



Karabuğdayda (*Fagopyrum esculentum* Moench.) Farklı Tuz Dozlarının Çimlenme Parametrelerine Etkisi

Araştırma Makalesi/Research Article

Auf İçin: Ergeldi, B., Avcı Birsin, M. (2025). Karabuğdayda (*Fagopyrum esculentum* Moench.) Farklı Tuz Dozlarının Çimlenme Parametrelerine Etkisi. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 8(1):51-60

To Cite: Ergeldi, B., Avcı Birsin, M. (2025). Effect of Different Salt Doses on Germination Parameters in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). Journal of Erciyes Agriculture and Animal Science, 8(1):51-60

Bahar ERGELDİ^{1*}, Melehat AVCI BİRSİN²

¹Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, TÜRKİYE

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

*sorumlu yazar: baharergeldi@gmail.com

Bahar ERGELDİ, ORCID No: 0000-0002-0313-5694, Melehat AVCI BİRSİN, ORCID No: 0000-0003-4970-3949

Yayın Bilgisi

Geliş Tarihi: 14.03.2025

Revizyon Tarihi: 27.03.2025

Kabul Tarihi: 09.04.2025

doi: 10.55257/ethabd.1657919

Anahtar Kelimeler

Karabuğday, Çimlenme, Fide büyümesi, Tuz stresi, Tuz Dozları

Keywords

Buckwheat, Germination, Seedling growth, Salt stress, Salt doses

Özet

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Biyoteknoloji laboratuvarında yürütülen bu araştırmada; materyal olarak Aktaş Karabuğday çeşidinin tohumları ve tuzun (sodyum klorür-NaCl) farklı dozları (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 ve 18 mg L⁻¹) kullanılmıştır. Çalışmada, tuz stresinin karabuğdayda çimlenme ve fide gelişimine etkisi incelenmiştir. Deneme, kontrollü koşullarda yapılmış ve çimlenme potansiyeli, çimlenme oranı, çimlenme indeksi, vigor indeksi, sürgün ve kök uzunluğuna ilişkin veriler elde edilmiştir. Bu veriler ile yapılan varyans analizi sonucunda incelenen özellikler bakımından tuz dozlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortalamalar karşılaştırıldığında; kontrol ve 2-4 g L⁻¹ dozlarında başta çimlenme oranı, çimlenme potansiyeli, çimlenme indeksi ve sürgün- kök uzunluğuna ait değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. 6-10 g L⁻¹ tuz dozlarında çimlenme ve fide gelişimi azalmış ve 12 g L⁻¹ doz ve sonrasında ise çimlenme ve sürgün-kök gelişimi durmuştur. Bu sonuçlar, tuz stresi altında karabuğday tohumlarının çimlenme performansının azaldığını ve fide büyümesinin yavaşladığını göstermektedir.

Effect of Different Salt Doses on Germination Parameters in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.)

Abstract

In this study carried out in the Biotechnology laboratory of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ankara University, seeds of Aktas Buckwheat variety and different doses of salt (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 and 18 mg L⁻¹) were used as material. In the study, the effect of salt stress on germination and seedling development was investigated. The experiment was conducted under controlled conditions and data on germination potential, germination rate, germination index, vigour index, shoot and root length were obtained. As a result of the analysis of variance performed with these data, the effect of salt doses was found to be statistically significant. When the averages were compared, it was observed that the values of germination rate, germination potential, germination index and shoot and root length were higher in control and 2-4 g L⁻¹ doses. In doses of 6-10 g L⁻¹, germination and seedling development decreased and at 12 g L⁻¹ dose and later, germination and shoot-root development stopped. These results indicate that the germination performance of buckwheat seeds decreased and seedling growth slowed down under salt stress.

1. GİRİŞ

Karabuğday, yalancı tahıl (pseudo-cereal) olarak isimlendirilen, kuzukulağıgiller (*Polygonaceae*) familyasından *Fagopyrum* cinsine ait tek yıllık bir bitkidir. Karabuğday tarımı ilk olarak 5. ve 6. yüzyıllarda Çin’de, 14. ve 15. yüzyıllarda Avrupa’da, 17. yüzyılda ise Kuzey Amerika’da başlamıştır. Günümüzde karabuğdayın kültürü; Rusya, Çin Halk Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Ukrayna, Kazakistan, Brezilya, İtalya, Slovakya, Polonya ve Japonya gibi pek çok ülkelerde yapılmaktadır. 2023 yılı Dünya Karabuğday ekim alanı 2,18 milyon hektar, üretimi 2,20 milyon ton ve birim alan verimi 100 kg da-1’dir. Dünya toplam Karabuğday üretiminin yarısını tek başına Rusya karşılamaktadır. Onu Çin, Ukrayna, A.B.D., Kazakistan, Brezilya, Japonya ve Kanada gibi yaygın üretim yapan ülkeler izlemektedir (FAO, 2025).

Karabuğday bileşimindeki yüksek diyet lifi, protein, vitamin ve mineral madde seviyesi, temel çoklu doymamış yağ asitleri, rutin ve quercetin gibi antioksidan içeriği ile kalitesi yüksek önemli bir gıda ham bileşeni olup, fonksiyonel gıda endüstrisi için çok önemli bir potansiyele sahiptir (Dizlek ve ark., 2009; Acar ve ark., 2011; Ozyazıcı ve Turan, 2021; Gabr ve ark., 2022). Karabuğday proteinleri albumin ve globulin bakımından zengin iken glutelin ve prolamin içeriği bakımından fakirdir. Bu nedenle karabuğday unu ya da kırması ile hazırlanan hamurlarda öz (gluten) oluşmaz. Lisin ve arginin bakımından zengin olan aminoasit kompozisyonu sebebiyle karabuğday proteini yüksek biyolojik değere sahiptir (Dizlek ve ark., 2009). Karabuğday, gluten içermemesi nedeniyle çölyak hastaları ve gluten hassasiyeti olan bireyler için günlük beslenmede önemli, sağlıklı bir gıda olarak büyük önem taşımaktadır (Skrabanja ve ark., 2004; Wijngaard ve Arendt, 2006). Karabuğday, kısa vejetasyon süresine sahip olması ve hızlı gelişimi nedeniyle iyi bir ekim nöbeti ve ikinci ürün bitkisi olarak kullanılabilir. Yeşil ot, kuru ot ve silaj bitkisi şeklinde hayvan beslenmesinde ve uzun çiçeklenme dönemi ile arılar için nektar kaynağı olarak değerlendirilebilir (Kara ve Yüksel, 2014; Özyazıcı ve Açıkbaz, 2022). Karabuğday yetiştiriciliğinde; iklim (yağış, sıcaklık gibi) ve toprak (tuzluluk, besin maddesi) koşulları bitkinin verimliliğini, ürün kalitesini ve potansiyelini etkilemektedir (Taylor ve Obendorf, 2001; Matsuura ve ark., 2005; Biçer ve Özyazıcı, 2020). Tarımsal açıdan karabuğday, düşük su tüketimi ve marjinal topraklarda yetişebilme

özellikli sayesinde sürdürülebilir tarım uygulamaları için önemli bir alternatif sunmaktadır (Bonafaccia ve ark., 2003).

Toprak tuzluluğu, bitki gelişimi üzerinde önemli kısıtlamalar oluşturmaktadır. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde çözünebilir tuzların birikimi, tarımsal üretim ve bitki verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Munns ve Tester, 2008). Toprakta, sodyum klorür (NaCl) birikimi, bitkilerde ozmotik stresin meydana gelmesine, su alımının zorlaşmasına ve büyüme-gelişme süreçlerinin aksamasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, bitkilerin tuzluluğa karşı en hassas büyüme aşamasının çimlenme dönemi olduğu kabul edilmektedir (Ashraf ve Wahid, 2000; Acıkbaz ve ark., 2021). Yapılan pek çok çalışmada, yüksek tuz dozlarında çimlenmenin engellendiği ve çimlenme oranının düştüğü bildirilmiştir (Yao ve ark., 2021; Ceritoğlu ve Erman, 2020; Açıkbaz ve ark., 2023; Açıkbaz ve ark., 2024; Karaman ve Okumuş, 2024). Tuz; çeşide, bitkinin büyüme dönemine, tuz seviyesine ve çevre koşullarına bağlı olarak bitki büyümesini ve gelişimini ciddi şekilde etkilemektedir (Zang ve ark., 2022; Zhou ve ark., 2023). Çimlenme ve ilk gelişme döneminde, çimlenme potansiyeli ve oranı, çimlenme indeksi, vigor indeksi, sürgün ve kök uzunluğu gibi bazı morfolojik özelliklerin ölçülmesi kolay ve hızlıdır. Bu nedenle bu kriterler, erken dönemde bitkilerin tuza tolerans seviyesinin belirlenmesinde kullanılabilir (Ali ve Elozeiri, 2017; Zhou ve ark., 2023; Açıkbaz ve ark., 2023). Bu araştırmada, farklı tuz dozlarının karabuğdayda çimlenme oranı ve ilk gelişme dönemine etkisi incelenerek, bitkinin tuz stresine tepkisi saptanmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Biyoteknoloji laboratuvarında yürütülen bu araştırmada; Aktaş karabuğday çeşidinin tohumları kullanılmıştır. Aktaş çeşidi; Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 2014 yılında tescil ettirilmiştir. Çeşidin bitki boyu 80-95 cm, çiçekleri beyaz renkli, birim alan tane verim potansiyeli çevre ve iklim koşullarına göre değişmekle birlikte 80-160 kg da-1 arasında, bin tane ağırlığı 20-29 gr, hektolitre ağırlığı 58-65 kg ve protein oranı %11-14 arasında değişmektedir. Un ve bulgur yapımında kullanılmaktadır. Türkiye'nin her bölgesinde yetiştirilebilir.

Deneme, laboratuvar koşullarında, petri (150x15mm) kaplarında iki kat çimlendirme kağıdı arasında; her bir petri kabına 10 adet karabuğday tohumu yerleştirilerek tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Tuz stresi oluşturmak için dokuz farklı tuz dozu (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 ve 18 g L⁻¹ NaCl) kullanılmıştır (Yang ve Yang 2014). Tohumlar çimlendirme kağıtları arasına yerleştirildikten sonra her petriye her doz için ayrı ayrı 10 ml tuz çözeltisi ilave edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan petri kapları 25±2°C'de 7 gün boyunca inkübatörde karanlık ortamda bekletilmiştir. Bu süre boyunca çimlenen tohum sayıları her gün kaydedilmiştir. Kök uzunluğu tohum uzunluğunun yarısına ulaşan tohumlar çimlenmiş olarak kabuk edilmiş ve çimlenme parametreleri Yao ve ark. (2021) ve Yılmaz ve Kısakürek (2021)'göre belirlenmiştir. Yedi gün sonunda elde edilen veriler ile çimlenme potansiyeli, çimlenme oranı, çimlenme indeksi ve Vigor (canlılık) indeksi hesaplanmıştır. Ayrıca gelişen her bitkiğin sürgün ve kök uzunlukları (Şekil 1) ölçülmüştür. İncelenen özellikler ve hesaplamalar:

Çimlenme potansiyeli (GP): denemenin 3. gününde çimlenen tohumlar sayılarak (çimlenen sayısının/ petrideki toplam tohum sayısı) x 100 formülü ile çimlenme potansiyeli % olarak hesaplanmıştır.

Çimlenme Oranı (GR): denemenin 7. gününde çimlenen tohumlar sayılarak, (çimlenen tohum sayısı/ petrideki toplam tohum sayısı) x 100 formülü ile çimlenme oranı % olarak hesaplanmıştır.

Çimlenme İndeksi (GI): Her gün çimlenen tohum oranının (Gi), sayım günlerine (Tt) bölünmesiyle

oluşan formül ($GI = \sum(Gi/Tt)$) ile bulunmuştur (Wang ve ark.,2004).

Vigor (Canlılık) İndeksi (VI): çimlenme indeksinin sürgün uzunluğu ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

Kök ve Sürgün Uzunluğu (mm): Bitkilerde sürgün ve kök uzunluğu milimetrik cetvelle ölçülerek belirlenmiştir.

Elde edilen verilerle JMP-13 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi yapılmıştır. F testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak önemli olan özelliklerin ortalama değerleri, Tukey (P<0.05) çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır (SAS, 2017).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Karabuğdayda farklı tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişimi parametreleri üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi; tuz dozlarının etkisi, incelenen tüm özellikler (Çimlenme Potansiyeli, Çimlenme Oranı, Çimlenme İndeksi, Vigor İndeksi, Sürgün Uzunluğu ve Kök Uzunluğu) için istatistiksel olarak %1 düzeyinde düzeyde anlamlı ve önemli bulunmuştur (p<0.01). Bu durum, uygulanan tuz stres dozlarının çimlenme ve erken fide gelişimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Farklı tuz dozlarının karabuğdayda çimlenme parametrelerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları
Table 1. Analysis of variance results on the effect of different salt doses on germination parameters in buckwheat

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Ortalaması					
		Çimlenme Potansiyeli (%)	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme İndeksi	Vigor İndeksi	Sürgün Uzunluğu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)
Tuz Dozları	9	1.970,74**	3.814,81**	3.150,36**	64.654,6**	10.151**	42.098**
Hata	20	70,00	73,33	57,37	716,4	0,12	0,66
Total	29						

**: % 1 düzeyinde önemlidir

Farklı tuz dozu uygulamasında çimlenme parametrelerinden elde edilen verilerin ortalamalarına ilişkin Tukey testi grupları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde; tuz dozlarından (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 g L-1) incelenen tüm özelliklerin (çimlenme potansiyeli, çimlenme oranı, çimlenme endeksi, vigor endeksi, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu) etkisini ve artan dozlarda ortalamaları düştüğü görülmektedir.

Çimlenme Potansiyeli (%); çimlendirme çalışmasının 3. gününde çimlenen tohumların

petrideki tohum sayısı ile oranlanarak hesaplanmıştır. Tuz dozlarına göre çimlenme potansiyeli oranı %63,33 ile 0 arasında değişmiştir. Kontrol ve dokuz tuz dozunda çimlenme potansiyeli oranları Tukey testine göre yedi farklı gruba (a, ab, bc, cd, cde, de, e) ayrılmıştır. 2 ve 4 g L-1 dozlarından elde edilen çimlenme potansiyeli oranı ortalamaları Tukey testi karşılaştırmasında aynı (a) grupta yer almıştır. En yüksek çimlenme potansiyeli oranı 2 g L-1 dozunda %63,33 olarak ortaya çıkarken; kontrol uygulamasında %53,33 olmuş; 4, 16 ve 18 g L-1 dozlarda ise tohumlarda çimlenme gerçekleşmemiştir.

Çizelge 2. Karabuğdayda farklı tuz dozu uygulamasında çimlenme parametrelerinden elde edilen verilerin ortalamalarına ilişkin Tukey testi grupları*
Table 2. Germination parameters of buckwheat at different salt doses Tukey test groups for the averages of the data obtained*

Tuz Dozları	Çimlenme Potansiyeli (%)	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme İndeksi	Vigor İndeksi	Sürgün Uzunluğu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)
0	53,33 ab	86,67 a	73,99 a	353,58 a	4,82 a	10,29 a
2	63,33 a	90,00 a	80,41 a	359,52 a	4,46 a	8,11 ab
4	60,00 a	83,33 a	75,74 a	166,03 b	2,14 b	5,87 b
6	33,33 bc	53,33 b	45,45 b	45,67 c	1,05 c	3,36 c
8	26,67 cd	36,67 bc	32,24 bc	19,73 c	0,60 cd	1,51 cd
10	13,33 cde	16,67 cd	16,27 cd	4,88 c	0,30 cd	0,78 d
12	6,67 de	16,67 cd	12,55 cd	2,08 c	0,18 cd	0,56 d
14	0,00 e	6,67 d	3,40 d	0,34 c	0,07 cd	0,10 d
16	0,00 e	10,00 d	3,10 d	0,41 c	0,13 cd	0,13 d
18	0,00 e	0,00 d	0,00 d	0,00 c	0,00 d	0,00 d

*) aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değil

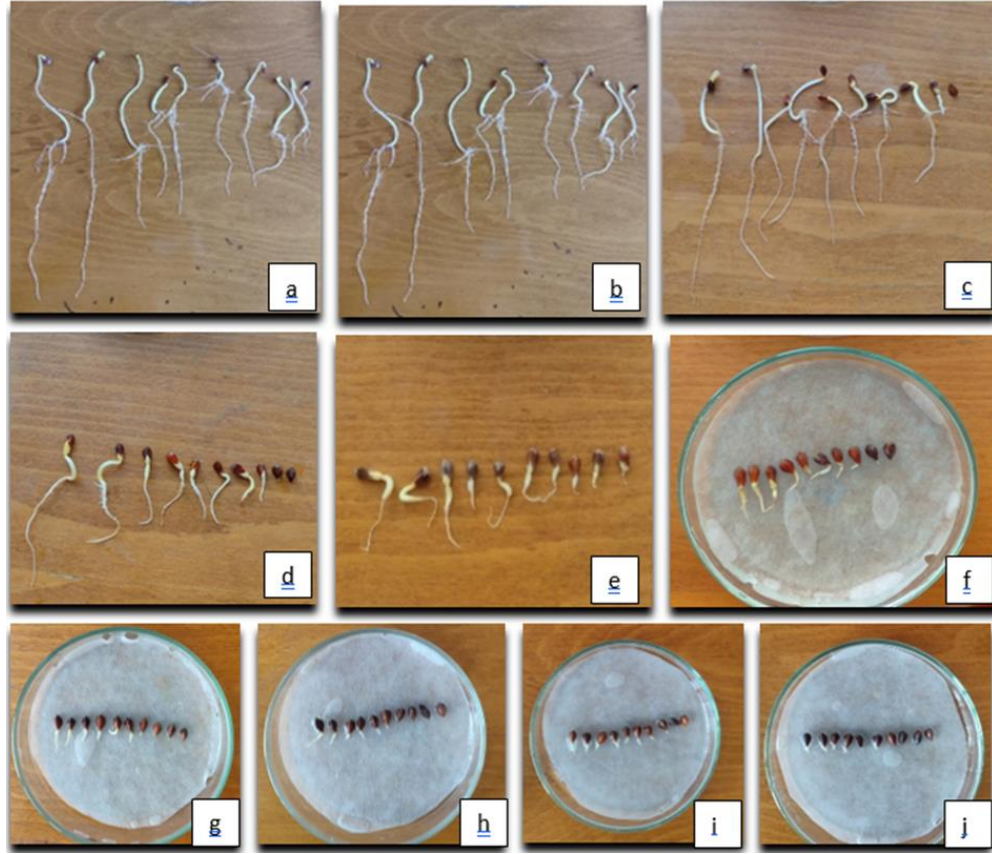
Farklı tuz dozlarında çimlenme oranı ortalamaları 0-%90 arasında değişmiştir. Çimlenme oranı ortalamaları 0, 2 ve 4 g L-1 dozlarında istatistiksel olarak “a” grubunda ve 14, 16 ve 18 g L-1 dozların ortalaması da istatistik olarak “d” grubunda yer almıştır. Tuz dozu 4g L-1 ve üzerine çıktığında çimlenme potansiyeli ve oranında belirgin bir düşüş görülmüştür. 12 g L-1 ve üstü tuz dozlarında ise çimlenme tamamen engellenmiş ve 0 değerine inmiştir. Artan tuz dozlarında çimlenme potansiyeli ve çimlenme oranının azaldığını gösteren bulgularımız; Açıkbaz ve ark., (2024)’ün karabuğdayda; Ahmed ve ark., (2024) ve Gökkaya ve Arslan, (2023)’ün sorgumda; Zhou ve ark., (2023)’ün soyada; Benlioğlu ve ark., (2022)’in arpada; Güngör ve ark. (2021)’in yulafta; Özaktan ve ark., (2018)’in nohutta ve Akbarimoghaddam ve ark., (2011)’in buğdayda yaptığı çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Bitkilerde çimlenme oranını etkileyen ana faktörler su alımı ve sıcaklıktır. Ayrıca, tohum iriliği (Zhang ve ark., 2010) ve hücrenin veya ortamın ozmotik potansiyeli (Piovan ve ark., 2019) gibi faktörler su alımını etkiler ve bu faktörlerin tümü çimlenme potansiyeli ve hızını belirlemektedir. Bu nedenle, tohum kabuğun üzerindeki yüksek iyon konsantrasyonu ve bunların enzimatik proses üzerindeki toksik etkisi çimlenmeyi engellemekte ve kökçüğün uzamasının geciktirmektedir (Ceritoğlu ve Erman, 2020).

Her gün çimlenen tohum oranının, sayım günlerine bölünmesiyle bulunan çimlenme indeksi değerleri 80,41 ila 0,00 arasında değişmiştir. Dozlara göre çimlenme indeksi ortalama değerleri Tukey karşılaştırmasında beş farklı gruba (a, b, bc, cd ve d) ayrılmıştır. Kontrol, 2 ve 4 g L-1 dozlarında ortalamalar aynı grupta (a) yer alırken en yüksek çimlenme indeksi 2g L-1 dozda 80,41 olmuş, en düşük değerlerde de aynı grupta (d) yer alan 14 g L-1 ve sonraki dozlarda gerçekleşmiştir. Çimlenme indeksinin sürgün uzunluğu ile çarpımından elde edilen Vigor indeksi değeri kontrol ve 2g L-1 dozunda aynı istatistik grupta (a) yer almış ve en yüksek değer 359,52 olarak gerçekleşmiştir. 6 g L-1 doz ve sonraki dozlarda elde edilen değerler istatistiksel olarak aynı grupta (c) yer almıştır. Uygulanan tuz miktarı arttıkça vigor indeksi azalmıştır. Artan tuz dozlarında ozmotik stresin artmasıyla fidenin oksijen açığı arttığı için vigor indeksi olumsuz etkilenmektedir. (Ahmadloo ve ark. 2011; Gongping ve ark. 2000). Yüksek çimlenme indeksi değeri, tohumların iyi bir çimlenme yeteneğine sahip olduğunun ve eş zamanlı bir çıkışın

gerçekleştiğinin göstergesidir. Çimlenme indeksindeki düşüş ise tohumların hem oransal olarak çimlenme yeteneğinin azaldığını, hem de çimlenme süresinin uzadığını gösterir (Yılmaz ve Kısakürek, 2021; Ceritoğlu ve Erman, 2020; Gürbüz ve ark., 2009). Çimlendirme ortamındaki Na⁺ birikimi ozmotik ve metabolik sorunlara yol açarak çimlenme oranı ve çimlenme indeksini düşürmektedir (Yıldırım ve ark., 2009). Bitki yetiştirme ortamındaki yüksek tuz konsantrasyonu, önemli bir abiyotik stres kaynağıdır ve bitkilerin çimlenme büyüme-gelişme ve verimi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Zhou ve ark., 2023; Zang ve ark., 2022; Bakht ve ark., 2012; Zapata ve ark., 2004). Tuzun, çimlenmeyi inhibe etmesinde spesifik iyon toksisitesi ya da ozmotik stresin etkili olabileceği Huang ve Redmann (1995) ve Zhu (2003) tarafından da bildirilmiştir. Bir başka deyişle çimlenme ortamındaki artan tuzluluk, tohumun su alımını önleyen ozmotik potansiyel yaratır (Grewal, 2010) ve Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının toksik etkisiyle (Chen ve ark., 2020) çimlenme süreci engellenir. Ayrıca, hücre içine giren Na⁺ ve Cl⁻ iyonları hem hücre zarı hem de sitozoldeki metabolik aktivite üzerinde toksik etkilere neden olabilmektedir (Cha-Um ve Kirdmanee, 2010; Zhu ve ark., 2019).

Çimlenmenin 7. gününde (Şekil 1) alınan ölçümlere göre en yüksek sürgün uzunluğu, kontrol ve 2 g L-1 dozda sırasıyla 4,82 cm ve 4,46 cm olarak ölçülmüştür. 4 g L-1 dozda 2,14 cm olan sürgün uzunluğu, 8 g L-1 dozdan sonra 1cm altına inmiştir. En yüksek kök uzunluğu da kontrolde 10,29 cm ve 2 g L-1 dozda da 8,11 cm olurken 10 g L-1 dozdan sonraki dozlarda ölçülen kök uzunluğu ortalamaları istatistiksel olarak aynı grupta (d) yer almıştır. Artan tuz dozlarında sürgün ve kök uzunluğun azaldığını gösteren bulgularımız; Yao ve ark., (2024)’ün karabuğdayda; Doruk ve Okumuş (2024)’ün buğdayda; Benlioğlu ve ark., (2022); Zang ve ark., (2010) ve Patterson ve ark. (2009)’un arpada elde ettiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Çimlenme ve ilk gelişme döneminde, sürgün ve kök gelişimi tuz dozlarında önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu nedenle sürgün ve kök uzunluğu verilerinin bitkilerin tuza toleransını belirlemede kriter olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2023; Açıkbaz ve ark., 2023; Benlioğlu ve ark., 2022; Ali ve Elozeiri, 2017).



Şekil 1. Aktaş çeşidinde farklı tuz dozlarında (a-0, b-2, c-4, d-6, e-8, f-10, g-12, h-14, i-16 ve j-18 mg L⁻¹) çimlenmenin 7. günde sürgün ve kök oluşumu

Figure 1. Shoot and root formation on the 7th day of germination at different salt doses (a-0, b-2, c-4, d-6, e-8, f-10, g-12, h-14, i-16 and j-18 mg L⁻¹) in Aktas cultivar

Farklı tuz dozlarının karabuğdayda çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek için yapılan Temel Bileşen Analizi (PCA) verileri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi temel bileşen analizi sonuçlarına göre birinci ana bileşen (PC1) toplam varyansın %4,8'ini, ikinci ana bileşen (PC2) ise %4,72'sini açıklamaktadır. Toplamda %99,5'lik bir orana sahip olan bu iki bileşen, çimlenme ve fide gelişimi ile ilgili varyasyonun büyük ölçüde bu eksenler tarafından temsil edildiğini göstermektedir. Aslan ve ark. (2016) ekmeklik buğday ve siyez genotiplerinde tuza toleransı belirlemek için yaptıkları çalışmada; verileri temel bileşen analizi ile değerlendirdiklerinde ilk PC1'in toplam varyasyon üzerinde %71,946 oranında ve PC2'nin %11,098 oranında etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Güngör ve ark. (2021) yulaf genotiplerinin tuz stresine toleransını PCA yöntemi ile taramışlar ve stres uygulanan yulaf genotiplerinde incelenen özelliklerdeki toplam varyasyonun ilk iki ana bileşenin %50,3'ünü oluşturduğunu belirtmişlerdir. Benlioğlu ve ark. (2022), bazı arpa genotiplerinin çimlenme döneminde

tuzluluk stresine karşı tepkilerini PCA analizi ile belirlemişler ve üç farklı tuz stresinde incelenen dokuz çimlenme parametresinde ilk iki temel bileşenin toplam varyansa % 57 – 64,91 oranında katkıda bulunduğunu açıklamışlardır. Temel bileşen analizi bulgularımız; yukarıdaki araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 3. Karabuğdayda Farklı tuz dozlarında incelenen özelliklere göre temel bileşen analizi
Table 3. Principal component analyses of buckwheat according to the properties studied at different salt doses

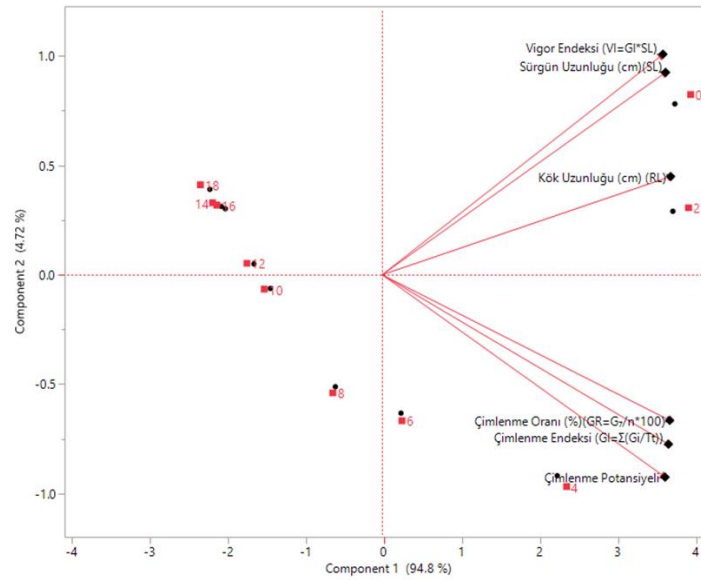
Temel Bileşenler	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
Özdeğer (Eigenvalue)	5,686	0,283	0,024	0,004	0,002	0,000
Varyans (%)	94,773	4,720	0,398	0,072	0,034	0,004
Kümülatif (%)	94,773	99,493	99,891	99,963	99,996	100,0
	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
Çimlenme Potansiyeli	0,405	-0,464	0,372	0,531	0,151	0,420
Çimlenme Oranı	0,412	-0,334	-0,193	-0,743	-0,034	0,357
Çimlenme Endeksi	0,410	-0,389	0,021	0,007	-0,091	-0,820
Vigor Endeksi	0,402	0,506	0,514	-0,095	-0,555	0,035
Sürgün Uzunluğu	0,406	0,464	0,053	-0,082	0,775	-0,102
Kök Uzunluğu	0,413	0,225	-0,746	0,386	-0,245	0,111

Temel bileşen analizinde (PCA), incelenen değişkenler arasındaki ilişkileri ve tuz dozlarının çimlenme performansı üzerindeki etkisini görselleştirmek için kullanılmıştır. Farklı tuz dozlarında çimlenme özelliklerinin karakterizasyonuna dayalı olarak ortalamaların birinci ve ikinci temel bileşenlere göre sınıflandırılması Şekil 2’de Bipilot grafikte verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, farklı tuz dozlarında çimlenme oranı, çimlenme indeksi, vigor indeksi, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu gibi parametreler açısından farklı konumlarda yer almaktadır. PC1 eksen, çimlenme oranı (GR), çimlenme indeksi (GI), vigor indeksi (VI), sürgün uzunluğu (SL) ve kök uzunluğu (RL) ile güçlü pozitif korelasyon göstermektedir. Bu durum, PC1’in genel çimlenme başarısını ve fide gelişimini temsil ettiğini göstermektedir. Grafikte sağ tarafta yer alan dozlar, daha iyi çimlenme ve fide gelişimi sergileyen tuz dozlarını temsil etmektedir. PC2 eksen ise çimlenme oranı ve çimlenme indeksi gibi değişkenlerle daha düşük bir korelasyon göstermektedir. Bu eksen, özellikle kök uzunluğu gibi ikincil değişkenlerin varyasyonuna katkıda bulunmaktadır. Biplot grafiği incelendiğinde, farklı

tuz dozlarının karabuğdayın çimlenme performansına etkisinin değişkenlik gösterdiği görülmektedir:

Sağ üst bölgede yer alan tuz dozları (0 ve 2 g L⁻¹) yüksek çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu gibi parametrelerde olumlu sonuçlar vermektedir. Bu dozlar, çimlenme sürecini ciddi şekilde engellememiştir. Sol alt bölgede yer alan tuz dozları (4 ve 6 g L⁻¹) ise düşük çimlenme oranı, kısa kök ve sürgün uzunluğu ile ilişkilidir. Bu durum, yüksek tuz dozlarının çimlenmeyi baskıladığını ve fide gelişimini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Sol üst çeyrekte bulunan dozlar (12, 14, 16 ve 18 g L⁻¹) diğer parametrelere göre farklı bir yanıt sergilemektedir.

Bu analiz, yüksek tuz dozlarının karabuğdayın çimlenme ve fide gelişimi üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğunu, düşük ve orta seviyedeki tuz dozlarının ise görece daha iyi çimlenme performansı sunduğunu göstermektedir. PCA analizi, farklı tuz seviyelerine verilen yanıtları gruplandırmak ve tuz tolerans eşiğini belirlemek için etkili bir yöntem olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Farklı tuz dozlarında çimlenme özelliklerinin karakterizasyonuna dayalı olarak ortalamaların birinci ve ikinci temel bileşenlere göre sınıflandırılması

Figure 2. Classification of averages according to the first and second principal components based on the characterisation of germination characteristics at different salt doses

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; incelen çimlenme parametreleri ortalamaları; kontrol ve düşük tuz dozlarında ($2-4 \text{ g L}^{-1}$) yüksek değer göstermiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. $6-10 \text{ g L}^{-1}$ tuz dozlarında, çimlenme ve fide büyüme parametreleri kademeli olarak azalsa da tamamen yok olmamıştır. Yüksek tuz dozlarında ($12-18 \text{ g L}^{-1}$) ise hem çimlenme hem de fide gelişimi tamamen engellenmiş, ilgili değerler 0 olarak kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar, artan tuz dozlarının karabuğday tohumlarının çimlenme ve fide gelişimini olumsuz etkilediğini ve bitkinin fide gelişim döneminde tuz stresine daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Temel bileşen analizi sonuçları da karabuğdayın tuz stresi altındaki fizyolojik tepkilerini anlamak ve gelecekteki stres toleransı çalışmalarında kullanılabilecek uygun tuz dozu belirlemek için önemli veriler sunmaktadır. Karabuğdayda çimlenme ve ilk gelişme dönemini olumsuz etkileyen tuz stresini azaltmak için tohumların borik asit (Açıkbaş ve ark., 2024) ve hidrojen peroksit (Yao ve ark., 2021) ile ön işleme tabi tutulmasının başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Sonuç olarak, karabuğdayın tuz stresine tolerans mekanizması belirlendiğinde ve tuzlu topraklarda yetiştiriciliği söz konusu olduğunda tohumlar uygun ön işleme maruz bırakılarak tuz stresi zararı önenebilir.

KAYNAKLAR

- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A. ve Bektaş, H., 2021. The effect of salinity on root architecture in forage pea (*Pisum sativum ssp. arvense* L.). *Legume Research-An International Journal*. 44(4): 407-412.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., Bıçakçı, E. ve Özyazıcı, G., 2023. Germination and seedling development performances of some soybean *Glycine max* (L.) Merrill cultivars under salinity stress. *Turkish Journal of Range and Forage Science*. 4(2): 108-118.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, G. ve Özyazıcı, M.A., 2024. Tuz Stresi Altında Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'in Çimlenmesi ve Fide Büyümesi Üzerine Borik Asit ile Tohum Ön Uygulamasının Etkisi. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.)*, 12 (2): 211-222; ISSN: 2147-8384 / e-ISSN: 2564-6826, doi: 10.33202/comuagri.1538921
- Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A. And Panjehkeh, N., 2011. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia journal of Sciences*. 9(1): 43-50.
- Ahmed, A.M., Wais, A.H., Ditta, A., Islam, M.R., Chowdhury, M.K., Pramanik, M.H., Ismaam, H.N., Soufan, W., El Sabagh, A. and Islam, M.S., 2024. Seed germination and early seedling growth of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes under salinity stress. *Polish Journal of Environmental Studies*. 33(3): 3019-3032.
- Ali, A.S., Elozeiri, A. Metabolic processes during seed germination. *Adv. Seed Biol*. 2017, 141–166.
- Ahmadloo, F., Tabari, M., Behtari, B., 2011. Effect of drought stress on the germination parameters of *Cupressus* seeds. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 1(1): 11-17.
- Ashraf, M. and Wahid, S., 2000. Time-course changes in organic metabolites and mineral nutrients in

- germinating maize seeds under salt (NaCl) stress. *Seed Science and Technology*. 28: 641–656.
- Aslan D., N. Zencirci., M. Etöz., B. Ordu., and S. Bataw., 2016. Bread wheat responds salt stress better than einkorn wheat does during germination. *Turkish Journal of Agricultural Forestry* (40): 783-794
- Bakht, J., Khan, M.J., Shafi, M., Khan, M.A. and Sharif, M., 2012. Effect of salinity and ABA application on proline production and yield in wheat genotypes. *Pak J Bot.* 44(3): 873-878.
- Biçer, A. ve Özyazıcı, G., 2020. İkinci ürün olarak yetiştirilen karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'da verimikompost dozlarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*. 7(9): 273-287.
- Bonafaccia, G., Marocchini, M. ve Kreft, I., 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 80(1): 9-15. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00228-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00228-5)
- Campbell, C.G., 1997. Buckwheat: *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops (Vol. 19). Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.
- Ceritoğlu, M. and Erman, M., 2020. Mitigation of salinity stress on chickpea germination by salicylic acid priming. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*. 6(3): 582-591.
- Cha-Um, S. and Kirdmanee, C., 2010. Effect of glycine betaine on proline, water use, and photosynthetic efficiencies, and growth of rice seedlings under salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34: 517-527.
- Chen, T., Pineda, I.M.G., Brand, A.M. and Stützel, H., 2020. Determining ion toxicity in cucumber under salinity stress. *Agronomy*, 10(5): 667.
- Dizlek, H., Özer, M. S., Inanç, E. ve Gül, H., 2009. Karabuğday'ın (*Fagopyrum esculentum* Moench) bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda Dergisi*, 34(5): 317-324.
- Doruk, K.N. ve Okumuş, O., 2024. Gibberellik Asit (GA3)'in Buğdayın (*Triticum aestivum*) Tuz Stresi Toleransını Artırmadaki Rolü. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 7(2): 86-93
- Ellis, R. H. and Roberts, E. H., 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45(1): 13-30.
- FAO, 2025. Crops and livestock products. [https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL\(Erişim tarihi: 24.02.2025\)](https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL(Erişim tarihi: 24.02.2025))
- Gabr, A.M., Fayek, N.M., Mahmoud, H.M., El-Bahr, M.K., Ebrahim, H.S., Sytar, O. and El-Halawany, A.M., 2022. Effect of light quality and media components on shoot growth, rutin, and quercetin production from common buckwheat. *ACS Omega*. 7(30): 26566-26572.
- Grewal, H.S., 2010. Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. *Agricultural Waste Management*, 97(1): 148-156.
- Gongping, G.U., GuoRong, W.U., ChangMei, L. and ChangFang, Z., 2000. Effects of PEG priming on vigor index and activated oxygen metabolism in soybean seedlings. *Chinese Journal Of Oil Crop Sciences*, 22(2): 26-30.
- Gökkaya, T.H. and Arslan, M., 2023. Germination and growth parameters in sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* L.) effected by boron application under salinity stress. *KSU J. Agric Nat.* 26(3): 629-638.
- Güngör, H., Çıkılı Y. and Dumlupınar, Z., 2021. Screening of oat varieties and genotypes at early vegetative stage under salt stress conditions: Morphophysiological and PCA biplot analysis. *Cereal Res. Commun.* 49: 587-597.
- 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
- Huang, J. and Redmann, R.E., 1995. Salt tolerance of *Hordeum* and *Brassica* species during germination and early seedling growth. *Can J Plant Sci.* 75: 815-819.
- Kara, N.K. ve Yüksel, O., 2014. Karabuğdayı hayvan yemi olarak kullanabilir miyiz? *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 1(3): 295-300.
- Matsuura, A., Inanaga, S. and Murata, K., 2005. Differences in the vegetative growth between common and tartary buckwheat in saline hydroponic culture. *Plant Product. Sci.* 5: 533-538.
- Munns, R., and Tester, M., (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Özaktan, H., Çiftçi, C. Y., Kaya, M. D., Uzun, S., Uzun, O., and Akdoğan, G., 2018. Chloride salts inhibit emergence and seedling growth of chickpea rather than germination. *Legume Research*, 41(1): 60-66
- Özyazıcı, M.A. ve Açıkbaz, S., 2022. Farklı azot dozlarının yaygın karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench)'da yem verimi ve besin maddesi içeriğine etkisi. II-International Conference on Global Practice of Multidisciplinary Scientific Studies, Conference Proceedings Book, July 26-28, Batumi, Georgia, 1605-1616.
- Özyazıcı, G. ve Turan, N., 2021. Effect of vermicompost application on mineral nutrient composition of grains of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.). *Sustainability*. 13: 6004.
- Patterson, J.H., Newbigin, E., Tester, M., Bacic, A. and Roessner, U., 2009. Metabolic responses to salt stress of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars, Sahara and Clipper which differ in salinity tolerance. *J. Exp. Bot.* 60(14): 4089-4103.
- Piovan, M. J., Pratolongo, P., Donath, T. W., Loydi, A., and Eckstein, L., 2019. Germination response to osmotic potential, osmotic agents, and temperature of five halophytes occurring along a salinity gradient. *International Journal of Plant Science*, 180(4): 345-355.
- SAS Institute Inc, 2017. JMP® Statistical Discovery Software, version 13.2.0. SAS Institute Inc., Cary
- Skrabanja, V., Kreft, I., Golob, T., Modic, M., Ikeda, S., Ikeda, K., Kreft, S., Bonafaccia, G., Knapp, M., and Kosmelj, K., 2004. Nutrient content in buckwheat milling fractions. *Cereal Chemistry*, 81(2): 172-176. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.172>

- Taylor, D.P. and Obendorf, R.L., 2001. Quantitative assessment of some factors limiting seed set in buckwheat. *Crop Sci.* 41: 1792-1799
- Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A., 2004. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta*, 218(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1105-5>
- Wijngaard, H.H and Arendt, E.K., 2006. Buckwheat. *Cereal Chemistry*. 83(4): 391-401.
- Yang, H.B. and Yang, S.P., 2014. Effects of salt stress on seeds germination and seedlings growth of two buckwheat cultivars. *Hubei Agric Sci* 53(11):2505–2507
- Yıldırım, E., Karlıdağ, H., and Turan, M., 2009. Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply. *Plant, Soil and Environment*, 55, 213-221.
- Yılmaz, M.B. ve Kısakürek, Ş., 2021. *Lolium perenne* L. çeşitlerinde Kuraklık Stresinin Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 24 (3): 529-538. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.777692>.
- Zapata, P. J., Serrano, M., Pretel, M. T., Amoros, A. and Botella, M. A., 2004. Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity. *Plant Science*, 167(4): 781-788.
- Zhang, H., Irving, L. J., McGill, C., Matthew, C., Zhou, D. and Kemp, P., 2010. The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. *Annals of Botany*, 106, 1027-1035.
- Zhang, H., Zhu, J., Gong, Z. and Zhu, J.K., 2022. Abiotic stress responses in plants. *Nat. Rev. Genet.* 23, 104–119
- Zhou, M., Wang, X., and Tang, Y., 2018. Buckwheat genetic diversity and its applications in breeding. *Crops Journal*, 6(1): 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.09.005>
- Zhou, X., Tian, Y., Qu, Z., Wang, J., Han, D. and Dong, S., 2023. Comparing the Salt Tolerance of Different Spring Soybean Varieties at the Germination Stage. *Plants* 12, 2789. <https://doi.org/10.3390/plants12152789>
- Zhu, J.K., 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6: 441-445
- Zhu, G., An, L., Jiao, X., Chen, X., Zhou, G., and McLaughlin, N., 2019. Effects of gibberellic acid on water uptake and germination of sweet sorghum seeds under salinity stress. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 79(3): 415-424.