

Bazı Silajlık Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Çeşitlerinin Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Tuz Stresinin Etkileri

İbrahim ATIŞ*

Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Antakya/Hatay
*Yazışma yazarı: iatis15@hotmail.com

Geliş tarihi:06.10.2011, Yayına kabul tarihi:14.11.2011

Özet: Bu çalışma, dört silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşidinin (Rox, Nes, Leotti ve Early Sumac) çimlenme ve fide gelişimi üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (0, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl) etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada sorgum çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarında çimlenme yüzdeleri (%), çimlenme indeksleri, fide sap uzunlukları (cm), fide kök uzunlukları (cm), sap kuru ağırlıkları (mg/fide), kök kuru ağırlıkları (mg/fide) ve tuz stres toleransları (%) incelenmiştir. Çeşitlerin incelenen özellikler bakımından tuzluluğa tepkileri farklı olmuştur. Artan tuz konsantrasyonları sorgum çeşitlerinin hem çimlenmesini hem de fide gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir. Çimlenme özellikleri ve fide gelişimleri birlikte değerlendirildiğinde Early Sumac çeşidi çimlenme ve fide döneminde tuza en toleranslı çeşit olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çimlenme, fide gelişimi sorgum, tuz stresi,

Effects of Salt Stress on Germination and Seedling Growth of Some Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Cultivars

Abstract: This study was conducted to determine the effects of salinity levels (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mM NaCl) on germination and seedling growth of four sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars (Rox, Nes, Leotti ve Early Sumac). In the research, germination percentage (%), germination index, shoot and root length (cm), shoot and root dry weight (mg/seedling) and salt tolerance index (%) were investigated. Responses of cultivars to salt stress indicated differences. The results showed that both germination characteristics and seedling growth characteristics were negatively affected with increasing salt levels. Both germination and seedling growth characteristics indicated that Early Sumac was the tolerant cultivar to be recommended for saline areas at germination and seedling growth stage.

Key words: Germination, salt stress, seedling growth, sorghum

Giriş

Tuzluluk, özellikle kurak ve yarı-kurak alanlarda tarımsal üretimi kısıtlayan en önemli problemlerden birisidir. Dünya’da 831 milyon hektar alanda tuzluluk problemi söz konusuken, Türkiye’de 1.5 milyon hektar alanda hem tuzluluk hem de alkalilik problem oluşturmaktadır (FAO, 2000). Tuzlu topraklar bitkilerin farklı gelişme dönemlerinde bitki gelişimini engelleyecek miktarda çözülebilir tuz içerirler ve

bitkilerin verimliliklerinde, farklı dönemlerdeki gelişimlerinde ve bitki bünyesinde meydana gelen bazı biyokimyasal ve fizyolojik olaylarda kısıtlayıcı rol oynarlar (Al-Mutawa, 2003; Mahmood et al., 2010; Nawaz et al., 2010).

Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), tuzluluğun yoğun şekilde yaşandığı kurak ve yarı-kurak alanlara adapte olmuş, tuzluluğa orta derecede toleranslı bir C4

buğdaygildir (Nawaz et al., 2010). Sorgum, danesi direk olarak insan gıdası olarak tüketilebilen, aynı zamanda danesi ve diğer toprak üstü aksamından hayvan yemi, alkol, yakıt, şeker, şurup ve kağıt üretimi amacıyla yararlanılabilen çok fonksiyonlu bir bitkidir (Dogget,1988). Bu denli yararlanma alanı bulunan sorgumun ülkemiz açısından kullanımı hayvan beslemeyle sınırlıdır. Sorgumu bu çok fonksiyonluluğunun yanında, önemli kılan bir diğer özelliği de kuraklığa ve yüksek sıcaklığa olan toleransdır (Pholsen et al., 1998; Berenguer and Faci, 2001; Khalili et al., 2008). Kuraklık ve su kıtlığının son yıllarda dünyanın birçok bölgesinde ve ülkemizde en önemli problemlerden birisi olarak karşımıza çıktığı günümüzde, silaj üretiminde, su kıtlığına oldukça hassas olan mısır (Pandey et al., 2000; Çakır, 2004)'ın yerine ikame edilebilecek en önemli bitki sorgumdur. Sorgumun bu özelliği özellikle, tuzluluğun potansiyel bir problem olduğu kurak ve yarı-kurak alanlarda ekim potansiyeli olduğunu göstermekte ve bu alanlarda yetiştirilebilecek sorgum çeşitlerinin tuzluluğa tepkilerinin bilinmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Tohum çimlenmesinin sağlıklı şekilde gerçekleşmesi istenilen bitki sıklığının sağlanması ve başarılı bir üretim için kritik rol oynar ve tuzlu toprak koşulları tohum çimlenmesini sınırlayan en önemli faktördür (Almansouri et al., 2001;Okçu et al., 2005; Carpicı et al., 2009; Aishah et al., 2010). Erken gelişme döneminde bitkiler tuzluluğa diğer dönemlerden daha hassastır (Lal, 1985) ve erken gelişme döneminde tuzluluğa toleranslı çeşitlerin belirlenerek sağlıklı bir çıkış ve ilk gelişmenin sağlanması toprak tuzluluğuna karşı alınabilecek en pratik önlemdir (Kökten et al., 2010).

Bu araştırma, dört sorgum çeşidinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki çimlenme ve erken fide gelişmelerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2011 yılında Mutafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri

Bölümünde laboratuvar denemesi olarak yürütülmüştür. Denemede Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil ettirilen 4 silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşidinin (Leotti, Rox, Nes ve Early Sumac) tohumları bitki materyali olarak kullanılmıştır. Denemede 5 farklı tuz konsantrasyonu (50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl) denemeye konu olmuştur. Ayrıca destile su kontrol (0 mM NaCl) uygulaması olarak dikkate alınmıştır. Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak kurulmuş ve yürütülmüştür.

Denemede kullanılan tohumlara % 1'lik sodyum hypochloride çözeltisi ile 10 dakika yüzey sterilizasyonu uygulanmıştır. Steril su ile durulanan tohumlar, 12 cm çapındaki petri kapları içine iki kat olarak yerleştirilen filtre kağıdı üzerine, her petriye 25 tohum gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Petri kaplarına, 0, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl konsantrasyonundaki çözeltilerden (önceden 1lt'lik stok çözelti olarak hazırlanmıştır) 10 ml ilave edilmiştir. Kapakları kapatılan petrilerin kenarları su kaybını önlemek için parafilm ile kapatılmıştır. Petri kapları 25 ±1 °C sıcaklığa ayarlı iklim dolabına yerleştirilmiştir.

Denemede, çimlenme oranı ve çimlenme indeksinin belirlenmesi amacıyla ikinci günden itibaren çimlenen tohumlar (kökçüğü en az 2 mm olan tohumlar) 10. güne kadar her gün kaydedilmiştir. Çimlenme sayımları kullanılarak aşağıdaki formüller kullanılarak “çimlenme yüzdesi (%)” ve “çimlenme indeksi” (Alvarado et al., 1987; Carpicı et al., 2009) değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Çimlenme Oranı (\%)} = \frac{\text{Çimlenen Tohum Sayısı} \times 100}{\text{Toplam Tohum Sayısı}}$$

$$\text{Çimlenme İndeksi} = \sum (Gt/Tt),$$

Burada Gt, t. günde çimlenen tohum sayısını, Tt ise t. günün gün sayısını ifade etmektedir.

Denemenin 10. gününde son çimlenme gözlemi yapıldıktan sonra, fide özelliklerini belirlemek amacıyla her petriden 10 fide alınarak filtre kağıtları değiştirilen petri

kaplarına yerleştirilmiş ve her tuz konsantrasyonu için 10 ml NaCl çözeltisi ve destile su (kontrol) petrilere ilave edilerek petrilere etrafı parafilmle kapatılmıştır.

Denemenin 14. gününde fide özellikleri belirlenmiştir. Fide özelliklerinden sap ve kök uzunluğu her petrideki 10 bitkinin kök ve sap uzunluklarının ayrı ayrı santimetre cinsinden ölçülüp ortalamasının alınmasıyla, uzunluk olarak sap/kök oranı ortalama sap uzunluğunun kök uzunluğuna bölünmesiyle bulunmuştur. Bitki başına kuru sap ve kök ağırlığı, fidelerin sap ve kökleri kesilerek ayrıldıktan sonra 48 saat 70 °C'de kurutulup 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılıp ortalamasının alınmasıyla, ağırlık olarak sap/kök oranı ortalama sap

ağırlığının kök ağırlığına bölünmesiyle bulunmuştur. Ayrıca, fidelerin toplam kuru ağırlıkları kullanılarak aşağıdaki formülle "tuz tolerans indeksi" (Carpıcı et al., 2009; Kökten et al., 2010) hesaplanmıştır.

TuzTolerans

$$\text{İndeksi}=(T_xTKA/T_0TKA)\times 100,$$

Burada, TKA= toplam kuru ağırlığı, Tx =X tuz dozundaki toplam kuru ağırlığı, T₀= kontrol uygulamasındaki toplam kuru ağırlığını ifade etmektedir. Araştırmanın istatistiksel değerlendirmesi, MSTAT-C paket programı kullanılarak 4 tekerrürlü tesadüf parselleri deneme deseninde analiz edilmiş, istatistiksel olarak önemli çıkan ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile % 5 seviyesinde gruplandırılmıştır.

Çizelge 1. Farklı NaCl konsantrasyonlarının sorgum çeşitlerinin çimlenme yüzdeleri (%) üzerine etkisi

Çeşitler	Tuz Dozları (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Leotti	100.0 a *	98.0 ab	96.0ab	97.0 ab	92.0 ab	55.0 e	89.7 AB ⁺
Nes	98.0 ab	98.0 ab	96.0 ab	95.0 ab	90.0 ab	71.0 d	91.3 A
Rox	97.0 ab	99.0 ab	95.0 ab	90.0 ab	89.0 b	53.0 e	87.2 B
Early Sumac	97.0 ab	96.0 ab	89.0 b	80.0 c	77.0 cd	55.0 e	82.3 C
Ortalama	98.0 A **	97.8 A	94.0 AB	90.5 BC	87.0 C	58.5 D	

*) Benzer küçük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

***) Aynı satır içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

+) Aynı sütun içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada çimlenme oranı üzerine çeşit x tuz konsantrasyonu interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli olurken, incelenen tüm özellikler çeşit, tuz konsantrasyonu ve çeşit x tuz konsantrasyonu interaksyonu tarafından % 1 önem düzeyinde farklılık göstermiştir. Tuz konsantrasyonlarının çimlenme yüzdesi üzerine etkisi incelendiğinde, tuz seviyesinin 50 ve 100 mM NaCl seviyesine çıkarılması kontrole (destile su) göre istatistiksel anlamda bir farklılık meydana getirmemiştir (Çizelge 1). Tuz konsantrasyonunun 150 mM NaCl düzeyine çıkması ise çimlenme yüzdesinin kontrol ve 50 mM NaCl uygulamasından önemli derecede düşük olmasına neden olmuştur. 200 mM NaCl uygulaması ise 150 mM NaCl uygulamasından istatistiksel olarak

farksız bulunmuştur. 250 mM NaCl uygulamasında çimlenme yüzdesi diğer tüm uygulamalara göre önemli derecede azalmıştır. Sorgum çeşitlerinin çimlenme yüzdelерinin artan tuz dozlarına bağlı olarak azalması Almodares et al. (2007), Aishah et al. (2010) ve Geressu and Gezaghegne (2008) tarafından da bildirilmiştir. Bewley and Black (1994) çimlenme ortamında artan tuz konsantrasyonunun tohumun çimlenmesini, ortamda bir ozmotik potansiyel yaratarak tohumun su alımını engelleyerek veya tohum içerisine iyon birikimi sonucu embriyo üzerinde toksik etkide bulunarak etkileyebileceğini belirtmektedir.

Çeşitlerin ortalama değerlerinde bakıldığında ise Nes çeşidi % 91.33 ile en yüksek çimlenme yüzdesine sahip çeşit

olurken, bunu % 89.67 çimlenme yüzdesi ile istatistiksel olarak aynı grupta yer alan Leotti çeşidi izlemiştir. Early Sumac çeşidi ise % 82.33 ile diğer çeşitlerden önemli derecede düşük çimlenme yüzdesine sahip olmuştur. Sorgum tuzluluğa orta derecede toleranslı bir bitki olarak tanımlanmakta (Nawaz, et al. 2010; Igartua et al.,1994) ve sorgumun tuza tolerans konusunda geniş bir genotipik varyasyona sahip olduğu bildirilmektedir (Maiti et al., 1994; Krishnamurthy et al., 2007). Nitekim yapılan araştırmalarda sorgumda çimlenme yüzesi bakımından tuzluluğa toleransın genotiplere bağlı olarak farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Almodares et al.,2007; Geressu and Gezaghegne, 2008; Aishah et al., 2010; Nawaz et al., 2010). Çeşit x tuz konsantrasyonu interaksyonu bakımından çimlenme yüzdeleri incelendiğinde ise Leotti, Nes ve Rox çeşitlerinde 200 mM NaCl uygulamasının istatistiksel olarak daha düşük düzeydeki tuz konsantrasyonlarına göre önemli bir azalma göstermediği görülmektedir. Early Sumac çeşidi ise tuz konsantrasyonunun 150 mM NaCl düzeyine çıkması çimlenme yüzdesini önemli derecede düşürmüş, ancak bu çeşitte de tuz konsantrasyonunun 200 mM NaCl seviyesine çıkması önemli bir farklılık meydana getirmemiştir. Nes çeşidinin 250 mM NaCl düzeyindeki çimlenme yüzdesi (% 71.00) diğer çeşitlerin çimlenme yüzdesinden önemli derecede yüksek olmuştur.

Araştırma sonuçları, tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak çimlenme indeksinin önemli derecede azaldığını göstermiştir (Çizelge 2). En yüksek çimlenme indeksi değeri 15.21 ile kontrol uygulamasında gözlenirken, bunu 14.44 ile 50 mM NaCl uygulaması izlemiş, iki uygulama arasındaki farklılık önemsiz olmuştur. 100 mM NaCl uygulamasından itibaren artan tuz dozları çimlenme indeksini bir önceki konsantrasyona göre önemli derecede düşürmüştür. Bu durum tuz konsantrasyonuna bağlı olarak çimlenme ortamındaki yoğunluğun artışına bağlı olarak tohumun su alımının zorlaşması ve buna bağlı olarak çimlenmenin gecikmesinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim Gulzar et al. (2001), artan

tuzluluğa bağlı olarak buğdaygillerin çimlenmesinin geciktiğini ve azaldığını belirtmişlerdir. Çeşitler açısından çimlenme indeksi değerlendirildiğinde, tüm çeşitlerin artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak çimlenme indekslerinin düşüş eğiliminde olduğu görülmüştür (Aishah et al., 2010). Leotti ve Rox çeşitlerinin özellikle 200 mM NaCl konsantrasyonuna kadar diğer çeşitlerden önemli derecede düşük çimlenme indeksi değerine sahip olması bu çeşitlerin daha yavaş çimlenme özelliği taşıdığını göstermektedir. Carpıcı et al. (2009), mısırdaki yaptığı benzer çalışmada çimlenme indeksi bakımından benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Özellikle Leotti çeşidi 0, 50 ve 100 mM NaCl konsantrasyonlarında diğer üç çeşide göre daha düşük çimlenme indeksi değerine sahip olması bu çeşidin daha geç tesis olacağına bir göstergesidir. Nitekim çeşitlerin ortalama değerleri incelendiğinde de Nes ve Early Sumac çeşitlerinin en yüksek çimlenme indeksi değerine sahip olduğu görülmektedir.

Farklı tuz seviyelerinde, sorgum çeşitlerinde belirlenen ortalama fide sap uzunluğu değerleri Çizelge 3'de görülmektedir. Fide sap uzunlukları 50 mM NaCl konsantrasyonu Nes, Rox ve Early Sumac çeşitlerinde fide sap uzunluğunda kontrole göre artışa sebep olurken, bu artış sadece Early Sumac çeşidinde istatistiksel olarak önemli olmuştur. Leotti çeşidinde ise kontrolden itibaren artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak fide sap uzunluğu azalma eğilimi göstermiştir. En yüksek tuz konsantrasyonu olan 250 mM NaCl konsantrasyonunda fide sap uzunluğu kontrole göre Leotti çeşidinde 2.41 kat, Nes çeşidinde 4.90 kat, Early Sumac çeşidinde 4.23 kat ve Rox çeşidinde 3.43 kat azalmıştır. Bu durum stresin var olmadığı koşullarda daha yüksek değere sahip olan çeşitlerin artan stres koşullarından daha az etkilendiğini göstermektedir.

Tuz konsantrasyonlarının ortalaması olarak en yüksek fide sap uzunluğu 8.20 cm ile Rox çeşidinde belirlenirken, bunu sırasıyla Leotti, Early Sumac ve Nes çeşitleri takip etmiştir. Çeşitlerin fide uzunlukları birbirinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı olmuştur. Çeşitlerin

ortalaması olarak tuz konsantrasyonlarının etkisine bakıldığında kontrol ile 50 mM NaCl konsantrasyonu arasında önemli bir farklılık ortaya çıkmadığı, hatta 50 mM NaCl dozunun fide gelişimini teşvik ettiği söylenebilir. Geressu and Gezaghegne (2008), benzer şekilde çeşitlere bağlı olarak değişmekle birlikte sorgumun fide sap uzunluğunun düşük tuz dozları ile teşvik edildiğini bildirmişlerdir. Tuz konsantrasyonunun 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl dozlarına çıkmasıyla fide sap uzunluğu her doz arasında önemli seviyede azalmış ve fide sap uzunluğu en yüksek doz olan 250 mM NaCl dozunda kontrole göre 3.41 kat azalmıştır. Bu durum sorgum fidelerinin çimlenme ortamında tuz konsantrasyonunun 100 mM ve üzerine çıkmasıyla fide gelişiminin engellenmeye başladığını ve konsantrasyonun artmasıyla etkinin şiddetlendiğini ortaya koymaktadır. Benzer sonuçlar Geressu and Gezaghegne (2008) tarafından da bildirilmiştir. Sorgum dışındaki birçok türde artan tuz dozlarına bağlı olarak sap uzunluğunun azaldığı tespit

edilmiştir (Kaya et al., 2003; Okçu et al., 2005; Kökten et al., 2010)

Çeşitlerin ortalama kök uzunlukları 7.93 cm ile 9.22 cm arasında değişmiştir (Çizelge 4). Çeşitlerden sadece Early Sumac çeşidinin kök uzunluğu diğer üç çeşitten daha yüksek bulunurken, diğer çeşitlerin kök uzunluğu değerleri benzer olmuştur.

Tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak kök uzunluğu azalma eğilimi göstermiştir. Ancak tuz konsantrasyonunun 0 mM NaCl dozundan 150 mM NaCl dozuna kadar artırılması istatistiksel anlamda bir azalmaya neden olmamıştır. Tuz konsantrasyonunun 200 ve 250 mM NaCl dozuna yükselmesi ise fide kök uzunluğunu önemli derecede azaltmıştır.

Fide kök uzunluğundaki önemli düşüşün fide sap uzunluğuna göre daha yüksek konsantrasyonlarda gerçekleşmesi bitkinin kök temas yüzeyini koruyarak su alımını korumaya çalışmasından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 2. Farklı NaCl konsantrasyonlarının sorgum çeşitlerinin çimlenme indeksleri üzerine etkisi

Çeşitler	Tuz Dozları (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Leotti	10.85 gh*	9.84 hi	7.90 ij	7.79 ij	6.07 jk	2.65 l	7.51 C ⁺
Nes	16.85 abc	15.68 bcd	15.42 b-e	13.27 ef	13.84 def	5.43 k	13.41 A
Rox	14.38 def	14.83 cde	12.29 fg	9.63 hi	8.04 ij	3.92 kl	10.55 B
Early Sumac	18.77 a	17.43 ab	17.37 ab	15.23 b-e	8.88 hi	4.13 kl	13.63 A
Ortalama	15.21 A**	14.44 A	13.25 B	11.48 C	9.21 D	4.03 E	

*) Benzer küçük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

***) Aynı satır içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

†) Aynı sütun içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

Çizelge 3. Farklı NaCl konsantrasyonlarının sorgum çeşitlerinin sap uzunlukları (cm) üzerine etkisi

Çeşitler	Tuz Dozları (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Leotti	10.15 cd*	9.48 de	6.82 g	6.75 gh	6.04 hi	4.22 k	7.25 B ⁺
Nes	7.60 f	7.77 f	6.88 g	5.69 ij	4.43 l	1.55 m	5.49 D
Rox	11.02 ab	11.38 a	9.33 e	8.03 f	6.22 ghi	3.21 l	8.20 A
Early Sumac	9.09 e	10.34 bc	7.91 f	6.41 ghi	5.14 j	2.15 m	6.84 C
Ortalama	9.47 A**	9.74 A	7.73 B	6.72 C	5.21 D	2.78 E	

*) Benzer küçük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

***) Aynı satır içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

†) Aynı sütun içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

Çizelge 4. Farklı NaCl konsantrasyonlarının sorgum çeşitlerinin kök uzunlukları (cm) üzerine etkisi

Çeşitler	Tuz Dozları (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Leotti	10.12 a-e*	9.38 b-f	8.40 ef	10.06 a-e	5.55 g	4.06 gh	7.93 B ⁺
Nes	11.42 ab	11.78 a	11.51 a	8.46 def	5.18 g	2.53 h	8.48 B
Rox	9.09 c-f	9.34 b-f	10.51 a-d	8.68 def	7.71 f	4.53 g	8.31 B
Early Sumac	11.38 ab	11.24 ab	11.20 ab	11.01 abc	8.16 ef	2.35 h	9.22 A
Ortalama	10.50 A**	10.43 A	10.41 A	9.55 A	6.65 B	3.36 C	

*) Benzer küçük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

***) Aynı satır içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

+) Aynı sütun içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

Geressu and Gezaghegne (2008) sorgumda özellikle düşük dozlardaki tuz seviyelerinin kontrole göre bir farklılık göstermediğini hatta bazı genotiplerde uyarıcı etkide bulunduğunu tespit etmişlerdir. Farklı bitkilerle yapılan araştırmalarda tuz konsantrasyonunun kök uzunluğu üzerine etkilerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin Kökten et al. (2010), mercimekte yürüttüğü çalışmada kök uzunluğunun artan tuz konsantrasyonundan fide sap uzunluğundan daha çabuk etkilendiğini belirlerken, Okçu et al. (2005), genel olarak bezelyede kök uzunluğunun artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığını, ancak kullanılan çeşitlerden birinde tuzluluğun kök uzunluğu açısından uyarıcı etkide bulunduğunu belirlemişlerdir.

Çeşitlerin tuz konsantrasyonundaki artışa tepkilerinin farklı olması çeşit x tuz konsantrasyonu interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Nes çeşidi 0, 50 ve 100 mM tuz konsantrasyonlarında diğer çeşitlerde daha yüksek kök uzunluğuna sahipken, 150 mM tuz konsantrasyonu uygulamasından itibaren kök uzunluğu değeri önemli derecede azalarak tüm çeşitler arasında en düşük değerlere sahip olmuştur. Bu durum Nes çeşidinin kök uzunluğu bakımından tuzluluğa daha hassas olduğunun bir işaretidir. Rox çeşidinin 100 mM ve Leotti çeşidinin 150 mM tuz düzeylerinde fide kök uzunluğunun artması çeşitlerin artan tuza bağlı olarak ortamdan su alma oranını arttırmak için geliştirdiği bir tedbir olabilir.

Sap kuru ağırlıkları çeşitlere bağlı olarak 4.04 mg ile 4.76 mg arasında değişmiştir

(Çizelge 5). Leotti çeşidi diğer çeşitlerden daha düşük sap kuru ağırlığına sahip olmuştur. Early Sumac çeşidi Nes ve Rox çeşitleri ile benzer sap kuru ağırlıklarına sahip olurken, Rox çeşidinin sap kuru ağırlığı istatistiksel olarak Nes çeşidinden daha yüksek olmuştur. Tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak sap kuru ağırlığı değerleri 2.19 mg ile 5.68 mg arasında değişmiştir (Çizelge 5). 50 mM NaCl konsantrasyonu uygulamasında saptanan sap kuru ağırlığı değerinin 0 mM NaCl uygulamasından, istatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte, yüksek olması düşük dozlardaki tuz uygulamalarının fide ilk gelişimi üzerinde teşvik edici bir etkisi olduğunu göstermektedir. Tuz konsantrasyonunun 100 mM NaCl seviyesine yükselmesiyle birlikte sap kuru ağırlığı önemli derecede azalmaya başlamış ve artan her doz sap kuru ağırlığını önemli derecede azaltmıştır. Kontrol dozunda (0 mM NaCl) tüm çeşitlerin sap kuru ağırlıkları birbirine yakın olurken, 50 mM NaCl uygulaması sadece Leotti çeşidinde sap kuru ağırlığı değerini azaltırken diğer çeşitlerde arttırmıştır. Bunun sonucu olarak 50 mM NaCl uygulamasında Leotti çeşidinin sap kuru ağırlığı diğer çeşitlerden önemli derecede düşük olmuştur. Bu durum yukarıda bahsedilen düşük dozların sap kuru ağırlığı üzerindeki olumlu etkisinin çeşitlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini göstermektedir. Early Sumac çeşidinin sap kuru ağırlığı 100 mM NaCl konsantrasyonunda kontrole göre önemli derecede azalırken, diğer çeşitler 150 mM konsantrasyonunda kontrolden daha az sap kuru ağırlığına sahip olmuşlardır. Nes, Rox

ve Early Sumac çeşitlerinde 0, 50,100 ve 150 mM NaCl dozlarında saptanan sap kuru ağırlığı değerleri birbirine yakın olmuştur. Nes, 250 mM NaCl konsantrasyonunda en düşük sap kuru ağırlığına sahip olan çeşit olmuştur. Fide sap ağırlıklarının artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azalması yönündeki bulgular sorgum (Almodares et al., 2007; Almodares et al., 2008; Mahmood et al., 2010) ve diğer bitkiler (Kaya et al., 2003; Carpıcı et al., 2009; Kökten et al., 2010) üzerinde yapılan araştırmaları destekler durumdadır. Genel olarak sap kuru ağırlıklarındaki değişimler, sap uzunluğu (Çizelge 3) değerlerindeki değişim eğilimleri ile paralellik göstermiştir.

Sorgum çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarında belirlenen kök kuru ağırlığı değerleri Çizelge 6'de verilmiştir. Çeşitlere bağlı olarak kök kuru ağırlıkları 1.89 mg/fide ile 3.76 mg/fide arasında değişmiştir. En düşük kök kuru ağırlığının saptandığı Rox çeşidinde en yüksek sap kuru ağırlığının saptanması çeşitlerin tuzluluğa sap ve kök gelişimi açısından tepkilerinin farklı olduğunu göstermektedir. Ayrıca diğer çeşitlerde artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak kök kuru ağırlıkları önemli derecede azalırken, Rox çeşidinin kök kuru ağırlıkları istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Özellikle Nes çeşidinin artan tuz konsantrasyonlarına tepkisi oldukça belirgin olmuştur. Kontrol dozunda (0 mM NaCl) en yüksek kök kuru ağırlığı değerine sahip olan Nes çeşidinin kök kuru ağırlığı

değerleri 150 mM NaCl konsantrasyonundan itibaren önemli derecede azalmaya başlamış, 250 mM NaCl konsantrasyonunda tüm çeşitler arasındaki en düşük değer (0.99 mg/fide) bu çeşitten elde edilmiştir. Bu çeşidin sap kuru ağırlığı değerlerinde de benzer bir seyir gözlenmiştir. Nitekim tuz tolerans indeksi değerlerine (Çizelge 7) bakıldığında bu çeşidin tuzluluğa toleransı en düşük çeşit olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çeşitlerin ortalaması olarak tuz konsantrasyonlarının etkisine bakıldığında tuz konsantrasyonunun 50 ve 100 mM NaCl düzeyine çıkarılması kontrole (0 mM NaCl) göre önemli bir farklılık yaratmamıştır. 150 mM NaCl uygulamasında belirlenen değer kontrole göre kök kuru ağırlığını önemli derecede azaltırken, bu değer 50 ve 100 mM NaCl uygulamalarında belirlenen değerlerle benzer olmuştur. 200 ve 250 mM NaCl konsantrasyonlarında kök kuru ağırlıklarında önemli düşüşler meydana gelmiştir. Kök kuru ağırlığının tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azaldığı diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Kaya et al., 2003; Carpıcı et al., 2009; Kökten et al., 2010).

Araştırmada kullanılan 4 sorgum çeşidinden üçünün tuz tolerans indeksi birbirine oldukça yakın bulunmuştur (Çizelge 7). Çeşitlerden sadece Nes çeşidinin tuzluluğa toleransı diğer çeşitlerden önemli derecede düşük bulunmuştur.

Çizelge 5. Farklı NaCl konsantrasyonlarının sorgum çeşitlerinin sap kuru ağırlıkları (mg/fide) üzerine etkisi

Çeşitler	Tuz Dozları (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Leotti	5.11 b-f*	4.85 d-h	4.27 f-j	3.87 ijk	3.54 jk	2.57 lm	4.04 C ⁺
Nes	5.72 abc	5.74 abc	5.37 a-d	4.90 c-g	3.13 kl	1.68 n	4.41 B
Rox	5.82 ab	6.10 a	5.46 a-d	4.79 d-h	4.08 g-j	2.22 mn	4.76 A
Early Sumac	5.29 a-e	6.03 a	4.95 c-f	4.44 e-i	4.04 hij	2.36 lmn	4.52 AB
Ortalama	5.48 A**	5.68 A	5.01 B	4.50 C	3.70 D	2.19 E	

*) Benzer küçük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

***) Aynı satır içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

†) Aynı sütun içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

Çizelge 6. Farklı NaCl konsantrasyonlarının sorgum çeşitlerinin kök kuru ağırlıkları (mg/fide) üzerine etkisi

Çeşitler	Tuz Dozları (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Leotti	2.28 e-h*	2.37 efg	2.37efg	2.50 ef	1.74 f-j	1.47 g-j	2.12 C ⁺
Nes	5.91 a	4.87 b	4.58 bc	3.66 d	2.57 ef	0.99 j	3.76 A
Rox	1.92 f-i	2.01 f-i	2.06 f-i	1.99 f-i	2.12 f-i	1.25 ij	1.89 C
Early Sumac	3.54 d	3.97 cd	3.13 de	3.67 d	2.56 ef	1.36 hij	3.04 B
Ortalama	3.41 A**	3.30	3.04 AB	2.95 B	2.25 C	1.26 D	AB

*) Benzer küçük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

***) Aynı satır içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

+) Aynı sütun içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

Çizelge 7. Farklı NaCl konsantrasyonlarının sorgum çeşitlerinin tuz tolerans indeksi (%) değerleri üzerine etkisi

Çeşitler	Tuz Dozları (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Leotti	100.0 bc*	97.87 bcd	89.92 cde	86.19 def	71.54 g	5 4.57 h	83.35 A ⁺
Nes	100.0 bc	91.20 cde	85.57 def	73.58 g	49.07 hi	22.45 j	70.31 B
Rox	100.0 bc	104.70 b	97.12 bcd	87.53 cde	80.05 efg	44.76 hi	85.69 A
Early Sumac	100.0 bc	115.60 a	91.51cde	91.84 cde	74.73 fg	42.11 i	85.97 A
Ortalama	100.0 A**	102.30 A	91.03 B	84.79 C	68.85 D	40.97 E	

*) Benzer küçük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

***) Aynı satır içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

+) Aynı sütun içerisinde benzer büyük harfle gösterilen ortalamalar 0.05 hata sınırları içerisinde birbirinden farklıdır.

Tuz konsantrasyonları değerlendirildiğinde 50 mM NaCl konsantrasyonunun erken dönemde fide gelişimini teşvik ettiği görülmüştür. 100 mM NaCl konsantrasyonundan itibaren 250 mM NaCl konsantrasyonuna kadar her tuz dozu artışında tuz stres indeksi değeri önemli derecede azalmıştır. Ancak bu önemli azalışta Nes çeşidinin artan tuz konsantrasyonlarına tepkisinin yüksek olması etkili olmuştur.

Tüm çeşitlerde 50 mM NaCl konsantrasyonundan sonra tuz tolerans indeksi azalma eğilimi göstermiş ancak çeşitlerin tuz konsantrasyonlarına tepkilerinin farklı olması çeşit x tuz konsantrasyonu interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Çeşitlerin 50 mM NaCl konsantrasyonunda tuz stres toleransının % 91.20 ile 115.60 arasında ve 250 mM NaCl konsantrasyonunda % 22.45 ile 54.57 arasında değişmesi tuzluluğa çeşitlerin tepkisinin farklı olduğunu

göstermektedir. Nitekim Carpıcı et al. (2009) ve Kökten et al. (2010) artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak tuz stres toleransının azaldığını bildirmişlerdir.

Sonuç

Araştırma sonuçları hem çimlenme özelliklerinin hem de fide gelişiminin ortamdaki tuz yoğunluğundan önemli derecede etkilendiğini göstermiştir. Çimlenme yüzdelerinin 200 mM NaCl konsantrasyonuna kadar % 80'in üzerinde olması sorgum tohumlarının yüksek tuz dozlarında da çimlenebileceğini göstermiştir. Ancak sonuçlar çimlenme indeksi değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde artan tuz dozlarının çimlenmeyi geciktirdiği veya çimlenme aralığının geniş bir süreye yayıldığı sonucu çıkmaktadır ki bu durum yeterli çimlenme olsa bile eş zamanlı bir çıkış sağlanamayacağını göstermektedir. Tuzlu

koşullarda çimlenme özellikleri bakımından iyi sonuçlar veren Nes çeşidinin tuz stres indeksinin düşük olması tuzluluk problemi olan alanlarda çeşidin yeterli çimlenme değerlerine ulaşsa bile daha sonraki dönemlerde yetersiz kalacağını göstermektedir. Hem çimlenme indeksi hem de tuz stres indeksi değerleri bakımından daha iyi bir performans gösteren Early Sumac çeşidinin tuz konsantrasyonu yüksek olan alanlar için çimlenme ve ilk fide döneminde diğer çeşitlerden daha avantajlı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kaynaklar

- Aishah, H.S., Saberi, A.R., Halim, R.A. and Zaharah, A.R. 2010. Salinity Effects on Germination of Forage Sorghumes. *Journal of Agronomy*, 9(4): 169-174.
- Al- Mutawa, M.M. 2003. Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Genotypes. *International Journal of Agriculture & Biology*, 5(3): 226-229.
- Almansouri, M., Kinet, J.M. and Lutts, S. 2001. Effect of Salt and Osmotic Stresses on Germination in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231: 243-254.
- Almodares, A., Hadi, M.R. and Dosi, B. 2007. The Effects of Salt Stress on Germination Percentage and Seedling Growth in Sweet Sorghum Cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7 (8):1492-1495.
- Almodares, A., Hadi, M.R. and Dosi, B. 2008. The Effects of Salt Stress on Growth Parameters and Carbonhydrates Contents in Sweet Sorghum. *Research Journal of Environmental Sciences*, 2(4): 298-304.
- Alvarado, A.D., Bradford, K.J. and Hewitt, J.D. 1987. Osmotic Priming of Tomato Seeds. Effects on Germination, Field Emergence, Seedling Growth and Fruit Yield. *J. Am. Soc. Horticultural Sci.*, 112: 427-432.
- Berenguer, M.J. and Faci, J.M. 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor*) Yield Compensation Processes Under Different Plant Densities and Variable Water Supply. *European Journal of Agronomy*, 15: 43-55.
- Bewley, J.D. and Black, M. 1994. *Seeds. Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York.
- Carpıcı, E.B., Celik, N. and Bayram, G. 2009. Effects of Salt Stress on Germination of Some Maize (*Zea mays* L.) Cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8(19): 4918-4922.
- Çakır, R. 2004. Effect of Water Stress at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of Corn. *Field Crops Res.*, 89: 1-6.
- Doggett, H. 1988. *Sorghum*. 2nd edition. London, New York: Longman; Published by Wiley.
- FAO (2000). *Global Network on Integrated Soil Management for Sustain-able Use of Salt Effected Soils*. Available in: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spush/intro.htm>.
- Geressu, K. and Gezaghegne, M. 2008. Response of Some Lowland Growing Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Accessions to Salt Stress During Germination and Seedling Growth. *African Journal of Agricultural Research*, 3(1): 44-48.
- Gulzar, S., Khan M.A. and Ungar, I.A. 2001. Effect of Salinity and Temperature on the Germination of *Urochongra setulosa* (Trin.) C.E. Hubbard. *Seed Sci. Technol.*, 29:21-29.
- Igartua, E., Gracia, M.P. and Lasa, J.M. 1994. Characterization and Genetic Control of Germination- Emergence Responses of Grain Sorghum to Salinity. *Euphytica*, 76:183-193.
- Kaya, M.D., İpek, A. and Öztürk, A. 2003. Effects of Different Soil Salinity Levels on Germination and Seedling Growth of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turk. J. Agric. For.* 27: 221-227.
- Khalili, A., Akbari, N. and Chaichi, M. R., 2008. Limited Irrigation and

- Phosphorus Fertilizer Effects on Yield and Yield Components of Grain Sorghum (*Sorghum bicolor* L.var. *Kimia*). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3(5): 697-702.
- Kökten, K., Karaköy, T., Bakoğlu, A. and Akçura, M. 2010. Determination of Salinity Tolerance of Some Lentil (*Lens culinaris* M.) Varieties. Journal of Food, Agriculture & Environment, 8(1): 140- 143.
- Krishnamurthy, L., Serraj, R., Hash, C.T., Dakheel, A.J. and Reddy, B.S.V. 2007. Screening Sorghum Genotypes for Salinity Tolerant Biomass Production. Euphytica, 156 (1-2): 15-24.
- Lal, R.K. 1985. Effect of Salinity Applied at Different Stages of Growth on Seed Yield and its Constituents in Field Peas (*Pisum sativum* L. var. *arvensis*). Indian Journal of Agronomy, 30: 296-299.
- Mahmood, T., Iqbal, N., Raza, H., Qasim, M. and Ashraf, M.Y. 2010. Growth Modulation and Ion Partitioning in Salt Stressed Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) by Exogenous Supply of Salicylic Acid. Pakistan Journal of Botany, 42(5): 3047-3054.
- Maiti, R.K., de la Rosa-Iberra, M. And Sandowal, N.D. 1994. Genotypic Variability in Glossy Sorghum Lines for Resistance to Drought, Salinity and Temperature- Stress at Seedling Stage. Journal of Plant Physiology, 142: 241-244.
- Nawaz, K., Talat, A., Iqra, Hussain, K. and 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 (1): 93-99.
- Okçu, G., Kaya, M.D. and Atak, M. 2005. Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.). Turk. J. Agric. For. 29: 237-242.
- Pandey, R.K., Maranville, J.W. and Admou, A. 2000. Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Environment . I. Grain Yield and Yield Components. Agric. Water Manage., 46: 1-13.
- Pholsen, S., Kasikranan, S., Pholsen, P. and Suksri, A. 1998. Dry Matter Yield, Chemical Components and Dry Matter Degradability of Ten Sorghum Cultivars (*Sorghum bicolor* L. Moench) Grown on Oxic Paleustult Soil. Pakistan Journal of Biological Sciences, 1(3): 228-231.