



Bazı Şeker Sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.)

Çeşitlerinde Kuraklık Stresinin Çimlenme

Özellikleri Üzerine Etkisi

Sebiha EROL^{*1}, Tarık KARABAĞ², Emine BUDAKLI ÇARPICI³

Öz: Bu çalışma, bazı şeker sorgum çeşitlerinin çimlenme döneminde kuraklık stresine tepkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Deneme de bitki materyali olarak Erdurmuş, Gülşeker, Sweet Betty ve Uzun çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmada altı farklı kuraklık stresi seviyesi (0, -0.1, -0.2, -0.3, -0.4 ve -0.5 MPa) ele alınmış ve farklı seviyelerde kuraklık stresi oluşturmak amacıyla Polietilen Glikol-6000 (PEG-6000) kullanılmıştır. Deneme Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bitki Fizyolojisi Laboratuvarı'nda tesadüf parselleri deneme deseninde dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, kökçük uzunluğu, sapçık uzunluğu, kökçük yaş ağırlığı, sapçık yaş ağırlığı kökçük kuru ağırlığı ve sapçık kuru ağırlığı gibi özellikler incelenmiştir. Araştırma sonucunda; şeker sorgum çeşitlerinin kuraklık stres seviyelerine farklı tepki verdikleri ve bu tepkinin de istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulanan kuraklık stres seviyesine bağlı olarak çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, kökçük uzunluğu, sapçık uzunluğu, sapçık yaş ağırlığı ve sapçık kuru ağırlığı artan kuraklık seviyelerinden olumsuz etkilenirken, kökçük yaş ağırlığı ve kuru ağırlığı olumlu etkilenmiştir. Artan kuraklık stres seviyeleri sapçık ve kökçük uzunluğunu önemli derecede kısıtlamıştır. Erdurmuş ve Sweet Betty çeşitlerinde kökçük yaş ve kuru ağırlığına ait en yüksek değerler -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinden elde edilmiştir. -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinde tüm çeşitlerin sapçık yaş ve kuru ağırlığı kontrole kıyasla büyük

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹Sebiha EROL, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, sebihaerol3@gmail.com, [OrcID 0000-0002-7906-3367](https://orcid.org/0000-0002-7906-3367)

² Tarık KARABAĞ, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye, 502016010@ogr.uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-8913-7294](https://orcid.org/0000-0002-8913-7294)

³ Emine BUDAKLI ÇARPICI, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa Türkiye, ebudakli@uludag.edu.tr, [OrcID 0000-0002-2205-2501](https://orcid.org/0000-0002-2205-2501)

oranda azalış göstermiştir. Çimlenme özellikleri incelendiğinde Erdurmuş ve Uzun çeşitlerinin diğer çeşitlere oranla kurağa dayanım yönünden ön plana çıktığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çimlenme yüzdesi, Kuraklık stresi, Şeker sorgum, *Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.

Effects Of Drought Stress On Germination Characters Of Some Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) Varieties

Abstract: This study was carried out to determine the responses of some sweet sorghum cultivars to drought stress during the germination period. Erdurmuş, Gülşeker, Sweet Betty ve Uzun varieties were used as plant material in the experiment. Six different drought stress levels (0, -0.1, -0.2, -0.3, -0.4 and -0.5 MPa) were considered in the study and Polyethylene Glycol-6000 (PEG-6000) was used to generate different levels of drought stress. The experiment was carried out in a randomized plot design with four replications in Bursa Uludag University Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Plant Physiology Laboratory. Germination percentage, germination index, mean germination time, root length, shoot length, root fresh weight, shoot fresh weight, root dry weight and shoot dry weight were determined in this study. As a result of the research, it was determined that sweet sorghum cultivars responded differently to drought stress levels and that the response was statistically significant. Depending on the applied drought stress level, germination percentage, germination index, mean germination time, root length, shoot length, shoot fresh, weight and shoot dry weight were negatively affected by increasing drought levels, while root fresh weight and root dry weight were positively affected. Increasing drought stress has limited the significantly of shoot and root length. In Erdurmuş and Sweet Betty cultivars The highest values of root fresh and dry weight were obtained from -0.5 MPa drought level. All cultivars at -0.5 MPa drought level, shoot fresh and dry weight comparison to control resulted in a large reduction. When the germination characteristics were examined, it was determined that Uzun ve Erdurmuş cultivars stood out in terms of drought resistance compared to other cultivars.

Keywords: Drought stress, Germination percentage, Sweet sorghum, *Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.

Giriş

Şeker sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) bitkisi, Gramineae familyasına ait C4 fotosentezi grubunda bulunan tek yıllık ve kendine döllen bir bitkidir (Geren ve ark., 2019; Öktem ve ark., 2021). Orijini Doğu ve Kuzey Afrika olan şeker sorgum kurak koşullarda gelişimini sürdürebilmektedir. Kullanım alanı her geçen gün hızla artmakta olan şeker sorgum; insan gıdası, tahıl, biyokütle etanol ve biyoyakıt

üretimi gibi çeşitli ekonomik kullanımları nedeniyle dünyanın en önemli beşinci bitkisidir (Yücel ve ark., 2018; Ndlovu ve ark., 2021). Hızlı büyüme özelliğine sahip olan şeker sorgum bitkisi güçlü kök yapısı, yaprak ve gövdesinde bulunan mum tabakası sayesinde kuraklığa daha dayanıklı hale gelir. Toprak seçiciliği fazla olmayan şeker sorgum bitkisi diğer bitkilere göre kullandığı birim su miktarına karşılık daha fazla kuru madde üretmektedir (Öktem ve ark., 2021). Şeker sorgum, şeker kamışı ve mısıra göre kuraklığa daha dayanıklı olması nedeniyle sıcak ve kurak koşullarda yetiştirilebilmektedir (Rezende ve ark., 2017).

Bitkiler yetişme dönemi içerisinde çeşitli biyotik ve/veya abiyotik stres faktörlerine maruz kalmaktadır. Kuraklık stresi üretimi ve verimliliği sınırlayan en belirgin abiyotik streslerden biridir. (Badr ve ark., 2020). Çimlenme tohumun dinlenme döneminden çıkıp kökçüklerin meydana geldiği devre olarak adlandırılmaktadır (Demirkaya ve Arslan, 2021). Bitki büyümesinin çimlenme, çıkış ve fide oluşumu aşamaları, potansiyel olarak kuraklık stresine karşı en savunmasız olduğu dönemlerdir. Bu dönemlerde kuraklık stresine maruz kalındığında verim kayıpları ve hatta bitki ölümleri bile meydana gelebilmektedir (Queiroz ve ark., 2019; Ndlovu ve ark., 2021). Bu nedenle, kuraklığın neden olduğu su eksikliğinin bitkinin erken gelişim aşamaları üzerindeki etkisi büyüktür. Kuraklık stresinin sorgum genotipleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla çok sayıda araştırma yapılmasına karşın şeker sorgum ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin; Rezende ve ark. (2017), şeker sorgum çeşitlerinin artan kuraklık stresi altında çimlenme yüzdesi ve kökçük uzunluğunun azaldığını buna karşılık kökçük kuru ağırlığının arttığını belirlemişlerdir. Patane ve ark. (2013), iki farklı şeker sorgum çeşidinde yürüttükleri çalışmada kuraklık stres seviyeleri arttıkça çimlenme yüzdesinin azaldığı, ortalama çimlenme süresinin ise arttığı tespit etmişlerdir. Kuraklık stres seviyeleri altında sorgum türlerinde yürütülen çalışmalarda çimlenme yüzdesinin önemli ölçüde birçok araştırmacı tarafından da tespit edilmiştir (Jafar ve ark., 2004; Bayu ve ark., 2005; Bobade ve ark., 2019; Queiroz ve ark., 2019). Oliveira ve Gomes-Filho (2009), CSF 18 ve CSF 20 sorgum genotiplerinde -0.8 Mpa kuraklık seviyesinde ortalama çimlenme süresinin kontrole oranla azaldığını tespit etmişler ve araştırmacılar kuraklık stresine dayanım bakımından çeşitler arasında da fark olduğunu belirtmişlerdir. Tane sorgum çeşitlerinde çimlenmeden sonra, kuraklık stresinin kökçük ve sapçık büyümesi üzerine olumsuz etki yaptığı bazı araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Bayu ve ark., 2005; Queiroz ve ark., 2019). Kuraklık stresi koşullarında, kuraklığa dayanıklı sorgum genotiplerinin sapçık ve kökçük uzunluğunun duyarlı sorgum genotiplerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, kuraklığa dayanıklı sorgum genotipleri belirlenirken çimlenme potansiyeli, çimlenme oranı, kök ve sürgün gelişimi gibi bitki büyüme ve gelişiminin erken aşamasındaki özelliklerin dikkate alınması son derece önemlidir (Abreha ve ark., 2022).

Literatürde şeker sorgum çeşitlerinin çimlenme döneminde yaşanan kuraklığa tepkilerine yönelik sınırlı sayıda çalışma olduğu için ülkemizde yetiştiriciliği yapılan farklı şeker sorgum çeşitlerinin erken dönemde kuraklık stresine karşı tepkilerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada ülkemizde yetiştiriciliği yapılmakta olan dört farklı şeker sorgum çeşidinin kuraklık stresi altında çimlenme özellikleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma 2022 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bitki Fizyolojisi Laboratuvarı'nda tesadüf parselleri deneme deseninde dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada bitki materyali olarak Erdurmuş, Gülşeker, Sweet Betty ve Uzun çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada şeker sorgum çeşitlerinin çimlenme döneminde kuraklık stresine tepkilerini belirlemek amacıyla Polietilen Glikol-6000 (PEG-6000) kullanılarak altı farklı kuraklık stresi seviyesi (0, -0.1, -0.2, -0.3, -0.4, -0.5 MPa) oluşturulmuştur. Denemede kullanılacak tohumlar çimlendirme öncesinde yüzey sterilizasyonu için %1'lik sodyum hipoklorit ile 10 dakika boyunca çalkalandıktan sonra çeşme suyu ve daha sonra saf su ile iyice yıkanmıştır (Rezende ve ark., 2017). Yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra tohumlar başlangıç nem içeriklerine dönünceye kadar (24 saat) oda şartlarında bekletilmiştir. Yüzey sterilizasyonuna tabi tutulan tohumlar çift katlı çimlendirme kâğıdı bulunan petri kaplarına 50 adet tohum olacak yerleştirilmiş ve hazırlanan her bir solüsyondan her bir petriye 10 ml verilmiştir. Bu işlemde hemen sonra buharlaşmayı engellemek amacıyla petri kaplarının etrafı parafilm ile sarılmış ve petri kapları iklimlendirme dolabında tamamen karanlık ortamda 25 ± 1 °C'de 10 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır (Avcı ve ark., 2016). Denemenin süresince tohumlar her gün aynı saatte kontrol edilmiş ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (Rezende ve ark., 2017). 10 gün sonra petri kaplarında çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, kökçük uzunluğu, sapçık uzunluğu, kökçük yaş ağırlığı, sapçık yaş ağırlığı, kökçük kuru ağırlığı ve sapçık kuru ağırlığı gibi özellikler incelenmiştir. Denemede çimlenme indeksi ($\bar{C}\bar{I}$) ve ortalama çimlenme süresinin ($O\bar{C}S$) belirlenmesinde aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır (Dehnavi ve ark., 2020).

$$\bar{C}\bar{I} = \frac{\sum(Gt/Tt)}{Tt} \quad Gt: t. \text{ günde çimlenen tohum sayısı}, Tt: t. \text{ sayım günü}$$

$$O\bar{C}S = \frac{\sum(fx)}{\sum f} \quad f: \text{çimlenen tohum sayısı}, x: \text{çimlenme günü}$$

Kökçük ve sapçık uzunluğu belirlemek için her bir petriden rastgele seçilen 15 fidede sapçık ve kökçük kısımları ayrıldıktan sonra cetvel ile uzunluk ölçümleri yapılmıştır. Ardından kökçük ve sapçık yaş ağırlıklarını belirlemek amacıyla hassas terazide tartılmıştır. Fidelerden elde edilen sapçık ve kökçükler 65 °C'de 48 saat kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları (mg fide^{-1}) belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen verilerin varyans analizleri JMP 13.0 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Önemlilik testlerinde % 1 ve % 5, farklı grupların belirlenmesinde ise % 5 olasılık düzeyi kullanılmıştır. Farklı grupların belirlenmesinde LSD testinden yararlanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bazı şeker sorgum çeşitlerinin farklı kuraklık seviyelerindeki çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, kökçük ve sapçık uzunlukları, kökçük ve sapçık yaş ağırlıkları ile kökçük ve sapçık kuru

ağırlıklarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Şeker sorgum çeşitleri arasında incelenen tüm özellikler bakımından % 1, kuraklık stresi seviyeleri bakımından ise çimlenme yüzdesi hariç incelenen tüm özelliklerde % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Çeşit x kuraklık stresi interaksiyonu bakımından çimlenme yüzdesi, kökçük kuru ağırlığı ve sapçık kuru ağırlığı hariç incelenen diğer özelliklerde % 1 olasılık düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 1).

En yüksek ortalama çimlenme yüzdesi % 98.67 ile Uzun çeşidinde, en düşük ise % 82.50 ile Gülşeker çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 2). Sorgum türlerinde çimlenme, fide çıkışı veya oluşumu aşamaları kuraklık stresine karşı en hassas dönemlerdir. Bu nedenle kuraklık stresi altında yüksek çimlenme yüzdesine sahip olan çeşitlerin kuraklığa daha dayanıklı olduğu varsayılmaktadır (Abreha ve ark., 2022). Kuraklık stresi altında diğer çeşitlere göre yüksek çimlenme yüzdesine sahip olan Uzun çeşidi, kuraklığa toleransı bakımından ön plana çıkmıştır. Patane ve ark. (2013) ile Rezende ve ark. (2017), kuraklık stresinde çimlenme yüzdesinin şeker sorgum çeşitleri açısından önemli farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca kuraklık stresi altında farklı sorgum türlerinde yürütülen çalışmalarda da çimlenme yüzdesi bakımından önemli varyasyonlar tespit edilmiştir (Jafar ve ark., 2004; Bayu ve ark., 2005; Oliveira ve Gomes-Filho, 2009; Rajendran ve ark., 2011; Viliga ve Şumalan, 2013; Reiahi ve Farahbakhsh, 2013; Avcı ve ark., 2016; Pérez-Hernández ve ark., 2018; Bobade ve ark., 2019; Queiroz ve ark., 2019). Kuraklık stres seviyelerinin çimlenme yüzdesi üzerine etkileri incelendiğinde ortalama çimlenme yüzdesinin % 86.37-88.62 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. Fakat bu değişimin istatistiki anlamda önemsiz olduğu, kuraklık stres seviyelerinin ortalama çimlenme yüzdesi üzerine yaptıkları etkiler arasında bir fark olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Çizelge 1. Şeker sorgum çeşitlerinin farklı kuraklık stresi seviyelerinden elde edilen çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, kökçük uzunluğu, sapçık uzunluğu, kökçük yaş ağırlığı, sapçık yaş ağırlığı, kökçük kuru ağırlığı ve sapçık kuru ağırlığı üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları (Kareler ortalaması)

Varyasyon kaynağı	SD	ÇY	Çİ	OÇS	KU	SU	KYA	SYA	KKA	SKA
Çeşit	3	1862.4**	6764.2**	0.82**	9.491**	69.14**	97.53**	420.94**	1.30**	1.33**
Kuraklık	5	12.50 ^{öd}	1676.7**	0.296**	45.502**	125.968**	21.579**	2020.42**	0.89**	7.38**
Ç X K	15	30.01 ^{öd}	147.30**	0.020**	1.285 ^{öd}	4.880**	14.735**	89.10**	0.22 ^{öd}	0.331 ^{öd}
Hata	72	32.31	38.47	0.003	0.73	1.03	4.27	33.28	0.12	0.30

SD: Serbestlik Derecesi, ÇY: Çimlenme yüzdesi, Çİ: Çimlenme indeksi OÇS: Ortalama çimlenme süresi, KU: Kökçük uzunluğu, SU: Sapçık uzunluğu, KYA: Kökçük yaş ağırlığı, SYA: Sapçık yaş ağırlığı, KKA: Kökçük kuru ağırlığı, SKA: Sapçık kuru ağırlığı

**:% 1 önemlidir, öd: önemli değildir.

Çimlenme indeksi tohumların çimlenmesindeki düzeni göstermektedir. En yüksek çimlenme indeksi tohumların hepsi birinci günde çimlenirse elde edilmekte ve bu durum çimlenme yeteneğinin büyüklüğünü göstermektedir (Gürbüz ve ark., 2009). Şeker sorgum çeşitlerine ait ortalama çimlenme indeksi değerleri 68.45–107.35 arasında değişmiştir. En yüksek ortalama çimlenme indeksi 107.35 ile Erdurmuş çeşidinde tespit edilmiş

ve bunu aynı istatistiki grupta yer alan Uzun ve Sweet Betty çeşitleri izlemiştir. En düşük ortalama çimlenme indeksi ise 68.45 ile Gülşeker çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 2). Araştırmamızda Erdurmuş çeşidinin çimlenme indeksi değerinin yüksek olması kuraklık stresi altında çimlenme süresinin daha kısa olduğunu ifade etmektedir. Viliga ve Şumalan (2013), sorgum türlerinde yürüttükleri bir çalışmada çeşitler arasında çimlenme indeksi bakımından önemli farklılıkların olduğunu bildirmişlerdir. Farklı kuraklık stres seviyelerinde tespit edilen çimlenme indeksi değerleri 79.64-106.60 arasında değişmiş olup en yüksek ortalama çimlenme indeksi 106.60 ile kontrol grubunda, en düşük ise 79.64 ile -0.5 MPa kuraklık stresi seviyesinde tespit edilmiştir. Kuraklık stres seviyesi arttıkça çimlenme indeksinde azalmalar meydana gelmiştir. Farklı bitki tür ve çeşitlerle yürütülen araştırmalarda da kuraklık stresine bağlı olarak çimlenme indeksinde azalmaların olduğunu tespit edilmiştir (Gürbüz ve ark., 2009; Aslan ve Atış, 2018; Özkurt ve ark., 2019; Yılmaz, 2019; Uslu ve ark., 2021). Çeşit x kuraklık interaksiyonunun çimlenme indeksi değerleri üzerine etkileri incelendiğinde ise en yüksek ortalama çimlenme indeksi değeri Uzun çeşidinin kontrol grubunda, en düşük ise Gülşeker çeşidinin -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinde tespit edilmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Gülşeker çeşidinin tüm kuraklık stres seviyelerinde diğer çeşitlere göre daha düşük çimlenme indeksi değerine sahip olması daha geç çimleneceği anlamına gelmektedir.

Çeşitlerin ortalama çimlenme süresi 5.80-6.19 gün arasında değişmiş olup en yüksek ortalama çimlenme süresi 6.19 gün ile Gülşeker belirlenmiştir (Çizelge 2). Queiroz ve ark. (2019), ortalama çimlenme süresini, çeşitlerin çimlenme hızının zamana yayılmasının bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Kuraklık stresi altında daha erken çimlenen Sweet Betty ve Erdurmuş çeşitlerinin kuraklık stresine daha toleranslı olduğu düşünülmektedir. Kuraklık stresi altında ortalama çimlenme süresinin farklı sorgum genotip ve çeşitlerine bağlı olarak değiştiği Avcı ve ark (2016) ve Bobade ve ark. (2019) tarafından da bildirilmiştir. Kuraklığa bağlı olarak ortalama çimlenme süresi değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama çimlenme süresinin 6.12 gün ile -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinde, en düşük ise kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Farklı bitkiler üzerinde yapılan çalışmalarda da artan kuraklık stres seviyesinin ortalama çimlenme süresini arttırdığı tespit edilmiştir (Reiahi ve Farahbakhsh, 2013; Patane ve ark., 2013; Queiroz ve ark., 2019; Oliveira ve Gomes-Filho, 2009).

Çizelge 2. Şeker sorgum çeşitlerinin farklı kuraklık stresi seviyelerinden elde edilen çimlenme yüzdesi (%), çimlenme indeksi ve ortalama çimlenme süresine (gün) ait ortalama değerler

ÇEŞİT	KURAKLIK (MPa)						Ort.
	KONTROL	-0.1 MPa	-0.2 MPa	-0.3 MPa	-0.4 MPa	-0.5 MPa	
Çimlenme Yüzdesi (%)							
Sweet Betty	81.00	84.00	81.50	80.50	85.00	83.00	82.50 c
Gülşeker	76.50	80.50	78.50	84.50	77.50	76.50	79.00 d
Uzun	100.00	99.50	100.00	96.00	99.00	97.50	98.67 a
Erdurmuş	94.50	90.00	94.50	91.00	86.50	88.50	90.83 b
Ort.	88.00	88.50	88.62	88.00	87.00	86.37	
Çimlenme İndeksi							
Sweet Betty	110.57 bc	109.80 bc	95.41 e	90.47 e-g	86.52 f-h	80.68 hı	95.57 b
Gülşeker	72.64 ij	74.68 ij	71.52 j	69.18 jk	62.59 kl	60.09 l	68.45 c
Uzun	127.08 a	105.59cd	96.01 e	88.28 e-h	89.84 e-g	84.22 gh	98.58 b
Erdurmuş	116.12 b	115.90 b	109.68 bc	111.88 bc	96.97 de	93.58 ef	107.35 a
Ort.	106.60 a	101.49 b	93.15 c	90.06 c	83.98 d	79.64 d	
Ortalama Çimlenme Süresi (gün)							
Sweet Betty	5.59 p	5.65 op	5.80 k-m	5.84 j-l	5.96 gh	6.02 fg	5.81 c
Gülşeker	6.03 fg	6.02 ef	6.10 ef	6.27 bc	6.30 ab	6.36 a	6.19 a
Uzun	5.69 no	5.91 h-j	6.02 fg	6.09 ef	6.12 de	6.20 cd	6.00 b
Erdurmuş	5.76 l-n	5.68 no	5.82 kl	5.74 mn	5.86 i-k	5.91 hı	5.80 c
Ort.	5.77 f	5.83 e	5.93 d	5.98 c	6.06 b	6.12 a	

Çeşit × kuraklık interaksyonu incelendiğinde en yüksek değerlerin Gülşeker çeşidinin -0.5 MPa kuraklık stresi seviyesinde, en düşük ise Sweet Betty çeşidinin kontrol grubunda ortaya çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Kuraklık stresi arttıkça çeşitlerin ortalama çimlenme süresinin de artması çeşitlerin kuraklık stresi olan toleranslarının azaldığını göstermektedir. Araştırmada kullanılan Sweet Betty çeşidinde kuraklık stresiyle rağmen daha erken çimlenme olurken, Gülşeker çeşidinde ortalama çimlenme süresinde artış olmuştur.

Çeşitlere ait kökçük uzunlukları 7.42-8.82 cm arasında değişim göstermiş ve en yüksek kökçük uzunluğu Uzun en düşük ise 7.41 cm ile Gülşeker çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 3). Farklı sorgum tür, çeşit ve genotipleri üzerinde yapılan çalışmalarda da kökçük uzunluğu bakımından önemli varyasyonların olduğu tespit edilmiştir (Rajendran ve ark., 2011; Viliga ve Şumalan, 2013; Bibi ve ark., 2012; Reiahi ve Farahbakhsh, 2013; Avcı ve ark., 2016; Bobade ve ark., 2019; Queiroz ve ark., 2019). Kuraklık stresi seviyelerinin kökçük uzunluğu üzerine etkileri incelendiğinde, en yüksek kökçük uzunluğu kontrol grubunda, en düşük ise -0.5 MPa kuraklık stresi seviyesinde tespit edilmiştir. Kuraklık seviyesi arttıkça kökçük uzunluğunun kısaldığı birçok araştırmacı tarafından da belirlenmiştir (Patane ve ark. (2013) Rezende ve ark. (2017). Queiroz ve ark. (2019), Reiahi ve Farahbakhsh (2013) (Jafar ve ark., 2004; Bayu ve ark., 2005; Rajendran ve ark., 2011; Viliga ve Şumalan, 2013; Bobade ve ark., 2019). Çeşit × kuraklık interaksyonunun ortalama kökçük uzunluğu üzerine etkileri istatistiksel anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 3. Şeker sorgum çeşitlerinin farklı kuraklık stresi seviyelerinden elde edilen kökçük uzunluğu (cm) ve sapçık uzunluğuna (cm) ait ortalama değerler

ÇEŞİT	KURAKLIK (MPa)						Ort.
	KONTROL	-0.1 MPa	-0.2 MPa	-0.3 MPa	-0.4 MPa	-0.5 MPa	
Kökçük Uzunluğu (cm)							
Sweet Betty	10.55	8.63	6.89	7.13	6.00	6.27	7.58 bc
Gülşeker	10.78	7.79	6.60	6.58	6.38	6.41	7.42 c
Uzun	12.87	9.56	8.55	7.51	7.60	6.83	8.82 a
Erdurmuş	10.03	8.73	8.51	6.92	7.31	6.86	8.06 b
Ort.	11.05 a	8.68 b	7.63c	7.04 cd	6.82 d	6.59 d	
Sapçık Uzunluğu (cm)							
Sweet Betty	16.73 a	11.32 cd	10.56 cd	8.15 f-h	7.51 f-ı	5.60 kl	10.01 a
Gülşeker	8.82 e-g	7.14 h-j	6.34 ı-k	5.30 kl	5.40 kl	4.28 l	6.21 c
Uzun	13.04 b	11.10 cd	10.10 de	7.59 g-ı	5.93 jk	5.15 kl	8.82 b
Erdurmuş	13.25 b	11.84 bc	10.01 de	9.02 ef	7.89 f-h	5.39 kl	9.56 a
Ort.	12.96 a	10.35 b	9.25 c	7.51 d	6.73 e	5.10 f	

Çeşitlerin farklı kuraklık stres seviyelerinde belirlenen sapçık uzunluğuna ait ortalama değerleri incelendiğinde; 6.21- 10.01 cm arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3). En yüksek sapçık uzunluğu 10.01 cm ile Sweet Betty ve 9.56 cm ile Erdurmuş çeşitlerinden, en düşük ise 6.21 cm ile Gülşeker çeşidinden elde edilmiştir. Sapçık uzunluğu bakımından farklı sorgum türlerine ait çeşitler arasında önemli varyasyonların olduğu birçok araştırmacı tarafından da belirlenmiştir (Jafar ve ark., 2004; Rajendran ve ark., 2011; Bibi ve ark., 2012; Reiahi ve Farahbakhsh, 2013; Patane ve ark., 2013; Avcı ve ark., 2016; Bobade ve ark., 2019). Kuraklık stres seviyelerine bağlı olarak sapçık uzunluğu 5.10-12.96 cm arasında değişmiştir. En yüksek ortalama sapçık uzunluğu 12.96 cm ile kontrol grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 3). Avcı ve ark. (2016), tane sorgum çeşitlerinde yürüttükleri çalışmada artan kuraklık stresine bağlı olarak sapçık uzunluğunun -3.6 bar uygulamasına kadar azaldığını, -7.2 ve -10.8 bar kuraklık seviyelerinde ise hiç çimlenme olmadığını tespit etmişlerdir. Kuraklık stres seviyelerindeki artışların ortalama sapçık uzunluğunda önemli derecede azalmalara neden olduğu birçok araştırmacı (Jafar ve ark., 2004; Patane ve ark., 2013; Reiahi ve Farahbakhsh, 2013) tarafından da bildirilmiştir. Çeşit×kuraklık interaksyonunun ortalama sapçık uzunluğu üzerine etkileri istatistiki anlamda önemli çıkmıştır (Çizelge 1). En yüksek ortalama sapçık uzunluğu Sweet Betty çeşidinin kontrol grubunda olurken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta olan Erdurmuş ve Uzun çeşitlerinin kontrol seviyeleri takip etmiştir. En düşük ortalama sapçık uzunluğu ise Gülşeker çeşidinin -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinde tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çeşitlerin kökçük yaş ağırlığına ait ortalama değerleri incelendiğinde; 8.02-12.76 mg fide⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek kökçük yaş ağırlığı 12.76 mg fide⁻¹ ile Gülşeker, en düşük ortalama kökçük yaş ağırlığı ise 8.02 mg fide⁻¹ ile Uzun çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 4). Şeker sorgum çeşitlerinin artan kuraklık stres seviyelerine farklı tepki verdiği tespit edilmiştir. Gülşeker çeşidinin diğer çeşitlere oranla kökçük yaş ağırlığının yüksek olması kuraklık stresine tepki olarak oluşan kökçük sayısının ve kalınlığının farklılık göstermesinin sonucu olabilir. Farklı sorgum çeşitlerine ait kökçük yaş ağırlıkları arasında önemli farklılıkların olduğu Bibi ve

ark. (2012) ve Rezende ve ark. (2017) tarafından da bildirilmiştir. Kuraklık stres seviyelerinde tespit edilen kökçük yaş ağırlıkları incelendiğinde; en yüksek kökçük yaş ağırlığının 11.25 mg fide⁻¹ ile -0.4 MPa, en düşük ise 8.83 mg fide⁻¹ ile -0.2 MPa kuraklık stres seviyesinden elde edildiği tespit edilmiştir. Kuraklık stres seviyelerindeki artış başlangıçta ortalama kökçük yaş ağırlığının azalmasına neden olmuştur. Ancak -0.3 MPa kuraklık stres seviyesinden sonra ortalama kökçük yaş ağırlığı artmaya başlamıştır (Çizelge 4). Çeşit×kuraklık interaksyonunun ortalama kökçük yaş ağırlığı üzerine etkilerinin istatistiki anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 4. Şeker sorgum çeşitlerinin farklı kuraklık stresi seviyelerinden elde edilen kökçük yaş ağırlığı (mg fide⁻¹), sapçık yaş ağırlığı (mg fide⁻¹), kökçük kuru ağırlığı (mg fide⁻¹) ve sapçık kuru ağırlığına (mg fide⁻¹) ait ortalama değerler

ÇEŞİT	KURAKLIK (MPa)						Ort.
	KONTROL	-0.1 MPa	-0.2 MPa	-0.3 MPa	-0.4 MPa	-0.5 MPa	
Kökçük Yaş Ağırlığı (mg fide⁻¹)							
Sweet Betty	10.28	9.5	8.42	9.72	10.48	12.72	10.19 b
Gülşeker	16.62	10.04	9.17	14.95	14.19	11.63	12.76 a
Uzun	7.23	7.12	7.93	8.37	8.74	8.75	8.02 c
Erdurmuş	5.69	7.37	9.82	9.65	11.85	11.20	9.22 b
Ort.	9.96 ab	8.50 b	8.83 b	10.67 a	11.25 a	11.07 a	
Sapçık Yaş Ağırlığı (mg fide⁻¹)							
Sweet Betty	72.89 a	45.74 cd	42.98 c-f	35.83 e-j	35.02 f-k	26.38 l-n	43.14 a
Gülşeker	58.43 b	39.57 d-h	32.15h-m	27.97 j-n	30.5 ı-m	21.50 n	35.03 b
Uzun	43.77 c-e	40.33 d-g	37.50 e-ı	21.80 h-	27.32 k-n	24.06m-n	34.13 b
Erdurmuş	49.08 c	40.80 d-g	37.79 d-ı	33.03 g-l	28.90 j-m	22.27 n	35.31 b
Ort.	56.04 a	41.61 b	37.60 b	32.16 c	30.44 c	23.55 d	
Kökçük Kuru Ağırlığı (mg fide⁻¹)							
Sweet Betty	1.20	1.62	1.94	2.05	1.62	1.73	1.69 c
Gülşeker	1.58	2.10	1.79	2.40	1.98	1.89	1.96 b
Uzun	2.00	2.03	2.09	2.38	2.28	1.93	2.12 ab
Erdurmuş	1.62	1.78	2.39	2.32	2.62	2.65	2.23 a
Ort.	1.60 c	1.88 b	2.05 ab	2.29 a	2.13 ab	2.05 ab	
Sapçık Kuru Ağırlığı (mg fide⁻¹)							
Sweet Betty	5.33	4.69	4.65	4.56	4.22	3.33	4.47 a
Gülşeker	5.45	3.75	3.62	3.80	3.89	2.92	3.90 b
Uzun	5.42	4.88	4.20	4.15	3.67	3.37	4.28 a
Erdurmuş	5.10	4.68	4.58	4.08	3.67	3.53	4.27 a
Ort.	5.33 a	4.50 b	4.26 b	4.15 bc	3.86 c	3.29 d	

En yüksek sapçık yaş ağırlığı 43.14 mg fide⁻¹ ile Sweet Betty çeşidinden elde edilmiş ve bunu aynı istatistiksel grupta yer alan Erdurmuş (35.31 mg fide⁻¹), Gülşeker (35.03 mg fide⁻¹) ve Uzun (34.13 mg fide⁻¹) çeşitleri takip etmiştir (Çizelge 4). Araştırmamızdan elde edilen sonuçlar Bibi ve ark. (2012) tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Kurağa dayanıklı bitki tür ve çeşitlerinin, hassas olanlara göre daha yüksek sürgün yaş ağırlığına sahip olduğu bildirilmektedir (Aslan ve Atış, 2018; Yılmaz, 2019). Kuraklık stres

seviyelerinin sapçık yaş ağırlığına ait ortalama değerleri incelendiğinde; 23.55- 56.04 mg fide⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ortalama sapçık yaş ağırlığı 56.04 mg fide⁻¹ ile kontrol grubunda, en düşük ise 23.55 mg fide⁻¹ ile -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4). Kuraklık stres seviyelerinin artması sapçık yaş ağırlığında azalmaya neden olmuştur. Bitki kurak koşullarda belli oranda çimlenme göstermelerine karşın kuraklığın devam etmesi durumunda sapçık gelişimini sağlıklı bir şekilde devam ettiremeyebilir (Aslan ve Atış, 2018). Çeşit × kuraklık interaksyonu bakımından en yüksek sapçık yaş ağırlığı Sweet Betty çeşidinin kontrol grubunda, en düşük ise Gülşeker çeşidinin -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinde tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çeşitlerin kökçük kuru ağırlığına ait ortalama değerleri incelendiğinde 1.69-2.23 mg fide⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek kökçük kuru ağırlığı 2.23 mg fide⁻¹ ile Erdurmuş ve 2.12 mg fide⁻¹ ile Uzun çeşitlerinden elde edilmiştir. En düşük kökçük kuru ağırlığına ise 1.69 mg fide⁻¹ ile Sweet Betty çeşidi sahip olmuştur (Çizelge 4). Rezende ve ark. (2017) şeker sorgum çeşitlerinin, Jafar ve ark. (2004) ise farklı sorgum türlerinin kuraklık stresi altında kökçük kuru ağırlığı bakımından farklı tepkiler verdiğini bildirmişlerdir. Kuraklık stres seviyelerinin kökçük kuru ağırlığına ait ortalama değerleri incelendiğinde 1.60-2.29 mg fide⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek kökçük kuru ağırlığı -0.3 MPa, en düşük kökçük kuru ağırlığı ise kontrol grubundan elde edilmiştir. Kuraklık stres seviyelerindeki artış başlangıçta ortalama kökçük kuru ağırlığının azalmasına neden olmuştur. Ancak -0.3 MPa kuraklık stres seviyesinden sonra ortalama kökçük kuru ağırlığı artmaya başlamıştır. Rezende ve ark. (2017) artan kuraklık seviyelerinin kökçük kuru ağırlığını artırdığını tespit etmişlerdir.

Şeker sorgum çeşitlerine ait sapçık kuru ağırlıkları istatistiksel olarak iki farklı grupta yer almıştır. En yüksek sapçık kuru ağırlığı aynı istatistiksel grupta olan Sweet Betty, Uzun ve Erdurmuş çeşitlerinde, en düşük sapçık kuru ağırlığı ise 3.90 mg fide⁻¹ ile Gülşeker çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 4). Farklı sorgum türlerinde kuraklık stresinin sapçık kuru ağırlığını olumsuz yönde etkilediği Jafar ve ark. (2004) ile Bibi ve ark. (2012) tarafından da tespit edilmiştir. Kuraklık stres seviyelerinin sapçık kuru ağırlığına ait ortalama değerleri incelendiğinde 3.29-5.33 mg fide⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek sapçık kuru ağırlığı kontrol grubunda olurken, bunu sırasıyla 4.50 mg fide⁻¹ ile -0.1 MPa ve 4.26 mg fide⁻¹ ile -0.2 MPa kuraklık stres seviyeleri takip etmiştir. En düşük sapçık kuru ağırlığı ise 3.29 mg fide⁻¹ ile -0.5 MPa kuraklık stres seviyesinde gerçekleşmiştir. Kuraklık stres seviyeleri arttıkça sapçık kuru ağırlığı bundan olumsuz etkilenmiştir. Jafar ve ark. (2004), sorgum genotipleri üzerinde yürüttükleri çalışmada kuraklık stresi arttıkça sapçık kuru ağırlığının azaldığını rapor etmişlerdir.

Sonuç

Şeker sorgum çeşitlerinin çimlenme döneminde kuraklık stresine tepkileri incelendiğinde, çeşitlerin kuraklık stres seviyeleri arttıkça çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi, kökçük ve sapçık uzunluğu, sapçık yaş ve kuru ağırlığı gibi özelliklerinin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Erdurmuş ve Sweet Betty çeşitleri en yüksek

kökçük yaş ve kuru ağırlığı değerlerine -0.5 MPa kuraklık seviyesinde ulaşmıştır. Çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, kökçük ve sapçık uzunluğu, kökçük kuru ve sapçık kuru ağırlığı gibi özelliklerde en yüksek değerlere sahip olan Erdurmuş ve Uzun çeşitlerinin kuraklık stresi altında daha hızlı ve üniform bir çıkış yapabileceği tespit edilmiştir. Bu çeşitlerin kurak ve yarı kurak alanlarda yetiştirilebilmesi açısından fide dönemine ait kuraklık çalışmalarının yapılması da yararlı olacaktır.

Teşekkür bilgi notu

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Bu makaleyi hazırlayan yazarlar, araştırmaya eşit oranda katkı sağlamıştır ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Abreha, K. B., Enyew, M., Carlsson, A. S., Vetukuri, R. R., Feyissa, T., Motlhaodi, T., Ng'uni, D. and Geleta, M. 2022. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*, 255:20.
- Aslan, H. ve Atış, İ. 2018. Bazı yaygın mürdümük çeşitlerinde kuraklık stresinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2):218-231.
- Avcı, S., İleri, O. and Kaya, M.D. 2016. Determination of genotypic variation among Sorghum cultivars for seed vigor, salt and drought stresses. *Journal of Agricultural Science*, 23(2017):335-343.
- Badr, A., El-Shazly, H. H., Tarawneh, R. A. and Börner, A. 2020. Screening for drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) germplasm using germination and seedling traits under simulated drought conditions. *Plants* 9(5): 565.
- Bayu, W., Rethman, N., Hammes, P., Pieterse, P., Grimbeek, J. and Van Der Linde, M. 2005. Water stress affects the germination, emergence, and growth of different sorghum cultivars. *Ethiop J Sci*,28(2):119-128.
- Bibi, A., Sadaqat, H., Tahir, M. and Akram, H. 2012. Screening of sorghum (*Sorghum bicolor* Var Moench) for drought tolerance at seedling stage in polyethylene glycol. *J Anim Plant Sci*, 22(3):671-678.
- Bobade, P., Amarshettiwar, S., Rathod, T., Ghorade, R., Kayande, N. and Yadav, Y. 2019. Effect of polyethylene glycol induced water stress on germination and seedling development of rabi sorghum genotypes. *J Pharmacogn Phytochem*, 8(5):852-856.
- Demirkaya, M. ve Arslan, M. 2021. Ekinezya (*Echinacea purpurea*) tohumlarının çimlenmesi üzerine ozmotik koşullandırmanın etkisi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 35(2):265-276.
- Dehnavi, A.R., Zahedi, M., Ludwiczak, A., Perez, S.C. and Piernik, A. 2020. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. *Agronomy*, 10(6),859.

- Geren, H., Kır, B. ve Kavut, Y.T. 2019. Farklı biçim zamanlarının tatlı darı (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum*) çeşitleri üzerinde verim ve bazı yem kalite unsurlarına etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 56 (2):249-255.
- Gürbüz, A., Kaya, M., Türkan, A.D., Kaya, G., Kaya, M.D. ve Çiftçi, C.Y. 2009. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde tane iriliği ve kuraklık stresinin çimlenme özelliklerine etkisi. *Akdeniz Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1):69-74.
- Jafar, M.S., Nourmohammadi, G. and Maleki, A. 2004. Effect of water deficit on seedling, plantlets and compatible solutes of forage Sorghum In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane.
- Ndlovu, E., Van Staden, J. and Maphosa, M. 2021. Morpho-physiological effects of moisture, heat and combined stresses on *Sorghum bicolor* [Moench (L.)] and its acclimation mechanisms. *Plant Stress*, 2:100018.
- Oliveira, A.B. and Gomes-Filho, E. 2009. Germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino/germination and vigor of sorghum seeds under water and salt stress. *Revista Brasileira De Sementes*, 31(3):48-56.
- Öktem, A., Öktem A. G. ve Demir, D. 2021. Geç olum süresine sahip bazı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Moench) genotiplerinin biyokütle verimi ve yem kalitesinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2): 315-325.
- Özkurt, M., Saygılı, İ. ve Özdemir Dirik, K. 2019. Bazı yonca çeşitlerinin erken gelişme dönemindeki kuraklık toleransının belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 22(4): 558-563.
- Patane, C., A. Saita, A. and Sortino, O. 2013. Comparative effects of salt and water stress on seed germination and early embryo growth in two cultivars of sweet sorghum. *Journal of Agronomy Crop Science*, ISSN 0931-2250.
- Pérez-Hernández, Y., Navarro-Boulanger, M., Rojas-Sánchez, L., Fuentes-Alfonso, L. and Sosa-del Castillo, M. 2018. Effect of hydric stress on the germination of seeds from *Sorghum bicolor* (L.) Moench cv. UDG-110. *Pastos y Forrajes*, 41,4.
- Queiroz, M.S., Oliveira, C.E., Steiner, F., Zuffo, A.M., Zoz, T., Vendruscolo, E.P., Silva, M.V., Mello, B., Cabra, R. and Menis, F.T. 2019. Drought stresses on seed germination and early growth of maize and sorghum. *J Agric Sci*, 11(2):310-318.
- Rajendran, R. A., Muthiah, A. R., Manickam, A., Shanmugasundaram, P. and Joel, A. J. 2011. Indices of drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes at early stages of plant growth. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7(1):42-46.
- Reiahi, N. and Farahbakhsh, H. 2013. Ascorbate and drought stress effects on germination and seedling growth of sorghum. *Int J Agron Plant Prod*, 4(5):901-910.

- Rezende, R. K. S., Masetto, T.E., Oba, G. C. and Jesus, M.V. 2017. Germination of sweet sorghum seeds in different water potentials. *American Journal of Plant Sciences*, 8(12): 3062-3072.
- Uslu, Ö. S., Gedik, O., Alhamedi, M. ve Alminfi, K. 2021. Kuraklık stresinin bazı yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi . *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 3(2):28-36.
- Viliga, F. and Şumalan, R. 2013. Effects of osmotic stress on sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) seed germination and embryo growth. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 17(1):302-306.
- Yılmaz, M.B. 2019. Çokyıllık çim (*Lolium perenne* L.) çeşitlerinde tuz ve kuraklık stresinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. Hatay.
- Yücel, C., R. Hatipoğlu, I. Dweikat, İ. İnal, F. Gündel ve H. Yücel. 2018. Farklı tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) genotiplerinin Çukurova ve GAP bölgelerinde biyo-etanol üretim potansiyellerinin saptanması. TÜBİTAK TOVAG 1003 114O945 Nolu Proje.

