

Tuz Stresinin Sorgum×Sudanotu Melezinde Çimlenme ve Fide Gelişim Özelliklerine Etkisi^a

Ayşe Özge Şimşek Soysal¹ Gürkan Demirkol^{1*} Özlem Önal Aşçı¹ Yeliz Kaşko Arıcı² Zeki Acar³
Nuri Yılmaz¹

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

²Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Ordu

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Geliş tarihi (Received): 17.07.2018

Kabul tarihi (Accepted): 28.08.2018

Anahtar kelimeler:

Stres fizyolojisi, tuz toleransı, yem bitkisi

Özet. Sorgum×Sudanotu (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) greengo çeşidinde farklı tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bu araştırmada, tohumlar petri kabında, karanlık ortamda 20±1°C'de çimlendirilmiştir. Çalışmada petri kaplarına 16 farklı tuz (NaCl) dozu (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 mM NaCl) uygulanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekrarlı olarak kurulmuştur. Çalışmada, çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme gün sayısı (gün), radikula (kökçük) ve plumula (sapçık) uzunluğu (cm), radikula ve plumulanın yaş ve kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir. Çimlenme oranı verileri homojen olmadıklarından, Kruskal-Wallis ile analiz edilmiş ve karşılaştırma için Dunn testi kullanılmıştır. Homojenlik gösteren diğer özellikler ise tesadüf parselleri deneme deseninde analiz edilmiş ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile ortalamalar karşılaştırılmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda incelenen tüm parametrelerin tuz uygulamasından önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Araştırmada incelenen tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde, Sorgum×Sudanotu melezinin (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) greengo çeşidinin çimlenme ve fide gelişimi bakımından 220 mM NaCl dozuna kadar olan (0-200 mM aralığında) tuz uygulamalarını tolere edebildiği sonucuna varılmıştır.

*Sorumlu yazar

gurkandemirkol@odu.edu.tr

The Effect of Salt Stress on the Germination and Seedling Growth Parameters in Sorghum×Sudangrass

Keywords:

Stress physiology, salt tolerance, forage crop

Abstract. In this study the seeds were germinated at 20 ± 1 ° C in the petri dishes, which was aimed to determine the effect of different salt doses to germination and seedling growth in a Sorghum×Sudangrass (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) cultivar called "greengo". Sixteen different salt doses (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 mM NaCl) were applied to the petri dishes. The experiment was established in randomized plots experimental design with 10 replications. In the study, germination rate (%), number of days of germination (days), length of radicle and plumula (cm), fresh and dry weights (g) of radicle and plumula were determined. Since the germination rate data were not homogeneous, they were analyzed with Kruskal-Wallis and for comparison the Dunn test was used. Other parameters showing homogeneity were analyzed in randomized plot design and the means were compared by Tukey multiple comparison test. It was determined that all of the parameters examined in the statistical analysis were effected significantly by salt application. When all of the examined parameters were evaluated together, it was concluded that the greengo cultivar which belong to Sorghum×Sudangrass can tolerate salt application up to a dose of 220 mM NaCl (between 0-200 mM) in terms of germination and seedling growth.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

 0000-0002-2494-0844  0000-0003-0033-8039  0000-0002-9487-9444  0000-0001-6820-0381  0000-0002-0484-1961
 0000-0002-0597-6884

^aBu çalışma 19-23 Haziran 2018 tarihlerinde gerçekleşen "International Symposium Ecology 2018" adlı sempozyumda poster bildirisi olarak sunulmuş ve bildirisi özeti olarak basılmıştır.

GİRİŞ

Ülkemizde kaliteli kaba yem açığını kapatmak için yem bitkileri ekim alanını genişletmek verimliliği de artırmak gerekmektedir. Sorgum yazlık, tek yıllık, iri habituslu, biçimden sonra yeniden gelişen bir bitkidir. Ayrıca mısır göre kuraklığa daha dayanıklıdır (Çiğdem ve Uzun 2006). Buğdaygiller familyasından olması nedeniyle kolaylıkla silaja işlenebilmekte (Arslan ve ark., 2017), yanı sıra hasıl olarak da hayvanlara yedirilebilmektedir (Karadağ ve Özkurt 2014). Tüm bu özellikleriyle kaba yem üretimi için ülkemizde hem ana ürün (Salman ve Budak 2015) hem de ikinci ürün (Geren ve Kavut 2009) olarak ekilmektedir. Kaba yem amacıyla Sorgum yalın ekildiği gibi baklagillerle karışık olarak yetiştirilmektedir. Tohumları da kesif yem olarak hayvan beslemede kullanılmaktadır (Baran ve Kocabağlı 2000).

Tuzluluk özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde sorun olmaktadır (Ekmekçi ve ark., 2005). Yanlış sulama uygulamalarında, drenaj problemi yaşanan alanlarda (Kanber ve ark., 2005) ve deniz tuzluluğundan etkilenen kıyı ovalarında ortaya çıkmaktadır (Cemek ve ark., 2006). Bu nedenle tuzluluk ülkemizde yaşanan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Türkiye’de yaklaşık 12 bin ha alanda tuzluluk problemi yaşanmaktadır (Çulha ve Çakırlar 2011). Dahası küresel iklim değişikliğine bağlı olarak ülkemizde tuzluluk probleminin artacağı düşünülmektedir (Türkeş ve ark., 2000).

Doğada çok farklı tuzlar bulunmakla birlikte en yaygın bulunan NaCl’dir (Kuşvuran 2010). NaCl osmotik stres ve/veya toksik etki oluşturarak bitki yaşamını olumsuz etkilemektedir (Çulha ve Çakırlar 2011). Bitkilerin çimlenme döneminde tuz stresine karşı çok hassas olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda bitki tür ve çeşidine, tuz dozuna bağlı olarak çimlenmenin azaldığı (Önal Aşçı ve Üney 2016; Güngör ve ark., 2017; Özkorkmaz ve Yılmaz 2017) hatta engellendiği belirlenmiştir (Önal Aşçı 2011).

Tuzlu toprakların ıslahı zor ve masraflı bir süreç olduğundan, bu alanlarda bitkisel üretimi artırmak için, tuzluluğa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi daha uygun olmaktadır (Turhan ve Şeniz 2010). Bu nedenle son yıllarda bitki tür ve çeşitlerinin tuzluluğa dayanımı üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Bu çalışma Sorgum×Sudanotu (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) “greengo” çeşidinde farklı tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Araştırma farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının Sorgum×Sudanotu (*Sorghum bicolor*×*Sorghum*

sudanense) melezinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında 2018 yılında yapılmış ve “greengo” çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır. Tohumlar petri kaplarında, kağıt arasında çimlendirilmiştir. Petri kaplarına 16 farklı tuz dozu (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 mM NaCl) uygulanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekrarlı olarak kurulmuştur. Her petriye farklı dozlarda 10 ml tuz (NaCl) solüsyonu eklenmiştir. Petri kapları, iklimlendirme dolabında tamamen karanlık ortamda 20 ±1 °C’de 7 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Deneme süresince tohumlar her gün kontrol edilmiş ve 3 mm kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çalışmada, çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme gün sayısı (gün), radikula ve plumula uzunluğu (cm), taze radikula ve plumula ağırlığı (g) ve materyaller sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra kuru radikula ve plumula ağırlığı (g) hesaplanmıştır. Çimlenme oranı verileri homojen olmadıklarından, Kruskal-Wallis ile analiz edilmiş ve karşılaştırma için Dunn testi kullanılmıştır. Homojenlik gösteren diğer özellikler ise tesadüf parselleri deneme deseninde analiz edilmiş ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile ortalamalar karşılaştırılmıştır.

Çimlenme Oranı (%)=(Çimlenen tohum sayısı/toplam tohum sayısı)×100

Ortalama Çimlenme süresi=Σ(fx)/Σf (Mathews and Khajeh-Hosseini 2007).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada farklı tuz (NaCl) dozlarında sorgum tohumlarının çimlenme oranı %72-100 arasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Yapılan Kruskal-Wallis analizi sonucunda tuz dozlarının çimlenme oranına etkisi istatistiki olarak önemli (P<0.001) bulunmuştur. 40 mM tuz dozu hariç tutulduğunda, tuz uygulaması çimlenme oranında azalmaya neden olmuştur. Ancak kontrol ile karşılaştırıldığında, çimlenme oranında ilk önemli azalış 220 mM tuz uygulamasında gerçekleşmiştir. Çalışmamızdan farklı olarak İsmail (2003), *Sorghum bicolor* L. ile yaptığı çimlenme çalışmasında, tuz dozu arttıkça çimlenme oranının azaldığını, bu azalışın 100 mM ve üzeri dozlarda (100-300 mM) istatistiki olarak önemli olduğunu belirlemiştir. Aydınşakir ve ark., (2012), ise *Sorghum bicolor* L.’un farklı çeşitleri (Early Sumac, Leoti, Nes ve Rox) ile yürüttükleri bir çalışmada çeşitlerinin tamamında tuz stresinin çimlenmeyi olumsuz etkilediğini, Nes çeşidinde ise yaklaşık 650 mM tuz

Çizelge 1. Farklı tuz dozlarında sorgum tohumlarının çimlenme oranları.

Table 1. Germination rates of sorghum seeds at different salt doses.

NaCl (mM)	Ortalama	IQR	Mean Rankı	En düşük	En yüksek
0	98.000	4.000	127.5 a	92.000	100.000
20	96.000	9.000	111.8 a	88.000	100.000
40	100.000	4.000	133.3 a	92.000	100.000
60	96.000	8.083	112.5 a	88.000	100.000
80	95.830	5.000	103.8 a	88.000	100.000
100	91.071	10.375	83.3 ab	83.333	100.000
120	92.000	9.125	92.8 ab	84.000	100.000
140	91.483	9.250	75.8 abc	84.000	96.000
160	96.000	5.000	121.7 a	92.000	100.000
180	88.000	13.190	70.1 a-d	78.571	100.000
200	93.917	8.000	90.7 ab	84.000	100.000
220	78.000	10.000	29.4 def	64.000	88.000
240	72.000	19.000	23.6 f	48.000	88.000
260	88.000	16.000	58.0 b-e	56.000	96.000
280	80.000	13.000	33.6 c-f	68.000	88.000
300	72.000	7.000	20.3 ef	44.000	84.000
P değeri	0.000*** (H=103.32)				

IQR, Interquartile range; ***, İstatistiksel olarak önemlidir (Kruskal-Wallis, $P < 0.001$).

Guplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Dunn test, $P < 0.05$).

dozundan itibaren çimlenmenin gerçekleşmediğini bildirmişlerdir. Tuz (NaCl) stresinin tohumlarda su alımını azalttığı (Doğan ve Budaklı Çarpıcı 2016), yüksek tuzluluğun GA biyosentetik enzimlerini kodlayan genleri baskılayarak çimlenmeyi engellediği (Kim and Park 2008) ayrıca tuz stresinin birikmiş ABA'yı uyardığı (Li *et al.*, 2016), bu nedenle çimlenmenin azaldığı bildirilmektedir. Bizim çalışmamızda da muhtemelen yukarıda bahsedilen etkilerinden dolayı tuzluluk çimlenmeyi azaltıcı etki göstermiştir. Çalışmamızda tuz stresi çimlenmeyi azaltmakla birlikte, 0-200 mM tuz (NaCl) dozlarında çimlenme oranı %88-100 arasında değişmiş ve oldukça yüksek bulunmuştur.

Tuz (NaCl) stresi tohumların ortalama çimlenme süresini önemli derecede ($P < 0.001$) uzatmıştır. Kontrol grubunda ortalama çimlenme süresi 1.419 gün iken, bu süre 220 mM dozunda 2.881 güne uzamış ve istatistiki olarak ilk önemli fark 220 mM tuz uygulamasında gerçekleşmiştir. En uzun ortalama çimlenme süresi 300 mM NaCl'de gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Tuz stresinin çimlenme süresini uzattığı sorgum ve diğer bitki türlerinde yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur (Kara ve ark., 2011; Aydınşakir ve ark., 2012; Li *et al.*, 2016; Önal Aşçı ve Üney 2016). Tuz stresinin çimlenmeyi geciktirmesinde temel nedenin tohuma su girişini önlemesi olduğu bildirilmektedir (Kara ve ark., 2011).

Çizelge 2. Farklı tuz dozlarında sorgum fidelerinin çimlenme süreleri ve plumula uzunlukları.

Table 2. The germination times and plumula lengths of sorghum seedlings at different salt doses.

NaCl (mM)	Çimlenme süresi (gün)	Plumula uzunluğu (cm)
	Ortalama ± SH	Ortalama ± SH
0	1.419 ± 0.089 c	10.346 ± 0.485 a
20	1.309 ± 0.049 c	9.734 ± 0.449 a
40	1.353 ± 0.044 c	9.666 ± 0.747 ab
60	1.258 ± 0.040 c	9.504 ± 0.443 ab
80	1.492 ± 0.088 c	8.484 ± 0.316 abc
100	1.420 ± 0.061 c	6.002 ± 0.757 d-g
120	1.536 ± 0.079 c	6.496 ± 0.428 cde
140	1.538 ± 0.093 c	5.984 ± 0.478 d-h
160	1.483 ± 0.061 c	7.338 ± 0.527 bcd
180	1.629 ± 0.122 c	6.284 ± 0.355 c-f
200	1.422 ± 0.067 c	8.422 ± 0.793 abc
220	2.881 ± 0.089 b	3.962 ± 0.285 f-ı
240	2.782 ± 0.127 b	3.610 ± 0.219 hı
260	3.035 ± 0.127 ab	3.640 ± 0.334 ghı
280	3.121 ± 0.145 ab	4.350 ± 0.329 e-ı
300	3.401 ± 0.143 a	3.350 ± 0.324 ı
P değeri	0.000*** (F=67.44)	0.000*** (F=25.54)

***, İstatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.001$) Sütun içerisinde aynı harfi taşımayan değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (Tukey test, $P < 0.05$).

Yapılan varyans analizi sonucunda tuz stresinin sorgum fidelerinde hem gövde hem de kök gelişimini önemli derecede ($P < 0.001$) etkilediği belirlenmiştir. Ortamda bulunan tuz dozuna bağlı olarak incelenen parametrelerde artışlar ve azalışlar söz konusu olmuştur.

Pluma uzunluğundaki ilk önemli azalış 100 mM NaCl dozunda gerçekleşmiş ve 220 mM ve üzeri tuz dozları (220 ile 300 mM) plumula uzunluğuna en büyük olumsuz etkiyi yapmışlardır. Plumula yaş ağırlığı ise kontrol dozundan 160 mM dozuna kadar azalmışken, bu dozdan sonra 200 mM dahil olmak üzere 160-200 mM arasında artış sergilemiş ve tekrar azalmıştır. Tuzun istatistiki olarak olumsuz etkisi 240 mM ve üzeri dozlarda gerçekleşmiştir. Plumula kuru ağırlığı 200 mM dozu da dahil olmak üzere 0-200 mM arasında genellikle artış sergilemiş, 200 mM'dan sonra yeniden azalmaya başlamıştır. Ancak 200 mM tuz dozu dışında tüm uygulamalarda belirlenen plumula kuru ağırlık değerleri kontrol grubu ile istatistiki olarak farksız bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı tuz dozlarında sorgum fidelerinin plumula yaş ve kuru ağırlıkları.

Table 3. The fresh and dry plumula weights of sorghum seedlings at different salt doses.

NaCl (mM)	Plumula yaş ağırlık (g)	Plumula kuru ağırlık (g)
	Ortalama± SH	Ortalama± SH
0	0.434± 0.048 abc	0.041± 0.005 b
20	0.434 ±0.058 abc	0.041± 0.009 b
40	0.376± 0.043 bc	0.043± 0.005 b
60	0.383± 0.035 bc	0.043± 0.006 b
80	0.339± 0.030 b-e	0.054± 0.005 ab
100	0.282± 0.031 cde	0.049± 0.006 ab
120	0.287± 0.022 b-e	0.051± 0.006 ab
140	0.284± 0.015 b-e	0.068± 0.015 ab
160	0.611± 0.064 a	0.084± 0.005 ab
180	0.471± 0.027 ab	0.070± 0.004 ab
200	0.611± 0.076 a	0.094± 0.008 a
220	0.365± 0.030 bcd	0.056± 0.010 ab
240	0.170± 0.018 e	0.076± 0.030 ab
260	0.164 ±0.011 e	0.039± 0.008 b
280	0.187± 0.011 de	0.039± 0.005 b
300	0.162± 0.013 e	0.049± 0.007 ab
P değeri	0.000*** (F=14.01)	0.001** (F=2.79)

***, İstatistiksel olarak önemlidir (p<0.001) Sütun içerisinde aynı harfi taşımayan değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (Tukey test, P<0.05).

Araştırma sonucunda tuz dozlarının kök gelişimine etkisi artış ve azalışlar şeklinde ortaya çıkmıştır. Özellikle 220 mM ve üzeri tuz dozları radikula uzunluğunda çok büyük azalışa (p<0.001) neden olmuştur (Çizelge 4). Radikula yaş ağırlığı bakımından kontrol ile karşılaştırıldığında her bir uygulamanın, istatistiki olarak kontrol ile aynı grupta olduğu görülmektedir. Radikula kuru ağırlığının ise 260 mM dozuna kadar genellikle kontrol grubundan fazla olduğu ve söz konusu doza kadar giderek arttığı belirlenmiştir. 260 mM ve üzeri dozlarda ise yeniden

azalmaya başlamıştır. Plumula ve radikula uzunluğunun azalması, yanı sıra yaş ağırlıklarının azalması, buna rağmen kuru ağırlıkta artışların olması, bitkinin muhtemelen düşük dozlarda su eksikliği yaşadığını, artan dozlarda stresi azaltmak için bazı maddeler sentezlediği ve/veya biriktirdiğini, yüksek dozlarda ise su eksikliği yanında toksik etki yaşadığını işaret etmektedir. Her ne kadar çalışmamızda belirlenmese de, Almodares *et al.*, (2014), tuz stresi karşısında sorgum bicolor çeşitlerinin kök ve gövdelerinde farklı miktarlarda Na ve Cl biriktirdiğini belirlemişlerdir. Yanı sıra en yüksek tuz dozu olarak 150 mM NaCl uygulamasının yapıldığı bir çalışmada, tuz dozları hem kökte hem de gövdede kuru ağırlığı, protein, prolin, aminoasit, toplam çözülebilir şeker miktarını, CAT ve GR enzim aktivitesini artırdığı bildirilmiştir (El-Omari and Nhiri 2015). Başka bir çalışmada ise 150 mM tuz dozuna kadar yaprağın klorofil ve karoten miktarının arttığını ve 200 mM da ise önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir (Temizgül *et al.*, 2016). Tuz stresi altında sorgum bitkisinin hem kök hem de gövdesinde betain birikiminin arttığı ortaya konmuştur (Grieve and Maas 1984). Çalışmamızda incelenen kök ve gövde gelişimine ait parametrelerde ortaya çıkan sonuçlar, yaşanan artış ve azalışlar, muhtemelen bizim çalışmamızda da yukarıda verine literatür bilgilerine benzer metabolik cevapların oluşmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4. Farklı tuz dozlarında sorgum fidelerinin radikula uzunlukları, radikula yaş ve kuru ağırlıkları.

Table 4. The radicle lengths, fresh and dry radicle weights of sorghum seedlings at different salt doses.

NaCl (mM)	Radikula uzunluğu (cm)	Radikula yaş ağırlığı (g)	Radikula kuru ağırlığı (g)
	Ortalama± SH	Ortalama± SH	Ortalama± SH
0	11.534 ±0.755 ab	0.152± 0.023 abc	0.027 ±0.004 c
20	10.946± 0.936 ab	0.111± 0.020 bc	0.031 ±0.006 bc
40	10.322± 1.120 abc	0.138± 0.024 bc	0.032 ±0.007 abc
60	11.730 ±1.015 ab	0.166± 0.029 abc	0.025 ±0.004 c
80	8.564± 0.449 bcd	0.313± 0.154 ab	0.025± 0.003 c
100	6.112± 0.924 d-g	0.099± 0.021 bc	0.038± 0.005 abc
120	7.084 ±0.818 cde	0.111± 0.014 bc	0.038 ±0.004 abc
140	4.567± 0.354 e-h	0.096± 0.009 bc	0.025± 0.006 c
160	10.388± 0.962 abc	0.208± 0.043 abc	0.052± 0.008 ab
180	6.706± 0.307 c-f	0.215± 0.019 abc	0.056 ±0.005 a
200	12.484± 1.406 a	0.382± 0.076 a	0.055± 0.005 ab
220	3.422 ±0.277 e-h	0.106± 0.009 bc	0.040 ±0.005 abc
240	2.728± 0.238 gh	0.047± 0.003 c	0.035± 0.003 abc
260	2.490 ±0.350 gh	0.040± 0.004 c	0.026± 0.004 c
280	3.242± 0.328 fgh	0.063± 0.007 c	0.026± 0.003 c
300	1.590± 0.305 h	0.113± 0.040 bc	0.031± 0.004 bc
P değeri	0.000*** (F=25.38)	0.000*** (F=3.80)	0.000*** (F=4.83)

SONUÇ

Tuz stresinin Sorgum×Sudanotu melezinde çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada uygulanan tuz dozları incelenen parametreler üzerinde artış ve azalışlara neden olmuştur. Araştırmada incelenen tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde, Sorgum×Sudanotu melezinin (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) "greengo" çeşidinin çimlenme ve fide gelişimi bakımından 220 mM tuz (NaCl) dozuna kadar olan (0-200 mM aralığında) tuz uygulamalarını tolere edebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Almodares A., Hadi MR., Kholdebarin B., Samedani B and Kharazian ZA., 2014. The response of sweet sorghum cultivars to salt stress and accumulation of Na^{sup+}, Cl^{sup-} and K^{sup+} ions in relation to salinity. *Journal of Environmental Biology*, 35: 733-739.
- Arslan M., Erdurmuş C., Öten M., Aydınoğlu B ve Çakmakçı S., 2017. Sorgum ve bazı bitkilerin ile farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan silajların kalite özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14: 34-41.
- Aydınşakir K., Erdurmuş C., Büyüktaş D ve Çakmakçı S., 2012. Tuz (NaCl) stresinin bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor*) çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 25: 47-52.
- Baran MS ve Kocabağlı N., 2000. Tane sorgumun süt ineklerinde ruminal fermentasyon, süt verimi ve sütün bileşimi üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 26: 113-128.
- Cemek B., Güler M ve Arslan H., 2006. Bafra Ovası sağ sahil sulama alanındaki tuzluluk dağılımının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37: 63-72.
- Çiğdem G ve Uzun F., 2006. Samsun ili taban alanlarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı silajlık sorgum ve mısır çeşitleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21: 14-19.
- Çulha Ş ve Çakırlar H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11: 11-34.
- Doğan R ve Budaklı Çarpıcı E., 2016. Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı tritikale hatlarının çimlenmesi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19: 130-135.
- Ekmekçi E., Apan M ve Kara T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20: 118-125.
- El-Omari R and Nhiri M., 2015. Adaptive response to salt stress in sorghum (*Sorghum bicolor*). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15: 1351-1360.
- Geren H ve Kavut YT., 2009. İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum* sp.) türlerinin mısır (*Zea mays* L.) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46: 9-16.
- Grieve CM and Maas EV., 1984. Betaine accumulation in salt-stressed sorghum. *Physiologia Plantarum*, 61(2): 167-171.
- Güngör H., Çıkılı Y ve Dumlupınar Z., 2017. Bazı ticari ve yerel yulaf genotiplerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. *Doğa Bilimleri Dergisi*, 20: 263-267.
- İsmail AM., 2003. Response of maize and sorghum to excess boron and salinity. *Biologia Plantarum*, 47: 313-316.
- Kanber R., Çullu MA., Kendirli B., Antepli S ve Yılmaz N., 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. *Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi 3-7 Ocak, Ankara*.
- Kara B., Akgün İ ve Altındal D., 2011. Triticale genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 25: 1-9.
- Karadağ Y ve Özkurt M., 2014. İkinci ürün olarak yetiştirilebilecek silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşitlerinde farklı sıra aralıklarının verim ve kalite üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31: 19-24.
- Kim SG and Park CM., 2008. Gibberellic acid-mediated salt signaling in seed germination. *Plant Signaling & Behavior*, 3: 877-879.
- Kuşvuran Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana*.
- Li W., Yamaguchi S., Khan MA., An P., Liu X and Tran LSP., 2016. Roles of gibberellins and abscisic acid in regulating germination of suaeda salsa dimorphic seeds under salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 6: 1-10.
- Matthews S and Khajeh-Hosseini M., 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35: 200-212.
- Önal Aşçı Ö., 2011. Salt tolerance in red clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 10: 8774-8781.
- Önal Aşçı Ö ve Üney, H., 2016. Farklı tuz yoğunluklarının macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5: 29-34.
- Özkorkmaz F ve Yılmaz N., 2017. Farklı tuz konsantrasyonlarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve börülcede (*Vigna unguiculata* L.) çimlenme üzerine

-
- etkilerinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7: 196-200.
- Salman A ve Budak B., 2015. Farklı sorgumxsudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12: 93-100.
- Temizgül R., Kaplan M., Kara R ve Yılmaz S., 2016. Effects of salt concentrations on antioxidant enzyme activity on grain sorghum. Current Trends in Natural Sciences, 5: 171-178.
- Turhan A ve Şeniz V., 2010. Salt tolerance of some tomato genotypes grown in Turkey. Journal of Food, Agriculture & Environment, 8: 332-339.
- Türkeş M., Sümer UM ve Çetiner G., 2000. Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklimetkileri.pdf>. [15 Haziran 2018].