çift katlı filtre kâğıdı bulunan petri kaplarına 25 adet tohum yerleştirilmiş, farklı tuz konsantrasyonlarının her birinden ayrı ayrı olmak üzere 10 ml miktarda çözelti ile ıslatılmıştır. Bu işlemlerden sonra petriler, karanlık koşullara sahip $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ayarlı iklim odasına alınmıştır.

Araştırma süresince (7 gün boyunca) tohumlar her gün sayılmış ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip olanlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (Mohammadi, 2009). Yedinci günün sonunda toplam çimlenen tohumlar sayılarak çimlenme oranı (%), çimlenme indeksi (hızı) ve ortalama çimlenme süresi (gün) değerleri aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Çimlenme Oranı (\%)} = (G/T) * 100.$$

G: Çimlenen tohum sayısını, T: Kullanılan toplam tohum sayısı

$$\text{Çimlenme İndeksi (Hızı)} = N1/T1 + N2/T2 + \dots + Nn/Tn \text{ (Kader ve Jutzi, 2004).}$$

N: Çimlenen tohum sayısı, T: Çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısı

$$\text{Ortalama Çimlenme Süresi (Gün)} = \sum(fx) / \sum f$$

f: çıkan tohum sayısı, x: çıkış günü

Çıkan tohum sayısı ile çıkış gün sayısı çarpımları toplamının, toplam çıkan tohum sayısına bölünmesi ile elde edilen değer ortalama çimlenme süresi olarak hesaplanmıştır (Ellis ve Roberts, 1981).

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JUMP istatistik programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile $P<0.05$ önem seviyesinde karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme Oranı Üzerine Etkileri

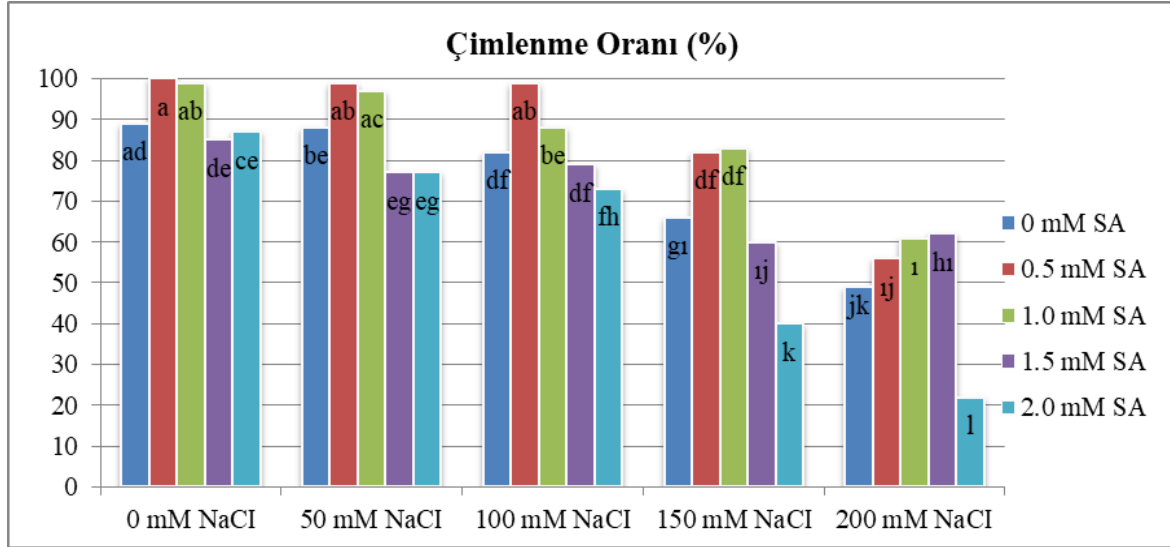
Farklı konsantrasyonlarda tuz stresine maruz bırakılan kanola tohumlarında, salisilik asit uygulamalarının günlük çimlenme oranına etkilerinin belirlenmesi amacıyla deneme süresince her gün gözlem alınıp, çimlenen tohum sayısı belirlenmiş ve çimlenme oranları (%) tespit edilmiştir.

Tuz konsantrasyonları, SA konsantrasyonları ve Tuz x SA konsantrasyonları interaksiyonunun çimlenme oranına etkileri istatistiki olarak ($P<0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Tuz konsantrasyonları ortalamalarına bakıldığında en yüksek çimlenme oranı 0 mM NaCl’de (%92), en düşük çimlenme oranı ise 200 mM NaCl’de (%50) belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları arttıkça çimlenmenin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. SA konsantrasyonları ortalamalarına göre en yüksek çimlenme oranı %87 değeri ile 0.5 mM SA uygulamasından, en düşük oran ise %60 ile 2.0 mM SA uygulamasından elde edilmiştir. Tuz x SA interaksiyonu bakımından ise, en yüksek çimlenme oranı 0 mM NaCl x 0.5 mM SA uygulamasından (% 100) elde edilirken, en düşük değer ise 200 mM NaCl x 2.0 mM SA uygulamasından (%22) elde edilmiştir (Şekil 1). Artan tuz dozlarında, çimlenme oranını en fazla arttıran (%87) uygulamanın, 0.5 mM SA uygulaması olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

NaCl / SA	Çimlenme Oranı (%)					
	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	89 a-d	100 a	99 a-b	85 d-e	87 c-e	92 a
50 mM	88 b-e	99 a-b	97 a-c	77 e-g	77 e-g	88 a-b
100 mM	82 d-f	99 a-b	88 b-e	79 d-f	73 f-h	84 b
150 mM	66 g-ı	82 d-f	83 d-f	60 ı-j	40 k	66 c
200 mM	49 j-k	56 ı-j	61ı	62 h-ı	22 l	50 d
Ortalama	75 b	87 a	86 a	73 b	60 c	
LSD (0.05)	Tuz=5.233		SA= 5.233		Tuz x SA=11.702	

Genel olarak değerlendirildiğinde, yüksek tuz stresinin yanı sıra artan SA konsantrasyonunun da çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda SA’in çimlenmeyi engellediğine dair benzer sonuçlar Farahbakhsh (2012); Jam ve ark. (2012); Soliman ve ark. (2016) tarafından da bildirilmiştir. Buna karşın, belirlenen optimum salisilik asit uygulamaları ile bitkilerin tuz stresine karşı performanslarını artırmak mümkün olmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda da, buğdayda (Kaydan ve ark., 2007), yoncada (Palma ve ark., 2013), mısırdada (Tuna ve ark., 2007), çeltikte (Jini ve Joseph, 2017), baklada (Anaya ve ark., 2018) salisilik asit uygulamalarının tuz stresine toleransı arttırdığı bildirilmiştir. Salisilik asit yüksek tuz stresinde oksidatif zararlanmayı azaltarak tohumların çimlenmesini artırmaktadır (Lee ve ark., 2010). Benzer olarak, bu çalışmada da kanola tohumlarında tuz stresinin olumsuz etkisinin salisilik asit uygulamaları ile önlenebileceği belirlenmiş, özellikle 0.5 mM SA uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 1. Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

Askorbik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme Oranı Üzerine Etkileri

Farklı konsantrasyonlarda tuz stresine maruz bırakılan kanola tohumlarında, askorbik asit uygulamalarının günlük çimlenme oranına etkilerinin belirlenmesi amacıyla deneme süresince her gün gözlem alınıp, çimlenen tohum sayısı belirlenmiş ve çimlenme oranları (%) tespit edilmiştir.

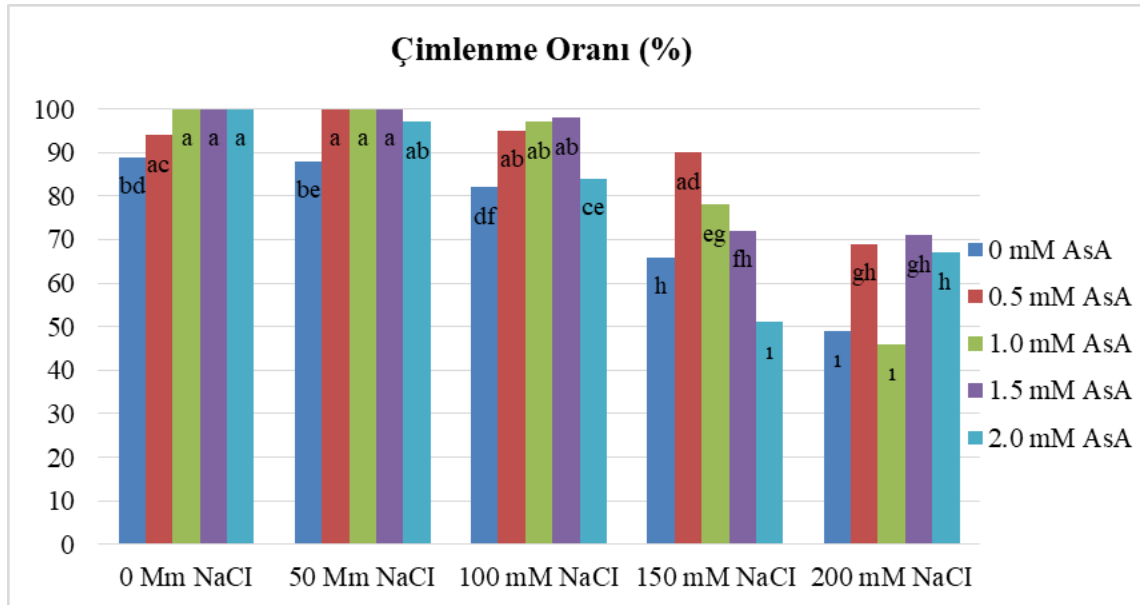
Tuz konsantrasyonları, AsA konsantrasyonları ile Tuz x AsA konsantrasyonları interaksiyonunun çimlenme oranına etkileri istatistiki olarak ($P < 0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Tuz konsantrasyonları bakımından 0 mM ve 50 mM NaCl, %97 ile en yüksek çimlenme oranı elde edilen uygulamalar olmuştur. En düşük çimlenme oranı ise %60 ile 200 mM NaCl'den elde edilmiştir. AsA konsantrasyonları ortalamalarına göre en yüksek çimlenme %90 değeri ile 0.5 mM AsA uygulamasından, en düşük oran ise %75 ile 0 mM AsA uygulamasından elde edilmiştir. Tuz x AsA interaksiyonu bakımından en yüksek çimlenme oranı 50 mM NaCl x 0.5 mM, 1.0 mM ve 1.5 mM AsA uygulamalarından (%100) elde edilmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarında 0.5 mM AsA uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla çimlenme oranlarını artırdığı tespit edilmiştir (sırasıyla %100, %95, %90, %69). En düşük çimlenme oranı ise (%49), 200 mM NaCl x 0 mM AsA uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 2). Sonuçlara bakıldığında, AsA uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini büyük ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. AsA uygulamasının stres faktörlerinin etkisini azalttığına dair benzer sonuçlar, Khan ve ark. (2006); Khan ve ark. (2011) ve Ekmekçi ve Karaman (2012) tarafından da bildirilmiştir.

Çizelge 2. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

Çimlenme Oranı (%)						
NaCl /AsA	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	89 b-d	94 a-c	100 a	100 a	100 a	97 a
50 mM	88 b-e	100 a	100 a	100 a	97 a-b	97 a
100 mM	82 d-f	95 a-b	97 a-b	98 a-b	84 c-e	91 b
150 mM	66 h	90 a-d	78 e-g	72 f-h	51 i	71 c
200 mM	49 i	69 g-h	46 i	71 g-h	67 h	60 d
Ortalama	75 d	90 a	84 b-c	88 a-b	80 c	
LSD (0.05)	Tuz=4.165		AsA= 4.165		Tuz x AsA=10.319	

Askorbik asit (AsA), bitkilerde stres fizyolojisinin düzenlenmesi yanı sıra çimlenmenin ilk aşamalarında hayati bir rol oynar (Arrigoni ve ark., 1997; Noctor ve Foyer, 1998; Conklin, 2001). Birçok

çalışma, askorbik asidin en uygun konsantrasyonunun, tuzlu koşullar altında yetiştirilen bitkilerin çimlenme ve gelişme evrelerinde faydalı bir etki gösterdiğini bildirmiştir (Bassuony ve ark., 2008; Mohsen ve ark., 2013). Benzer olarak, bu çalışmada da kanola tohumlarında tuz stresinin olumsuz etkisinin askorbik asit uygulamaları ile önlenilebileceği belirlenmiş olup, özellikle 0.5 mM AsA uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenme oranına etkisi (%)

Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Ortalama Çimlenme Süresine Etkileri

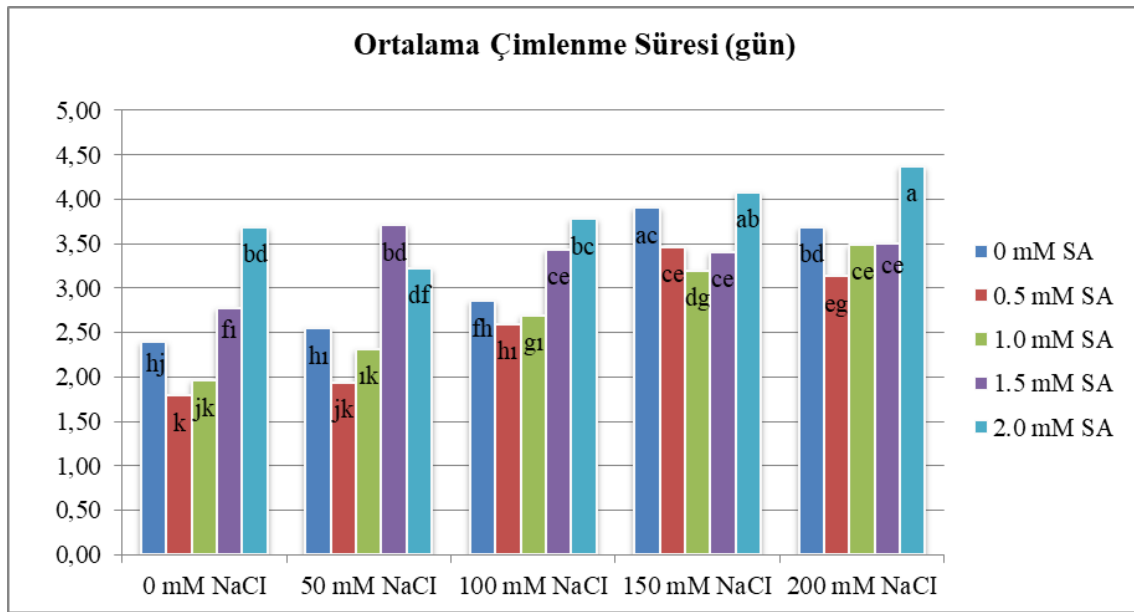
Tuz konsantrasyonları, SA konsantrasyonları ile Tuz x SA konsantrasyonları interaksiyonlarının ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri istatistik olarak ($P < 0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Tuz konsantrasyonları ortalamalarına bakıldığında en erken çimlenme 2.52 gün ile 0 mM NaCl'de elde edilirken süre bakımından en geç çimlenme 200 mM NaCl'de (3.63 gün) gerçekleşmiştir. SA konsantrasyonları ortalamalarına göre en erken çimlenme 2.58 gün ile 0.5 mM SA uygulamasından, en geç çimlenme ise 3.83 gün ile 200 mM SA'dan elde edilmiştir. Tuz x SA interaksiyonu bakımından incelendiğinde; en geç çimlenme 4.37 gün ile 200 mM NaCl x 2.0 mM SA uygulamasında elde edilirken, en erken çimlenme 1.79 gün ile kontrol grubu tuz uygulamasında 0.5 mM SA konsantrasyonunda elde edilmiştir. Bununla birlikte, 0.5 mM ve 1.0 mM SA uygulamalarının, 0 mM, 50 mM ve 100 mM tuz konsantrasyonlarında, tuz stresinin olumsuz etkisini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı, ancak daha yüksek tuz dozlarında (150 mM ve 200 mM) çimlenme süresini iyileştirmediği tespit edilmiştir (Şekil 3). Ayrıca, SA konsantrasyonu arttıkça (1.5 mM ve 2.0 mM SA) tüm tuz uygulamalarında ortalama çimlenme süresi uzamış, yüksek SA konsantrasyonunun çimlendirme süresini iyileştirmediği, aksine olumsuz etkide bulunduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar, Afzal ve ark. (2006), Baninasab ve Baghbanha (2013) ve Anaya ve ark. (2018) tarafından da bildirilmiştir.

Pek çok bitkide olduğu gibi kanola da çimlenme ve fide döneminde tuzluluğa karşı daha duyarlıdır (Mohammadi, 2009; Bybordi, 2010; Uyanık ve ark., 2014). Tuzluluğun, osmotik basıncı artırarak gerekli olan suyun tohum tarafından alınmasını durdurduğu ve/veya iyonik toksite oluşturarak çimlenmeyi engellediği Ekmekçi ve ark. (2005) tarafından ifade edilmiştir. Ayrıca, tuzluluğun çimlenmekte olan tohumlardaki birçok enzimin aktivitelerinde değişikliklere neden olduğu tespit edilmiştir (Dubey ve Rani, 1990). SA ise, katalaz aktivitesini inhibe ederek, katalaz aktivitesinin azaltılmasına ve böylece tohumların çimlenmesini artırabilen hidrojen peroksit artışına yol açmaktadır

(Nun ve ark., 2003). Ayrıca, SA tohumlarda oksijen alımını ve a-amilaz aktivitesini artırarak tuz stresine maruz kalan bitkilerde çimlenmeyi iyileştirerek ortalama çimlenme süresini kısaltır (Zhang ve ark., 1999). Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar bizim sonuçlarımızla uyumludur.

Çizelge 3. Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama çimlenme süresine etkisi (gün)

Ortalama Çimlenme Süresi (gün)						
NaCl / SA	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	2.39 h-j	1.79 k	1.96 j-k	2.77 f-1	3.69 b-d	2.52 c
50 mM	2.55 h-1	1.94 j-k	2.31 ı-k	3.71 b-d	3.22 d-f	2.74 c
100 mM	2.86 f-h	2.60 h-1	2.69g-ı	3.43 c-e	3.78 b-c	3.07 b
150 mM	3.90 a-c	3.46 c-e	3.20d-g	3.40 c-e	4.07 a-b	3.61 a
200 mM	3.69 b-d	3.13 e-g	3.49c-e	3.50 c-e	4.37 a	3.63 a
Ortalama	3.08 c	2.58 d	2.73 d	3.36 b	3.83 a	
LSD (0.05)	Tuz=0.236		SA=0.236		Tuz x SA=0.528	



Şekil 3. Kanolada salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama çimlenme süresine etkisi (gün)

Askorbik Asit Priming Uygulamalarının Ortalama Çimlenme Süresine Etkileri

Tuz ve AsA konsantrasyonlarının ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi istatistiki olarak ($P < 0.05$) önemli bulunurken, Tuz x AsA konsantrasyonları interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4). Tuz konsantrasyonları ortalamalarına bakıldığında 1.94 gün ile en erken çimlenme 0 mM NaCl'de elde edilirken, süre bakımından en geç çimlenme 200 mM NaCl'de (3.37 gün) gerçekleşmiştir. AsA konsantrasyonları ortalamalarına göre en erken çimlenme 2.41 gün ile 0.5 mM AsA uygulamasından, en geç çimlenme ise 3.08 gün ile 0 mM AsA'dan elde edilmiştir. İstatistiki olarak önemli olmamakla birlikte, 1.0 mM, 1.5 mM ve 2.0 mM AsA uygulamalarının, 0 mM, 50 mM ve 100 mM tuz konsantrasyonlarında, tuz stresinin olumsuz etkisini azaltarak çimlenmeyi hızlandırdığı, ancak daha yüksek dozlarında (150 mM ve 200 mM) çimlenme süresini iyileştirmediği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar, Sattar ve Badshah (1995), Afzal ve ark. (2006) tarafında da belirtilmiştir.

Çizelge 4. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında ortalama çimlenme süresine etkisi (gün)

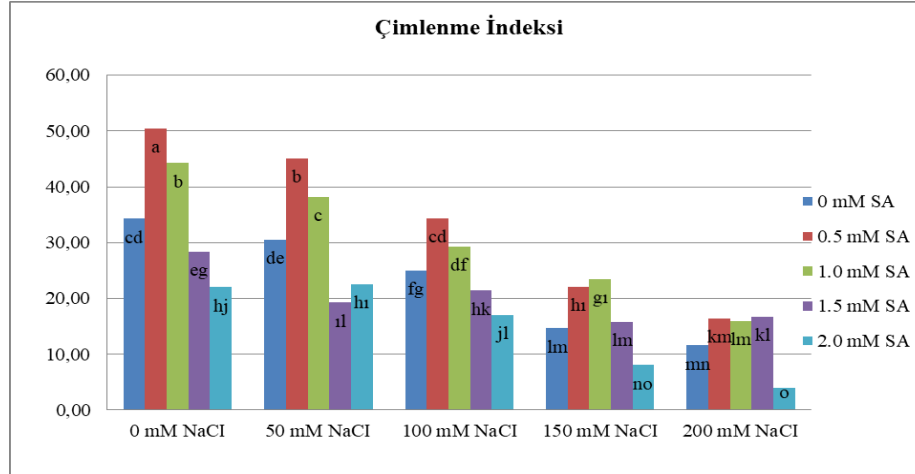
NaCl /AsA	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)					Ortalama
	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	
0 mM	2.39	1.56	1.75	2.01	2.01	1.94 d
50 mM	2.55	1.98	2.07	2.06	2.56	2.24 c
100 mM	2.86	2.57	2.52	2.67	2.92	2.71 b
150 mM	3.90	3.25	2.83	2.82	3.35	3.23 a
200 mM	3.69	2.67	3.15	3.77	3.57	3.37 a
Ortalama	3.08 a	2.41 d	2.46 c-d	2.66 b-c	2.88 a-b	
LSD (0.05)	Tuz=0.233		AsA=0.233		Tuz x AsA =ö.d.	

Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme İndeksine Etkileri

Tuz konsantrasyonları, SA konsantrasyonları ile Tuz x SA konsantrasyonları interaksyonlarının çimlenme indeksi üzerine etkileri istatistik olarak ($P<0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 5). Tuz konsantrasyonları arttıkça çimlenme indeksinde azalma olduğu tespit edilmiş olup, en yüksek çimlenme indeksi değeri (35.88) 0 mM NaCl'de elde edilmiştir. En düşük indeks değeri ise 12.94 ile 200 mM NaCl'de tespit edilmiştir. SA konsantrasyonları ortalamalarına göre ise; en yüksek indeks değeri 0.5 mM SA'da (33.69), en düşük indeks değeri 2.0 mM SA'da (14.74) elde edilmiştir. Tuz x SA konsantrasyonları interaksyonlarının etkisine bakıldığında; en yüksek çimlenme indeksi değeri 0 mM NaCl x 0.5 mM SA uygulamasında (50.43) elde edilirken, en düşük çimlenme indeksi değeri 200 mM NaCl x 2.0 mM SA uygulamasında (4.04) elde edilmiştir. Artan tuz dozlarında 0.5 mM SA uygulamasının, diğer SA uygulamalarına kıyasla çimlenme indeksini artırdığı ancak SA konsantrasyonu arttıkça (1.5 mM ve 2.0 mM SA) tüm tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksinin düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 4). Benzer şekilde, Staswick ve ark. (1995) düşük konsantrasyonlarda SA kullanımının çimlenmeyi uyardığı ve maksimize ettiğini ancak daha yüksek konsantrasyonlarda SA'nın çimlenmeyi önleyici bir etki gösterdiğini bildirmektedir. SA konsantrasyonunun artırılması, ABA sentezinin artmasına neden olduğundan tohum çimlenmesini durdurmaktadır (Wu ve ark., 1998).

Çizelge 5. Salisilik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksine (hızı) etkisi

NaCl/SA	Çimlenme İndeksi					Ortalama
	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	
0 mM	34.31 c-d	50.43 a	44.25 b	28.37 e-g	22.03 h-j	35.88 a
50 mM	30.56 d-e	45.08 b	38.17 c	19.26 i-l	22.52 h-1	31.11 b
100 mM	25.05 f-g	34.36 c-d	29.34 d-f	21.39 h-k	17.04 j-l	25.44 c
150 mM	14.68 l-m	22.10 h-1	23.48 g-1	15.79 l-m	8.06 n-o	16.82 d
200 mM	11.57 m-n	16.47 k-m	15.96 l-m	16.69 k-l	4.04 o	12.94 e
Ortalama	23.23 c	33.69 a	30.24 b	20.30 d	14.74 e	
LSD (0.05)	Tuz=2.262		SA= 2.262		Tuz x SA=5.058	



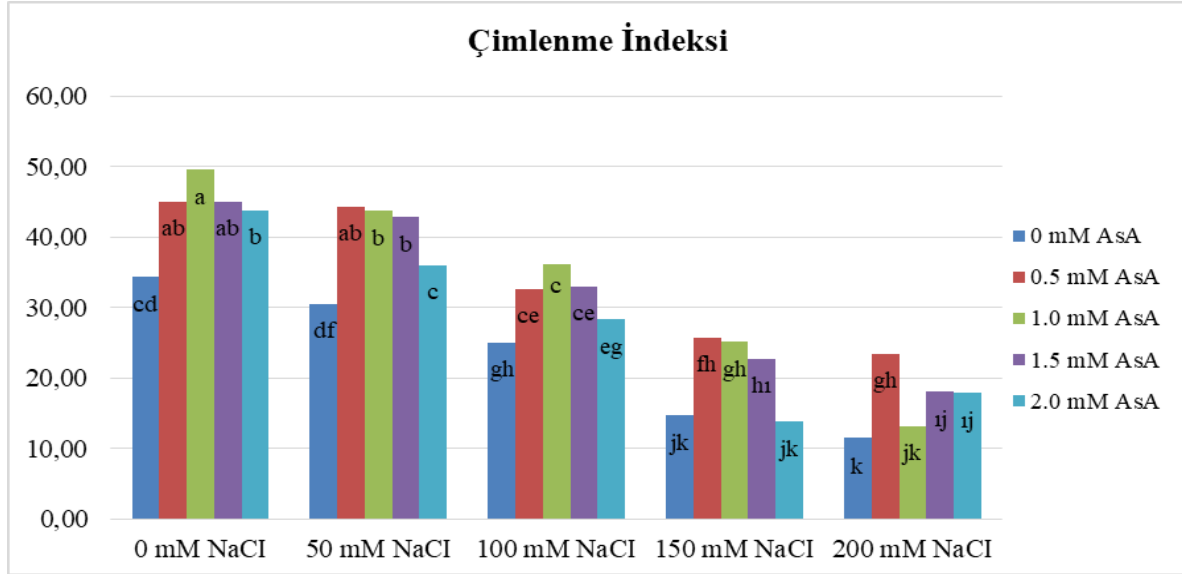
Şekil 4. Salisilik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme İndeksine Etkileri

Askorbik Asit Priming Uygulamalarının Çimlenme İndeksine Etkileri

Tuz konsantrasyonları, AsA konsantrasyonları ile Tuz x AsA konsantrasyonları interaksyonu istatistiki olarak ($P < 0.05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 6). Tuz konsantrasyonları arttıkça çimlenme indeksinde azalma olduğu görülmüştür. Tuz konsantrasyonları bakımından en yüksek çimlenme indeks değeri (43.56) 0 mM NaCl’de elde edilmiştir. En düşük indeks değeri ise 16.80 ile 200 mM NaCl’de tespit edilmiştir. AsA konsantrasyonları ortalamalarına göre ise; en yüksek indeks değeri 0.5 mM AsA’da (34.24), en düşük indeks değeri 0 mM AsA’da (23.23) elde edilmiştir. Tuz x AsA konsantrasyonları interaksyonlarının etkisine bakıldığında; en yüksek çimlenme indeks değeri 0 mM NaCl x 1.0 mM AsA uygulamasında (49.61) elde edilirken, en düşük çimlenme indeks değeri 200 mM NaCl x 0 mM AsA uygulamasında (11.57) elde edilmiştir. Tüm tuz konsantrasyonlarında en düşük çimlenme hızı 0 mM AsA uygulamasında elde edilirken, artan AsA konsantrasyonunun (0.5 mM, 1.0 mM ve 1.5 mM AsA) çimlenme hızını artırdığı tespit edilmiştir (Şekil 5). Çimlenme indeksinin yüksek olması tohum gücünün yüksek olduğunun bir ifadesidir (Maguire, 1962). Dolayısıyla AsA uygulamasının çimlenme hızını artırması stres koşullarına toleransı artırdığının da bir göstergesidir.

Çizelge 6. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksine (hızı) etkisi

Çimlenme İndeksi						
NaCl/AsA	0 mM	0.5 mM	1.0 mM	1.5 mM	2.0 mM	Ortalama
0 mM	34.31 c-d	45.04 a-b	49.61 a	45.03 a-b	43.79 b	43.56 a
50 mM	30.56 d-f	44.38 a-b	43.75 b	42.83 b	36.00 c	39.50 b
100 mM	25.05 g-h	32.63 c-e	36.22 c	33.01 c-e	28.34 e-g	31.05 c
150 mM	14.68 j-k	25.75 f-h	25.15 g-h	22.69 h-i	13.78 j-k	20.41 d
200 mM	11.57 k	23.39 g-h	13.13 j-k	18.02 i-j	17.88 i-j	16.80 e
Ortalama	23.23 c	34.24 a	33.57 a	32.32 a	27.96 b	
LSD (0.05)	Tuz=2.239		AsA=2.239		Tuz x AsA=5.33	



Şekil 5. Kanolada askorbik asidin farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme indeksine (hızı) etkisi

SONUÇ

Araştırmanın sonuçları, tuz stresinin kanolada çimlenme üzerine olumsuz etki oluşturduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, SA ve AsA priming uygulamalarının, çeşitli tuz stres seviyelerinde çimlenme özelliklerini artırdığı, böylece tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, artan tuz stresi seviyelerinde, düşük SA/AsA konsantrasyonlarının, kanola çimlenmesi üzerinde orta ve yüksek konsantrasyonlardan daha olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Priming uygulamaları arasında, 0.5 mM SA/AsA konsantrasyonlarında, çimlenmenin önemli ölçüde iyileştiği, çimlenme süresinin hızlandığı tespit edilmiş olup, bu durumun neticesinde bitkinin fide oluşumunu artıracak ve sağlıklı bir büyüme periyodu geçireceği bilinmektedir. Böylece, özellikle tuzlu tarım alanlarında ya da tuzlu sulama suyu kaynaklarının kullanıldığı tarım alanlarında, tohumlar toprak kaynaklı zararlılara ve hastalıklara karşı daha az duyarlı olacak ve daha fazla fotosentez yaparak biyokütle üretebilecektir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, tuz stresine maruz alanlarda düşük konsantrasyonlarda SA/AsA ile kanola tohumlarının priming edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Afzal I, Basra S, Farooq M, Nawaz A, 2006. Alleviation of Salinity Stress in Spring Wheat by Hormonal Priming with ABA, Salicylic Acid and Ascorbic Acid. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8 (1): 23-28.
- Almansouri M, Kinet JM, Lutts S, 2001. Effect of Salt and Osmotic Stresses on Germination in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231 (2):243-254.
- Anaya F, Fghire R, Wahbi S, Loutfi K, 2018. Influence of Salicylic Acid on Seed Germination of *Vicia faba* L. under Salt Stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17 (1):1-8.
- Anğın N, Vurarak, Y, 2012. Çukurova Bölgesine Uygun Kolza (*Brassica napus* L.) Çeşitlerinin Belirlenmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5 (1):90-92.
- Arafa A, Khafagy M, El-Banna M, 2009. The Effect of Glycinebetaine or Ascorbic Acid on Grain Germination and Leaf Structure of Sorghum Plants Grown Under Salinity Stress. *Australian Journal of Crop Science*, 3 (5): 294.
- Arrigoni O, Calabrese G, De Gara L, Bitonti MB, Liso R, 1997. Correlation between Changes in Cell Ascorbate and Growth of *Lupinus albus* Seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 150 (3):302-308.

- Aydın İ, Atıcı Ö, 2015. Tuz Stresinin Bazı Kültür Bitkilerinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3 (2): 1-15.
- Azooz MM, Alzahrani AM, Youssef MM, 2013. The Potential Role of Seed Priming with Ascorbic Acid and Nicotinamide and Their Interactions to Enhance Salt Tolerance in Broad Bean (*Vicia faba* L.). Australian Journal of Crop Science, 7 (13): 2091.
- Baninasab B, Baghbanha M, 2013. Influence of Salicylic Acid Pre-Treatment on Emergence and Early Seedling Growth of Cucumber (*Cucumis sativus*) under Salt Stress. International Journal Of Plant Production, 7 (2): 187-206.
- Baran M, Gökdoğan O, Karaağaç H, 2014. Kanola Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi (Kırklareli ili örneği). Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(3): 331-337.
- Bassuony F, Hassanein R, Baraka D, Khalil R, 2008. Physiological Effects of Nicotinamide and Ascorbic Acid on Zea Mays Plant Grown Under Salinity Stress. II-Changes in Nitrogen Constituents, Protein Profiles, Protease Enzyme and Certain Inorganic Cations. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2 (3): 350-359.
- Beğbağa M, Öztürk Ö, 2008. Ege Bölgesi Koşullarında Bazı Kışlık Kolza Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanı Uygulamalarının Verim, Verim Unsurları ve Kalite Üzerine Etkileri. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 22 (44):84-98.
- Bybordi A, 2010. The Influence of Salt Stress on Seed Germination, Growth and Yield of Canola Cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38 (1): 128-133.
- Cantliffe DJ, 2001. Seed Enhancements, IX International Symposium on Timing of Field Production in Vegetable Crops, 607:53-59.
- Conklin PL, 2001. Recent Advances in the Role and Biosynthesis of Ascorbic Acid in Plants. Plant, Cell & Environment, 24 (4): 383-394.
- Cuartero J, Bolarin M, Asins M, Moreno V, 2006. Increasing Salt Tolerance in the Tomato, Journal of Experimental Botany, 57 (5): 1045-1058.
- Darçın ES, Yusuf K, Kenan T, 2014. In vitro Koşullarda Humik Maddelerin Kolza Bitkisinin Fizyolojik Özellikleri, Sürgün Rejenerasyonu ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 7 (1):55-61.
- De Gara L, 2003. Ascorbate and plant growth—from germination to cell death. Vitamin C: Functions and Biochemistry in Animals and Plants, 83-95.
- Dubey R, Rani M, 1990. Influence of NaCl Salinity on the Behaviour of Protease, Aminopeptidase and Carboxypeptidase in Rice Seedlings in Relation to Salt Tolerance. Functional Plant Biology, 17 (2): 215-221.
- Ekmekçi BA, Karaman M, 2012. Exogenous Ascorbic Acid Increases Resistance to Salt of *Silybum marianum* (L.). African Journal of Biotechnology, 11 (42):9932-9940.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T, 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. 20 (3): 118-125.
- Ellis R, Roberts E, 1981. An Investigation into the Possible Effects of Ripeness and Repeated Threshing on Barley Seed Longevity under Six Different Storage Environments. Annals of Botany, 48 (1): 93-96.
- Farahbakhsh H, 2012. Germination and Seedling Growth in Unprimed and Primed Seeds of Fennel as Affected by Reduced Water Potential Induced by NaCl. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3 (4): 737-744.
- Gürsoy M, Nofouzi F, Başalma D, 2016. Humik Asit Uygulama Zamanı Ve Dozlarının Kışlık Kolzada Verim Ve Verim Öğelerine Etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (özel sayı-2): 131-136.
- Habib N, Ashraf M, Ahmad MSA, 2010. Enhancement in Seed Germinability of Rice (*Oryza Sativa* L.) By Pre-Sowing Seed Treatment with Nitric Oxide (NO) Under Salt Stress. Pakistan Journal of Botany, 42 (6): 4071-4078.

- Hara M, Furukawa J, Sato A, Mizoguchi T, Miura K, 2012. Abiotic Stress and Role of Salicylic Acid in Plants, In: Abiotic Stress Responses in Plants. Eds: Springer, p. 235-251.
- Hasegawa P, Bressan R, Handa A, 1986. Cellular Mechanisms of Salinity Tolerance. HortScience, 21 (6): 1317-1324.
- Hubbard M, Germida J, Vujanovic V, 2012. Fungal Endophytes Improve Wheat Seed Germination Under Heat and Drought Stress. Botany, 90 (2): 137-149.
- Jam B, Shekari F, Azimi M, Zangani E, 2012. Effect of Priming by Salicylic Acid on Germination and Seedling Growth of Safflower Seeds under CaCl₂ Stress. International Journal of Agricultural Research And Reviews, 2: 1097-1105.
- Jini D, Joseph B, 2017. Physiological Mechanism of Salicylic Acid for Alleviation of Salt Stress in Rice. Rice Science, 24 (2): 97-108.
- Kaydan D, Yagmur M, Okut N, 2007. Effects of Salicylic Acid on the Growth and Some Physiological Characters in Salt Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.). Tarım Bilimleri Dergisi, 13 (2):114-119.
- Khajeh-Hosseini M, Powell A, Bingham I, 2003. The Interaction between Salinity Stress and Seed Vigour during Germination of Soyabean Seeds. Seed Science and technology, 31 (3): 715-725.
- Khan MA, Ahmed MZ, Hameed A, 2006. Effect of Sea Salt and L-Ascorbic Acid on the Seed Germination of Halophytes. Journal of Arid Environments, 67 (3): 535-540.
- Khan MB, Gurchani MA, Hussain M, Freed S, Mahmood K., 2011. Wheat Seed Enhancement by Vitamin and Hormonal Priming, Pakistan Journal of Botany, 43 (3):1495-1499.
- Lee S, Kim S, Park C, 2010. Salicylic Acid Promotes Seed Germination Under High Salinity By Modulating Antioxidant Activity In Arabidopsis, New Phytologist, 188 (2):626-637.
- Lee SS, Kim JH, Hong SB, Yun SH, Park EH, 1998. Priming Effect of Rice Seeds on Seedling Establishment under Adverse Soil Conditions. Korean Journal of Crop Science, 43 (3): 194-198.
- Maguire JD, 1962. Speed of Germination—Aid In Selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigor 1. Crop science. 2 (2): 176-177.
- Maiti R, Pramanik K, 2013. Vegetable Seed Priming: A Low Cost, Simple and Powerful Techniques for Farmers' Livelihood. International Journal of Bio-resource and Stress Management, 4 (4): 475-481.
- McDonald MB, 2000. Seed Priming, Seed Technology and Its Biological Basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, 287-325.
- Miura K, Tada Y, 2014. Regulation of Water, Salinity and Cold Stress Responses by Salicylic Acid. Frontiers in Plant Science, 5: 4.
- Mohammadi G, 2009. The Influence of NaCl Priming on Seed Germination and Seedling Growth of Canola (*Brassica napus* L.) Under Salinity Conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 5 (5): 696-700.
- Mohsen A, Ebrahim M, Ghoraba W, 2013. Effect of Salinity Stress on Vicia Faba Productivity with Respect to Ascorbic Acid Treatment. Iranian Journal Of Plant Physiology, 3 (3): 725-736.
- Munns R, 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. Plant, Cell & Environment, 25 (2): 239-250.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59: 651-681.
- Murillo-Amador B, López-Aguilar R, Kaya C, Larrinaga-Mayoral J, Flores-Hernández A, 2002. Comparative Effects of NaCl and Polyethylene Glycol on Germination, Emergence and Seedling Growth of Cowpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 188 (4): 235-247.
- Nawaz K, Ashraf M, 2010. Exogenous application of glycinebetaine modulates activities of antioxidants in maize plants subjected to salt stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 196 (1):28-37.
- Nazarian G, 2016. Tuzluluk Stresinde Kanola Bitkisinin Morfolojik Ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Salisilik Asidin Priming Uygulamasının Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmış).
- Noctor G, Foyer CH, 1998. Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen under Control, Annual Review of Plant Biology, 49 (1): 249-279.

- Nun NB, Plakhine D, Joel DM, Mayer AM, 2003. Changes in the Activity of the Alternative Oxidase in Orobanche Seeds during Conditioning and Their Possible Physiological Function. *Phytochemistry*, 64 (1): 235-241.
- Palma F, López-Gómez M, Tejera N, Lluch C, 2013. Salicylic Acid Improves The Salinity Tolerance of *Medicago Sativa* in Symbiosis With *Sinorhizobium Meliloti* by Preventing Nitrogen Fixation Inhibition. *Plant Science*, 208: 75-82.
- Rivas-San Vicente M, Plasencia J., 2011. Salicylic Acid beyond Defence: its Role in Plant Growth and Development, *Journal of Experimental Botany*, 62 (10):3321-3338.
- Saeidnia S, Gohari AR, 2012. Importance of *Brassica napus* as a medicinal food plant. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (14): 2700-2703.
- Sattar A, Badshah A, 1995. Biosynthesis of Ascorbic Acid in Germinating Rapeseed Cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47 (1): 63-70.
- Semida WM, Abd El-Mageed TA, Mohamed SE, El-Sawah NA, 2017. Combined Effect of Deficit Irrigation and Foliar-Applied Salicylic Acid on Physiological Responses, Yield, And Water-Use Efficiency of Onion Plants in Saline Calcareous Soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63 (9): 1227-1239.
- Smirnoff N, Wheeler GL, 2000. Ascorbic Acid in Plants: Biosynthesis and Function. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19 (4), 267-290.
- Soliman M, Al-Juhani R, Hashash M, Al-Juhani F, 2016. Effect of Seed Priming With Salicylic Acid on Seed Germination and Seedling Growth of Broad Bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Agricultural Technology*, 12 (6):1125-1138.
- Staswick P, Raskin I, Arteca R, 1995. Jasmonates, Salicylic Acid and Brassinosteroids, In: *Plant Hormones*. Eds: Springer, p. 179-213.
- Tuna AL, Kaya C, Dikilitaş M, Yokas İ, Burun B, Altunlu H, 2007. Comparative Effects of Various Salicylic Acid Derivatives on Key Growth Parameters and Some Enzyme Activities in Salinity Stressed Maize (*Zea mays* L.) Plants. *Pakistan Journal of Botany*, 39 (3): 787-798.
- Uyanık M, Kara ŞM, Korkmaz K, 2014. Bazı Kışlık Kolza (*Brassica napus* L.) Çeşitlerinin Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20 (2014):368-375.
- Wu L, Guo X, Harivandi MA, 1998. Allelopathic Effects of Phenolic Acids Detected in Buffalograss (*Buchloe dactyloides*) Clippings on Growth of Annual Bluegrass (*Poa annua*) and Buffalograss Seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 39 (2): 159-167.
- Yadav P, Maya K, Zakwan A, 2011. Seed Priming Mediated Germination Improvement and Tolerance to Subsequent Exposure to Cold And Salt Stress in Capsicum. *Research Journal of Seed Science*, 4 (3): 125-136.
- Zhang S, Gao J, Song J, Zhang SG, Gao JY, Song JZ, 1999. Effects of Salicylic Acid and Aspirin on Wheat Seed Germination under Salt Stress. *Plant Physiology Communications*, 35: 29-32.