

***In Vitro* Koşullarda Halofit Bitkilerden *Salsola soda* ve *Portulaca oleracea*'nın NaCl Stresine Karşı Çimlenme ve Gelişim Durumları**

Sema KARAKAŞ^{1*}, Mehmet Ali ÇULLU¹, Murat DİKİLİTAŞ²

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa¹
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa²
İletişim: skarakas@harran.edu.tr*

Özet

Tohumların çimlenmesinde tuz stresi önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek tuz stresinde tohumların çimlenebilmesi, türün tolerans kabiliyetine bağlıdır. Tuza tolerans gösteren bitkilerin yaşam döngüleri içinde tuza duyarlı oldukları en kritik dönem çimlenme ve fide dönemleridir. Bu çalışmada tuz stresine toleranslı halofit bitkilerden *Salsola soda* ve *Portulaca oleracea*'nın çimlenme aşamasında artan NaCl dozlarına (0-, 50-, 100-, 150-, 200-, 250-, 300-, 350-, 400-, 450-, 500-, 550 ve 600 mM) karşı toleransı belirlenmiştir. Petri kaplarında çimlenen tohumların ikinci hafta sonunda çimlenme yüzdesi, radikul ve hipokotil uzunluğu, yaş ağırlık, çimlenme ve vigor indeksleri artan tuz stresi ile negatif bir ilişki göstermiştir ($P<0.01$). Tuz stresi altındaki tohumların potansiyel çimlenme gücü probit analiz yöntemi ile belirlenmiş, tohum popülasyonunun %50'sini engelleyen tuz konsantrasyonu (IC_{50}); *Salsola soda*'da 454-*Portulaca oleracea*'da 377 mM NaCl olarak bulunmuştur. Her iki bitkide 200 mM NaCl düzeyine kadar, prolin sentezi ve antioksidant enzim (CAT ve POX) aktiviteleri artmıştır. Ancak 250 mM NaCl seviyesinde bu metabolitlerin seviyesinde düşüşler görülmüştür ($P<0.01$). Çimlenmenin engellendiği en üst seviye, *Portulaca oleracea* için 450 mM, *Salsola soda* için ise 500 mM NaCl olarak belirlenmiştir. Stres metabolitlerinin sentezlenebildiği en üst sınırlar ise aynı türler için 400 ve 450 mM olarak bulunmuştur. Bu bitkilerin tuza karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: NaCl, Çimlenme, *S. soda*, *P. oleracea*

Germination and Development of Halophyte Plants of *Salsola soda* and *Portulaca oleracea* Against NaCl Stress in *In Vitro* Conditions

Abstract

Salt stress has an important effect on seed germination. Germination ability depends on the tolerance level of species under high salt concentrations. The most sensitive period to salt stress for the salt tolerant plants is the germination or seedling stage. In this study, performance of salt tolerant halophyte species of *Salsola soda* and *Portulaca oleracea* were determined in germination period against increasing NaCl levels (0-, 50-, 100-, 150-, 200-, 250-, 300-, 350-, 400-, 450-, 500-, 550 ve 600 mM). Germination percentage, radicle and hypocotyl lengths, fresh weight, and vigor index values of seeds after two weeks in Petri plates showed negative correlation with the increase of salt stress ($P<0.01$). Potential germination power of seeds under salt stress was determined with the probit analysis method, the inhibition of germination of 50% of seeds (IC_{50}) were 454 mM for *Salsola soda* and 377 mM for *Portulaca oleracea*. Proline synthesis, antioxidant enzyme (CAT and POX) activities increased up to 200 mM NaCl concentration in both plant species. However, above 250 mM of NaCl salinity, the levels of these metabolites decreased ($P < 0.01$). The highest limiting concentrations of NaCl were found as 450 mM for *P. oleracea* and 500 mM for *S. soda*. The highest limiting concentrations of NaCl for the synthesis of stress metabolites were 400- and 450 mM NaCl for the above species, respectively. The physiological and biochemical responses of these species were revealed.

Keywords: NaCl, Germination, *S. soda*, *P. oleracea*, Salinity

Giriş

Tohum çimlenmesi bitkilerin yaşam döngüsünde en önemli aşamadır. Uygun koşulların bulunması durumunda tohum embriyosundan normal bir bitki oluşturma yeteneğine sahip bir taslağın, tohum kabuğunu delerek ortaya çıkması olayıdır (Kacar, 1996). Çimlenme, hücre bölünmesi ve uzamasının başlaması ve radikulun çıkması ile başlamaktadır (Toole ve ark., 1956). Çimlenmede, şişme, enzim aktivasyonu, tohum kabuğunun kırılması ve fide çıkışı olayları birbirini takip eden aşamalardır (Kigel ve ark., 1995). Tohumların çimlenmesinde tuz stresi önemli bir etkiye sahiptir (Otsamo ve ark., 1996). Çimlenme aşamasındaki tuz stresi osmotik dengede veya iyonik dengede veya her ikisine birden olumsuz etkide bulunur (Zivcovic, 2007). Oksidatif stresi tetikleyerek dokularda reaktif oksijen türlerinin (H_2O_2 , O_2 , O^- , OH^-) oluşumuna neden olarak membran geçirgenliğinin artışında önemli rolü olan tuz stresi, bu aşamada çözünebilir madde miktarı (proteinler, şeker, amino asit ve renk maddeleri) hücre dışına kaybedildiğinden, çimlenmenin hızı ve gücü yavaşlamakta, dolayısı ile çimlenme süresi uzamaktadır (Khan ve Panda, 2008). Bitkiler reaktif oksijen türlerinin (ROS) yıkıcı etkilerini engellemek için hücrede çeşitli biokimyasal tepki ve savunma mekanizmaları geliştirirler (Sharma, 2012, Turan, 2013). Bu savunma hem enzimatik hem de enzimatik olmayan mekanizmaları kapsamaktadır. Koruyucu mekanizmalar bu zararlı reaksiyonların etkilerini en aza indirebilecek şekilde çalışırlar (Sharma, 2012; Dikilitaş ve Karakaş, 2010). Yüksek tuz konsantrasyonuna sahip alanlarda tohumların çimlenme göstermesi onun tolerans kabiliyetine bağlıdır (Khan ve Rızvi, 1994). Bitkinin tuza tolerans kabiliyeti

gelişim aşamalarına göre farklılık gösterir (Khan 2002). Bitkilerin tuz stresine olan toleransı çimlenme ve fide gelişim dönemlerinde ortaya çıkar (Ungar 1996). Halofitlerin yaşam döngüleri içerisinde tuza duyarlı oldukları en kritik dönem çimlenme ve fide dönemleridir (Khan ve Sheith 1996). Birçok halofit için optimum çimlenme tuzsuz şartlarda olduğu bildirilmiş olmasına rağmen, belli düzeydeki tuz konsantrasyonu çimlenme için önemli sayılmıştır (Subbarao ve ark., 2003). Halofit bitkiler genellikle tuz stresinden etkilenmeden çimlenme ve gelişmelerine devam edebime özelliklerine sahiptirler (Hardegree ve Emmerich, 1990). Bazı halofit tohumları yüksek tuza stresinde bile iyi bir çimlenme sergilemişlerdir (Keiffer ve Ungar, 1995; Khan ve Ungar, 1997). Halofit bir bitki olan *S. soda* yaygın olarak tuz bitkisi olarak bilinir. Tek yıllık bir bitki olup sukkulent bir yapıya sahiptir. Tuza toleranslı olması nedeniyle genellikle kıyı bölgelerinde ve tuzlu sularda yetişir (Integrated Taxonomic Information Service, 2007). Yaygın olarak semizotu olarak bilinen *P. oleracea* bitkisi kurak ve tuzlu topraklarda kolayca yetişebilmesi nedeniyle halofit grubunda listelenmektedir (Aronson, 1989). Tek yıllık olup sukkulent bir yapıya sahip olan *P. oleracea* Dünyada geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir (Zhou ve ark., 2015). *S. soda* ve *P. oleracea* bitkileri tuzlu toprakların iyileştirilmesinde kültür bitkileri ile aynı ortamda arkadaş bitki kapsamında toprakların bitkisel yolla ıslahı çalışmalarında yetiştirilmesi bu bitkilerin önemini oldukça artırmıştır (Colla, 2006., Karakaş, 2013). Bu çalışmada farklı NaCl stresinin *S. soda* ve *P. oleracea* halofit bitki tohumlarının çimlenmeleri üzerine etkileri araştırılmış. Tuza oldukça toleranslı olan bu bitkilerin, çimlenme aşamasında hangi seviyedeki NaCl dozunun çimlenmeyi engellediği, fizyolojik ve

metabolit yünden nasıl bir değişime uğrattığı araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Tohumların çimlenmesi

Salsola soda (tuz otu) ve *Portulaca oleracea* (semiz otu) halafit tohumları *in vitro* koşullarda, Petri kabında farklı tuz stresine karşı (0-, 50-, 100-, 150-, 200-, 250-, 300-, 350-, 400-, 450-, 500-, 550 ve 600 mM) çimlendirilmiştir. Bitki tohumları *S. soda* (www.seedsofitaly.com), *P. Oleracea* (www.fentotohumculuk.com)'dan temin edilmiştir. Çalışmada Petri kabı içine su absorbe eden filtre kağıdı yerleştirildikten sonra 20 adet tohum bırakılmıştır. Tohumlar 5 ml lik ilgili tuz solusyonu ile doyurularak, kaplar su kaybının engellenmesi için Parafilm ile sarılmış ve çimlenme periyodu boyunca iki hafta süre ile inkübatör ortamında (24±1 °C) izlenmiştir. İkinci hafta sonunda ise çimlenen tohumların radikul ve hipokotil uzunluğu (cm), yaş ağırlığı (g) ve çimlenme yüzdesi ve çimlenme indeksi belirlenmiştir.

Çimlenme oranı Pujol ve ark. (2000)'na göre, vigor indeksi ve çimlenme indeksi Hu ve ark. (2005)'na göre hesaplanmıştır. Çimlenme yüzdesi, vigor indeks ve çimlenme indeksi aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$\text{Çimlenme oranı (\%)} = \left[\frac{\text{Çimlenen tohum sayısı}}{\text{toplam tohum sayısı}} \right] \times 100$

$\text{Vigor indeksi} = \left[\frac{\text{Çimlenme yüzdesi} \times (\text{radikul uzunluğu} + \text{hipokotil uzunluğu})}{100} \right]$

$\text{Çimlenme indeksi} = \frac{\sum(t \text{ gününde çimlenen tohum sayısı})}{\text{ilgili } t \text{ günü}}$

Artan tuz konsantrasyonuna en toleranslı bitkiyi belirlemek için tohum popülasyonunun %50'sini engelleyen tuz

konsantrasyon değerleri (IC₅₀) probit analiz yöntemine göre belirlenmiştir (Carlson ve ark., 1983). Probit analiz yöntemi doğrusal ilişki (linear) göstermeyen değişkenler arasındaki regresyonu belirleyen bir yöntemdir. Bu yöntem ile artan tuz konsantrasyonuna karşı, doğrusal olarak azalma göstermeyen yani binominal parabol şeklinde azalma gösteren *S. soda* ve *P. oleracea* tohumlarının %50'sinin engellendiği tuz konsantrasyonu (IC₅₀) değerleri hesaplanmıştır. IC₅₀ değerleri quadratik analiz yöntemi ile hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Statplus 2009 Professional software programı ile de karşılaştırılmıştır. Buna göre IC₅₀ değerleri aşağıdaki formülleri ile hesaplanmıştır.

$Y = ax + b$ Tipik bir linear regresyon formülü.

$Y = ax^2 + bx + c$ Tipik bir quadratik analiz formülü.

$$IC_{50} = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4a(c - 50)}}{2a}$$

$$\text{Standart Hata (IC}_{50}) = \frac{SE\left(\frac{y}{IC_{50}}\right)}{(b + 2aIC_{50})}$$

Biyokimyasal analizler

Prolin analizi: Bates ve ark. (1973) yöntemine göre yapılmıştır. Renk maddesi olarak acid-ninhydrin karışımı kullanılmıştır. Taze bitki materyali % 3'lük 4 ml sulfosalisilik asit içinde homojenize edilmiştir. Ekstrakt daha sonra filtre kağıdından geçirilerek elde edilen 2 ml'lik karışım, 2 ml'lik asit-ninhidrin çözeltisi ile karıştırılarak 100 °C de 1 saat kaynatılmış ve reaksiyon buz içinde

sonlandırılmıştır. Reaksiyon karışımına 5 ml toluen ilave edilerek vortex ile 30 saniye karıştırılmış, iki faz oluşması için bir süre bekletilmiştir. Üst faz mikropipet yardımı ile alınarak absorbans değerleri UV-visible spektrofotometrede (UV 1700, Shimadzu) 515 nm'de saf toluen kontrolüne karşı okunmuştur. Sonuçlar $\mu\text{mol g}^{-1}$ taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

Peroksidaz enzim analizi (POX, E.C.1.11.1.7)

Cvikrová ve ark. (1994)'e göre yapılmıştır. Taze bitki materyali 5 ml 50 mM Na-fosfat tampon çözeltisi içinde homojenize edildikten sonra, 100 μl ekstrakt, 3 ml reaksiyon karışımına (13 mM guaiacol, 5 mM H_2O_2 ve 50 mM Na-fosfat, pH 6.5) eklenmiştir. Reaksiyon H_2O_2 ilavesi ile başlatılmış, 25 °C de 2 dakika ara ile 4. dakikaya kadar 470 nm'de UV-visible spektrofotometre (UV 1700, Shimadzu) ile okunmuştur. Guaiacol'un oksidasyonu sonucunda oluşan artan absorbans değerleri peroksidaz için spesifik bulunan enzim tüketme katsayısı ($26.2 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) hesaba katılarak sonuçlar ünite mg^{-1} protein olarak ifade edilmiştir.

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

Aebi (1984)'e göre yapılmıştır. Katalaz enzimi H_2O_2 tüketiminin 240 nm'de UV spektrofotometre (UV-1700, Shimadzu) ile ölçülmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon karışımı, öncelikle 0.1 ml enzim ekstraktı ve 2.8 ml 4 mM Na_2EDTA içeren 50 mM Na-fosfat tampon çözeltisi (pH 7.4)'nden oluşmuş ve 0.1 ml 20 mM H_2O_2 ilave edilmesi ile reaksiyon başlatılmıştır. H_2O_2 kullanılmayan karışım kontrol olarak kullanılmıştır. Üç dakika boyunca 1 er dakika ara ile ölçülen absorbans değerleri kaydedilmiş ve sonuçlar enzim

tüketim katsayısı ($39.4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) yardımı ile hesaplanarak ünite mg^{-1} protein olarak ifade edilmiştir.

İstatistiksel analiz

Veriler aritmetik ortalama \pm standart hata olarak ifade edilmiştir. Gruplar arası karşılaştırma SPSS programı (Version 11.0) kullanarak tek yönlü varyans analiz yöntemi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanarak analiz edilmiştir. P değerinin 0.01 den küçük olduğu durumlar istatistik olarak önemli kabul edilmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Artan tuz konsantrasyonuna en toleranslı bitkiyi belirlemek için tohum populasyonunun %50'sini engelleyen tuz konsantrasyon değerleri (IC_{50}) probit analizi yapılarak belirlenmiştir. *S. soda*'nın IC_{50} değeri 454 ve *P. oleracea*'nın IC_{50} değeri 377 bulunmuştur. Buna göre; *S. sodanın* tuza toleransının *P. oleracea*'dan daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 2).

Prolin içerikleri ve antioksidant enzim aktiviteleri

Çimlenen tohumların prolin içeriği incelendiğinde, artan NaCl konsantrasyonu *S. soda* ve *P. oleracea* bitkilerinde kontrole göre artış kaydedilmiştir. Her iki bitkide de en yüksek prolin içeriği 200 mM tuz konsantrasyonunda görülmüştür. Prolin içeriği 200 mM üstü tuz konsantrasyonu ile düşüş trendi göstermiş, 400 mM ve üstü tuz konsantrasyonunda ise örnek alınamadığından prolin miktarı belirlenememiştir (Şekil 1; $P < 0.01$).

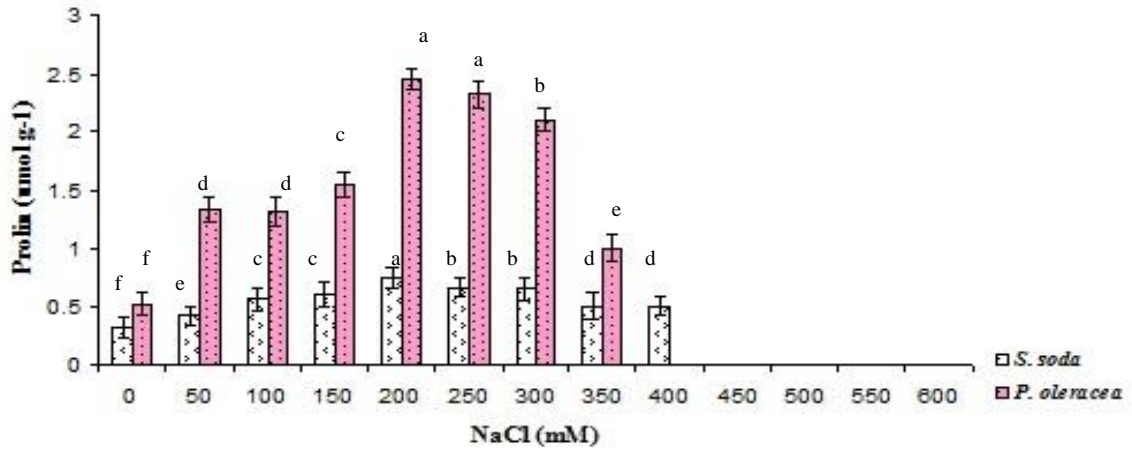
Çizelge 1. *S. soda* ve *P. oleracea*'nın farklı NaCl konsantrasyonlarında çimlenme aşamasında gösterdikleri fizyolojik gelişim durumları.

Halofit türü	NaCl (mM)	Çimlenme Oranı (%)	Radikul uzunluk (cm)	Hipokotil uzunluk (cm)	Yaş ağırlık (g)	Vigor indeksi	Çimlenme indeksi
<i>S. soda</i>	0	98.3±1.7a	4.0±0.1c	5.1±0.3a	0.7±0.0a	889±43b	41.3±0.4ab
	50	96.7±1.7a	6.0±0.3a	4.5±0.1ab	0.6±0.0ab	1011±11a	39.9±0.2b
	100	98.3±1.7a	5.1±0.1ab	4.8±0.2a	0.6±0.0ab	964 ±35a	41.9±0.3ab
	150	100.0±0.0a	3.0±0.1d	4.4±0.1ab	0.6±0.0bc	740±18c	42.1±1.7ab
	200	100.0±0.0a	1.6±0.1e	3.9±0.2bc	0.6±0.0bc	544±5.6d	40.0±0.6bc
	250	98.3±1.7a	1.4±0.0e	3.4±0.4bd	0.5±0.0cd	478±45d	37.8±0.9c
	300	98.3±1.7a	1.1±0.0f	3.7±0.3bc	0.5±0.0d	472±35d	35.00±1.5d
	350	73.3±1.7b	0.8±0.0g	2.7±0.3ef	0.4±0.0e	257±31e	22.7±0.7e
	400	53.3±1.7c	0.2±0.0h	3.4±0.3de	0.3±0.0f	187±22e	16.5±0.4f
	450	30.0±0.0d	0.2±0.0h	2.5±0.4f	0.1±0.0h	79±12f	10.4±1.3h
	500	6.7±1.7e	0.1±0.0h	2.0±0.0f	0.0±0.0ı	14±3.5f	1.5±0.3ı
	550	0.0±0.0f	0.0±0.00h	0.0±0.0h	0.0±0.0ı	0.0±0.0f	0.0±0.0ı
600	0.0±0.0f	0.0±0.00h	0.0±0.0h	0.0±0.0ı	0.0±0.0f	0.0±0.0ı	
<i>P. oleracea</i>	0	98.3±1.7a	2.2±0.0a	2.3±0.2a	0.3±0.0b	443±0.3a	41.9±0.3a
	50	100.0±0.0a	2.3±0.2a	2.5±0.0a	0.3±0.0a	483±16a	43.3±0.6a
	100	98.3±1.7a	2.2±0.2a	2.3±0.2a	0.3±0.0bc	443±34a	41.4±0.2a
	150	98.3±1.7a	1.0±0.0b	1.4±0.2b	0.2±0.0c	235±20b	42.8±0.6a
	200	96.7±1.7a	0.5±0.0c	1.0±0.0c	0.2±0.0c	145±2.5c	42.3±0.3a
	250	88.3±1.7b	0.3±0.0cd	0.8±0.0c	0.2±0.0c	93±4.3d	37.7±1.2b
	300	78.3±1.7c	0.1±0.0d	0.3±0.0d	0.2±0.0e	30±1.9e	28.2±2.5c
	350	28.3±1.7d	0.1±0.0d	0.1±0.0d	0.1±0.0f	5.7±0.3e	9.6±0.2d
	400	6.7±1.7e	0.1±0.0d	0.1±0.0d	0.1±0.0g	1.2±0.4e	2.1±0.3e
	450	3.3±1.7fg	0.3±0.2d	0.1±0.0d	0.0±0.0h	1.9±1.0e	0.6±0.3e
	500	0.0±0.0g	0.0±0.0e	0.0±0.0d	0.0±0.0h	0.0±0.0f	0.0±0.0e
	550	0.0±0.0g	0.0±0.0e	0.0±0.0d	0.0±0.0h	0.0±0.0f	0.0±0.0e
600	0.0±0.0g	0.0±0.0e	0.0±0.0d	0.0±0.0h	0.0±0.0f	0.0±0.0e	

*Sonnular ortalama (\pm) standart hata olarak verilmiştir, n=3. Aynı sütundaki birbirinden farklı harflerle gösterilen ortalama değerler (P<0.01) önem düzeyinde farklı bulunmuştur.

Çizelge 2. *S. soda* ve *P. oleracea*'nini tohum populasyonununun %50'sini engelleyen tuz konsantrasyon değerleri (IC₅₀)

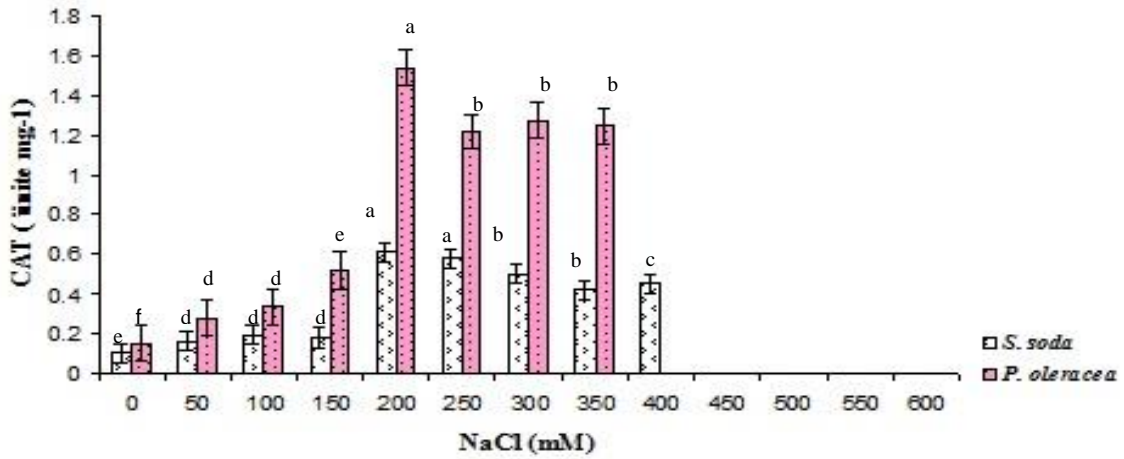
Halofit bitki türleri	IC ₅₀ değerleri
<i>S. soda</i>	454
<i>P. oleracea</i>	377



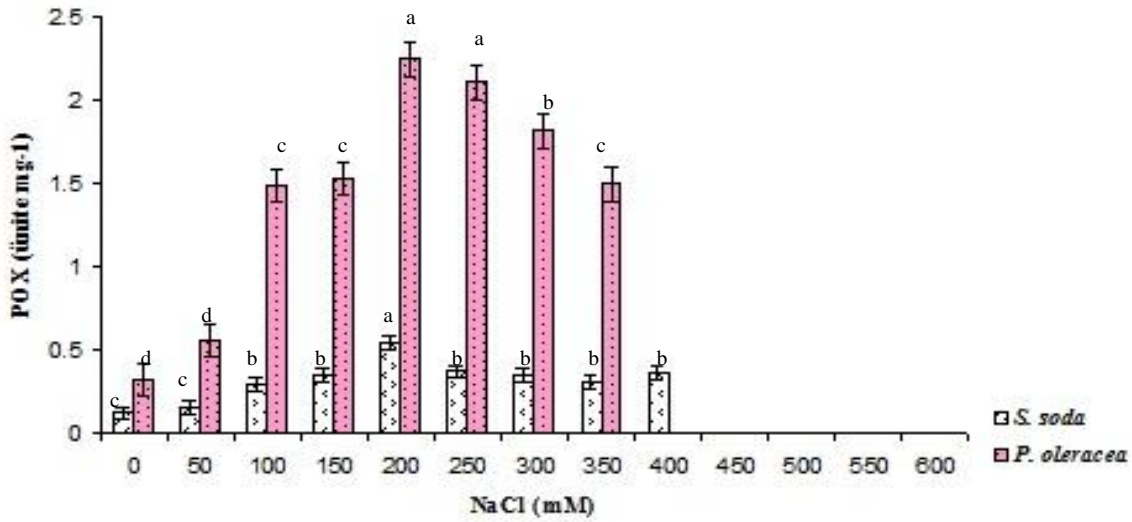
Şekil 1. Artan tuz stresindeki *S. soda* ve *P. oleracea*'nın prolin içeriği

S. soda ve *P. oleracea* çimlenen tohumlarındaki CAT ve POX antioksidant enzim aktiviteleri incelendiğinde, artan NaCl konsantrasyonu ile CAT ve POX aktivitelerinde artış kaydedilmiştir. En yüksek CAT ve POX içeriği 200 mM tuz konsantrasyonunda belirlenmiştir. 200 mM üstü tuz

konsantrasyonunda antioksidant enzim içeriklerinde göreceli olarak azalma belirlenmiş, 400 mM ve üstü tuz konsantrasyonunda ise örnek alınamadığından CAT ve POX içeriği belirlenememiştir (Şekil 2, Şekil 3; $P < 0.01$).



Şekil 2. Artan tuz stresindeki *S. soda* ve *P. oleracea*'nın katalaz (CAT) içeriği



Şekil 3. Artan tuz stresindeki *S. soda* ve *P. oleracea*'nın peroksidaz (POX) içeriği

Sonuçlar

Bu çalışmada artan tuz stresinin *S. soda* ve *P. oleracea* bitki tohumlarının çimlenme ve gelişim durumları üzerine olan etkileri fizyolojik ve metabolik yönden incelenmiştir. Buna göre her iki bitkide de tuz stresine olan toleransın 200 mM NaCl seviyesinden sonra zayıfladığı yapılan fizyolojik ve metabolik ölçümler ile tespit edilmiştir. 200 mM konsantrasyonu ve daha üst seviyedeki tuz konsantrasyonu tohumlarda çimlenme oranını düşürmüştür, radikul ve hipokotil gelişiminde azalmalara neden olmuştur. Bitkiler stres koşullarında ortaya çıkan Serbest oksijen türlerinin etkisinden korunmak için bir takım antioksidantlar (CAT, POX, APX ve GR) geliştirmişlerdir. Tuz seviyesindeki artış ile birlikte *S. soda* ve *P. oleracea*'nın prolin, CAT ve POX antioksidan miktarlarında kontrol'e (0 mM tuz seviyesi) kıyasla önemli artış tespit edilmiştir. Ancak artan tuz stresi ile (250 mM ve üstü) prolin miktarı ve CAT ve POX enzim içeriklerinde azalma göstermiştir. Bu durum bu bitkilerin tuza olan toleranslarının bu seviyeden sonra giderek azalmaya başladığının önemli bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

Ekler

Bu çalışmanın bir bölümü sorumlu yazarın doktora tezinden alınmıştır. Çalışmada elde edilen biyokimyasal veriler bu çalışmanın devamı niteliğinde olup Dr. Murat Dikilitaş ile yapılan ortak laboratuvar çalışmasından elde edilmiştir.

Kaynaklar

- Aebi, H.,1984. Catalase in Vitro. Method enzym 105: 121-126.
- Aranson, J.A., 1989. Haloph: A database of salt tolerant plants of the world. office of arid land studies, university of Arizona.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
- Cvikrová, M., Hrubcova, M., Vagner, M., Machackova, I., Eder, J., 1994. Phenolic acids and peroxidase activity in Alfalfa (*Medicago Sativa*) embryogenic cultures after ethephon treatment. Physiol. Plant. 91, 226-233.
- Dikilitaş, M and Karakaş, S., 2010. Salt as

- Potential Environmental Pollutants, Their Types, Effects on Plants, and Approaches for Their Phytoremediation. Plant Adaptation and Phytoremediation (Edited by M. Ashraf, M. Ozturk, M.S.A. Ahmad). Springer Dordrecht, Heidelberg, London, New York, 357-383.
- Hardegree, S.P., Emmerich, W.E. 1990. partitioning of water potential and specific salt effects on seed germination of four grasses. *Ann. Bot.* 66: 587-595.
- Integrated Taxonomic Information Service 2007. *Salsola soda* L. report for taxonomic serial number 504989.
- Kacar, B. 1996. Bitki Fizyolojisi. Ankara üniv., ziraat fak. yayınları, toprak bölümü, no. 1447.
- Karakaş, S. 2013. Farklı tuz seviyelerindeki topraklarda yetiştirilen domatesin gelişimi ve bazı fizyolojik özellikleri ile toprak iyileştirilmesi üzerine arkadaş bitkilerin ekileri. Harran üniversitesi fen bilimleri enstitüsü toprak bilimi ve bitki besleme ana bilim dalı, doktora tezi.
- Keiffer, C.W., Ungar I.A. 1995. Germination responses of halophyte seeds exposed to prolonged hyper-saline conditions. In: Khan, M.A and Ungar I.A. (eds.) *Biology of salt tolerant plants*: 43-50. Dep. Bot. Univ. Karachi, Pakistan.
- Khan, M.A., Rizvi, Y., 1994. Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithii*. *Can. J. Bot.*, 72: 475-479.
- Khan, M.A., Seith, K.H. 1996. Effect of different levels of salinity on seed germination and growth of *Capsicum annum*. *Biologia* 22: 15-16.
- Khan, M.A., Ungar, I.A. 1997. Effect of termoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline condotions. *Am. J. Bot.* 84: 279-283.
- Khan, M.A. 2002. Halophyte seed germination: success and pitfalls. In : Hegazi, A.M. (ed.), *International symposium on optimum resorce utilazition in salt effected ecosystem in arid and semi arid regions*: 346-358.
- Khan, M.H., Panda, S.K., 2008. Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. *Acta Physiol Plant* 30: 81-89.
- Kingel J., Galili G., 1995. Seed development and germination, Marcel Dekker, New York.
- Otsamo R., Adjers G., Kuusipalo J., Otsamo A., Susilo N., Tuomella K., 1996. Effect of nursery practices on seed germination of selected dipterocarp species, *J. Trop. For. Sci.*, 9 (1): 23-34.
- Subbaraoa, G.V., Itoa, O., Berryb, W.L., Wheele, R.M. 2003. Sodium a functional plant nutrient. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22: 391-416.
- Sharma, P., Jha, A.B., Dubey, R.S., Pessaraki, M. 2012. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions," *Journal of Botany*, vol. 2012, Article ID 217037, 26 p.
- Toole E.H., Hendricks S.B., 1996. Physiology of seed germination, *Ann. Rev. Plant Physiol.* 7: 299-324.
- Turan S., Tripathy, B.C. 2013. Salt and genotype impact on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in two rice cultivars during de-etiolation," *Protoplasma*, vol. 250, no. 1, pp. 209-222.

- Ungar, I.A. 1996. Effect of salinity on seed germination, growth and ion accumulation of *Atriplex partula* (*Chenopodiaceae*). *Am. J. Bot.* 83: 604-607.
- Zivkovic, S., Devic, M., Filipović, B., Giba, Z., Grubisic, D. 2007. Effect of NaCl on seed germination in some *Centaurium* Hill. species (*Gentianaceae*). *Arch. Biol. Sci.* 59 (3): 227-231.
- Zhou, Y.X., Xin, H.L., Rahman, K., Wang, S.J., Peng, C., Zhan, H., 2015. *Portulaca oleracea* L.: A Review of Phytochemistry and Pharmacological Effects. *BioMed Research International*, Article ID 925631, 11p. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/925631>.