

Tuz (NaCl) stresinin bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor*) çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkileri

The effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of some silage sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties

Köksal AYDINŞAKIR¹, Cengiz ERDURMUŞ¹, Dursun BÜYÜKTAŞ², Sadık ÇAKMAKCI³

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

²Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

³Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Antalya

Sorumlu yazar (*Corresponding author*): K. Aydınşakir, e-posta: koksalaydinsakir@yahoo.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 24 Şubat 2011
Düzeltilme tarihi 17 Kasım 2011
Kabul tarihi 25 Kasım 2011

Anahtar Kelimeler:

Sorghum
Tuzluluk
Çimlenme
Fide gelişimi

ÖZ

Bu çalışma, farklı NaCl konsantrasyonlarının (0, 2, 4, 6, 8 ve 10 dS m⁻¹) bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L.) çeşitlerinin (Early Sumac, Leoti, Nes ve Rox) çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Silajlık sorgum tohumları 9 cm çapındaki petrilere her bir petride 10 adet tohum olacak şekilde ekilmişler ve tohumlara 0 (kontrol), 2, 4, 6, 8 ve 10 dS m⁻¹ konsantrasyonlarında NaCl uygulanmıştır. Tohum ekiminden 15 gün sonra çeşitlerin çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu ile kök ve sürgün kuru ağırlığı ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar, çeşitlerin NaCl konsantrasyonlarına farklı tepkiler verdiğini göstermiştir. Tüm çeşitlerde NaCl konsantrasyonları arttıkça çimlenme oranı ve erken fide dönemi özellik değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Çeşitler arasında çimlenme ve fide gelişim döneminde tuz stresine toleransı en yüksek çeşit Early Sumac, tuz stresine en hassas çeşit ise Nes olmuştur.

ARTICLE INFO

Received 24 February 2011
Received in revised form 17 November 2011
Accepted 25 November 2011

Keywords:

Sorghum
Salinity
Germination
Seedling growth

ABSTRACT

This research was carried out to determine the effects of different NaCl concentrations (0, 2, 4, 6, 8 and 10 dS m⁻¹) on the early seedlings growth and germination of some silage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties (Early Sumac, Leoti, Nes and Rox). Seeds of silage sorghum varieties, 10 seeds per dishe were placed in petri dishes having a diameter of 9 cm and treated with different concentrations of NaCl solutions at 0 (control), 2, 4, 6, 8 ve 10 dS m⁻¹. Germination rates, root and shoot lengths, root and shoot dry weights were measured and analyzed 15 days after placing of seeds in the petri dishes. The results showed that germination and early seedling growth characteristics responses of varieties to NaCl salinity significantly varied. In all varieties used in experiment, increasing NaCl concentration resulted in decreasing germination rates and values of early seedling growth characteristics. Early Sumac was found to be the most resistant variety to salt stress, while Nes was the most tolerant variety during germination and early seedling growth periods.

1. Giriş

Tuzluluk, bitkisel üretimde giderek daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Dünyada her yıl 10 milyon hektar arazinin tuzluluk etkisiyle elden çıkması, sorunun ne denli büyük olduğunu daha iyi göz önüne getirmektedir (Kwiatowski 1998). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma; yağış ve su kaynaklarının bol olduğu bölgelerde ise tarımsal sulamaların yanlış yapılması tuzluluk sorununu artırarak, bitki gelişimini ve üretimini azaltmaktadır (Allakhverdiev ve ark. 2000; Koca ve ark. 2007). Dünyada ekilebilir arazilerin sınırlı olduğu ve giderek artan dünya nüfusuna bağlı olarak gerekli besin ihtiyacının katlanarak arttığı

dikkate alınırsa mevcut arazilerin daha verimli kullanılması gerekmektedir.

Dünyada 95 milyon ha, Türkiye’de ise yaklaşık 1,5 milyon ha’lık bir alanda tuzluluk sorununun olduğu bildirilmektedir (Szabolcs 1994; Sönmez 2004). Ülkemizde sulanan alanların 5 milyon ha civarında ve tuzluluk sorununun da genellikle sulanan alanlarda ortaya çıktığı göz önüne alındığında sulanan alanların % 30’unun tuzluluk sorunu ile karşı karşıya olduğu açıkça görülmektedir. Toprakta tuz yoğunluğunun artması bitkilerin çimlenme, büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemektedir. Tuzluluk çalışmalarında, bitkinin gelişme

dönemleri karşılaştırıldığında çimlenme ve fide gelişim dönemleri üzerinde daha fazla durulmakta ve türlerin tuza tepkilerinin belirlenmesinde bu gelişim evreleri daha çok dikkate alınmaktadır (van Hoorn 1991; Ghoulam ve Fares 2001). Yüksek tuz konsantrasyonunda çimlenme döneminde görülen bu olumsuzluğun esas nedeni tohum içerisine su alımının engellenmesidir (Coons ve ark. 1990; Mansour 1994). Ayrıca tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde görülen verim azalışının nedenleri arasında; aşırı miktarda bulunan Na ve Cl gibi iyonların neden olduğu toksik etki ve bitki iyon dengesindeki bozulmalar, bitkinin farklı bölgelerine besin alımı ve taşınmasındaki problemler, fotosentez ve solunum gibi fizyolojik işlevlerin zarar görmesi gösterilmektedir (Levitt 1980; Yeo ve Flowers 1983; Leopold ve Willing 1984).

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.), tuzluluğa orta derecede toleranslı (Maas ve Hoffman 1986) ve tuzluluğun bitkisel üretimde sorun olduğu özellikle yarı kurak ve kurak bölgelere oldukça iyi adapte olabilen C₄ grubu bitkilerindendir (Quinby 1974). Olumsuz çevre koşullarına karşı gösterdiği tolerans nedeniyle dünyada yetiştirilen tahıllar arasında beşinci sırada yer almaktadır (Thakur ve Sharma 2005). Tuzluluk problemiyle karşı karşıya olan tarımsal toprakların ıslahı zor, masraflı ve uzun zaman alması ve tarımsal alanlarda kullanılan sulama suyunun nitelik ve miktarının giderek azalmasından dolayı başarılı bir bitkisel üretim için bu tür alanlarda tuza toleranslı tür ve çeşitlerin kullanılması kaçınılmazdır. Söz konusu koşullarda başarılı bir yetiştiricilik yapabilmek için üretilmek istenen bitki veya bitkilerin tuza toleransını önceden bilmek yetiştiriciye hem zaman hem de ekonomik bakımdan fayda sağlamaktadır. Silajlık sorgum, çoğu gelişmiş ülkelerde silajlık mısırın yerini almaktadır. Biyokütle üretimi yüksek olan bu ürün, aynı koşullarda silaj mısırından daha fazla yeşil ot vermektedir. Silaj yapımında, birim alandan daha fazla sindirilebilir besin maddesi üretmesi, besleme değerinin silaj mısıra yakınlığı ve yeşil otu uygun dönemde hasat etmek koşulu ile herhangi bir katkı maddesine gerek kalmadan silajın yapılması nedeniyle sorgum tercih edilmektedir (Gül ve Başbağ 2005). Giderek artan küresel ısınma ve abiyotik stres koşullarına karşı mısır, soya vb. silajlık tahıl bitkilerine alternatif olabilecek bitkiler arasında yer alan silajlık sorgum çeşitlerinin tuz stresine karşı gösterdikleri tepki ile ilgili ülkemizde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu araştırmada, silajlık olarak üretilen Early Sumac, Leoti, Rox ve Nes sorgum çeşitlerinin çimlenme ve erken fide döneminde bazı büyüme özellikleri üzerine tuz stresi etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2010 yılında Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM)'nin Merkez Laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada, Early Sumac, Leoti, Rox ve Nes silajlık sorgum tohumları bitkisel materyal, NaCl bileşiğinin 0 (kontrol), 2 (17 mMol), 4 (34 mMol), 6 (51 mMol), 8 (68 mMol) ve 10 (85 mMol) dS m⁻¹ konsantrasyonları ise çözelti olarak kullanılmıştır.

Sorgum tohumları, sterilizasyon amacıyla öncelikle % 20'lik hipoklorit sodyum solüsyonunda 20 dakika, ardından % 70'lik etil alkolde 5 saniye bekletildikten sonra 24 saat süreyle saf su içerisinde tutulmuştur. Denemede 9 cm çapındaki petri kapları kullanılmış, kapların tabanına 2 kat Whatman No.1 filtre kağıdı yerleştirilmiş ve her bir petriye 10 adet sorgum tohumu konmuştur.

Çalışmada tuz kaynağı olarak saf NaCl (Sigma ®) bileşiği kullanılmış ve tohum ekimlerinden önce 0 (kontrol-saf su), 2, 4, 6, 8 ve 10 dS m⁻¹ konsantrasyonlarında çözeltileri hazırlanmıştır. 1 Kasım 2010 tarihinde 10'ar adet tohum konmuş olan her bir petri kabına 7,5 ml farklı konsantrasyon içeren çözelti eklenmiş ve petri kenarları su kaybını önlemek amacıyla şeffaf bant ile kaplanmıştır. Tohumlar 24°C ve % 80 nemde 14 saat ışıklı, 21°C sıcaklıkta 10 saat ışiksiz olan çimlendirme kabinine yerleştirilerek 15 gün tutulmuştur. Gözlemler her gün aynı saatte yapılmış ve kök uzunluğu 1 mm'ye ulaşan tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Her petri kabında çimlenen tohumlar oranlama yapılarak yüzdeye çevrilmiştir.

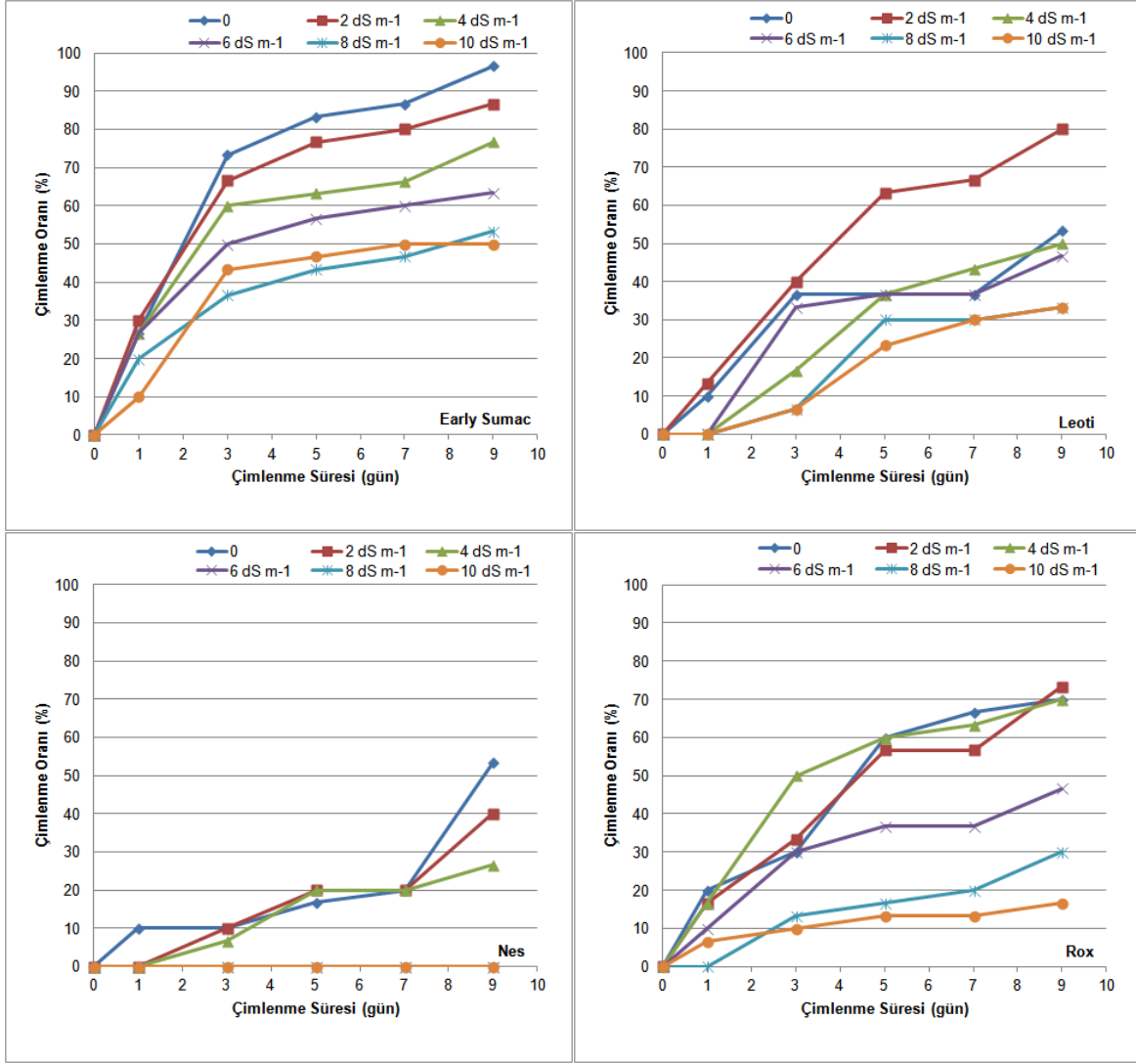
Denemede 72 adet petri kabı kullanılmış, deneme 4 farklı sorgum tohumu ve 6 farklı tuz konsantrasyonundan oluşan 2 faktörlü ve üç yinelemeli tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 10 adet tohum içeren her bir petri kabı bir yineleme olarak değerlendirilmiştir.

Denemede; çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu, kök ve sürgün kuru ağırlığı özellikleri saptanmıştır. Kuru ağırlık değerleri, yaş kök ve sürgünlerin 80°C'lik etüvde 48 saat kurutulduktan sonra tartılmasıyla belirlenmiştir (Bakht ve ark. 2006). Çimlenme oranlarının zamana göre değişimi ile tuz konsantrasyonları arasındaki ilişkiler grafiklerle gösterilmiş, kök uzunluğu, kök kuru ağırlığı, sürgün boyu, sürgün kuru ağırlığına ait verilere varyans analizi uygulanarak ortalamalar % 5 önem düzeyinde Duncan testine göre karşılaştırılmıştır (Gomez ve Gomez 1984).

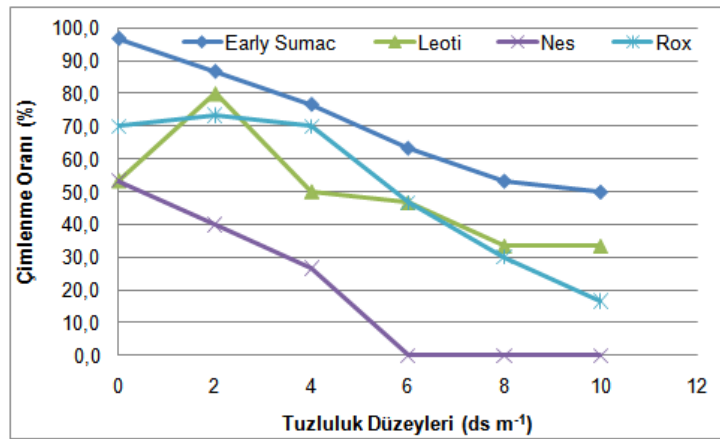
3. Bulgular ve Tartışma

Farklı NaCl konsantrasyonlarında silajlık sorgum çeşitlerinin çimlenme oranlarının zamana göre değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Çeşitlere bağlı olarak tohum ekiminden 3. ve 6. günlerde çimlenme oranları zamana dağılmış olarak artsa da özellikle konsantrasyonlar arasındaki farklar çimlenme süresi sonuna kadar değişiklik göstermiştir. Çimlenmenin sona erdirildiği 9. günün sonunda en yüksek çimlenme oranları Early Sumac ve Nes çeşidinin kontrol uygulamalarından elde edilirken, Leoti ve Rox çeşidinde en yüksek çimlenme oranı 2 dS m⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir. Yüksek NaCl konsantrasyonlarının çimlenme oranlarının zamana göre değişiminde olumsuz etkiye neden olduğu ve yüksek konsantrasyon altında çimlenme oranının azaldığı görülmüştür.

Denemenin 9. günü sonunda çeşitlerin çimlenme oranının tuz konsantrasyonlarına karşı gösterdiği tepkiler Şekil 2'de verilmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarıyla çimlenme oranındaki değişimler incelendiğinde, 0 dS m⁻¹'de en düşük çimlenme oranı % 53,3 ile Nes ve Rox çeşidinden elde edilirken, en yüksek çimlenme oranı % 96,7 ile Early Sumac çeşidinden elde edilmiştir. Genel olarak artan tuz seviyelerine karşın tüm çeşitlerin çimlenme oranı azalırken en fazla düşüş Nes çeşidinde olmuştur. Nes çeşidinde çimlenme oranı 4 dS m⁻¹'den sonra hızla azalmaya başlamış ve 6 dS m⁻¹'den sonraki konsantrasyon uygulamalarında çimlenen tohum tespit edilememiştir. Nes çeşidi hariç diğer çeşitler 4 dS m⁻¹'ye kadar % 50'nin üzerinde bir çimlenme oranına sahip olurken, bu konsantrasyon üzeri uygulamalarda % 50'nin altına düşülmüştür. Bu verilerin ışığında, çimlenme aşamasında tuzluluğa en hassas çeşit olarak Nes, en dayanıklı çeşit olarak Early Sumac çeşidi olduğu görülmektedir. Çimlenme oranının azalmasına yüksek tuz konsantrasyonunun su alımını engellemesi, tuzun toksik etki yapması ve çimlenme sırasında gerekli olan enzimlerin tuz



Şekil 1. Farklı NaCl konsantrasyonlarının silajlık sorgum çeşitlerindeki çimlenme oranı üzerine etkisi.



Şekil 2. Denemenin 9. günü sonunda silajlık sorgum çeşitlerinin çimlenme oranı üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının etkisi.

stresinden dolayı aktif hale gelememesinin neden olduğu bildirilmektedir (Mansour 1994; Essa 2002; Sadeghian ve Yavari 2004). Araştırma sonucunda çimlenme oranı ile elde ettiğimiz değerlerin Malibari ve ark. (1993)'nin yonca, ayçiçeği ve sorgumda; Katerji ve ark. (1994)'nin ayçiçeği ve mısırdaki;

Ashraf ve Tufail (1995) ve Kaya ve Day (2002)'nin ayçiçeğinde; Çakmakçı ve ark. (1997)'nin fiğ ve yem bezelyesinde; Akıncı ve ark. (2004) ve Madidi ve ark. (2004)'nin arpada; Sharma ve ark. (2004)'nin sorgumda; Kara ve Uysal (2010)'nin buğdayda elde ettiği bulgularla uyumluluk göstermektedir.

Farklı tuz konsantrasyonlarının denemede kullanılan sorgum çeşitlerinin kök ve sürgün uzunluğu ve kuru kök ve sürgün ağırlığı üzerine etkilerini saptamak amacıyla yapılan varyans analizi sonucu çeşit, tuz konsantrasyonu ve çeşit x tuz konsantrasyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Farklı tuz konsantrasyonlarının çeşitlerin kök ve sürgün uzunlukları üzerine etkileri Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmiştir. Denemede kullanılan tüm çeşitlerin kök uzunlukları tuz konsantrasyonunun artmasıyla kısalmıştır. 2 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonu Early Sumac çeşidinde kök uzunluğu artışına sebep olurken, diğer çeşitlerde en fazla kök uzunluğu kontrol grubu uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1). Uygulamaların sürgün uzunluğu üzerine etkisinde de benzer sonuçlar elde edilirken 4 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonu Early Sumac ve Leoti çeşidinde sürgün uzunluğunun artışına neden olurken, tuz konsantrasyonlarından en az etkilenen çeşidin ise Leoti ve Rox çeşidi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Tuz uygulamalarının çeşitlerin kök ve sürgün kuru ağırlıkları üzerine etkileri ise Çizelge 4 ve Çizelge 5'de verilmektedir. En yüksek kök kuru ağırlık değeri 7,4 mg ile Early Sumac çeşidinin 2 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonu uygulamasından elde edilirken, bu değeri sırasıyla 6,2, 5,5 ve 5,0 mg ile sırasıyla Leoti, Rox ve Nes çeşidinin kontrol uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 6). Sürgün kuru ağırlık

değerleri kök kuru ağırlık değerlerine benzer bir değişim göstermiştir. Kök ve sürgün kuru ağırlık değerlerinde kontrol uygulamalarına göre ilk önemli azalmalar 4 dS m⁻¹'den sonraki tuz konsantrasyonlarında ortaya çıkmış, diğer tüm özelliklerde olduğu gibi en düşük kök ve sürgün kuru ağırlık değerleri 10 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonunda çimlendirilen fidelerden elde edilmiştir.

Farklı NaCl konsantrasyonlarının silajlık sorgum çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimindeki özellikler üzerine etkilerinin incelendiği araştırma sonucunda, artan farklı tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak tüm çeşitlerin erken fide gelişimindeki özelliklerinin azaldığı tespit edilmiştir. Genel olarak, tuzlu koşullar altında çimlenme ve erken fide gelişimi dönemi bitkilerin toplam yaşam döngüsü içerisinde en kritik dönem olarak bilinmektedir. Bu nedenle, bitkilerin çimlenme ve erken fide aşamasında tuzluluğa gösterdikleri dayanıklılık oldukça önemlidir (Ghoulam ve Fares 2001).

Araştırmada, kullanılan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak sürgün ve kök uzunluğu değerlerinin azaldığı saptanmıştır (Çizelge 2, 3). Fide kök ve sürgün uzunluğunun artan tuz konsantrasyonlarına göre azalmasının nedeninin tuz stresinden dolayı hücre bölünmesi ve uzamasının engellenmesi ve söz konusu tuzların toksik etkisinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Bununla birlikte kök ve gövde uzamasının azalmasına, tuz stresi yüzünden büyümeyi hızlandırıcı

Çizelge 1 Bazı silajlık sorgum çeşitlerinin fide özellikleri üzerine tuzluluğun etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları.

Varyasyon kaynağı	df	Kök uzunluğu (cm)	Sürgün uzunluğu (cm)	Kuru kök ağırlığı (mg)	Kuru sürgün ağırlığı (mg)
Çeşitler (Ç)	3	***	***	***	***
Tuz (T)	5	***	***	***	***
Ç x T	15	***	***	***	***
Hata (Ç x T)	24				

***: % 0,1 düzeyinde önemli.

Çizelge 2. Farklı tuz konsantrasyonlarının çeşitlerin kök uzunlukları (cm) üzerine etkisi.

Çeşitler	Tuz Konsantrasyonları (dS m ⁻¹)						Çeşit Ortalaması
	0	2	4	6	8	10	
Early Sumac	9,23 bc	11,20 a	9,46 b	7,56 de	6,43 e	3,73 fg	7,93 A ^y
Leoti	9,36 b	8,83 bc	9,33 b	4,63 f	3,36 gh	2,46 h	6,33 B
Nes	8,83 bc	6,73 e	4,4 fg	0,0 ı	0,0 ı	0,0 ı	3,32 C
Rox	9,31 b	8,30 bd	8,10 cd	6,56 e	4,66 f	2,56 h	6,58 B
Konsantrasyon Ortalaması	9,18 A	8,76 AB	7,82 B	4,69 C	3,67 D	2,19 E	

Önemlilik:

Çeşit (Ç): ***^z

Tuz (T): ***

ÇxT: ***

^z: % 0,1 düzeyinde önemli.

^y: Aynı grup içerisinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testine göre P≤0,05 düzeyinde önemsizdir.

Çizelge 3. Farklı tuz konsantrasyonlarının çeşitlerin sürgün uzunlukları (cm) üzerine etkisi.

Çeşitler	Tuz Konsantrasyonları (dS m ⁻¹)						Çeşit Ortalaması
	0	2	4	6	8	10	
Early Sumac	4,2 hı	5,0 g	5,1 g	4,0 hj	3,5 jk	3,2 kl	4,2 B ^y
Leoti	7,8 d	9,1 ac	9,6 a	7,1 e	4,5 gı	3,8 ik	7,0 A
Nes	8,7 c	6,9 e	4,6 gh	0,0 m	0,0 m	0,0 m	3,4 C
Rox	9,5 ab	8,7 c	8,8 bc	6,1 f	4,1 hj	2,8 l	6,6 A
Konsantrasyon Ortalaması	7,6 A	7,4 A	7,0 A	4,3 B	3,0 C	2,5 C	

Önemlilik:

Çeşit (Ç): ***^z

Tuz (T): ***

ÇxT: ***

^z: % 0,1 düzeyinde önemli.

^y: Aynı grup içerisinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testine göre P≤0,05 düzeyinde önemsizdir.

Çizelge 4. Farklı tuz konsantrasyonlarının çeşitlerin kuru kök ağırlığı (mg) üzerine etkisi.

Çeşitler	Tuz Konsantrasyonları (dS m ⁻¹)						Çeşit Ortalaması
	0	2	4	6	8	10	
Early Sumac	6,2 b	7,4 a	6,0 b	5,7 bc	4,8 dg	4,1 fg	5,7 A ^y
Leoti	6,2 b	5,8 bc	5,8 bc	5,4 be	4,7 dg	3,9 g	5,3 A
Nes	5,0 cf	4,5 eg	4,2 fg	0,0 h	0,0 h	0,0 h	2,3 B
Rox	5,5 bd	5,3 be	5,0 cf	4,8 cg	4,3 fg	3,9 g	4,8 A
Konsantrasyon Ortalaması	5,7 A	5,8 A	5,3 A	4,0 B	3,5 BC	3,0 C	

Önemlilik:

Çeşit (Ç): ***z

Tuz (T): ***

ÇxT: ***

z: % 0,1 düzeyinde önemli.

y: Aynı grup içerisinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testine göre P≤0,05 düzeyinde önemsizdir.

Çizelge 5 Farklı tuz konsantrasyonlarının çeşitlerin kuru sürgün ağırlığı (mg) üzerine etkisi.

Çeşitler	Tuz Konsantrasyonları (dS m ⁻¹)						Çeşit Ortalaması
	0	2	4	6	8	10	
Early Sumac	6,4 ab	6,9 a	6,0 bd	5,5 cf	5,4 cg	4,3 h	5,8 A ^y
Leoti	6,4 ab	6,3 ab	6,3 ab	5,3 dg	5,3 dg	4,8 fh	5,8 A
Nes	5,5 cg	4,9 fh	4,3 h	0,0 i	0,0 i	0,0 i	2,5 B
Rox	6,1 bc	6,4 ab	5,7 be	5,2 eg	4,7 gh	4,3 h	5,4 A
Konsantrasyon Ortalaması	6,1 A	6,2 A	5,6 A	4,0 B	3,9 B	3,4 B	

Önemlilik:

Çeşit (Ç): ***z

Tuz (T): ***

ÇxT: ***

z: % 0,1 düzeyinde önemli.

y: Aynı grup içerisinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testine göre P≤0,05 düzeyinde önemsizdir.

hormonların içsel miktarının azalması ve büyümeyi engelleyici hormonların seviyesinin yükselmesi neden olabilmektedir (Mizrahi ve ark. 1971; van Horn 1991; Taiz ve Zeiger 1998; Delgado ve Sanchez-Raya 2007).

Kuru kök-sürgün ağırlıkları ile tuz konsantrasyonları arasındaki ilişki incelendiğinde, diğer erken fide dönemi parametrelerinde olduğu gibi her bir farklı tuz konsantrasyonu artışıyla söz konusu değerlerin azaldığı görülmektedir. Tuz yoğunluğundaki artış kök gelişimini geciktirmiş, uzamasını azaltmıştır. Tuzlu ortamlarda artan konsantrasyonlara bağlı olarak kök ve sürgün kuru ağırlık içeriğinin azaldığını gösteren sonuçlar, ortamın yüksek ozmotik basıncından dolayı köklerin yeterince su alamamasıyla açıklanabilir (Warner ve Finkelstein 1995; Bohnert ve ark. 1995; Al-Karaki 2001). Araştırmada tuzun konsantrasyon artışına bağlı olarak erken fide dönemi özellikleri (kök ve sürgün uzunluğu, kök ve sürgün kuru ağırlığı) değerlerinde meydana gelen azalmalar Reinhardt ve Rost (1995)'un pamukta; Saboor ve Kiarostami (2006)'nın buğdayda; Jamil ve Rha (2007)'nin pirinçte; Bakht ve ark. (2006), Almodares ve ark. (2007) ve Nawaz ve ark. (2010)'nin sorgumda elde ettiği değerlerle benzerlik göstermektedir.

4. Sonuç

Araştırmada, dört farklı silajlık sorgum çeşidinin 6 farklı tuz konsantrasyonu altında çeşitlere göre değişimle beraber çimlenme ve erken fide gelişimi parametrelerinin tümü üzerinde tuz stresinin önemli bir değişikliğe neden olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi arttıkça çimlenme oranı ve bazı fide özellikleri ile ilgili değerlerde belirgin bir azalma olduğu saptanan çalışmada en düşük çimlenme oranı 10 dS m⁻¹ tuz içeren ortamda meydana gelirken, en yüksek çimlenme oranı Rox çeşidinde 2 dS m⁻¹ uygulamasından, Early Sumac, Nes ve Leoti çeşitlerinde ise kontrol uygulamasında gerçekleşmiştir.

Araştırmada incelenen çeşitlerin tuz stresine karşı erken fide dönemi özellikleri bakımından tepkilerinin farklı olduğu

saptanmıştır. Kök uzunluğu bakımından sırasıyla Early Sumac, Rox, Leoti, Nes; sürgün uzunlukları bakımından Leoti, Rox, Early Sumac, Nes; kuru kök ve sürgün ağırlığı bakımından Early Sumac, Leoti, Rox ve Nes şeklinde çeşitlerin sıralandığı belirlenmiştir.

Bütün bu verilerin ışığında, tuzlu toprak ve tuzlu sulama suyuna sahip alanlarda yapılacak sorgum yetiştiriciliğinde çeşitlerden elde edilen sonuçlara göre tuzluluğa hassas çeşitlerden sakınmak, Early Sumac gibi çimlenme ve erken fide döneminde tuzluluğa dayanıklı çeşitlerin öncelikle seçilmesi verim ve kalite açısından daha yararlı olacaktır. Ancak, kontrollü koşullar altında elde edilen araştırma sonuçlarının, küresel ısınma ve çevre kirliliğine bağlı olarak dünyada ve ülkemizde hızla artan tuzlu toprak ve tuzlu sulama suyuna sahip alanlarda söz konusu çeşitlerin ekilerek tarla koşulları altında elde edilecek sonuçlarla desteklenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, sorgum ıslahında tuzluluğa dayanıklı çeşit çalışmalarında ıslahçıların dayanıklı materyal olan Early Sumac ve Leoti çeşitlerini ıslah programlarına almaları daha doğru olacaktır.

Kaynaklar

- Akinci IE, Akinci S, Yılmaz K, Dikici H (2004) Response of eggplant varieties (*Solanum melongena*) to salinity in germination and seedling stages. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 32:193-200.
- Al-Karaki GN (2001) Germination, sodium, and potassium concentrations of barley seeds as influenced by salinity. *Journal of Plant Nutrition* 24: 511-512.
- Allakhverdiev SI, Sakamoto A, Nishiyama Y, Inaba M, Murata N (2000). Ionic and osmotic effects of NaCl induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiology* 123: 1047-1056.
- Almodares A, Hadi MR, Dosti B (2007) Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars. *Journal of Biological Sciences* 7:1492-1495.

- Ashraf M, Tufail M (1995) Variation in salinity tolerance in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 175: 351-362.
- Bakht J, Basir A, Shafi M, Khan MJ (2006) Effect of various levels of salinity on sorghum at early seedling stage in solution culture. Sarhad Journal of Agriculture 22: 17-21.
- Bohnert HJ, Nelson DE, Jensen RG (1995) Adaptations to environmental stresses. Plant Cell 7: 1099-1111.
- Çakmakçı S, Çeçen S, Aydınoğlu, B (1997) Farklı tuz ortamlarında bazı baklagil yem bitkilerinin çimlenme ve gelişme durumları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 10:169-180.
- Coons JM, Kuehl RO, Simons NR (1990) Tolerance of ten lettuce cultivars to high temperature combined with NaCl during germination. Journal of American Society for Horticultural Science 115: 1004-1007.
- Delgado IC, Sanchez-Raya AJ (2007) Effects of sodium chloride and mineral nutrients on initial stages of development of sunflower life. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38: 2013-2027.
- Essa TA (2002) Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science 188: 86-93.
- Ghoulam C, Fares K (2001) Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Seed Science Technology 29: 357-364.
- Gomez KA, Gomez AA (1984) Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Gül İ, Başbağ, M (2005) Diyarbakır koşullarında silaj sorgum çeşitlerinde verim ve bazı tarımsal karakterlerin belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 9: 15-21.
- Hsiao TC (1973). Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology 24: 519-570.
- Jamil M, Rha ES (2007) Response of transgenic rice at germination and early seedling growth under salt stress. Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 4303-4306.
- Kara B, Uysal N (2010) Effect of different salinity (NaCl) concentrations on the first development stages of root and shoot organs of wheat. Anadolu Journal of Agriculture Science 25: 37-43.
- Katerji N, van Hoorn JW, Hamdy A, Karam F, Mastrotrilli M (1994) Effect of salinity on emergence and on water stress and early seedling growth of sunflower and maize. Agricultural Water Management 26: 81-91.
- Kaya MD, Day S (2008) Relationship between seed size and NaCl on germination, seed vigor and early seedling growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.). African Journal of Agricultural Research 3: 787-791.
- Koca M, Bor M, Ozdemir F, Turkan I (2007). The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environmental Experimental Botany 60: 344-351.
- Kwiatowsky J (1998) Salinity classification, mapping and management in Alberta. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/sag3267](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/sag3267). Accessed 15 October 2010.
- Leopold A, Willing RP (1984) Evidence of toxicity effects of salt on membranes. In: Staples RC, Toenniessen GH (Eds), Salinity Tolerance in Plants. John Wiley and Sons, New York, pp. 67-76.
- Levitt J (1980) Responses of Plants to Environmental Stresses. 2nd Edition, Academic Press, New York.
- Maas EV, Hoffman GJ (1977) Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation Drainage Division, American Society Civil Engineering 103:115-134.
- Madidi SE, Baroudi BE, Ameer FB (2004) Effects of salinity on germination and early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. International Journal of Agriculture Biology 6: 767-770.
- Malibari AA, Zidan MA, Heikal MM, El Shamary S (1993) Effect of salinity on germination and growth of alfalfa, sunflower and sorghum. Pakistan Journal of Botany 25: 156-160.
- Mansour MMF (1994) Changes in growth, osmotic potential and cell permeability of wheat cultivars under salt stress. Biologica Plantarum 36: 429-434.
- Marambe B, Ando T (1995) Physiological basis of salinity tolerance of sorghum seeds during germination. Journal of Agronomy and Crop Science 174: 291-296.
- Mizrahi Y, Blumofeld A, Bittner S, Richmond AE (1971) Abscisic acid and cytokinin content of leaves in relation to salinity and relative humidity. Plant Physiology 48: 752-755.
- Nawaz K, Talat A, Hussain K, Majeed A (2010) Induction of salt tolerance in two cultivars of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) by exogenous application of proline at seedling stage. World Applied Sciences Journal 10: 93-99.
- Quinby JR (1974). Sorghum Improvement and The Genetics of Growth. Texas A&M University Press, Texas.
- Saboora A, Kiarostami K (2006) Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth. Pakistan Journal of Biological Science 9: 2009-2021.
- Sadeghian SY, Yavari N (2004) Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 138-144.
- Sharma AD, Thakur M, Rana M, Singh K (2004) Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphatase activities in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. African Journal of Biotechnology 3: 308-312.
- Sönmez B (2004) Türkiye Çoraklık Kontrol Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Yayın No:33, Ankara.
- Szabolcs I (1994) Prospects of Soil Salinity for the 21st Century. 15th International Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico.
- Taiz L, Zeiger E (1998) Plant Physiology. 2nd Edition. Sinauer Associates Inc. Publisher, Sunderland, Massachusetts.
- Thakur M, Sharma AD (2005) Salt stress and phytohormone (ABA)-induced changes in germination, sugars and enzymes of carbohydrate metabolism in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. seeds. Journal of Agriculture and Social Science 1: 89-93.
- van Hoorn JW (1991) Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. Agricultural Water Management 20: 17-28.
- Werner JE, Finkelstein RR (1995) Arabidopsis mutants with reduced response to NaCl and osmotic stress. Physiologia Plantarum 93: 659-666.
- Yeo AR, Flowers TJ (1983) Varietal difference in the toxicity of sodium ions in rice leaves. Physiologia Plantarum 159: 189-195.