

Gibberellik Asit (GA₃) Uygulamalarının Farklı Tuz Yoğunluklarında Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Tohumlarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri*

CebraİL YILDIRIM^{1**}, Merve BAŞAK YILDIRIM², Bilal AYDINOĞLU²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Tarım ve Gıda Anabilim Dalı, Yozgat, TÜRKİYE

²Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Antalya, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 10.06.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 25.10.2022

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0001-6287-6110 orcid.org/0000-0001-9222-034X orcid.org/0000-0003-4021-6167

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author: cebo6004@gmail.com

Öz: Bu çalışma, gibberellik asit (GA₃) ile muamele edilmiş sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] tohumlarının farklı tuz yoğunluklarında çimlenme ve fide gelişimlerini incelemek amacıyla, 2018 yılında, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür. Laboratuvar deneyi, tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak çimlendirme dolabında, Petri kapları içerisinde kurulmuştur. Çalışmada, tohumlar 4 farklı GA₃ dozunda (0, 100, 200 ve 300 ppm) 24 saat bekletilmiş ve daha sonra 5 farklı tuz dozunda (0, 2500, 5000, 7500 ve 10000 ppm NaCl) çimlendirilmiştir. Çalışmada; çimlenme oranı, sürgün ve kök uzunluğu, sürgün ve kök yaş ağırlığı ile sürgün ve kök kuru ağırlığı parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonunda, çimlenme oranı dışında, incelenen diğer özelliklerin tuz stresinden anlamlı derecede ($p<0.01$) etkilendiği; GA₃ uygulamasının ise kök kuru ağırlığı dışında, tüm özellikler üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Çalışmada sorgum tohumlarının çimlenme oranı, tuz ve GA₃ uygulamalarına göre % 69.33 ile % 89.33 arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, tuz dozlarına bağlı olarak; sürgün uzunluğu 4.64 cm (10000 ppm NaCl) ile 9.79 cm (kontrol), kök uzunluğu 3.13 cm (10000 ppm NaCl) ile 6.05 cm (kontrol), sürgün yaş ağırlığı 18.96 mg bitki⁻¹ (10000 ppm NaCl) ile 49.49 mg bitki⁻¹ (kontrol), kök yaş ağırlığı 5.43 mg bitki⁻¹ (10000 ppm NaCl) ile 15.15 mg bitki⁻¹, sürgün kuru ağırlığı 2.32 mg bitki⁻¹ (10000 ppm NaCl) ile 4.67 mg bitki⁻¹ (kontrol), kök kuru ağırlığı ise 0.58 mg bitki⁻¹ (10000 ppm NaCl) ile 0.99 mg bitki⁻¹ (kontrol) arasında değişmiştir. Çimlenme oranı dışında diğer özellikler tuz yoğunluğunun artmasından olumsuz yönde etkilenmiştir. Çalışmada ele alınan GA₃ uygulamalarının ise tuz stresinin bu olumsuz etkilerini hafifletme yönünde bir etkisi belirlenmemiştir. Sonuç olarak tuzlu koşullarda çimlendirilen sorgum tohumlarına GA₃ uygulamasının etkileri hakkında daha kesin sonuçlar elde edebilmek için bu konuda daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çimlenme oranı, fide gelişimi, gibberellik asit, sorgum, tuz stresi

The Effects of Gibberellic Acid (GA₃) Treatments on Germination and Seedling Development of Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Seeds at Different Salt Concentrations

Abstract: This study was carried out in 2018 at Akdeniz University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops to examine the germination and seedling growth of gibberellic acid (GA₃) treated sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] seeds at different salt concentrations. The experiment was conducted in Petri dishes in the germination cabinet according to the split-plots design with 3 replications. In the study, seeds were kept at 4 different GA₃ doses (0, 100, 200, and 300 ppm) for 24 hours and then germinated at 5 different salt doses (0, 2500, 5000, 7500, and 10000 ppm NaCl). In the study, germination rate, shoot length, root length, shoot and root fresh weights and shoot and root dry weights were investigated. At the end of the study, it was determined that all traits except germination rate were significantly ($p<0.01$) affected by salt stress, and the effect of GA₃ application on all traits except root dry weight was insignificant. In the study, the germination rate of sorghum seeds

*: Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen birinci yazara ait "Gibberellik Asit (GA₃) Uygulamalarının Farklı Tuz Yoğunluklarında Sorgum Bitkisinin (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri" isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasının bir bölümünden üretilmiştir.

varied between 69.33% and 89.33%. According to the results of the study, shoot length was measured between 4.64 cm (10000 ppm NaCl) and 9.79 cm (control), root length was measured between 3.13 cm (10000 ppm NaCl) and 6.05 cm (control), shoot fresh weight was determined between 18.96 mg plant⁻¹ (10000 ppm NaCl) and 49.49 mg plant⁻¹ (control); root fresh weight was determined between 5.43 mg plant⁻¹ (10000 ppm NaCl) and 15.15 mg plant⁻¹, shoot dry weight was varied between 2.32 mg plant⁻¹ (10000 ppm NaCl) and 4.67 mg plant⁻¹ (control); and root dry weight varied between 0.58 mg plant⁻¹ (10000 ppm NaCl) and 0.99 mg plant⁻¹ (control). Apart from the germination ratio, other properties were negatively affected by the increase in salt concentration. The GA₃ applications evaluated in the study, on the other hand, did not have an effect on mitigating these negative effects of salt stress. As a result, it is seen that more comprehensive studies are needed to obtain more precise results about the effects of GA₃ application on sorghum seeds germinated in saline conditions.

Keywords: Germination ratio, seedling development, gibberellic acid, sorghum, salt stress

1. Giriş

Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], Poaceae familyasının *Sorghum* L. cinsi içerisinde yer almaktadır (Avcıoğlu ve ark., 2009). Dünyanın farklı bölgelerinde yaklaşık beş bin yıldan bu yana tarımı yapılan sorgum, farklı ülkelerde; insan besini, hayvan yemi, inşaat yapı malzemesi, alkollü içecekler, şeker, biyoyakıt, kağıt ve şurup üretiminde yaygın olarak kullanılan çok yönlü bir bitkidir (Dogget, 1988; Açıköz, 2001; Kaplan ve ark., 2009). Dünyadaki kullanım alanlarına göre sorgum tür, alttür ve melezleri; tane sorgumlar, yemlik sorgumlar, tatlı sorgumlar ve süs sorgumları olmak üzere 4 temel grupta toplanmışlardır. Kültür formları tek yıllık olan sorgum, kuvvetli bir kök sistemine sahip olup; bu sayede kuraklığa dayanıklı, yüksek tuzluluğa ise orta derecede dayanıklıdır (Koppen ve ark., 2009; Aydınşakir ve ark., 2012). Ayrıca bitkinin sap ve yaprak yüzeylerinin mumsu bir tabakayla kaplanmış olması, özellikle yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklarda, diğer tarla bitkilerine kıyasla bitkinin daha iyi bir gelişim göstermesine olanak sağlamaktadır (Avcıoğlu ve ark., 2009).

Türkiye’de yem bitkilerinin ekiliş alanları iyileştirilmeye çalışılırken; bu amaca yönelik olarak farklı toprak ve iklim koşullarına uyum sağlayabilecek çok sayıda alternatif bitkiler de bulunmaktadır (Açıkbaş ve Özyazıcı, 2019). Sorgum tür ve melezleri bu bitkilerin başında gelmektedir. Hayvancılığın gelişmiş olduğu çoğu ülkede, bu bitkilerden yaygın olarak hayvan beslemesi amacıyla faydalanılmaktadır. Sorgum ve sorgum x sudan otu melezleri; biçimden sonra yeniden sürebilmesi, yüksek sıcaklık ve kurak koşullara mısırdan daha fazla dayanabilmesi, benzer ekolojik ortamlarda mısırdan daha fazla hasıl ürün verebilmesi, su kullanım etkinliğinin yüksek olması ve birim alandan daha fazla hazmolanabilir besin maddesi üretmesi, besleme değerinin mısıra yakın olması, zararlı ve hastalıklara daha toleranslı olması gibi birçok yönleri ile mısır bitkisine alternatif olabilirler (Çiğdem ve Uzun, 2006).

Bitkiler kendileri için optimum olan koşullarda en iyi gelişimi gösterirler. Bitkilerin optimum yaşadığı ortamlarda, büyüme ve gelişmelerini negatif yönde etkileyen faktörler stres faktörü olarak kabul edilir (Özen ve Onay, 2007; Sabagh ve ark., 2021); bu faktörler, bitkilerin hayatta kalmalarını ve gelişimlerini etkileyecek fizyolojik değişimler, hastalıklar ve hasarlar ortaya çıkarabilirler (Shao ve ark., 2008).

Tuzluluk; özellikle yarı kurak ve kurak iklim alanlarında yıkanarak yeraltı suyuna nüfus eden çözünebilir tuzların yüksek taban suyu ile birlikte kapillarite vasıtasıyla toprak yüzeyine ulaşması ve buharlaşma sonucu ile suyun toprak yüzeyinden ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın alanlarında birikmesi olayıdır (Kwiatowsky, 1998; Kara, 2002). Yarı kurak ve kurak alanlarda yağışın yetersizliği ve buharlaşmanın yüksek olması, su kaynakları ve yağışın fazla olduğu alanlarda ise tarımsal sulamaların bilinçsiz ve yanlış yapılması; tuzluluk sorununu arttırarak, bitki gelişimini ve üretimini sınırlamaktadır (Allahverdiev ve ark., 2000; Koca ve ark., 2007).

Dünyada verimli toprakları etkisi altına alan tuz stresi, bitkilerin gelişimini; fizyolojik, yapısal, moleküler ve biyokimyasal mekanizmalarında farklılaşmalara yol açarak etkilemektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Bununla birlikte tuzluluğun, tohumun çimlenmesini kısıtladığı (Cuartero ve Fernandez-Munoz, 1999; Promila ve Kumar, 2000; Özyazıcı, 2021a, 2021b; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021a), kök ve gövde gelişimini geriletliği (Dash ve Panda, 2001; Ashraf ve ark., 2002; Acıkbaş ve ark., 2021), yaş ağırlık ve su oranını azalttığı (El-Mashad ve Kamel, 2001; Çavuşoğlu, 2006) birçok araştırıcı tarafından bildirilmiştir. Bununla beraber bitkilerde görülen besin dengesizliği, enzim aktivasyon bozukluğu, genel metabolik süreçte aksamalar, membran disfonksiyonu, su alımında dengesizlik ve ozmotik uyumsuzluk, genel gelişim yetersizliği ve oksidatif stres, tuzluluğun meydana getirdiği diğer olumsuz etkiler olarak sıralanabilir (Orcutt ve Nilsen, 1996).

Çimlenme, çıkış ve erken fide dönemi, fizyolojik ve çevresel stres faktörlerine karşı

bitkilerin çok hassas olduğu dönemlerdir. Stres faktörlerinden bir tanesi olan tuzluluk, çimlenme döneminde tohumun bünyesine su alımını engellemekte, bu da çimlenmeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple, doza bağlı olarak çimlenme oranında azalma veya tamamen engelleme, çimlenme ve fide gelişiminde gecikmeye sebep olmaktadır (Yıldız ve ark., 2017). Çimlenme ve fide gelişimi üzerindeki bu olumsuz etkileri ortadan kaldırıp zarar görmeden çimlenme aşamasından fide aşamasına geçmek için ekim öncesinde bir takım ön uygulamalar yapılabilmektedir. Bu uygulamalar içerisinde, tohumların; ekim öncesi ıslatılması, büyüme düzenleyicilerin uygulanması, iriliklerine göre sınıflandırılmaları, besin maddelerinde veya ozmotik çözeltilerde tutma, asitlerle aşındırma, vitaminlerin uygulanması, çimlendikten sonra jel halinde ekilmesi, kaplama ve bantlama gibi priming olarak isimlendirilen çeşitli uygulamalar sayılabilir (Yamaguchi ve Kamiya, 2002; Demirkaya, 2006; Ceritoğlu ve ark., 2021).

Bitki büyüme ve gelişiminde çeşitli fizyolojik etkilere sahip olan bitki hormonlarının tohum çimlenmesinde de çok önemli rolleri bulunmaktadır. Gibberalinler, tohum ve tomurcuk dormansisinin ortadan kaldırılmasında, tohum çimlenmesinin uyarılması ve kontrolünde etkili olmalarından dolayı yaygın şekilde priming yöntemi olarak kullanılmaktadır (Hilhorst ve Karssen, 1992; Karakurt ve ark., 2010). Uygulanan gibberellik asit (GA_3) dozu ve süresi çimlenme üzerinde büyük bir etkiye sahip olup (Duman, 2006), GA_3 'ün su kullanım etkinliği üzerine tuz stresinin etkilerini hafiflettiği de bildirilmiştir (Aldesuquy ve Ibrahim, 2001).

Bu çalışma, sorgum [*S. bicolor* (L.) Moench] bitkisinde GA_3 ile tohum ön uygulamalarının, farklı tuzluluk derecelerinde çimlenme ve erken fide gelişimine etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2018 yılında Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında, kontrollü ve steril koşullar sağlanarak Petri kaplarında yürütülmüştür. Çalışmada, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden sağlanan ve Akdeniz Sahil Kuşağı'nda yaygın olarak yetiştirilen sorgum türüne ait "Rox" çeşidi bitki materyali olarak kullanılmıştır.

Araştırmada, 5 farklı tuz (0, 2500, 5000, 7500 ve 10000 ppm) ve 4 farklı GA_3 (0, 100, 200 ve 300 ppm) konsantrasyonu çalışmanın konusunu teşkil etmiştir. Buna göre laboratuvar denemesi, tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine

göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ana parsellere tuz, alt parsellere ise GA_3 dozları yerleştirilmiştir. Çalışmada kullanılacak tuz ve GA_3 dozlarını hazırlamak için her bir uygulama için belirlenen tuz miktarı ayrı ayrı bir miktar saf suda çözdürülmüş ve son hacim saf su ile 200 ml'ye tamamlanmıştır. Gibberellik asit uygulamalarında ise her bir uygulama için belirlenen GA_3 miktarı ayrı ayrı önce 5 ml alkolde çözdürüldükten sonra, son hacim saf su ile 200 ml'ye tamamlanmıştır.

Sorgum tohumlarından, her uygulama için 25'er adet tohum seçilmiş ve ağırlıkları ölçülmüştür. Bu tohumlar hazırlanan GA_3 solüsyonları içerisinde 24 saat süre ile bekletilmiştir. Bu süre zarfından sonra tohumlar her uygulama için iki adet kurutma kağıdı yerleştirilen Petri kaplarına konulmuş ve her bir Petri kabına 7.5 ml tuz solüsyonu ayarlanabilir pipet ile eklenmiştir (Aydınşakir ve ark., 2012). Tuz solüsyonları eklenen Petri kapları 20 °C sıcaklık ve % 75 nem oranında sabitlenmiş çimlendirme dolabına konularak çimlenme faaliyeti başlamıştır.

Çimlendirme dolabına konulan Petri kaplarından 1 gün sonra gözlem ve ölçümler yapılmaya başlanmıştır. Her Petri kabındaki çimlenen tohum sayısı her gün sayılmış ve Petri kapları 7. gün çimlendirme dolabından çıkartılmıştır. Petri kaplarındaki çimlenen tohum sayısı üzerinden her bir uygulamanın çimlenme oranı (%) belirlenmiştir. Sürgün ve kök gözlemleri için her uygulamadan 5'er adet fide alınmış, sürgün ve kökler kesilerek birbirinden ayrılmıştır. Kesilen sürgün ve köklerin uzunlukları ölçülerek, sürgün ve kök uzunlukları (cm) saptanmıştır. Her bitkiden elde edilen sürgün ve köklerin yaş ağırlıkları tartılmış (mg), tartılan sürgün ve kökler kuru ağırlıklarının belirlenmesi için kese kâğıtları içerisinde etüve konulmuştur. Etüvde 70 °C sıcaklıkta 24 saat bekletilen bitki materyallerinin kuru ağırlıkları (mg) belirlenmiştir.

Elde edilen verilerin istatistikî analizleri tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çimlenme oranı

Farklı tuz konsantrasyonlarında GA_3 uygulamalarının sorgum bitkisinin çimlenme oranına etkilerine ilişkin veriler Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde GA_3 uygulamalarının ve tuz yoğunluklarının sorgum tohumlarının çimlenme oranı üzerindeki etkilerinin önemsiz olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, tuz konsantrasyonlarının artışına paralel olarak sorgum tohumlarının çimlenme oranının genel

Tablo 1. Tuz stresi altında GA₃ dozlarının sorgumda çimlenme oranına etkisi (%)
Table 1. The effect of GA₃ doses on the germination ratio of sorghum under salt stress (%)

Tuz dozları (ppm)	GA ₃ dozları (ppm)				Ortalama
	0	100	200	300	
0	84.00	81.33	89.33	82.67	84.33
2500	86.67	82.67	76.00	85.33	82.67
5000	80.00	81.33	76.00	78.67	79.00
7500	84.00	69.33	82.67	81.33	79.33
10000	86.67	78.67	77.33	74.67	79.33
Ortalama	84.27	78.67	80.27	80.53	
F değeri	Tuz= 0.86, GA ₃ = 1.03, Tuz x GA ₃ = 0.77				

olarak azaldığı saptanmıştır (Tablo 1). Sorgum ve diğer bazı bitki türleri ile yapılan birçok çalışmada tuz dozunun artması ile birlikte çimlenme oranının azaldığı bildirilmiştir (Çakmakçı ve ark., 1997; Akıncı ve ark., 2004; Madidi ve ark., 2004; Sharma ve ark., 2004; Almodares ve ark., 2007; Geressu ve Gezaghegne, 2008; Aishah ve ark., 2010; Kara ve Uysal, 2010; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021b, 2021c). Çalışmamızda, tuz konsantrasyonlarına göre çimlenme oranlarındaki değişkenliğin anlamsız olmasının sebebi, sorgumun tuzluluğa orta derecede toleranslı (Aydınşakir ve ark., 2012) bir bitki olması ile açıklanabilir.

Gibberellik asit uygulamalarının sorgum tohumlarının çimlenmesinde etkisinin görülmediği çalışmada, tuz konsantrasyonlarının ortalaması olarak GA₃ dozlarına göre çimlenme oranı değerleri % 78.67-84.27 arasında değişkenlik göstermiştir (Tablo 1). Bulgularımızı destekler nitelikte, Erken ve ark. (2017) *Iris sari*, Ghodrat ve Rousto (2012) ise mısır tohumlarında GA₃ uygulamasının çimlenme yönünden bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, GA₃

uygulamalarının, embriyonun dinlenmesi ve üşüme isteği kaynaklı dormansinin kırılmasında etkili olduğu bazı araştırmalarda rapor edilmiştir (Söğüt ve Küçük, 1998; Güneş, 2000).

3.2. Sürgün ve kök uzunluğu

Elde edilen sürgün uzunluklarına ait ortalamalar incelendiğinde; GA₃ uygulamalarının sürgün uzunluğu üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu, tuz konsantrasyonlarının istatistiki açıdan p<0.01 ve tuz x GA₃ interaksiyonunun ise p<0.05 seviyesinde önemli olduğu görülmektedir. Tuz dozları içerisinde en yüksek sürgün uzunluğu, istatistiki olarak birinci grupta yer alan kontrol ile tuzun 2500 ve 5000 ppm uygulamalarından (sırasıyla; 9.79, 9.43 ve 8.51 cm) elde edilmiştir. Çalışmada, 5000 ppm'in üzerindeki tuz dozlarında, tuz artışına bağlı olarak sürgün uzunluklarında bir azalış meydana gelmiş; en düşük değer, 4.64 cm ile 10000 ppm tuz dozunda saptanmıştır. Sürgün uzunluklarından elde edilen değerler göz önüne alındığında, genel olarak tuz dozlarının artması ile birlikte sürgün uzunluklarının olumsuz yönde etkilendiği söylenebilir (Tablo 2).

Tablo 2. Tuz stresi altında GA₃ dozlarının sorgumda sürgün uzunluğuna etkisi (cm)¹
Table 2. The effect of GA₃ doses on shoot length of sorghum under salt stress (cm)¹

Tuz dozları (ppm)	GA ₃ dozları (ppm)				Ortalama
	0	100	200	300	
0	9.46 abc	9.70 ab	9.97 a	10.03 a	9.79 A
2500	9.31 abc	9.09 abc	9.43 abc	9.89 a	9.43 A
5000	9.01 abc	8.81 abc	7.98 cde	8.25 bcd	8.51 A
7500	5.76 fg	6.64 ef	7.08 def	6.61 ef	6.52 B
10000	3.94 h	4.79 gh	4.71 gh	5.12 gh	4.64 C
Ortalama	7.50	7.81	7.83	7.98	
F değeri	Tuz= 254.02**, GA ₃ = 2.79, Tuz x GA ₃ = 2.58*				

¹: Aynı grupta ve aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir, *: p<0.05 seviyesinde önemli, **: p<0.01 seviyesinde önemli

Tuz x GA₃ interaksiyonu incelendiğinde, sürgün uzunluğunda en yüksek değer 0 ppm tuz konsantrasyonunun 200 ve 300 ppm GA₃ dozları uygulamaları (sırasıyla, 10.03 ve 9.97 cm) ile 2500 ppm tuz yoğunluğunun 300 ppm GA₃ dozu uygulamasından (9.89 cm) elde edildiği görülmektedir. İnteraksiyonda gözlemlenen en

düşük değer ise 10000 ppm tuz x 0 ppm GA₃ uygulamasında (3.94 cm) saptanmıştır (Tablo 2). Bu sonuçlar, sorgum tohumlarına yapılan GA₃ uygulamalarının çok yüksek olmayan tuz stresinin sürgün uzunluğu üzerine olan olumsuz etkilerini kontrol uygulamasına göre hafiflettiğini göstermektedir.

Kök uzunluğuna ait ortalamalar incelendiğinde, artan tuz dozunun sorgum fidelerinde kök uzunluğunu çok önemli ($p<0.01$) derecede etkilediği görülmektedir. Bu bağlamda, en yüksek kök uzunluğu kontrol grubundan (6.05 cm) elde edilirken, en düşük değer ise 10000 ppm tuz dozunda (3.13 cm) belirlenmiştir (Tablo 3).

GA₃ uygulamaları incelendiğinde, kök uzunluğu bakımından GA₃ dozları arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. GA₃ uygulamalarında kök uzunluğu 4.19 cm (300 ppm GA₃) ile 4.56 cm (kontrol grubu) arasında değişmekte olup; genel olarak, GA₃ dozlarının artışına bağlı olarak kök uzunluğu değerleri azalma eğiliminde olmuştur (Tablo 3).

Sürgün uzunluğu (El Madidi ve ark., 2004; Dumlupınar ve ark., 2007; Patterson ve ark., 2009; Kara ve ark., 2011; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021) ve kök uzunluğunun (Azhar ve McNeilly, 1987; Jamil ve ark., 2005; Dumlupınar ve ark., 2007; Jafarzadeh ve Aliasgharad, 2007; Atış, 2011; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021c) tuz stresinden belirgin ölçüde etkilendiği çeşitli araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir. Tuzluluğun yarattığı toksik etki ve tuz stresi sebebiyle hücre bölünmesi ile uzamasının engellenmesi, sürgün ve kök uzunluklarının azalmasının nedeni olduğu söylenebilir (Aydınşakir ve ark., 2012). Ayrıca, tuz stresi yüzünden büyümeyi teşvik edici hormonların içsel miktarında meydana gelen azalma ile büyümeyi kısıtlayıcı hormonların seviyesinin yükselmesi, kök ve gövde

uzamasında meydana gelen azalmanın sebebi olabilmektedir (Mizrahi ve ark., 1971; van Hoorn, 1991; Taiz ve Zeiger, 1998; Delgado ve Sanchez-Raya, 2007).

Her ne kadar tuz stresi hücre bölünmesi ve genişlemesini azaltarak büyümeyi engellese de (Yasseen ve ark., 1987), GA₃ muamelesi hücre bölünmesi ve büyümesini teşvik ederek tuz stresinin olumsuz etkisini ortadan kaldırmaktadır (Tuna ve ark., 2007). Dışsal GA₃'ün uygulanması, içsel GA₃ mevcudiyetini artırarak fide büyümesinde bir artışa neden olabilir (Kaur ve ark., 1998). Bu bağlamda, GA₃ uygulaması ile sürgün uzunluğunun tuzlu veya tuzsuz ortamlarda belirgin bir şekilde arttığı (Forghani ve ark., 2018), arpa bitkisinde ise radikula ve koleoptil uzamasını teşvik ettiği bildirilmiştir (Çavuşoğlu ve ark., 2007).

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, sürgün uzunluğu bakımından tuzluluğun olumsuz etkisinin GA₃ uygulaması ile giderilebileceği görülmüş; fakat, aynı etki kök uzunluğunda elde edilememiştir. Munns ve Tester (2008)'e göre, kök sistemi tuzluluğa direkt maruz kalmasına rağmen yaprak büyümesi tuz stresine karşı daha hassastır. Bu sebeple, tuz stresinde bitkilerde kök/sürgün oranı artış göstermektedir. Bu artışın mekanizması henüz açıklanamamış olsa da tuzluluk karşısında kök ile yaprağın hücre duvarlarında farklı değişimlerin meydana gelmesi buna neden olarak gösterilmektedir.

Tablo 3. Tuz stresi altında GA₃ dozlarının sorgumda kök uzunluğuna etkisi (cm)*
Table 3. The effect of GA₃ doses on root length of sorghum under salt stress (cm)*

Tuz dozları (ppm)	GA ₃ dozları (ppm)				Ortalama
	0	100	200	300	
0	6.55	6.13	5.86	5.67	6.05 A
2500	4.09	3.79	3.92	4.19	4.00 B
5000	4.75	4.43	4.01	4.35	4.38 B
7500	4.19	4.21	4.20	4.33	4.23 B
10000	3.25	3.19	2.93	3.16	3.13 C
Ortalama	4.56	4.35	4.34	4.19	
F değeri	Tuz= 46.41**, GA ₃ = 1.25, Tuz x GA ₃ = 0.44				

*: Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir, **: $p<0.01$ seviyesinde önemli

3.3. Sürgün ve kök yaş ağırlığı

Çalışmada elde edilen veriler; sürgün ve kök yaş ağırlıkları üzerinde tuz dozlarının etkisinin istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) olduğunu, GA₃ uygulaması ve tuz x GA₃ interaksyonu etkilerinin ise önemsiz olduğunu göstermektedir (Tablo 4 ve 5).

Tuz dozları arasında en yüksek sürgün yaş ağırlığı kontrol ve 2500 ppm uygulamalarından (sırasıyla, 49.49 ve 46.03 mg bitki⁻¹) elde edilmiştir. Çalışmada, 2500 ppm'den itibaren tuz artışına bağlı

olarak sürgün yaş ağırlığı önemli derecede azalmış ve en düşük sürgün yaş ağırlığı 10000 ppm tuz dozundan (18.96 mg bitki⁻¹) elde edilmiştir. GA₃ uygulamaları arasında ise önemli bir farklılık tespit edilmemekle birlikte, sürgün yaş ağırlıkları 34.28 mg bitki⁻¹ (300 ppm GA₃) ile 37.24 mg bitki⁻¹ (0 ppm GA₃) arasında değişmektedir (Tablo 4).

Tuz stresi altında sorgumun kök yaş ağırlığı değerleri incelendiğinde, en yüksek değerler 0 ve 2500 ppm tuz dozlarından (sırasıyla, 15.15 ve 14.73 mg bitki⁻¹) elde edildiği görülmektedir. Elde edilen

Tablo 4. Tuz stresi altında GA₃ dozlarının sorgumda sürgün yaş ağırlığına etkisi (mg bitki⁻¹)*
 Table 4. The effect of GA₃ doses on shoot fresh weight of sorghum under salt stress (mg plant⁻¹)*

Tuz dozları (ppm)	GA ₃ dozları (ppm)				Ortalama
	0	100	200	300	
0	52.00	47.11	49.78	49.07	49.49 A
2500	48.00	47.03	40.56	48.55	46.03 A
5000	42.06	38.64	33.67	33.89	37.07 B
7500	27.04	30.06	27.87	26.47	27.86 C
10000	17.11	18.61	19.49	20.61	18.96 D
Ortalama	37.24	36.29	35.72	34.28	
F değeri	Tuz= 113.79**, GA ₃ = 1.37, Tuz x GA ₃ = 1.38				

*: Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir, **: p<0.01 seviyesinde önemli

Tablo 5. Tuz stresi altında GA₃ dozlarının sorgumda kök yaş ağırlığına etkisi (mg bitki⁻¹)*
 Table 5. The effect of GA₃ doses on root fresh weight of sorghum under salt stress (mg plant⁻¹)*

Tuz dozları (ppm)	GA ₃ dozları (ppm)				Ortalama
	0	100	200	300	
0	19.40	15.21	14.32	11.67	15.15 A
2500	16.49	16.41	11.28	14.77	14.73 A
5000	12.99	11.75	10.94	11.34	11.76 AB
7500	8.19	8.39	8.28	8.68	8.39 BC
10000	5.83	5.45	4.97	5.47	5.43 C
Ortalama	12.58	11.44	9.96	10.39	
F değeri	Tuz= 54.93**, GA ₃ = 5.42, Tuz x GA ₃ = 2.04				

*: Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir, **: p<0.01 seviyesinde önemli

en düşük değer ise 10000 ppm tuz dozunda (5.43 mg bitki⁻¹) saptanmıştır. Tuz dozunun artışına paralel olarak kök yaş ağırlığında düşüş görülmektedir ki; tuz dozunun artışı kök yaş ağırlığını kısıtlamakta, kök gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Tablo 5).

GA₃ uygulamalarına ait kök yaş ağırlığı ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olmamakla birlikte, kök yaş ağırlığının 9.96 mg bitki⁻¹ (200 ppm GA₃ dozu) ile 12.58 mg bitki⁻¹ (kontrol) arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 5).

Tuz dozunun artmasıyla birlikte yaş sürgün ağırlığın azaldığı sonucumuz, diğer araştırmaların sonuçlarıyla desteklenmektedir (Saboora ve ark., 2006; Karakullukçu ve Adak, 2008; Kaya, 2016). Ayrıca birçok çalışmada da, tuzluluğun bitkide gövde, kök ağırlığını azalttığı bildirilmiştir (Köşkeröğlu, 2006; Akram ve ark., 2010; Çelik, 2014; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021).

Tuzluluk, bitkilerde kök ve gövdede hücre sayısının, hücre bölünme oranının ve mitotik aktivitenin azalmasına sebep olmaktadır (Bursens ve ark., 2000). Bu sebepten dolayı bitkinin gövde ile kök ağırlığında ve uzunluğunda azalma, yaprak sayılarında azalma ile yaprakta küçülme ve incelme, yaprak yüzeyinde bulunan mumsu tabaka ile kutikula tabakasında incelme, vasküler doku farklılaşmasında ve gelişiminde azalma, meydana gelmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011).

Jamil ve Rha (2007a) şekerpancarında yaş kök ve sürgün ağırlıklarının tuz stresinden olumsuz yönde etkilendiğini, fakat bu olumsuz etkilerinin GA₃ uygulaması ile hafifletildiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar Jamil ve Rha (2007a) ile farklılık göstermektedir. Nitekim çalışmamızdan elde edilen sonuçlar, tuz stresi altında sürgün yaş ağırlığı bakımından meydana gelen olumsuzlukları GA₃ uygulamasının hafifletemediğini göstermektedir.

3.4. Sürgün ve kök kuru ağırlığı

Sürgün kuru ağırlıklarına ait veriler değerlendirildiğinde, sürgün kuru ağırlığının tuz dozlarından çok önemli derecede (p<0.01) etkilenirken, GA₃ uygulamasından etkilenmediği görülmektedir (Tablo 6). Kök kuru ağırlığı ise GA₃ uygulamalarından ve tuz dozlarından anlamlı derecede (sırasıyla, p<0.05 ve p<0.01) etkilenmiştir (Tablo 7). Her iki özellik için önemli bir tuz x GA₃ ilişkisi belirlenmemiştir (Tablo 6 ve 7).

Tuz stresi altında sorgumun sürgün kuru ağırlıkları incelendiğinde, kontrol grubu en yüksek değere (4.67 mg bitki⁻¹) sahip iken, en düşük değer 10000 ppm tuz dozundan (2.32 mg bitki⁻¹) elde edilmiştir. Tuz dozlarının artması ile birlikte sürgün kuru ağırlıklarının azalması tuz stresinin olumsuz etkisini açıkça göstermektedir. GA₃ uygulamaları ise kuru sürgün ağırlıkları üzerine istatistiksel bir fark yaratmamakla beraber, elde edilen değerler 3.77 mg bitki⁻¹ (0 ppm GA₃) ile 3.47 mg bitki⁻¹ (200 ppm GA₃) arasında değişmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Tuz stresi altında GA₃ dozlarının sorgumda sürgün kuru ağırlığına etkisi (mg bitki⁻¹)*
 Table 6. The effect of GA₃ doses on shoot dry weight of sorghum under salt stress (mg plant⁻¹)*

Tuz dozları (ppm)	GA ₃ dozları (ppm)				Ortalama
	0	100	200	300	
0	5.18	4.31	4.80	4.38	4.67 A
2500	4.32	4.38	3.62	4.16	4.12 B
5000	4.21	3.64	3.55	3.49	3.72 C
7500	2.99	3.26	3.06	2.94	3.06 D
10000	2.17	2.35	2.32	2.45	2.32 E
Ortalama	3.77	3.59	3.47	3.48	
F değeri	Tuz= 51.92**, GA ₃ = 1.54, Tuz x GA ₃ = 1.27				

*: Aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir, **: p<0.01 seviyesinde önemli

Tablo 7. Tuz stresi altında GA₃ dozlarının sorgumda kök kuru ağırlığına etkisi (mg bitki⁻¹)¹
 Table 7. The effect of GA₃ doses on root dry weight of sorghum under salt stress (mg plant⁻¹)¹

Tuz dozları (ppm)	GA ₃ dozları (ppm)				Ortalama
	0	100	200	300	
0	1.13	0.95	0.93	0.92	0.99 A
2500	0.72	0.74	0.65	0.81	0.73 B
5000	0.77	0.67	0.74	0.77	0.74 B
7500	0.66	0.66	0.63	0.72	0.67 BC
10000	0.62	0.58	0.52	0.59	0.58 C
Ortalama	0.78 A	0.72 AB	0.69 B	0.76 AB	
F değeri	Tuz= 38.28**, GA ₃ = 3.15*, Tuz x GA ₃ = 1.23				

¹: Aynı satırda ve aynı sütunda aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemsizdir, *: p<0.05 seviyesinde önemli, **: p<0.01 seviyesinde önemli

Sorgumun tuz uygulamaları altındaki kök kuru ağırlıkları incelenecek olursa, en yüksek değer kontrol uygulamasından (0.99 mg bitki⁻¹), en düşük değer ise 10000 ppm tuz dozundan (0.58 mg bitki⁻¹) elde edildiği görülmektedir. Bu bağlamda tuz dozlarının artması ile birlikte kök kuru ağırlıklarında da bir düşüş meydana gelmiştir. GA₃ uygulaması bakımından ise en yüksek değer 0 ppm GA₃ (0.78 mg bitki⁻¹) uygulamasından, en düşük değer ise 200 ppm GA₃ (0.69 mg bitki⁻¹) uygulamasında elde edilmiştir (Tablo 7).

Çalışmamızda sürgün ve kök kuru ağırlıklarının tuz stresi altında düştüğünü gösteren sonuçlarımız, birçok araştırmacının sorgum ve farklı bitki türleri ile yaptıkları araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Bakht ve ark., 2006; Saboor ve ark., 2006; Almodares ve ark., 2007; Jamil ve Rha, 2007b; Nawaz ve ark., 2010; Özyazıcı ve Açıkbay, 2021a). Atış (2011), artan tuz dozlarının sorgum bitkisinde kök ve sap ağırlıklarını olumsuz yönde etkileyip, azalttığını bildirmiştir. Forghani ve ark. (2018)'na göre artan tuz dozu sorgumun yaş-kuru ağırlık, gövde-kök uzunluğunu olumsuz yönde etkilemiş; fakat, GA₃ uygulaması ile yaş-kuru ağırlıklarının yanı sıra gövde-kök uzunlukları önemli ölçüde iyileşmiştir. Tuna ve ark. (2007) mısır bitkisinin hem sürgün hem de kök kuru ağırlıklarının tuzluluk stresi tarafından kısıtlandığını, bu olumsuz etkinin ise GA₃ uygulaması ile önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Literatürdeki tuz stresinin olumsuz

etkileri için bildirilen bu sonuçlar çalışmamızla benzerlik gösterirken; GA₃ uygulamalarının bu etkileri hafiflettiği yönünde bildirilen sonuçlar, çalışmamız ile örtüşmemektedir. Nitekim çalışmamızda, tuz dozlarının artması ile sürgün ve kök kuru ağırlıklarında azalmalar meydana gelirken, GA₃ uygulamalarının bu etkiyi hafifletmediği görülmüştür. Her ne kadar kök kuru ağırlığı bakımından GA₃ uygulamalarının ufak bir etkisi olsa da, bu konuda kesin bir sonuca varılamamaktadır.

4. Sonuçlar

Yürütülen bu çalışmada elde edilen veriler sorgum tohumlarının çimlenme oranının çalışmada uygulanan tuz konsantrasyonlarından etkilenmediğini, ancak fide gelişiminin önemli derecede gerilediğini göstermektedir. Bu durum sorgum tohumlarında tuzluluğun yıkıcı etkisinin çimlenme oranından daha çok fide gelişimi üzerine olduğunu ortaya koymaktadır. Tohumların GA₃ ile muamele edilmesinin kök kuru ağırlığı dışında, incelenen diğer özellikler üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir. Kök kuru ağırlığında ise GA₃ uygulamalarından elde edilen sonuçlar kontrolün gerisinde kalmıştır.

Çalışma sonunda sorgum tohumlarına yapılan GA₃ uygulamalarının tuzlu koşullarda çimlenme ve fide gelişimi üzerinde istenilen ve beklenen olumlu etkileri gösteremediği sonucu çıkarılmıştır. Bu sonuçlar, bu konuda daha önce yürütülen

çalışmaların birçoğu ile uyuşmamaktadır. Bu durumun, denemede uygulanan GA₃ dozlarının az sayıda ve nispeten düşük dozlarda olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Daha kesin bir yargıya ulaşmak için sorgum tohumlarının GA₃ ile muamele edilmesinde farklı süreler ve daha yüksek GA₃ dozları ile daha detaylı çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

Fikir/Hipotez, Materyal, Yöntem, Araştırma, Veri İşleme, Veri Analizi, Özgün Taslak Hazırlama, Yazma-İnceleme ve Düzenleme, C. YILDIRIM; Veri İşleme, Özgün Taslak Hazırlama, Yazma-İnceleme ve Düzenleme, M. BAŞAK YILDIRIM; Materyal, Yöntem, Veri İşleme, Veri Analizi, Yürütücü/Danışman, Özgün Taslak Hazırlama, Yazma-İnceleme ve Düzenleme, B. AYDINOĞLU. Tüm yazarlar makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Finansman

Bu araştırma, hiçbir dış finansman almamıştır.

Teşekkür

Hayatımda örnek aldığım tek insan olan değerli büyüğüm, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sadık ÇAKMAKÇI'YI saygı ve rahmet ile anıyorum. Birlikte başladığımız bu tez çalışmasını birlikte bitiremesek de, bu çalışmayı saygıdeğer hocama ithaf etmek istiyorum.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Acıkbaz, S., Özyazıcı, M.A., Bektas, H., 2021. The effect of salinity on root architecture in forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.). *Legume Research*, 44(4): 407-412.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2019. Türkiye'de yem bitkisi olarak değerlendirilebilecek alternatif bitkiler. *EJONS 6. International Congress on Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, March 8-10, The Book of Full Texts, Adana/Turkey, pp. 412-423.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2021. Silisyum tohum ön uygulamasının tuz stresine maruz bırakılan yem bezelyesi [*Pisum sativum* ssp. *arvense* (L.) Poir]'nin çimlenme gelişimine etkisi. *Middle East International Conference on Contemporary Scientific Studies-V*, March 27-28, Ankara, Türkiye, s. 148-158.

- Açıkgöz, E., 2001. Yem bitkileri. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları: 182, Ders Kitabı, Bursa.
- Aishah, H.S., Saberi, A.R., Halim, R.A., Zaharah, A.R., 2010. Salinity effects on germination of forage sorghums. *Journal of Agronomy*, 9(4): 169-174.
- Akıncı, I.E., Akıncı, S., Yılmaz, K., Dikici, H., 2004. Response of eggplant varieties (*Solanum melongena*) to salinity in germination and seedling stages. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32(2): 193-200.
- Akram, M., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Waraich, E.A., Iqbal, J., Mohsan, M., 2010. Screening for salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) hybrids at an early seedling stage. *Pakistan Journal of Botany*, 42(1): 141-154.
- Aldequay, H.S., Ibrahim, A.H., 2001. Interactive effect of seawater and growth bio regulators on water relations, abscisic acid concentration and yield of wheat plants. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(3): 185-193.
- Allakhverdiev, S.I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M., Murata, N., 2000. Ionic and osmotic effects of NaCl induced inactivation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiology*, 123(3): 1047-1056.
- Almodares, A., Hadi, M.R., Dosti, B., 2007. Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 7(8): 1492-1495.
- Ashraf, M.Y., Sarwar, G., Ashraf, M., Afaf, R., Sattar, A., 2002. Salinity induced changes in α -amylase activity during germination and early cotton seedling growth. *Biologia Plantarum*, 45(4): 589-591.
- Atış, İ., 2011. Bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (2): 58-67.
- Avcıoğlu, R., Geren, H., Kavut, Y.T., 2009. Sorgum sudanotu ve sorgum x sudanotu melezi. R. Avcıoğlu, R. Hatipoğlu, Y. Karadağ (Edi.), *Yem Bitkileri*, T.C Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, İzmir, s. 680-701.
- Aydınşakir, K., Erdurmuş, C., Büyüktaş, D., Çakmakçı, S., 2012. Tuz (NaCl) stresinin bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor*) çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1): 47-52.
- Azhar, F.M., McNeilly, T., 1987. Variability for salt tolerance in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. under hydroponic conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 159(4): 269-277.
- Bakht, J., Basir, A., Shafi, M., Khan, M. J., 2006. Effect of various levels of salinity on sorghum at early seedling stage in solution culture. *Sarhad Journal of Agriculture*, 22(1): 17-21.
- Burssens, S., Himanen, K., Cotte, B.V., Beeckman, T., Montagu, M.V., Inze, D., Verbruggen, N., 2000. Expression of cell cycle regulatory genes and morphological alterations in response to salt stress in arabidopsis thaliana. *Planta*, 211(5): 632-640.

- Ceritoğlu, M., Erman, M., Çığ, F., Şahin, S., Acar, A., 2021. Bitki gelişimi ve stres toleransının geliştirilmesi üzerine sürdürülebilir bir strateji: Priming tekniği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(3): 374-389.
- Cuartero, J., Fernandez-Munoz, R., 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*, 78: 83-125.
- Çakmakçı, S., Çeçen, S., Aydınoglu, B., 1997. Farklı tuz ortamlarında bazı baklagil yem bitkilerinin çimlenme ve gelişme durumları. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1): 169-180.
- Çavuşoğlu, K., 2006. Geleneksel hormonlarla son yıllarda bulunan bazı hormonların ve büyüme düzenleyicilerinin yüksek sıcaklık ve tuz (NaCl) stresleri altındaki arpa ve turp tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Çavuşoğlu, K., Kılıç, S., Kabar, K., 2007. Arpa tohumlarının çimlenmesi sırasında gibberellik asit, kinetin ve etilen ile tuz stresinin hafifletilmesinde bazı morfolojik ve anatomik gözlemler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2(1): 27-40.
- Çelik, A., 2014. Nitrik oksit uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen mısır bitkisinin mineral beslenmesi ve bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Çiğdem, İ., 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(1): 14-19.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2): 11-34.
- Dash, M., Panda, S.K., 2001. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating *Phaseolus mungo* seeds. *Biologia Plantarum*, 44 (4): 587-589.
- Delgado, I.C., Sanchez-Raya, A.J., 2007. Effects of sodium chloride and mineral nutrients on initial stages of development of sunflower life. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(15-16): 2013-2027.
- Demirkaya, M., 2006. Polietilenglikol ile osmotik koşullandırma ve humidifikasyon uygulamalarının biber tohumlarının çimlenme hızı ve oranı üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1-2): 223-228.
- Doggett, H., 1988. Sorghum. 2nd Edition, London, New York, Longman, Published by Wiley.
- Duman, İ., 2006. Domates Tohumlarında Çimlenme ve Fide Çıkışının İyileştirilmesi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, (www.tuam.ege.edu.tr/dergi/dergi1/domates).
- Dumlupınar, Z., Kara, R., Dokuyucu, T., Akkaya, A., 2007. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen bazı makarnalık buğday genotiplerinin çimlenme ve fide karakterlerine elektrik akımı ve tuz konsantrasyonlarının etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2): 100-110.
- El Madidi, S.A.I.D., El Baroudi, I., Aameur, F.B., 2004. Effects of salinity on germination and early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Biology*, 6: 767-770.
- El-Mashad, A.A., Kamel, E.A., 2001. Amelioration of NaCl stress in *Pisum sativum* Linn. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39(5): 469-475.
- Erken, K., Erken, S., Gülbağ, F., Kaya, E., 2017. Farklı uygulamaların türkiye doğal iris türlerinden endemik iris sari tohumlarının çimlenmesine etkileri. *Alatarım*, 16 (1): 52-58.
- Forghani, A.H., Almodares, A., Ehsanpour, A., 2018. Potential objectives for gibberellic acid and paclobutrazol under salt stress in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench cv. Sofra). *Applied Biological Chemistry*, 61(1): 113-124.
- Geressu, K., Gezaghegne, M., 2008. Response of some lowland growing sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) accessions to salt stress during germination and seedling growth. *African Journal of Agricultural Research*, 3(1): 44-48.
- Ghodrat, V., Rousta, M.J., 2012. Effect of priming with gibberellic acid (GA₃) on germination and growth of corn (*Zea mays* L.) under saline conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(13): 882-885.
- Güneş, T., 2000. *Arctium minus* (Hill.) Bernh. tohumlarında gibberellik asit uygulamasının çimlenme ve α-amilaz enzim aktivitesi üzerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(3): 589-597.
- Hilhorst, H.W.M., Karssen, C.M., 1992. Seed dormancy and germination: The role of abscisic acid and gibberellins and the importance of hormone mutants. *Plant Growth Regulation*, 11(3): 225-238.
- Jafarzadeh, A., Aliasgharzad, N., 2007. Salinity and salt composition effects on seed germination and root length of four sugar beet cultivars. *Biologia*, 62(5): 562-564.
- Jamil, M., Lee, C.C., Rehman, S.U., Lee, D.B., Ashraf, M., Rha, E.S., 2005. Salinity (NaCl) tolerance of Brassica species at germination and early seedling growth. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 4(4): 970-976.
- Jamil, M., Rha, E.S., 2007a. Gibberellic acid (GA₃) enhance seed water uptake, germination and early seedling growth in sugar beet under salt stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(4): 654-658.
- Jamil, M., Rha, E.S., 2007b. Response of transgenic rice at germination and early seedling growth under salt stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(23): 4303-4306.
- Kaplan, M., Aydın, S., Fidan, M.S., 2009. Geleceğin alternatif enerji kaynağı biyoetanolin önemi ve sorgum bitkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam*

- Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 24-33.
- Kara, T., 2002. Irrigation scheduling to prevent soil salinization from a shallow water table. *Acta Horticulture*, 573: 139-151.
- Kara, B., Akgün, İ., Altındal, D., 2011. Tritikale genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1): 1-9.
- Kara, B., Uysal, N., 2010. Effect of different salinity (NaCl) concentrations on the first development stages of root and shoot organs of wheat. *Anadolu Journal of Agriculture Science*, 25(1): 37-43.
- Karakullukçu, E., Adak, M.S., 2008. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinin tuza toleranslarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(4): 313-319.
- Karakurt, H., Aslantaş, R., Eşitken, A., 2010. Tohum çimlenmesi ve bitki büyümesi üzerinde etkili olan çevresel faktörler ve bazı ön uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 115-128.
- Kaur, S., Gupta, A.K., Kaur, N., 1998. Gibberellin A3 reverses the effect of salt stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings by enhancing amylase activity and mobilization of starch in cotyledons. *Plant Growth Regulation*, 26(2): 85-90.
- Kaya, A., 2016. NaCl ile muamele edilen mısır tohumlarının tuzlu topraklarda çıkış gücünün ve fide gelişiminin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Koca, M., Bor, M., Ozdemir, F., Turkan, I., 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental Experimental Botany*, 60(3): 344-351.
- Koppen, S., Reinhardt, G., Gartner, S., 2009. Assessment of Energy and Greenhouse Gas Inventories of Sweet Sorghum for First and Second Generation Bioethanol. Environment and Natural Resources Management Series, 30, FAO, Rome.
- Köşkeröğlu, S., 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kwiatowsky, J., 1998. Salinity Classification, Mapping and Management in Alberta. (<http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>).
- Madidi, S.E., Baroudi, B.E., Ameer, F.B., 2004. Effects of salinity on germination and early growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *International Journal of Agriculture Biology* 6: 767-770.
- Mizrahi, Y., Blumfeld, A., Bittner, S., Richmond, A.E., 1971. Abscisic acid and cytokinin content of leaves in relation to salinity and relative humidity. *Plant Physiology*, 48(6): 752-755.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Nawaz, K., Talat, A., Hussain, K., Majeed, A., 2010. Induction of salt tolerance in two cultivars of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) by exogenous application of proline at seedling stage. *World Applied Sciences Journal*, 10(1): 93-99.
- Orcutt, D.M., Nilsen, E.T., 1996. The Physiology of Plants Under Stress, Soil and Biotic Factors. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Özen, H.Ç., Onay, A., 2007. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, Ankara.
- Özyazıcı, G., 2021a. Effects of salicylic acid applications on salt stress in milk thistle (*Silybum marianum* L.). 3rd International Cukurova Agriculture and Veterinary Congress, 9-10 October, Adana, Turkey, pp. 870-878.
- Özyazıcı, G., 2021b. Determination of germination characteristics of milk thistle (*Silybum marianum* L.) plant under salt stress. ISPEC 8th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development, 24-25 December, Bingöl, Turkey, pp. 1256-1267.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbaş, S., 2021a. Effects of different salt concentrations on germination and seedling growth of some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] cultivars. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(2): 133-143.
- Özyazıcı, G., Açıkbaş, S., 2021b. Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisinin tuz stresi altında çimlenme özelliklerinin belirlenmesi. *International Hazar Scientific Research Congress-II*, 10-12 April, Bakü, s. 347-353.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbaş, S., 2021c. Tuz stresinin koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.) bitkisinde çimlenme üzerine etkileri. 2. *International Baku Scientific Research Conference*, 28-30 April, Bakü, s. 310-317.
- Patterson, J.H., Newbiggin, E., Tester, M., Bacic, A., Roessner, U., 2009. Metabolic responses to salt stress of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars, Sahara and Clipper which differ in salinity tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 60(14): 4089-4103.
- Promila, K., Kumar, S., 2000. Vigna radiata seed germination under salinity. *Biologia Plantarum*, 43(3): 423-426.
- Sabagh, A.E.L., Hossain, A., Islam, M.S., Iqbal, M.A., Amanet, K., Mubeen, M., Nasim, W., Wasaya, A., Llanes, A., Ratnasekera, D., Singhal, R.K., Kumari, A., Meena, R.S., Abdelhamid, M., Hasanuzzaman, M., Raza, M.A., Özyazıcı, G., Özyazıcı, M.A., Erman, M., 2021. Prospective role of plant growth regulators for tolerance to abiotic stresses. In: T. Aftab and K.R. Hakeem (Eds.), *Plant Growth Regulators*, 1st Eds., Springer, Cham., Switzerland, pp. 1-38.
- Saboora, A., Kiarostami, K., Behroozbayati, F., Hajihashemi, S., 2006. Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth. *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(11): 2009-2021.
- Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., Zhao, C.X., 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in

- higher plants. *Comptes Rendus Biologies*, 331(3): 215-225.
- Sharma, A.D., Thakur, M., Rana, M., Singh, K., 2004. Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphate activities in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds. *African Journal of Biotechnology*, 3(6): 308-312.
- Söğüt, Z., Küçük, R., 1998. Süs Bitkileri Yetiştiriciliğinde Büyüme Düzenleyicilerin Kullanımı. *I. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi*, 6-9 Ekim, Yalova, s.369-375.
- Taiz, L., Zeiger, E., 1998. *Plant Physiology*. 2nd Edition, Sinauer Associates Inc. Publisher, Sunderland, Massachusetts.
- Tuna, A.L., Kaya, C., Dikilitas, M., Higgs, D., 2007. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62(1): 1-9.
- van Hoorn, J.W., 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. *Agricultural Water Management*, 20(1): 17-28.
- Yamaguchi, S., Kamiya, Y., 2002. Gibberellins and lightstimulated seed germination. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20(4): 369-376.
- Yasseen, B.T., Jurjee, J.A., Sofajy, S.A., 1987. Changes in some growth processes induced by NaCl in individual leaves of two barley cultivars. *Indian Journal of Plant Physiology*, 30(1): 1-6.
- Yıldız, S., Karagöz, P.F., Dursun, A., 2017. Gibberellik asit ön uygulamasına tabi tutulmuş hüsnüyusuf (*Dianthus barbatus* L.) tohumlarının tuz stresinde çimlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1): 1-7.

ALINTI: Yıldırım, C., Başak Yıldırım, M., Aydınoglu, B., 2022. Gibberellik Asit (GA₃) Uygulamalarının Farklı Tuz Yoğunluklarında Sorgum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Tohumlarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(3): 323-333.

CITATION: Yıldırım, C., Başak Yıldırım, M., Aydınoglu, B., 2022. The Effects of Gibberellic Acid (GA₃) Treatments on Germination and Seedling Development of Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Seeds at Different Salt Concentrations. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 9(3): 323-333. (In Turkish).