



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

<http://dergi.toprak.org.tr>



Tuzluluk stresi koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgumun (*Sorghum bicolor* L. Moench) fide büyümesi, fizyolojisi ve su kullanımı üzerine iyileştirici etkileri

Shuaib Ajetunmobi ABDULRASAQ, Mehmet Sait KİREMİT*, Hakan ARSLAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

Öz

Tuz stresi, dünya genelinde tarımsal üretimde verimlilik ve sürdürülebilirliği olumsuz etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bu koşullarda, tarımsal verimliliğini arttırmak için etkili ve sürdürülebilir çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada potasyum nitrat (KNO_3) dozları (0, 12.5, 25 ve 50 mM) ile ön uygulamaya tabi tutulmuş sorgum tohumlarının 4 farklı toprak tuzluluğu koşullarında (0.63, 5.10, 9.55 ve 14.02 dS m^{-1}) fide büyümesi, stoma iletkenliği, SPAD ve bitki su tüketimi parametreleri incelenmiştir. Toprak tuzluluğu arttıkça fide boyu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlık, yaprak alanı, stoma iletkenliği ve SPAD değerleri önemli derecede azalmıştır. Toprak tuzluluğu 14.02 dS m^{-1} 'e kıyasla, 0.63 dS m^{-1} tuzluluk seviyesinde yaprak alanı %123.9, stoma iletkenliği %159.6 ve SPAD değeri %100.4 oranında artmıştır. Potasyum nitrat uygulamalarının sorgum fidelerinin bitki su tüketimi üzerine önemli bir etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, potasyum nitrat dozları sorgum fide büyümesini pozitif etkilemiştir. Buna göre, 0 mM potasyum nitrata kıyasla, 50 mM potasyum nitrat uygulaması bitki boyunu %13.1, toprak üstü yaş ağırlığı %29.3, yaprak alanını %26.4 ve SPAD değerini %45.0 oranında artırmıştır. Özellikle, 0, 12.5 ve 25 mM KNO_3 kıyasla, sorgum tohumlarının 50 mM KNO_3 ile ön uygulamaya tabi tutulması, 5.10 dS m^{-1} toprak tuzluluğu koşullarında sorgum fide gelişimini arttırmıştır. Elde edilen bulgular, potasyum nitratın sorgum bitkilerinde tuz stresinin toksik etkisini iyileştirmede etkili olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, tuzlu tarımsal üretim alanlarında, sorgum fide gelişimini arttırmak için sorgum tohumlarının ekiminden önce 50 mM KNO_3 ile ön uygulamaya tabi tutulması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Bitki su tüketimi, fide gelişimi, potasyum nitrat, sorgum, tuz stresi.

Ameliorative effects of potassium nitrate doses on seedling growth, physiology, and water use of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under salinity stress

Abstract

Salt stress is a major abiotic factor that adversely impacts global agricultural productivity and sustainability. Effective solutions are essential to enhance agricultural yields under such conditions. This study investigated the effects of potassium nitrate (KNO_3) doses (0, 12.5, 25, and 50 mM) on seedling growth, stomatal conductance, SPAD values, and evapotranspiration in sorghum seeds across four soil salinity levels (0.63, 5.10, 9.55, and 14.02 dS m^{-1}). As salinity increased, seedling height, aboveground fresh and dry weight, leaf area, stomatal conductance, and SPAD values significantly decreased. At 0.63 dS m^{-1} soil salinity, leaf area increased by 123.9%, stomatal conductance by 159.6%, and SPAD value by 100.4% compared to 14.02 dS m^{-1} . Potassium nitrate applications did not significantly affect the evapotranspiration of sorghum seedlings. However, potassium nitrate doses positively affected sorghum seedling growth. Specifically, at 50 mM KNO_3 , plant height increased by 13.1%, aboveground fresh weight by 29.3%, leaf area by 26.4%, and SPAD value by 45.0% compared to 0 mM KNO_3 . Moreover, pre-treatment with 50 mM KNO_3 enhanced seedling development under 5.10 dS m^{-1} soil salinity. The findings indicate that potassium nitrate effectively mitigates the toxic effects of salt stress on sorghum. Finally, it is advisable to pre-treat sorghum seeds with 50 mM KNO_3 prior to planting in saline agricultural areas to promote seedling development.

Keywords: Evapotranspiration, seedling growth, potassium nitrate, sorghum, salt stress.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312 1919 - 1277
E-posta : mehmet.kiremit@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 4 Ekim 2024
Kabul Tarihi : 1 Kasım 2024

e-ISSN : 2146-8141
DOI : 10.33409/tbbbd.1561044

Giriş

Bitkiler, yaşamları boyunca birçok biyotik ve abiyotik strese maruz kalmaktadır. Bu stresler, bitkilerin büyümesini, gelişimini ve verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Abiyotik stresler arasında, toprak tuzluluğu bitki verimliliğini en fazla etkileyen faktörlerden biridir ve tuz stresi, gıda talebi ve güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Angon ve ark., 2022). Tarım amaçlı kullanılan arazilerin %20'sinden fazlasından yüksek tuzluluk probleminin olduğu ve her yıl bu alanların 2 milyon hektar daha genişlediği ortaya konmuştur (Singh, 2022). Tuz stresi, bitkilerde oksidatif hasara ve besin dengesizliğine yol açarak fotosentezi, protein metabolizmasını olumsuz etkilemektedir ve bitki büyümesi ile meyve verimi üzerinde ciddi olumsuz etkilere neden olmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Hussain ve ark., 2020). Bu nedenle, bitkilerde tuz direnci mekanizmasını araştırmak hem bilimsel hem de ekolojik açıdan büyük önem taşımaktadır.

Bitkiler, tuz stresine karşı direnç sağlamak ve bu strese karşı hassasiyetini arttırmak için fizyolojik, moleküler ve hücresel düzeylerde çeşitli tepkiler göstermektedirler (Läuchli ve Grattan, 2007). Bitkiler, tuz stresi koşullarında osmoregülasyon maddeleri sentezleyerek ve bu maddelerin hücrelerin ozmotik potansiyelini azaltıp, bitkilerde membran stabilitesini dengelemede kullanılmaktadırlar (Zeeshan ve ark., 2020). Bir diğer önemli strateji ise hücre içi iyon dengesini korumaktır. Bunun içinde, bitkiler, kökleri ile Na⁺ emilimini sınırlayarak, hücrelerde Na⁺ birikimini azaltabilir ve iyon toksisitesini hafifletebilmektedirler (Liu ve ark., 2021). Bununla birlikte, reaktif oksijen türlerinin (ROS) ortadan kaldırılması, tuz stresi altında hücresel toksisiteyi veya oksidatif hasarı azaltmanın en önemli etkenlerinden biridir (Liu ve ark., 2021).

Tohum çimlenmesi, yüksek ve kaliteli verim elde edilmesinde en kritik aşamadır. Normal ve stresli koşullar altında tohum çimlenmesini ve fide oluşumunu teşvik etmek için çok sayıda yöntem kullanılmıştır (Ambreen ve ark., 2021; Johnson ve Puthur, 2021; Rhaman ve ark., 2021). Bu anlamda, çimlenmenin ilk aşamasında tohumların kontrollü hidrasyonunu içeren ekim öncesi bir işlem olarak tanımlanan ön uygulama, farklı stres koşulları altında çimlenme oranını ve fide büyümesini iyileştirmek için yaygın olarak uygulanmaktadır (Rhaman ve ark., 2021). Tohum ön uygulama (priming), tohumların çimlenmesinin ilk aşaması yoluyla suyu emmesine izin vermek için tohum kabuğu boyunca radikal çıkıntıya değil, kontrollü hidrasyona izin veren ekim öncesi fizyolojik bir tohum işlemidir. Priming işlemi, tohum yapısında enzim aktivasyonunu, çimlenme inhibitörlerinin metabolizmasının düzenlenmesini, büyümeyi teşvik edici maddelerin sentezini, hücre hasarlarının onarılması ve çimlenmeyi teşvik etmek için emilim gibi çeşitli çimlenme öncesi biyokimyasal değişiklikleri tetiklemektedir (Ibrahim, 2016).

Potasyum nitrat (KNO₃), fide büyümesi üzerinde olumlu etkileri nedeniyle tohum ön uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Rehman ve ark., 2024; Steiner ve ark., 2019). Potasyum nitrat, kök ve sürgün gelişimini destekleyen potasyum ve azot gibi önemli besin maddelerini sağlayarak, tuz ve kuraklık koşullarında fide gelişimini arttırmaktadır (Hasanuzzaman ve ark., 2018; Javed ve ark., 2024). Bu mineraller, hücre bölünmesi, enzim aktivasyonu ve protein sentezi gibi süreçler için kritik öneme sahip metabolik reaksiyonlarda görev almaktadırlar (Hasanuzzaman ve ark., 2018). Rehman ve ark., (2024) yaptıkları çalışmada MNH360 mısır çeşidinin %1.0 KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması tuzluluk stresi koşullarında mısır bitkilerinin karotenoid ve klorofil içeriğini artırarak bitkileri tuz stresinden koruduğunu ifade etmişlerdir. Anosheh ve ark. (2012)'de ise 4 farklı hibrit mısır çeşitlerinin KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması, kuraklık ve tuz stresi koşullarında mısır çeşitlerinin kök gelişimini arttırdığını, ancak prolin ve protein içeriğinin kontrol konusuna kıyasla azaldığını tespit etmişlerdir.

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.), tahıl üretiminde dünyada en önemli beş tahıl ürününden biridir (Dehnavi ve ark., 2022). Özellikle, tuzluluk stresine karşı toleranslı bir tahıl ürünü olarak bilinmektedir. Birçok çalışma, sorgum çeşitlerinin tuzluluğa karşı yüksek genetik varyasyon gösterdiğini ortaya koymuştur (Krishnamurthy ve ark., 2007; Roy ve ark., 2018; Mansour ve ark., 2021). Bu nedenle, bitkilerin tuzluluk stresine karşı toleransı özellikle çimlenme ve çıkış büyüme aşamalarında izlenmelidir (Dehnavi ve ark., 2020). Huang (2018) yürüttüğü çalışmada sorgum bitkisinin tuzluluk stresine karşı orta düzeyde hassas olduğunu ifade etmiştir. Roy ve ark. (2018), sorgum bitkisinin 6-8 dS m⁻¹ toprak tuzluluğuna kadar dayanıklı olduğunu ve bu koşullarda yüksek verim alınabileceğini belirtmişlerdir. Kiremit ve ark. (2024) ise sorgum tohumlarının 2.5 dS m⁻¹ toprak tuzluluğuna karşı toleranslı olduğunu ve fide gelişim döneminde fide boyu, sürgün yaş ve kuru ağırlık değerlerini önemli derecede etkilemediğini tespit etmişlerdir.

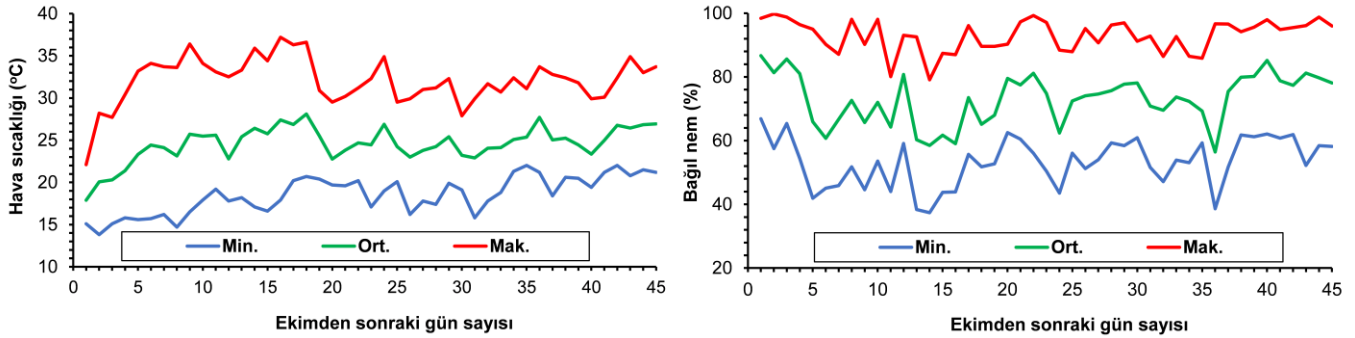
Literatürde, farklı toprak tuzluluğu koşullarında, sorgum tohumlarının farklı KNO₃ dozları ile priming yapılmış tohumlarının büyüme ve fide gelişimi ile ilgili yeterli araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu

çalışmada, farklı toprak tuzluluğu koşullarında sorgum tohumlarının bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği ve büyüme parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bununla birlikte, tuzluluk stresine karşı farklı potasyum nitrat dozlarının sorgum tohumlarının fide gelişimini attırabilme potansiyelleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, tuzluluk sorunu yaşayan tarımsal üretim alanlarındaki çiftçilerin, sorgum bitkisinin fide büyümesini iyileştirmek için kullanabilecek, kolay ve uygun maliyetli bir yöntem olan KNO_3 ile priming uygulamasının etkilerini tespit etmeyi amaçlamıştır.

Materyal ve Yöntem

Yetiştirme koşulları ve tohum ön uygulamaları

Bu çalışma, Mayıs 2024 ile Temmuz 2024 arasında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'ne ait deneme alanında dört tarafı açık yağmurdan korunaklı 120 m²'lik alanda yürütülmüştür. Deneme süresince günlük sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Çalışma, taban çapı 15 cm ve yüksekliği 18 cm olan altı delikli plastik saksılarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Deneme periyodu boyunca sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin zamansal değişimi

Tohum materyali olarak Öğretmenoğlu 77 sorgum çeşidi tohumları kullanılmıştır. Tohumlar saksıya ekilmeye önce, 480 adet zarar görmemiş ve aynı boyutlarda tohum seçilerek yüzey sterilizasyonu için %10'luk hidrojen peroksit çözeltisinde 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra tohumlar üç defa saf su ile yıkanmıştır. Sterilizasyon işleminden sonra, tohumlar 4 farklı gruba ayrılmış ve 12.5, 25 ve 50 mM KNO_3 çözeltisinde 24 saat boyunca bekletilmiştir. Ancak, 0 mM KNO_3 konusunda tohumlar herhangi bir ön uygulamaya tabi tutulmamıştır. Her saksıya 10 adet sorgum tohumu ekilmiştir. Tohum ekiminden 7 gün sonra her saksıda 5 fide olacak şekilde seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Toprak tuzluluğu uygulamaları

Çalışmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Denemede, %25.2 kil, %30.2 silt ve %44.6 kum içeriğine sahip tınlı toprak kullanılmıştır. Saksılara toprağı doldurmadan önce, hava kuru hale gelene kadar kurutulmuş ve daha sonra 4 mm göz açıklığına sahip elek ile elenmiştir. Araştırmada, 4 farklı toprak tuzluluğu düzeyi (S_0 , S_1 , S_2 ve S_3) oluşturulmuştur. Bunun için, S_0 konusunda doğrudan elenmiş toprak kullanılmış ve herhangi bir tuz ilavesi yapılmamıştır. Ancak, S_1 , S_2 ve S_3 konularına sırasıyla 1, 3 ve 5 g kg^{-1} NaCl tuzu ilave edilerek, farklı tuzluluk düzeyine sahip tuzlu topraklar elde edilmiştir. Konularına göre her saksıya 1250 g toprak ile doldurulmuştur.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kil, %	25.2	Toprak pH	7.58
Silt, %	30.2	Organik madde içeriği, g kg^{-1}	18.4
Kum, %	44.6	Toplam azot, mg kg^{-1}	26.4
Tekstür	Tın	Elverişli fosfor, mg kg^{-1}	19.8
Tarla kapasitesi, %	33.8	Elverişli potasyum, mg kg^{-1}	22.3
Solma noktası, %	16.1	Kalsiyum karbonat, g kg^{-1}	51.2
Elektriksel iletkenlik, dS m^{-1}	0.63		

Saksılarda meydana gelen toprak tuzluluğunu belirlemek için her konu için 3 tekerrürlü saksı hazırlanmış ve çeşme suyu ile tarla kapasitesine kadar sulanmıştır. Daha sonra her saksıdan toprak örnekleri alınarak hava kuru hale gelene kadar kurutulmuş, 2 mm'lik gözenek açıklığına sahip elek ile elenmiş ve her örnek için satürasyon çamuru hazırlanarak toprakların elektriksel iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Buna göre, S_0 , S_1 , S_2 ve S_3 konuları için elektriksel iletkenlik değeri üç tekerrürün ortalaması hesaplanarak sırasıyla 0.63, 5.10, 9.55 ve 14.02 dS m^{-1} olarak belirlenmiştir.

Deneme deseni ve kültürel işlemler

Araştırma, tesadüf bloklarında iki faktörlü faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür. Çalışmada, 4 farklı potasyum nitrat dozu (0,12.5, 25 ve 50 mM) ve 4 farklı toprak tuzluluğu değerleri (0.63, 5.10, 9.55 ve 14.02 dS m⁻¹) bulunmaktadır. Her konu üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve toplamda 48 saksı kullanılmıştır.

Sorgum bitkisi için yetiştirme periyodunda ihtiyaç duyduğu gübre miktarları [Gucdemir \(2006\)](#)'in belirttiği miktarlar [N: 18 kg da⁻¹; P₂O₅: 10 kg da⁻¹; K₂O: 12 kg da⁻¹] dikkate alınarak gübreleme yapılmıştır. Bu bağlamda, çalışmada uygulanacak gübre miktarı toprağın kimyasal analizine göre belirlenmiştir. Bunun için, denemeye başlanmadan önce toprağın kimyasal analizleri yapılmıştır. Her saksı için potasyum ve fosfor gübre gereksiniminin tamamı her saksıya ait toprak (1.250 kg) ile karıştırılmış ve doldurulmuştur. Azot gübresi (üre) ise yarısı tohum çimlenmesinden sonra, diğer yarısı 2 yapraklı dönemde olmak üzere iki kez uygulanmıştır. Fosfor, potasyum ve azot gübre ihtiyacı için sırasıyla mono amonyum fosfat (%45 P₂O₅), potasyum sülfat (%45 K₂O) ve üre (%46 N) gübreleri kullanılmıştır.

Saksıların tarla kapasitesini belirlemek için, 3 saksı deneme toprağı ile doldurulmuş ve çeşme suyu (0.18 dS m⁻¹) ile doyurulmuştur. Saksı altlarından drenaj suyu akışı durduktan (48 saat) sonra her saksının ağırlığı hassas terazi ile tartılmış ve 3 saksının ağırlık ortalaması alınarak tarla kapasitesi belirlenmiştir ([Kurunc ve ark., 2011](#); [Kurunc, 2021](#)). Tohum ekiminden sonra tüm saksılar bir hafta boyunca eşit su miktarı ile sulanmıştır. Daha sonra tüm saksılar ayrı ayrı 0.001 hassasiyete sahip elektronik terazi ile tartılarak her biri tarla kapasitesi düzeyine kadar sulanmıştır. Sulama suyu için 0.18 dS m⁻¹'lik çeşme suyu kullanılmıştır. Deneme periyodu boyunca (KNO₃)₀×S₀, (KNO₃)_{12.5}×S₀, (KNO₃)₂₅×S₀ ve (KNO₃)₅₀×S₀ konularında kullanılabilir toprak nem içeriği %40 azaldığında, ilgili saksılar hassas terazi ile tartılarak mevcut toprak nem içeriğini tarla kapasitesinde getirecek şekilde sulama suyu uygulanmıştır.

Verilerin toplanması

Bitki su tüketimi

Her konuya ait bitki su tüketimi (ET) değeri aşağıdaki su bütçesi eşitliği kullanılarak belirlenmiştir ([Ünlükara ve ark., 2010](#))

$$ET = \frac{\left[\frac{W_n - W_{n+1}}{\rho_w} \right] + [SS - DS]}{A}$$

Burada; W_n ve W_{n+1} sulamadan önceki n ve n+1 gündeki saksı ağırlığını ifade etmektedir (kg); SS ve DS sırasıyla sulama suyu miktarı ve drenaj suyu miktarını ifade etmektedir (lt); ρ_w ise suyun hacim ağırlığı (1 kg L⁻¹); A ise toprak yüzey alanını temsil etmektedir (m²).

Fide büyüme ve fizyolojik parametreler

Sorgum fideleri, tohum ekiminden 45 gün sonra her saksıdan hasat edilmiştir. Toplam 225 fide hasat edilerek her konuya ait bitki boyu, gövde çapı, toprak üstü yaş-kuru ağırlık, yaprak alanı değerleri belirlenmiştir. Bitkiler hasat edilmeden önce, her konuya ait stoma iletkenliği [AP4 porometre Delta-T cihazları, İngiltere] ve SPAD [SPAD-502 klorofil metre, Konica Minolta Sensing, Inc. Japonya] değerleri ölçülmüştür. Bunun için, 10.00-12.00 arasında her saksıdan tesadüfi olarak gelişimini tamamlamış 5 farklı yaprakta okumalar yapılmış ve ortalaması alınarak her saksıya ait stoma iletkenliği ve SPAD değerleri tespit edilmiştir. Her saksıdaki 5 fidenin bitki boyu ve gövde çapı sırasıyla metre ve elektronik kumpas ile belirlenmiştir ve daha sonra ortalaması alınmıştır. Toprak üstü yaş ağırlık değeri, her saksıdaki 5 fidenin toplam gövde ve yaprak ağırlıkları tartılarak belirlenmiştir. Toprak üstü kuru ağırlık değeri ise 5 fidenin 70 °C etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve daha sonra tartılarak tespit edilmiştir. Yaprak alanı ise, her saksıdan tesadüfi olarak bir bitki seçilmiş ve görüntü işleme yöntemi kullanılarak yaprak alanı belirlenmiştir ([Kiremit, 2024](#)).

Veri analizi

Araştırmada, farklı potasyum nitrat dozları, toprak tuzluluğu ve bunların interaksyonunun sorgum fidelerinin bitki su tüketimi ve büyüme parametreleri üzerine etkileri iki yönlü varyans analizi yöntemi ile belirlenmiştir ([Takma et al., 2023](#)). Konular arasındaki farklılıklar P<0.05 önemlilik düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. İstatistiksel analiz için SPSS 25.0 paket programı kullanılmıştır. Bar

grafiklerinin çizilmesinde ise Microsoft Office 365 paket programı kullanılmıştır. Stoma iletkenliği ve SPAD değerlerine ait 3 ve 2 boyutlu grafikler Design Expert 13.0 paket programı yardımıyla çizilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi

Toprak tuzluluğu (TT), potasyum nitrat dozları (PND) ve TT×PND interaksyonunun sorgum fidelerine ait sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi üzerine istatistiksel etkileri Çizelge 2’de gösterilmiştir. Buna göre, toprak tuzluluğu sorgum fidelerinin sulama suyu miktarını önemli derecede etkilerken, potasyum dozları ve interaksyonun etkisinin sulama suyu miktarını üzerine istatistiksel etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 2). En yüksek sulama suyu miktarı 88.4 mm ile S_0 konusundan elde edilirken, en düşük değer ise 63.5 mm ile S_3 konusunda gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Sorgum fidelerine ait bitki su tüketimi değerleri irdelendiğinde, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması bitki su tüketimini kontrol koşullarına kıyasla arttırmıştır (Çizelge 2). Ancak, $(KNO_3)_{12.5}$, $(KNO_3)_{25}$ ve $(KNO_3)_{50}$ dozlarına ait bitki su tüketimi değerleri arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Toprak tuzluluğunun artması ile sorgum fidelerinin bitki su tüketimi azalmıştır. İnteraksiyona göre bitki su tüketimi değerleri incelendiğinde, 4 farklı potasyum nitrat dozu koşullarında, en düşük bitki su tüketimi değerleri S_3 koşullarında elde edilmiştir. Ancak, 0.63 dS m^{-1} toprak tuzluluğu koşullarında sorgum tohumlarının 50 mM potasyum nitrat ile ön uygulama yapılması 0 , 12.5 ve 25 mM konularına kıyasla daha yüksek bitki su tüketimine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarı değerlerinde elde edilen azalmalar, kök bölgesinde tuz miktarının artması toprağın ozmotik potansiyelinin azalmasına sebep olarak kök bölgesinde kullanılabilir su miktarının azalması ile ilişkilendirilmektedir (Minhas ve ark., 2020). Toprak suyunun serbest enerjisinin azalması, bitkilerin toprak çözeltisinden su almak için daha fazla enerji harcamasına neden olmaktadır. Bu durumda, bitki su tüketiminin azalmasına neden olmaktadır (Liu ve ark., 2021; Parihar ve ark., 2015). Çalışmamızda, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması, tohumların potasyum içeriğinin artmasına ve fide döneminde hücre içi ozmotik basıncı düzenleyerek fidelerin su alımını arttırdığı söylenebilir. Özellikle, potasyum nitratın pozitif etkisi 0.63 dS m^{-1} koşullarda fotosentetik pigmentleri iyileştirilmesi ile daha etkin bir şekilde görülmektedir. Fakat, tuzluluk stresinin artması ile, potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin su alımı ve gelişimi üzerine önemli derecede etki etmemiştir.

Bitki boyu ve gövde çapı

Sorgum fidelerine ait bitki boyu değerleri istatistiksel olarak toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarından etkilenirken, TT×PND interaksyonundan etkilenmemiştir (Çizelge 2). En uzun bitki boyu değeri 41.4 cm ile S_0 konusundan elde edilmiştir (Çizelge 2). Buna göre, S_0 konusuna kıyasla, S_1 , S_2 ve S_3 konularına ait bitki boyu değerleri sırasıyla %3.9, %12.9 ve %37.5 oranında azalmıştır (Çizelge 2). Potasyum nitrat dozuna göre ise, en uzun bitki boyu (38.1 cm) 50 mM KNO_3 konusunda elde edilmiştir ve $(KNO_3)_0$ konusuna kıyasla %13.1 oranında artmıştır (Çizelge 2). En kısa bitki boyu değeri ise $(KNO_3)_0 \times S_3$ konusundan elde edilmiştir. Bununla birlikte, $(KNO_3)_0 \times S_3$ konusuna kıyasla, $(KNO_3)_0 \times S_0$, $(KNO_3)_{12.5} \times S_0$, $(KNO_3)_{25} \times S_0$ ve $(KNO_3)_{50} \times S_0$ konularına ait bitki boyu değerlerinde %76.6, %86.7, %69.8 ve %88.1 oranında artış gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Kiremit ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, toprak tuzluluğu arttıkça sorgum bitkisinin fide boyunun önemli derecede azaldığını ve 8 dS m^{-1} toprak tuzluluğu koşullarında bitki boyunun %40.8 azaldığını belirlemişlerdir. Sezer ve ark. (2021) toprak tuzluluğunun şeker mısır fidelerinin gelişimini önemli derecede sınırlandırdığını ve 2.5 dS m^{-1} ’den daha yüksek toprak tuzluluğunun tatlı mısır fide gelişimini azalttığını rapor etmişlerdir. Steiner ve ark. (2019) buğday tohumlarını $10 \text{ g L}^{-1} \text{ KNO}_3$ ile ön uygulamaya tabi tutulması, buğday tohumlarının kök ve fide uzunluğunu önemli derecede arttırdığını ve buğday tohumlarının gelişim kabiliyetini arttırdığını belirlemişlerdir.

Çizelge 2’de görüldüğü üzere, toprak tuzluluğu arttıkça sorgum fidelerine ait gövde çapı değerleri azalmıştır. En kalın gövde çapı değeri 4.7 mm ile S_0 konusundan belirlenmiştir. S_0 konusuna kıyasla, gövde çapı değeri S_1 , S_2 ve S_3 konularında sırasıyla %5.5, %10.0 ve %32.3 oranlarında azalmıştır (Çizelge 2). Potasyum nitrat dozu ile sorgum fidelerinin gövde çapı arasında parabolik bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Sorgum fidelerinin gövde çapı değerleri 25 mM KNO_3 dozuna kadar artmış ve 50 mM KNO_3 dozunda azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak, en kalın gövde çapı değerleri (4.9 ve 4.8 mm) sırasıyla $(KNO_3)_{25} \times S_0$ ve $(KNO_3)_{50} \times S_0$ konularında belirlenmiştir (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, 50 mM potasyum nitrat ile önceden işlenmiş tohumların, daha iyi bitki boyu ve gövde çapına sahip olduğu belirlenmiştir. Potasyum

nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulan tohumların bitki gelişimindeki bu iyileşme, hücre genişlemesini ve uzamasını teşvik etmesi ile membran bütünlüğünü korumasından kaynaklandığı söylenebilir.

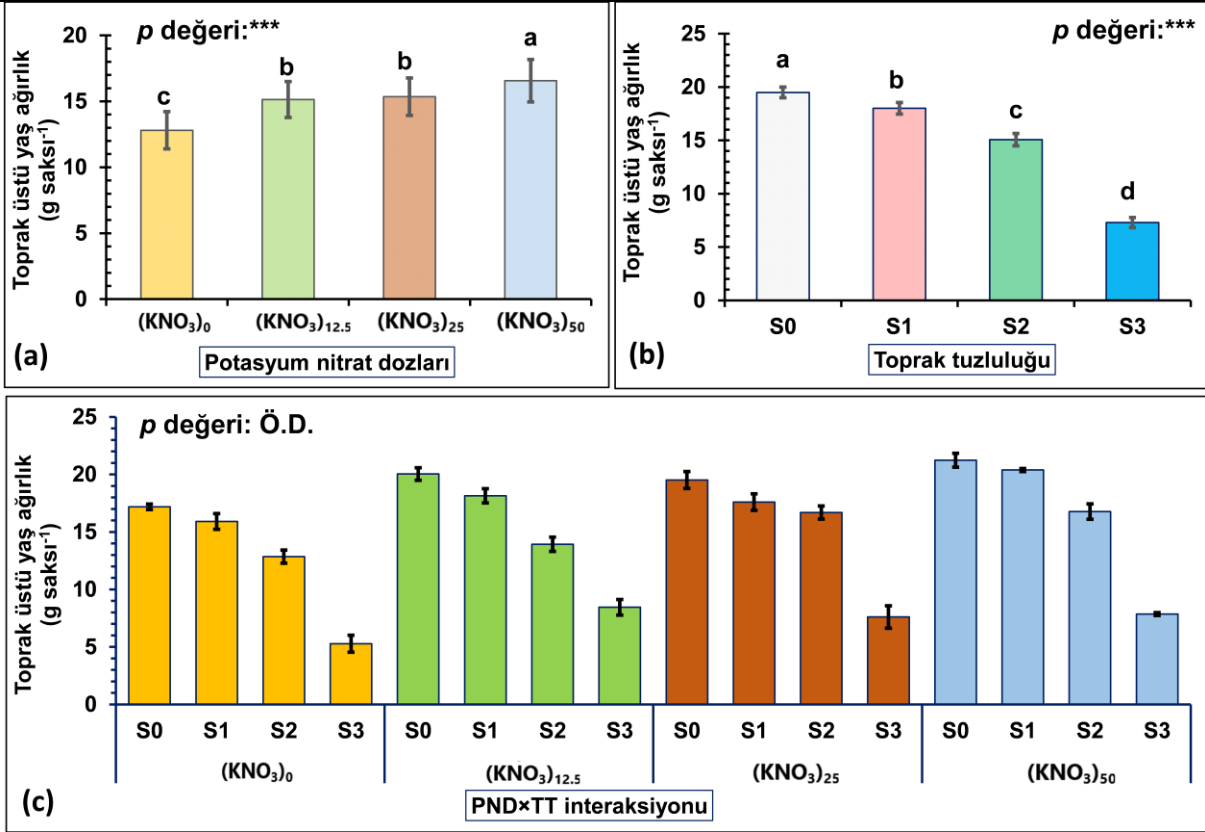
Çizelge 2. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin bitki su tüketimi, sulama suyu miktarı, bitki boyu ve gövde çapı üzerine etkileri

Toprak Tuzluluğu	Sulama suyu miktarı (mm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	84.3	90.6	88.6	90.1	88.4 A
S ₁	75.8	79.8	81.3	79.1	79.0 B
S ₂	74.4	75.3	74.3	74.9	74.7 C
S ₃	62.2	64.1	65.3	62.3	63.5 D
Ortalama	74.2	77.5	77.4	76.6	
Toprak tuzluluğu	Bitki su tüketimi (mm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	77.6	84.6	81.9	87.1	82.8 A
S ₁	68.5	73.5	74.5	75.2	72.9 B
S ₂	68.1	69.1	67.6	70.5	68.8 C
S ₃	54.5	57.8	58.2	56.8	56.8 D
Ortalama	67.2 B	71.2 A	70.6 A	72.4 A	
Toprak tuzluluğu	Bitki boyu (cm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	40.6	42.9	39.0	43.2	41.4 A
S ₁	37.2	40.7	39.3	42.0	39.8 B
S ₂	33.9	36.7	34.9	38.8	36.1 C
S ₃	23.0	26.3	26.0	28.4	25.9 D
Ortalama	33.7 B	36.7 A	34.8 B	38.1 A	
Toprak tuzluluğu	Gövde çapı (mm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	4.5 cd	4.6 bc	4.9 a	4.8 ab	4.7 A
S ₁	4.5 cd	4.3 def	4.6 bcd	4.5 cd	4.4 B
S ₂	4.3 def	4.1 f	4.1 ef	4.4 cde	4.2 C
S ₃	2.7 h	3.6 g	3.8 g	2.6 h	3.2 D
Ortalama	4.0 C	4.2 B	4.3 A	4.1 BC	
İki yönlü ANOVA	Sulama suyu miktarı	Bitki su tüketimi	Bitki boyu	Gövde çapı	
TT	***	**	***	***	***
PND	Ö.D.	***	***	***	***
TT×PND İnt.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	***

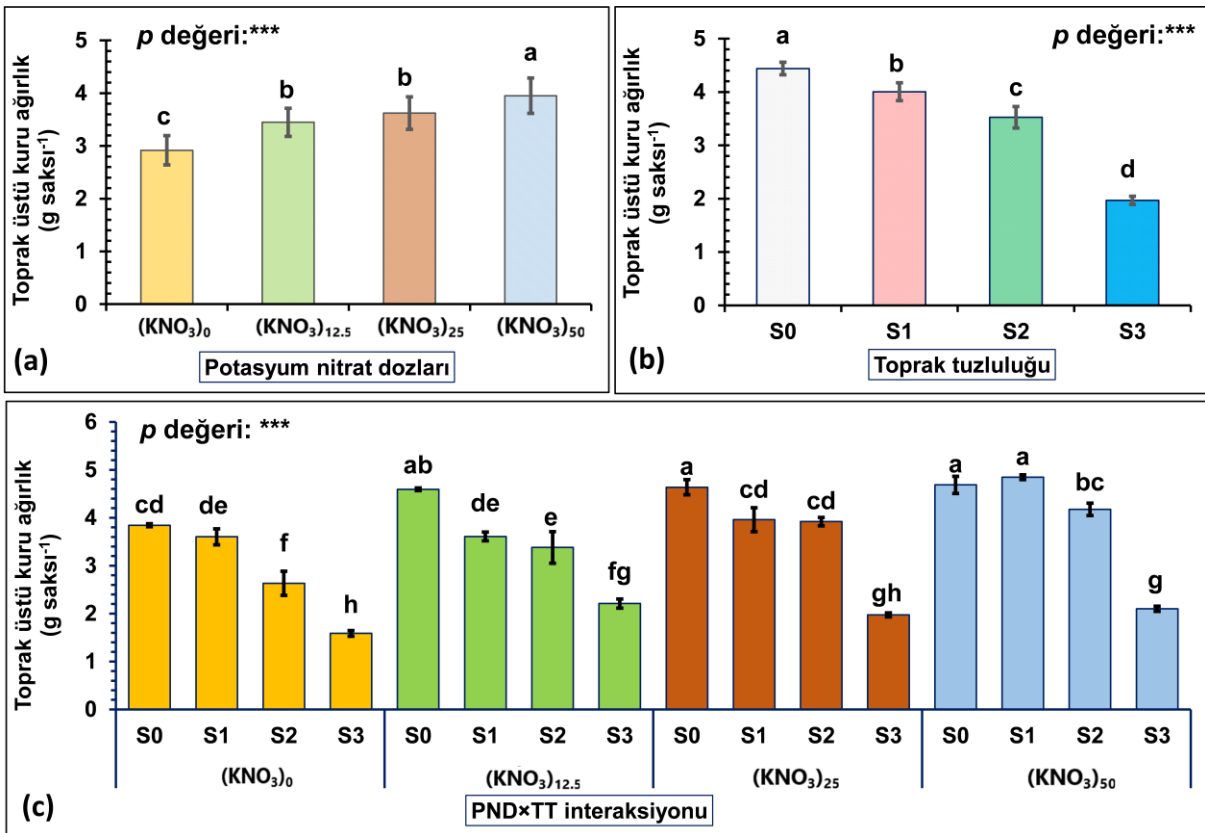
Satır ve sütunlarda büyük/küçük farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. TT: Toprak tuzluluğu; PND: potasyum nitrat dozu. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: P < 0.001; **: P < 0.01; Ö.D: Önemli değil.

Toprak üstü yaş ve kuru ağırlık

Toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozu artışı ile sorgum fidelerinin birlikte toprak üstü yaş ve kuru ağırlıklarında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3). En yüksek toprak üstü yaş ağırlığı değeri (19.5 g saksı⁻¹) S₀ konusundan elde edilmiştir (Şekil 2b). Bu değer, S₁, S₂ ve S₃ konularından sırasıyla %8.2, %29.4 ve %167.1 oranlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2b). Bununla birlikte, en yüksek toprak üstü yaş ağırlığı değeri (16.6 g saksı⁻¹) (KNO₃)₅₀ uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 2a). En düşük değer ise 12.8 g saksı⁻¹ ile (KNO₃)₀ uygulamasından elde edilmiş ve bu değere kıyasla (KNO₃)_{12.5}, (KNO₃)₂₅ ve (KNO₃)₅₀ konularına ait toprak üstü yaş ağırlık değeri %18.2, %19.8 ve %29.3 oranlarında artmışlardır (Şekil 2a). İnteraksiyona göre, en yüksek toprak üstü yaş ağırlık değeri (21.2 g saksı⁻¹) ile (KNO₃)₅₀×S₀ konusundan, en düşük değer (5.3 g saksı⁻¹) ise (KNO₃)₀×S₃ konusundan elde edilmiştir (Şekil 2c).



Şekil 2. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin toprak üstü yaş ağırlığına etkisi. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, sütunlarda farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: *P* < 0.001; **: *P* < 0.01; Ö.D: Önemli değil.



Şekil 3. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin toprak üstü kuru ağırlığına etkisi. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, sütunlarda farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: *P* < 0.001; **: *P* < 0.01; Ö.D: Önemli değil.

Şekil 3a'da görüldüğü gibi, potasyum nitrat dozu arttıkça toprak üstü kuru ağırlık değeri artmıştır. En yüksek toprak üstü kuru ağırlık değeri 4.0 g saksı⁻¹ ile (KNO₃)₅₀ konusundan elde edilmiştir (Şekil 3a). Bununla birlikte, (KNO₃)_{12.5} ve (KNO₃)₂₅ konularına ait toprak üstü kuru ağırlık değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Şekil 3a). Ancak, toprak tuzluluğu arttıkça toprak üstü kuru ağırlık değeri önemli derecede azalmış, en düşük değer S₃ konusundan elde edilmiştir (Şekil 3b). S₃ konusuna kıyasla, toprak üstü kuru ağırlık değerleri S₂, S₁ ve S₀ konularında sırasıyla %79.3, %103.5 ve %125.7 oranında artmıştır (Şekil 3b). İnteraksiyona göre toprak üstü kuru ağırlık değerleri incelendiğinde, en yüksek toprak üstü kuru ağırlık değerleri 12.5, 25 ve 50 mM KNO₃ koşullarında S₀ konularında elde edilmiştir (Şekil 3c). Ancak, sorgum tohumlarının 50 mM KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması, kuru madde birikimi açısından 0, 12.5 ve 50 mM KNO₃ konularına kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, sorgum tohumlarını 50 mM KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması S₁ koşullarında pozitif etki göstererek fide gelişimini diğer konulara kıyasla daha fazla teşvik ettiği söylenebilir. Önceki çalışmalar incelendiğinde, [Guo ve ark. \(2022\)](#) ve [Dehnavi ve ark. \(2022\)](#) yaptıkları çalışmalarda, toprak tuzluluğunun sorgum bitkisinin taze ve kuru ağırlıklarını olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. [Rehman ve ark. \(2024\)](#), mısır tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulama yapılması, tuzluluk koşullarında bitkilerde düşük düzeyde lipid peroksidasyonu birikimine ve minimum membran zararlanmasına neden olarak fide gelişimini teşvik ettiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda, sorgum tohumlarının potasyum nitrat dozları ile ön uygulamaya tabi tutulması, fide gelişim döneminde hücre turgorunu dengeleyerek, bitkileri oksidatif strese karşı korumuş ve fidelerin tuz toleransını arttırmıştır. Bu durum, tuz stresi koşullarında, fidelerin gelişiminin artmasını teşvik etmiştir. Bu nedenle, sorgum tohumlarının tuz içeriği yüksek tarım arazilerinde ekilmeden önce 50 mM potasyum nitrat ile ön uygulamaya yapılması önerilebilir.

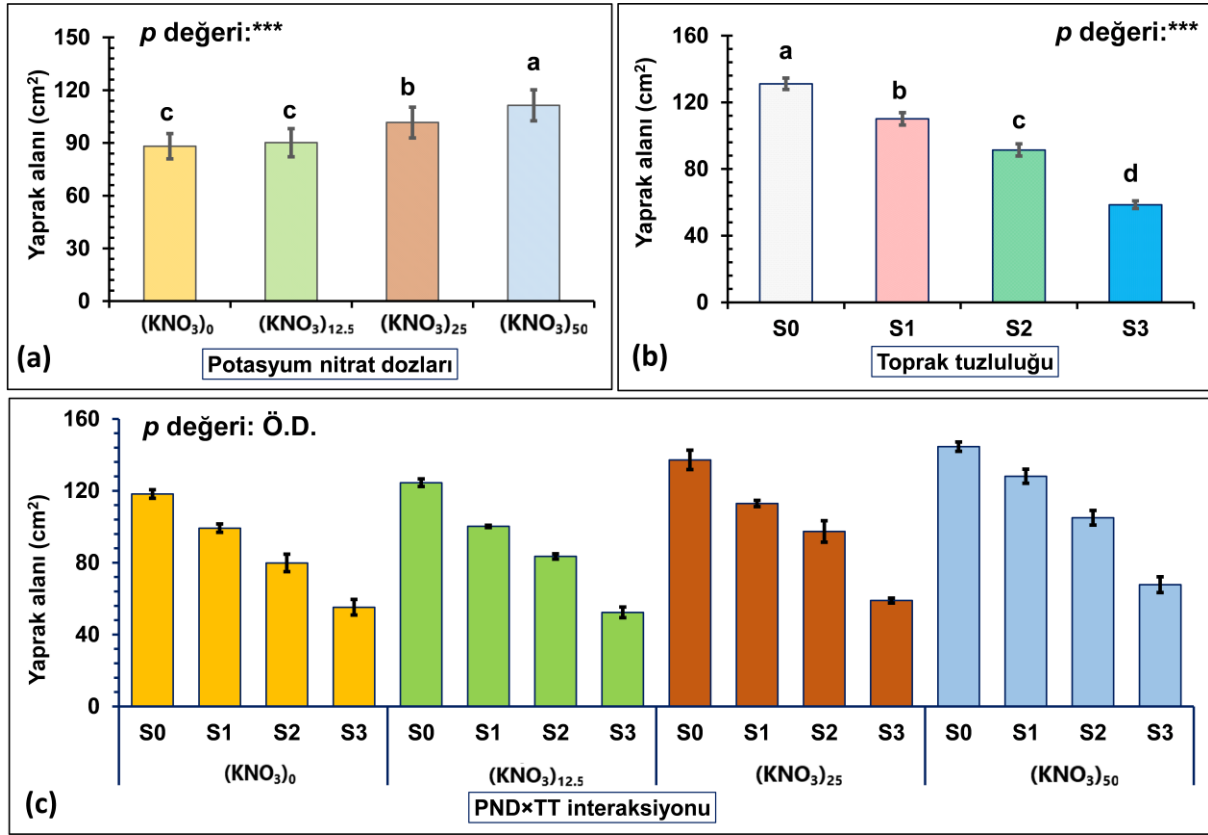
Yaprak alanı

Sorgum fidelerine ait yaprak alanının toprak tuzluluğu, potasyum nitrat ve interaksiyona göre değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Potasyum nitrat dozu arttıkça sorgum fidelerinin yaprak alanı artmıştır (Şekil 4a). Ancak, (KNO₃)₀ ve (KNO₃)_{12.5} dozlarına ait yaprak alanı değerleri arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (Şekil 4a). Toprak tuzluluğuna göre ise; en düşük yaprak alanı değeri 58.6 cm² ile S₃ konusundan elde edilmiştir (Şekil 4b). Buna göre, S₃ konusuna kıyasla, S₀, S₁ ve S₂ konularına ait yaprak alanı değerleri sırasıyla %123.9, %88.0, ve %56.1 oranlarında artış göstermiştir (Şekil 4b). İnteraksiyona göre ise, yaprak alanı değeri (KNO₃)₀ koşullarında 118.2-55.2 cm², (KNO₃)_{12.5}'te 124.5-52.3 cm², (KNO₃)₂₅'te 137.2-58.9 cm², (KNO₃)₅₀'de ise 144.6-67.7 cm² arasında değişmiştir. En düşük yaprak alanı değeri (52.3 cm²) (KNO₃)_{12.5}×S₃ konusunda elde edilmiştir (Şekil 4c). (KNO₃)_{12.5}×S₃ konusuna kıyasla, (KNO₃)₀×S₀, (KNO₃)_{12.5}×S₀, (KNO₃)₂₅×S₀, (KNO₃)₅₀×S₀ konularına ait yaprak alanı değeri sırasıyla %125.8, %137.9, %162.1 ve %176.2 oranlarında artmıştır (Şekil 4c). [Rehman ve ark. \(2024\)](#), 100 mM NaCl stres koşullarında, MNH360 mısır çeşidinin %1.50 KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması yaprak alanını %0.50 ve 1.0% KNO₃ göre daha fazla arttırdığını tespit etmişlerdir. [Ahmadvand ve ark. \(2012\)](#), soya fasulyesi tohumlarının 6 g L⁻¹ KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması, 8 dS m⁻¹ tuzluluk koşullarında yaprak alanı değerini kontrol konusuna kıyasla %78.4 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, [Abeed ve ark. \(2023\)](#), tohumların potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması, bitkilerin su ve besin alımını arttırarak ve bitkinin fizyolojik mekanizmalarını geliştirerek yüksek tuzluluk seviyelerine rağmen yaprakların daha iyi büyümesine ve gelişmesine olanak sağlayabildiğini belirtmişlerdir. Bu durumda, bitkilerin daha geniş yaprak alanına sahip olmalarını sağladığını gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda, sorgum tohumlarının 50 mM KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması yaprak alanını 0, 12.5 ve 25 mM KNO₃ kıyasla belirgin bir şekilde arttırmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada 50 mM KNO₃ dozunun sorgum fide gelişimini teşvik ettiği ortaya koyulmuştur. Gelecek arazi veya saksı çalışmalarda, potasyum nitratın farklı uygulama ve doz koşullarında uygulayarak sorgum bitkisi için optimum doz ve uygulama yönteminin belirlenmesi önerilebilir.

Stoma iletkenliği ve SPAD

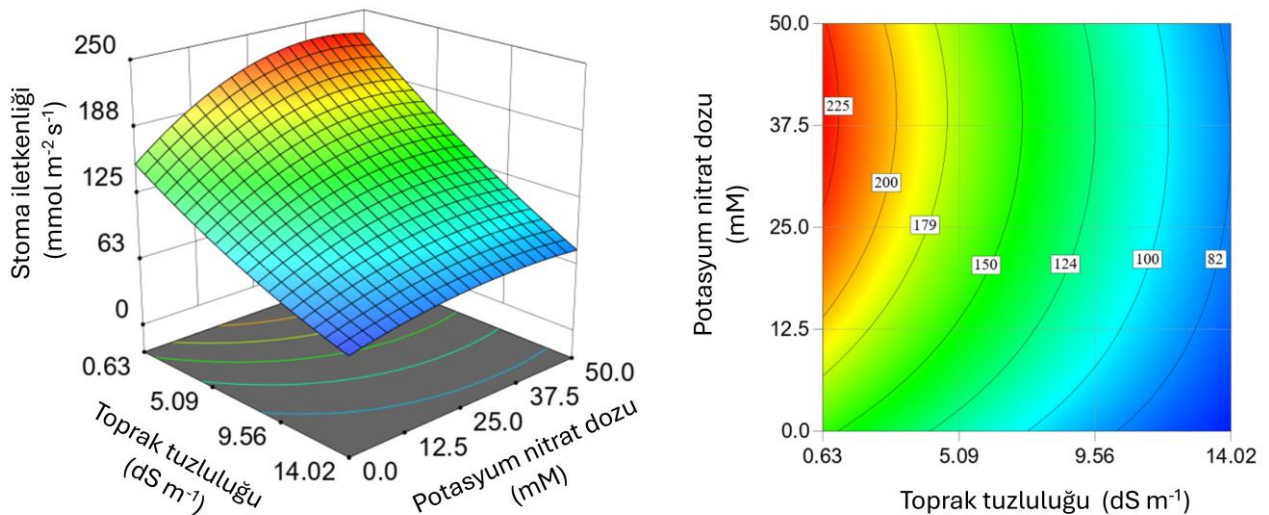
Farklı toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin stoma iletkenliği ve SPAD değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 5a'da stoma iletkenliğine ait grafik incelendiğinde, en yüksek stoma iletkenliği değeri (223.3 mmol m⁻² s⁻¹) 50 mM potasyum nitrat dozu ve 0.63 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu olduğu koşullarda elde edilmiştir. En düşük stoma iletkenliği değerleri ise, 0 mM potasyum nitrat dozu koşullarında gözlemlenmiştir (Şekil 5a). Özellikle, toprak tuzluluğu arttıkça sorgum fidelerine ait stoma iletkenliği değerleri azalmıştır. En düşük stoma iletkenliği değeri 61.7 mmol m⁻² s⁻¹ ile 0 mM potasyum nitrat ve 14.02 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu interaksiyonundan elde edilmiştir (Şekil 5a). Şekil 5b'de görüldüğü üzere, stoma iletkenliği değeri 5.09 dS m⁻¹ toprak tuzluluğundan sonra önemli azalış göstermiştir. Ancak potasyum nitrat dozu ile stoma iletkenliği değerleri arasında eğrisel bir ilişki olduğu

gözlemlenmiştir (Şekil 5b). Potasyum nitrat dozu arttıkça stoma iletkenliği değeri artmış ancak doz miktarının 50 mM'dan daha yüksek olması sorgum fidelerinin stoma iletkenliğinin azalmasına neden olacağı söylenebilir. Elde edilen regresyon eşitliğine göre, toprak tuzluluğu sorgum fidelerinin stoma iletkenliğini potasyum nitrat dozuna göre %135.8 oranında daha fazla etkilediği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin yaprak alanına etkisi.

Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, sütunlarda farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: P < 0.001; **: P < 0.01; Ö.D.: Önemli değil.



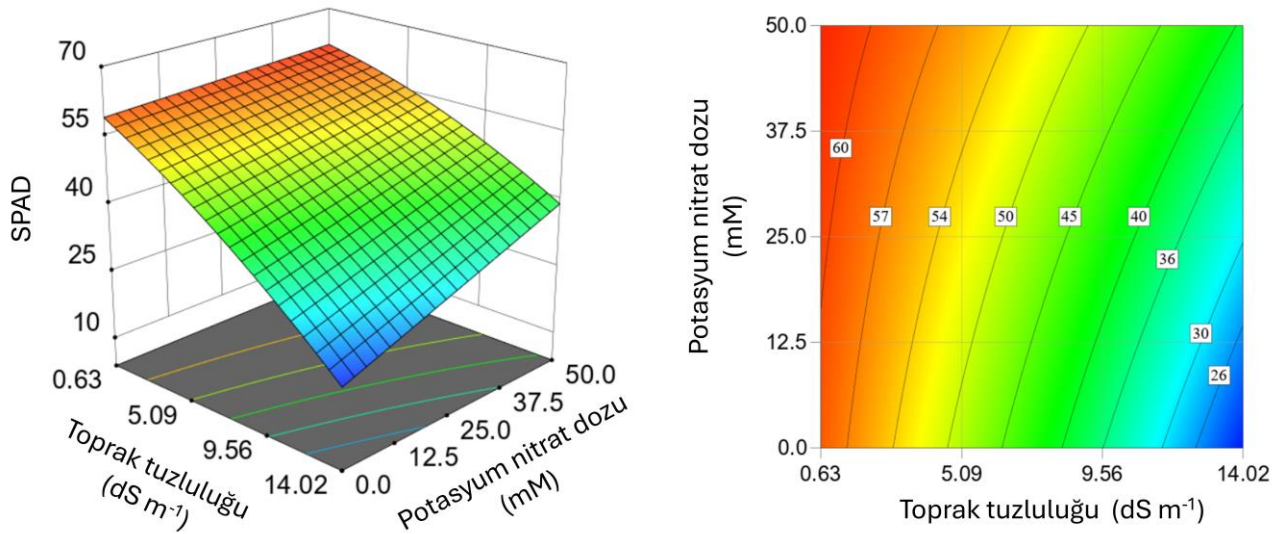
$$Y_{\text{Stoma}} = 160.53 - 9.62 \times \text{TT} + 4.08 \times \text{PND} - 0.22 \times \text{TT} \times \text{PND} + 0.19 \times \text{TT}^2 - 0.05 \times \text{PND}^2 + 0.002 \times \text{TT} \times \text{PND}^2$$

$$R^2 = 0.962^{**}$$

$$\text{SH} = [3.23]^{***} [3.45]^{***} [2.13]^{**} [2.86]^{***} [3.52]^{***} [3.53]^{***} [4.74]^{***}$$

Şekil 5. Toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin stoma iletkenliği üzerine etkilerinin üç (a) ve iki (b) boyutlu grafikler ile gösterilmesi. TT: Toprak tuzluluğu, PND: Potasyum nitrat dozu, ***: P < 0.001; **: P < 0.01. SH: Standart hata.

Sorgum fidelerine ait SPAD değerlerinin toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozuna göre değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. Buna göre sorgum fidelerinin SPAD değerleri 20.8 ile 63.0 arasında değişmiştir (Şekil 6a). En yüksek SPAD değerleri 0.63 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu koşullarında elde edilmiştir (Şekil 6a). Özellikle, 0.63 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu koşullarında, potasyum nitrat dozu arttıkça SPAD değerleri önemli derece artış göstermemiştir (Şekil 6a). Fakat, 14.02 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu koşullarında, potasyum nitrat dozu arttıkça sorgum fidelerinin SPAD değerleri artmıştır (Şekil 6b). Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında; tuz stresi koşullarında, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile priming yapılması fide çıkış döneminde fidelerin fotosentetik kabiliyetini arttırdığı tespit edilmiştir. Favez ve Bazaid (2014) yaptıkları çalışmada, tuzluluk ve kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması veya dışsal olarak uygulanması yaprak klorofil ve karotenoid içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, [Rehman ve ark. \(2024\)](#), 75 ve 100 mM NaCl stresi koşullarında, mısır tohumlarının %1 KNO₃ ile priming yapılması klorofil ve karotenoid içeriğini arttırdığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak, 50 mM KNO₃ sorgum fidelerinde fotosentezin düzenlenmesini artırabileceğini ve kloroplastların oluşumunda reaktif oksijen türlerinden koruyarak klorofilin stabilitesini artırmada rol oynayabileceğini göstermektedir. Bu durum, bitkilerin yüksek tuz stresine maruz kaldığında fotosentetik pigment seviyelerinin korunmasına yardımcı olabilir. Dolayısıyla, potasyum nitratın sağladığı stoma düzenlemesinin, besin ve su alımını iyileştirmeye katkıda bulunarak bitkilerin tuz toleransını artırabileceği söylenebilir.



$$Y_{SPAD} = 60.53 - 2.00 \times TT + 0.03 \times PND + 0.02 \times TT \times PND - 0.06 \times TT^2$$

$$SH = [0.77]^{***} [0.65]^{***} [0.64]^{***} [0.87]^{***} [1.08]^{***}$$

$$R^2 = 0.940^{**}$$

Şekil 6. Toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin SPAD değeri üzerine etkilerinin üç (a) ve iki (b) boyutlu grafikler ile gösterilmesi. TT: Toprak tuzluluğu, PND: Potasyum nitrat dozu, ***, P<0.001; **, P<0.01. SH: Standart hata.

Sonuç

Bu çalışmada, toprak tuzluluğunun sorgum bitkisinin fide gelişimini ve bitki su tüketimini önemli derecede sınırladığı, ayrıca toprak tuzluluk seviyesinin 5 dS m⁻¹'in üzerinde olduğu durumlarda fide gelişim potansiyelinin azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulmasının, tuzluluk stresine karşı sorgum bitkisinin fide gelişim döneminde stoma iletkenliği ve SPAD değerlerini artırarak vejetatif gelişimi desteklediği belirlenmiştir. Özellikle 50 mM potasyum nitrat uygulaması, tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltmış, fotosentetik aktiviteyi ve yaprak alanını artırarak fidelerin tuzluluğa karşı direncini güçlendirmiştir. Bu bulgular, tuzdan etkilenen bölgelerdeki çiftçiler tarafından sorgum fide gelişimini iyileştirmek amacıyla KNO₃ ile ön uygulamanın, kolay ve uygun maliyetli bir teknik olarak benimsenebileceğini göstermiştir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı potasyum nitrat konsantrasyonları ve uygulama yöntemlerinin sorgum fideleri üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı olarak incelenmesi faydalı olacaktır. Ayrıca, farklı tuzluluk seviyelerinde ve diğer abiyotik stres koşulları altında potasyum nitrat uygulamasının sorgum gelişimi ve su tüketimi üzerindeki etkilerinin araştırılması, bu tekniğin etkinliğini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olabilir.

Kaynaklar

- Abeed AHA, Saleem MH, Asghar MA, Mumtaz S, Ameer A, Ali B, Alwahibi MS, Elshikh MS, Ercisli S, Elsharkawy MM, Ali S, Soudy FA, 2023. Ameliorative effects of exogenous potassium nitrate on antioxidant defense system and mineral nutrient uptake in radish (*Raphanus sativus* L.) under salinity stress. *ACS Omega*. 8: 22575–22588.
- Ahmadvand G, Soleimani F, Saadatian, B., Pouya, M., 2012. Effect of seed priming with potassium nitrate on germination and emergence traits of two soybean cultivars under salinity stress conditions. *J. Agric. and Environ. Sci.* 12: 769–774.
- Ambreen S, Athar H ur R, Khan A, Zafar ZU, Ayyaz A, Kalaji HM, 2021. Seed priming with proline improved photosystem II efficiency and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biol.* 21: 1–12.
- Angon PB, Tahjib-Ul-Arif M, Samin SI, Habiba U, Hossain MA, Brestic M, 2022. How do plants respond to combined drought and salinity stress?—a systematic review. *Plants*. 11: 2884.
- Anosheh HP, Sadeghi H, Emam Y, 2012. Chemical priming with urea and KNO₃ enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. *Journal of Crop Sci. and Biotech.* 14(4): 289–295.
- Dehnavi AR, Zahedi M, Ludwiczak A, Perez SC, Piernik A, 2020. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) genotypes. *Agronomy*. 10: 859.
- Dehnavi AR, Zahedi M, Ludwiczak A, Piernik A, 2022. Foliar application of salicylic acid improves salt tolerance of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Plants*. 11: 368.
- Fayez KA, Bazaid SA, 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agric. Sci.* 13: 45–55.
- Gucdemir İ, 2006. Türkiye fertilizer and fertilization guide, Updated and expanded edition. Soil Fertilizer and Water Resources Central Research Institute Directorate. General publication no: 213, Technical publication no: T69. Ankara, Türkiye.
- Guo X, Zhi W, Feng Y, Zhou G, Zhu G, 2022. Seed priming improved salt-stressed sorghum growth by enhancing antioxidative defense. *PLoS One*. 17: e0263036.
- Hasanuzzaman M, Bhuyan MHMB, Nahar K, Hossain MS, Al Mahmud J, Hossen MS, Masud AAC, Moumita FM, 2018. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*. 8: 31.
- Huang RD, 2018. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. *J Integr Agric.* 17(4), 739-746.
- Hussain MI, Elnaggar A, El-Keblawy A, 2020. Eco-physiological adaptations of *Salsola drummondii* to soil salinity: role of reactive oxygen species, ion homeostasis, carbon isotope signatures and anti-oxidant feedback. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Bio*, 155(6): 1133-1145.
- Ibrahim EA, 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *J Plant Physiol.* 192: 38-46.
- Javed SA, Jaffar MT, Shahzad SM, Ashraf M, Piracha MA, Mukhtar A, Rahman SU, Almoallim HS, Ansari MJ, Zhang J, 2024. Optimization of nitrogen regulates the ionic homeostasis, potassium efficiency, and proline content to improve the growth, yield, and quality of maize under salinity stress. *Environ. Exp. Bot.* 226: 105836.
- Johnson R, Puthur JT, 2021. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. *Plant Physio. and Biochem.* 162: 247–257.
- Kiremit MS, 2024. Effect of melatonin on increasing leaf development of sweet corn seedlings under salt stress conditions. *International Congress of Sustainable Agriculture*, 310-336. 01-03 March 2024, Iğdır.
- Kiremit MS, Öztürk E, Arslan H, Subrata BAG, Akay H, Bakirova A, 2024. Effects of melatonin, proline, and salicylic acid on seedling growth, photosynthetic activity, and leaf nutrients of sorghum under salt stress. *Plant Direct* 8: e574.
- Krishnamurthy L, Serraj R, Hash CT, Dakheel AJ, Reddy BVS, 2007. Screening sorghum genotypes for salinity tolerant biomass production. *Euphytica*. 156: 15–24.
- Kurunc A, 2021. Effects of water and salinity stresses on growth, yield, and water use of iceberg lettuce. *J Sci Food Agric.* 101: 5688–5696.
- Kurunc A, Unlukara A, Cemek B, 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agric Scand B Soil Plant Sci.* 61: 514–522.
- Läuchli A, Grattan SR, 2007. Plant growth and development under salinity stress. *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. 1–32.
- Liu J, Zhang W, Long S, Zhao C, 2021. Maintenance of cell wall integrity under high salinity. *Inter. Journal of Molecular Sci.* 22: 3260.

- Mansour MMF, Emam MM, Salama KHA, Morsy AA, 2021. Sorghum under saline conditions: responses, tolerance mechanisms, and management strategies. *Planta*. 254: 1-38.
- Minhas PS, Ramos TB, Ben-Gal A, Pereira LS, 2020. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agric. Water Manag.* 227: 105832.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
- Parihar P, Singh S, Singh R, Singh VP, Prasad SM, 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Envir. Sci. and Pollution Res.* 22: 4056-4075.
- Rehman B, Zulfiqar A, Attia H, Sardar R, Saleh MA, Alamer KH, Alsudays IM, Mehmood F, Uz Zaman Q, 2024. seed priming with potassium nitrate can enhance salt stress tolerance in maize. *Phyton-Inter. Journal of Exper. Bot.* 93:1819-1838.
- Rhaman MS, Imran S, Rauf F, Khatun M, Baskin CC, Murata Y, Hasanuzzaman M, 2021. Seed priming with phytohormones: an effective approach for the mitigation of abiotic stress. *Plants*. 10: 1-17.
- Roy RC, Sagar A, Tajkia JE, Razzak MA, Hossain AZ, 2018. Effect of salt stress on growth of sorghum germplasms at vegetative stage. *Journal of the Bangladesh Agri. Uni.* 16: 67-72.
- Sezer İ, Kiremit MS, Öztürk E, Subrata BAG, Osman HM, Akay H, Arslan H, 2021. Role of melatonin in improving leaf mineral content and growth of sweet corn seedlings under different soil salinity levels. *Sci. Hortic.* 288:110376.
- Singh A, 2022. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use Manag.* 38: 39-67.
- Steiner F, Zuffo AM, Da CE, Oliveira S, Honda GB, Machado JS, 2019. Potassium nitrate priming mitigates salt stress on wheat seedlings. *Revista de Ciências Agrárias.* 41: 989-1000.
- Takma Ç, Gevrekçi Y, Hızlı H, 2023. Statistical analysis in agricultural research, 1stEdition ed. Holistence Publications, Çanakkale, Türkiye.
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E, Suarez DL, 2010. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage.* 59: 203-214.
- Zeeshan M, Lu M, Sehar S, Holford P, Wu F, 2020. Comparison of biochemical, anatomical, morphological, and physiological responses to salinity stress in wheat and barley genotypes deferring in salinity tolerance. *Agronomy.* 10(1): 127.