

İnci darı (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi

Effect of salt stress on germination and seedling growth of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) cultivars

Hasan Beytullah DÖNMEZ¹ 

¹Çukurova Üniversitesi, Tufanbeyli Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tufanbeyli, Adana, Türkiye.

ARTICLE INFO	ÖZET
Article history: Recieved / Geliş: 03.05.2025 Accepted / Kabul: 07.07.2025 Anahtar Kelimeler: İnci darı Tuzluluk Çimlenme oranı Fide gelişimi Keywords: Pearl millet Salinity Germination rate Seedling growth ✉Corresponding author/Sorumlu yazar: Hasan Beytullah DÖNMEZ bdonmez@cu.edu.tr	Bu araştırma, farklı inci darı (<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br.) çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine beş farklı tuz dozunun (0 mM [kontrol], 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM) etkisini saptamak amacıyla 2025 yılında yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak inci darının dört farklı çeşidi (Ashana, Heveahri, Yellow, Tifleaf3) kullanılmıştır. Deneme Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Çayır-Mera laboratuvarında iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada, inci darı çeşitlerinin farklı tuz dozlarındaki çimlenme oranları (%), kök uzunlukları (cm), sap uzunlukları (cm), fide kök kuru ağırlığı (mg/fide), fide sap kuru ağırlığı (mg/fide) ve tuz tolerans indeksi (%) incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, 100 mM'a kadar olan tuz dozlarında çimlenme oranında istatistiksel olarak önemli azalma olmadığı, kök kuru ağırlığı dışındaki fide özelliklerinde 50 mM'nin üzerindeki tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişiminin zayıflamasına neden olduğu, kök kuru ağırlığının ise 50 mM tuz dozunda kontrole göre önemli derecede azalma gösterdiği anlaşılmıştır. Yellow çeşidinin tuzluluğa duyarlı olduğu ortaya çıkmıştır. Çimlenme oranı, fide gelişimi ve tuz tolerans indeksi birlikte değerlendirildiğinde Ashana, Heveahri ve Tifleaf3 çeşitleri Yellow çeşidine göre daha avantajlı çeşitler olmuştur.
Makale Uluslararası Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 Lisansı kapsamında yayınlanmaktadır. Bu, orijinal makaleye uygun şekilde atıf yapılması şartıyla, eserin herhangi bir ortam veya formatta kopyalanmasını ve dağıtılmasını sağlar. Ancak, eserler ticari amaçlar için kullanılamaz. © Copyright 2022 by Mustafa Kemal University. Available on-line at https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkutbd This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.  	ABSTRACT This study was conducted to determine the effect of five different salt concentrations (0 mM [control], 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM) on germination and seedling growth of different pearl millet (<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br.) cultivars. Ashana, Heveahri, Yellow and Tifleaf3 cultivars of pearl millet were used as material. The experiment was established according to 2-factor the completely randomized plot with 4 replications at Pasture Plants Laboratory of Department of Field Crops of Agriculture Faculty, Çukurova University, Adana. Germination percentages (%), seedling root lengths (cm), seedling stem lengths (cm), seedling root dry weight (mg/seedling), seedling stem dry weight (mg/seedling) and salt tolerance index (%) of pearl millet cultivars at different salt concentrations were determined. According to the results, germination rate was not significantly influenced by salt concentrations till to 100 mM in comparison to the control while seedling characteristics with the exception of the dried root weight were not significantly influenced till to salt concentration of 50 mM. The salt concentration of 50 mM significantly decreased the dried root in comparison with the control. Yellow cultivar was found to be sensitive to salinity. When germination rate, seedling growth and salt tolerance index were evaluated together, Ashana, Heveahri and Tifleaf3 cultivars were more advantageous than Yellow.
Cite/Atıf	Dönmez, H.B. (2025). İnci darı (<i>Pennisetum glaucum</i> (L.) R. Br.) çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi. <i>Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi</i>, 30 (2), 657-667. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1690472

GİRİŞ

Bitkisel üretimde verimliliği sınırlayan başlıca abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Söz konusu bölgelerde yüksek buharlaşma, yetersiz yağış ve hatalı sulama uygulamaları, toprakta çözünmüş tuzların birikmesine neden olmakta, bu da toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Ertekin ve ark., 2022). Tuzluluk etkisiyle birlikte bitkilerin gelişimi, verimliliği ve hatta hayatta kalma şansı önemli ölçüde düşmektedir (Shrivastava & Kumar, 2015). FAO (2021) verilerine göre dünya genelinde yaklaşık 833 milyon hektar tarım arazisi tuzluluk problemiyle karşı karşıyadır ve bu alanların yaklaşık %20'si aktif olarak kullanılan sulanan tarım arazileridir. Artan dünya nüfusu, azalan tarım arazileri ve iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alındığında, mevcut tarım alanlarının verimli kullanılması ve tuzluluğa dayanıklı bitki türlerinin geliştirilmesi tarımın sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir.

Tuzluluk stresi, bitki ile toprak çözeltisi arasındaki su potansiyeli farkını değiştirerek ozmotik stres oluşturmaktadır. Bu durum, tohumların su alımını sınırlandırarak çimlenme sürecini geciktirmekte ya da tamamen engellemektedir (Kuşvuran ve ark., 2015a). Diğer taraftan tuzluluk stresi ile toprakta biriken Na^+ ve Cl^- iyonlarının hücre içerisinde toksik seviyelere ulaşması sonucu iyon toksisitesi gelişmektedir (Javaid ve ark., 2022). Bu iyonlar, hücre zarlarının bütünlüğünü bozmakta, protein yapısını ve enzim aktivitelerini olumsuz etkilemekte ve kloroplast yapısında bozulmalara neden olmaktadır (Munns & Tester, 2008). Ayrıca bu iyonların aşırı miktarda alınması, bitkinin potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi önemli besin elementlerini yeterince almasını engelleyerek besin eksikliklerine yol açmaktadır. Özellikle çimlenme döneminde bu stres faktörleri, çimlenme oranı ve hızı, embriyo gelişimi, kök-gövde oranı ve biyokütle oluşumu gibi temel gelişim parametrelerini olumsuz etkileyerek bitki performansında önemli kayıplara neden olmaktadır (Almansouri ve ark., 2001; Kaya & Gözübenli, 2020). Bu bağlamda, stres toleransı yüksek bitki türlerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle çimlenme ve fide gelişimi gibi erken dönemler, stres koşullarına karşı duyarlılığın en yüksek olduğu aşamalardır. Bu dönemlerde yaşanan olumsuzluklar, bitkinin daha sonraki büyüme ve gelişme evrelerini de doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, farklı tuz dozları altında yapılan çimlendirme çalışmaları, bitkilerin strese karşı gösterdikleri tolerans düzeylerinin belirlenmesinde yaygın ve etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Ashraf & Foolad, 2005).

İnci darı (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), Poaceae (buğdaygiller) familyasına ait, kuraklığa dayanıklı, düşük girdili üretim sistemlerine uyum sağlayabilen, C_4 tipi fotosentez metabolizmasına sahip önemli bir bitkidir. Özellikle Güney Asya ve Sahra Altı Afrika'da temel bir gıda kaynağı olarak kullanılan bu tür hem insan beslenmesinde hem de hayvanlar için kaba yem kaynağı olarak önemli bir yere sahiptir (Dönmez & Hatipoğlu, 2024). İnci darı, fakir toprak koşullarına, yüksek sıcaklığa ve düşük yağış miktarına karşı gösterdiği yüksek adaptasyon kabiliyeti sayesinde, iklim değişikliğinin etkilerine karşı dayanıklı tarım sistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Benek & Geren, 2023). Bununla birlikte, bu türün tuzluluk stresiye karşı gösterdiği tepkiler genotipten genotipe farklılık göstermektedir. Örneğin bazı çeşitler, tuzlu koşullarda dahi yüksek çimlenme oranları ve güçlü kök gelişimi sergilerken; bazıları erken fide döneminde tuzluluğa aşırı duyarlılık göstermektedir (Rashid ve ark., 2024). Bu bağlamda, tuzluluk stresiye dayanıklı çeşitlerin seçimi, kurak ve tuzlu bölgelerde tarımsal üretimin devamlılığı açısından stratejik bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada, farklı tuz dozların (0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl) inci darı (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) türüne ait farklı çeşitlerin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma, 2025 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Çayır-Mera laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilen inci darının

(*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) dört farklı çeşidi (Ashana, Heveahri, Yellow, Tifleaf3) kullanılmıştır. Tuz solüsyonlarının hazırlanmasında Merck firmasından temin edilen NaCl kullanılmıştır. Deneme iki faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Ana parselleri tuz dozları, alt parselleri ise çeşitler oluşturmıştır. Araştırmada kontrol (distile su), 50 mM NaCl, 100 mM NaCl, 150 mM NaCl ve 200 mM NaCl olmak üzere toplam 5 farklı tuz dozu test edilmiştir.

Araştırma konusu inci darı çeşitlerinin tohumları çimlendirme işleminden önce %10'luk sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinde 7-8 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve 5 defa distile su ile yıkanarak durulanmıştır. Her bir inci darı çeşidi için 25 temsili tohum 10 cm çapındaki petri kaplarında filtre kâğıtlar üzerine yerleştirilmiştir. Ardından, 1 mol (1000 mM) NaCl çözeltisi için 1 litrelik saf suda 58.44 g (NaCl molekül ağırlığı) NaCl'nin çözündürülmesi dikkate alınarak gerekli oranlamalarla her bir tuz dozu için 1 litre saf sudaki çözündürülecek NaCl miktarı (g) belirlenmiş ve her bir tuz dozu için stok çözelti hazırlanmıştır (Kacar & İnal, 2010). Hazırlanan çözeltilerden (0 [kontrol, distile su], 50 mM NaCl, 100 mM NaCl, 150 mM NaCl, 200 mM NaCl) her bir petri kabına 10'ar ml ilave edilmiştir (Irik & Bıkmaz, 2024). Tuz çözeltisi ilave edilen her petri kabı, su kaybını önlemek için parafilm ile kapatılmıştır. Tuz çözeltisi ilave edilen ve parafilm ile kaplanan petri kapları çimlendirme odasında 20±1 °C'de ve karanlık koşullarda tutulmuştur.

Araştırmada test edilen inci darı çeşitlerinin kökçüğü en az 2 mm olan tohumları çimlenmiş olarak kabul edilmiş (ISTA, 2018) ve denemenin 10. gününde Atış (2011) tarafından bildirilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla her inci darı çeşidinin çimlenme oranı hesaplanmıştır.

$$\text{Çimlenme oranı (\%)} = (\text{Çimlenen tohum sayısı} / \text{Toplam tohum sayısı}) \times 100 \quad \text{Eq.(1)}$$

Araştırmada inci darı çeşitlerinin çimlenme oranları belirlendikten sonra, her çeşide ait her bir petriden rastgele 10 fide alınmış ve filtre kağıtları yenilenmiş 10 cm çapındaki petri kaplarına yerleştirilmiştir. Ardından, her tuz dozu için hazırlanmış stok çözeltiden 10 ml NaCl çözeltisi petri kaplarına ilave edilmiş ve petri kapları parafilm ile kaplanmıştır. İnci darı çeşitlerinin fide özelliklerinden kök ve sap uzunluğunu saptamak amacıyla, denemenin 14. gününde 10 fidenin kök ve sap uzunlukları santimetre cinsinden ayrı ayrı ölçülmüş ve 10 fidede ölçülen kök ve sap uzunluklarının ortalaması alınarak her inci darı çeşidi için kök ve sap uzunluğu hesaplanmıştır. Fide kuru kök ve kuru sap ağırlığını belirlemek için, her çeşide ait 10 fidenin kök ve sapları kesilmiş ve ardından kesilen yaş kök ve sap örnekleri ayrı ayrı etüvde 70 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Etüvde kurutulan kök ve sap örnekleri 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılmış ve toplam fide kuru kök ve kuru sap ağırlığı belirlenmiştir. 10 bitkide belirlenen toplam kuru kök ve kuru sap ağırlıklarının ortalaması alınarak fide kuru kök ve kuru sap ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra, her inci darı çeşidi için kuru kök ve kuru sap ağırlıkları kullanılarak toplam fide kuru ağırlığı belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla tuz tolerans indeksi hesaplanmıştır (Kuşvuran ve ark., 2015b).

$$\text{Tuz tolerans indeksi (\%)} = Q_{Tx} / Q_{T0} \times 100$$

$$\text{Eq.(2)}$$

Burada Q_{Tx} : x tuz dozundaki toplam fide kuru ağırlığını, Q_{T0} : kontrol uygulamasındaki toplam fide kuru ağırlığını ifade etmektedir.

Araştırmadan elde edilen verilere R programında (R Core Team, 2024) "pastecs" paketi ile homojenlik testi uygulanmıştır (Grosjean & Ibanez, 2024). Normal dağılım göstermeyen her bir özellik için gerekli transformasyonlar uygulanmıştır (Yurtsever, 2011). Ardından, yeni değerler "agricolae" paketi ile R programında varyans analizine tabi tutulmuştur (de Mendiburu, 2023). İstatistiki olarak önemli çıkan özellik ortalamaları Duncan testi ($P < 0.05$) ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı tuz dozlarındaki inci darı çeşitlerinin çimlenme oranı, fide özellikleri ve tuz tolerans indeksi özelliklerine uygulanan varyans analiz sonuçları ve elde edilen ortalamalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. İnci darı çeşitlerinin farklı tuz dozlarındaki çimlenme oranı, fide kök uzunluğu, fide sap uzunluğu, fide kök kuru ağırlığı, fide sap kuru ağırlığı, tuz tolerans indeksi ortalamaları ve faktörlerin önemlilik düzeyleri
 Table 1. Germination rate, seedling root length, seedling stem length, seedling root dry weight, seedling stem dry weight, salt tolerance index averages of pearl millet cultivars at different salt concentrations and significance levels of factors

	Çimlenme Oranı (%)	Fide Kök Uzunluğu (cm)	Fide Sap Uzunluğu (cm)	Fide Kök Kuru Ağırlığı (mg/fide)	Fide Sap Kuru Ağırlığı (mg/fide)	Tuz Tolerans İndeksi (%)
Tuz dozu (mM)						
0 mM NaCl	78.3 a ¹	6.86 a	3.98 a	2.04 a	3.58 a	100.0 a
50 mM NaCl	79.3 a	6.24 a	3.91 a	1.56 b	3.30 a	96.0 a
100 mM NaCl	74.3 a	3.91 b	2.94 b	0.89 c	2.14 b	61.9 b
150 mM NaCl	50.5 b	2.28 c	1.90 c	0.55 d	1.37 bc	29.8 c
200 mM NaCl	42.5 b	1.12 d	1.34 d	0.31 d	0.81 c	11.3 d
Çeşit						
Ashana	68.4 A ²	4.78 A	3.20 B	1.46 A	2.50 A	65.7 A
Heveahri	66.4 A	4.08 AB	3.97 A	1.01 BC	2.40 A	66.0 A
Yellow	53.2 B	3.56 B	1.84 D	0.76 C	1.29 B	35.3 B
Tifleaf3	71.8 A	3.90 B	2.24 C	1.07 B	2.77 A	72.2 A
Faktörler						
Tuz Dozu (TD)	***	***	***	***	***	***
Çeşit	***	*	***	***	**	***
TD x Çeşit	öd	öd	**	***	öd	**
VK (%)	10.92	9.22	11.50	8.77	11.10	7.55

¹) Aynı sütun içinde benzer küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasında Duncan testine göre $P \leq 0.05$ önem düzeyinde istatistiki olarak fark yoktur, ²) Benzer büyük harflerle gösterilen ortalamalar arasında Duncan testine göre $P \leq 0.05$ önem düzeyinde istatistiki olarak fark yoktur, *: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$, öd:önemli değil ($P > 0.05$), VK: Varyasyon katsayısı

Çizelgede izlendiği üzere, tuz dozu incelenen tüm özellikler üzerinde önemli derecede fark yaratmıştır ($P \leq 0.001$). Çeşit faktörünün ise çimlenme oranı ($P \leq 0.001$), kök uzunluğu ($P \leq 0.05$), sap uzunluğu ($P \leq 0.001$), fide kök kuru ağırlığı ($P \leq 0.001$), fide sap kuru ağırlığı ($P \leq 0.01$) ve tuz tolerans indeksi ($P \leq 0.001$) üzerindeki etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan, tuz dozu x çeşit interaksiyonunun sap uzunluğu ($P \leq 0.01$), fide kök kuru ağırlığı ($P \leq 0.001$) ve tuz tolerans indeksi ($P \leq 0.01$) üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz dozu, çeşit ve bu faktörlerin interaksiyonlarının (önemli olduğunda) etkileri aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

Çimlenme oranı (%)

İnci darı çeşitlerinin farklı tuz dozundaki çimlenme oranı ortalamaları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelgede tuz dozunun çimlenme oranı üzerine etkileri incelendiğinde, en yüksek çimlenme oranı %79.3 ile 50 mM NaCl tuz dozunda belirlenmiş olup, bu uygulama 0 mM NaCl (%78.3) ve 100 mM NaCl (%74.3) tuz dozlarındaki çimlenme oranı ortalamaları ile benzer istatistiki grupta yer almıştır. Çimlenme oranı ortalaması benzer istatistiki grupta yer alan 150 mM NaCl (%50.5) ve 200 mM NaCl (%42.5) tuz dozları ise diğer tuz dozlarına göre önemli derecede daha düşük değerler göstermiştir (Çizelge 1). Bu sonuçlar, belirli tuz dozlarına kadar tohumlarda çimlenme oranında kontrole göre önemli bir azalma olmadığını, yüksek tuz dozlarında ise çimlenme oranının azaldığını bildiren birçok araştırmacının bulgularıyla uyum içerisinde olduğunu ortaya koymuştur (Toderich ve ark., 2018; Kaya & Gözübenli, 2019; Liu ve ark., 2021; Sharavdorj ve ark., 2021). Bunun yanında Javaid ve ark. (2022), ortamdaki tuzluluğun ozmotik basıncı artırdığını, artan ozmotik basınca bağlı olarak tohumun su alımının kısıtlanarak bir nevi kuraklık stresinin ortaya çıktığını, toksik iyonların embriyoya girerek tohumun hormonal ve enzimatik aktivitesinde değişikliklere yol açtığını ve bundan dolayı tohumun çimlenme oranında artan tuz dozlarına bağlı olarak azalma meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Arslan ve ark. (2013), yüksek tuz dozlarının mitoz bölünmeyi engellemesinin yanında bazı enzimlerin işlevselliğinin engellendiğini bildirmişlerdir.

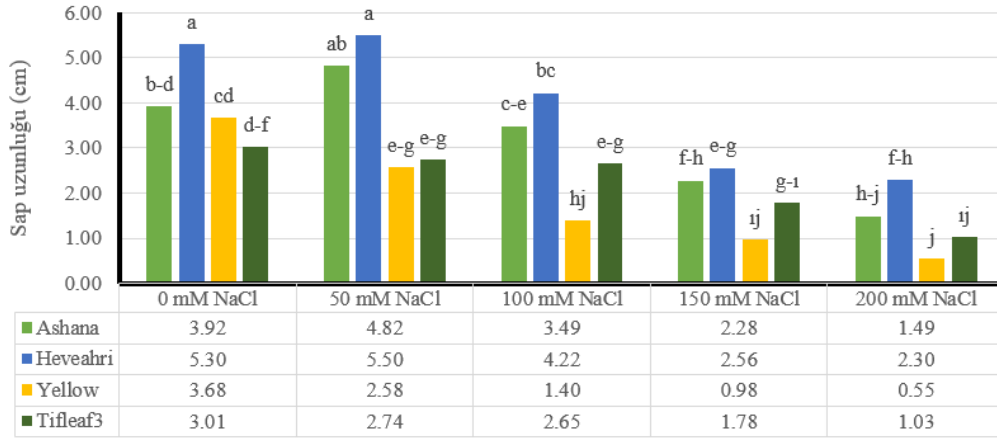
Araştırmada tuz dozlarının ortalaması olarak, çimlenme oranı ortalaması Yellow çeşidinde (%53.2) test edilen diğer çeşitlere göre önemli derecede daha düşük değer göstermiştir (Çizelge 1). Diğer taraftan, Tifleaf3 çeşidinin çimlenme oranı ortalaması %71.8 ile en yüksek değer gösterirken, söz konusu çeşidi benzer istatistiki grupta yer alan Ashana ve Heveahri çeşitleri izlemiştir. Bu sonuçlar, Yellow çeşidinin tuzluluğa daha duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır. İnci darı çeşitlerinin farklı çimlenme oranı değerleri göstermesi, çeşitlerin genetik yapılarının farklı olması ile açıklanabilir. Nitekim araştırmadan elde edilen bulgular, inci darı hat veya çeşitlerinin tuzluluğa dayanımlarının genotipik varyasyona bağlı olarak farklılık gösterdiğini bildiren birçok araştırmacının bulguları ile uyum içerisindedir (Kausar & Ashraf, 2003; Krishnamurthy ve ark., 2007; Toderich ve ark., 2018).

Fide kök uzunluğu (cm)

Araştırmada inci darı çeşitlerinin farklı tuz dozlarındaki kök uzunluğu ortalamaları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelgede izlendiği gibi, en uzun kök uzunluğu ortalamaları 0mM NaCl (6.86 cm) ve 50 mM NaCl (6.24 cm) tuz konsantrasyonlarında saptanmış ve bu iki uygulama aynı grupta değerlendirilmiştir. 50 mM tuz dozundan daha yüksek tuz dozlarında konsantrasyon arttıkça kök uzunluğu istatistiksel olarak önemli derecede azalmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular, artan tuz stresine bağlı olarak köklerdeki mitoz bölünmenin sekteye uğraması ve büyümeyi hızlandırıcı hormonların azalmasıyla kök gelişiminin yavaşladığını bildiren Doğu (2017)’nin bulguları ve silajlık sorgum çeşitlerinde düşük oranlarda (50, 100 mM) ilave edilen tuz dozunun kök uzunluğu bakımından uyarıcı etkide bulunduğunu bildiren Atış (2011)’ın bulguları ile uyum içerisindedir. Ayrıca, inci darı çeşitlerinin artan tuz dozlarına bağlı olarak kök uzunluğu ortalamalarının azaldığı Rashid ve ark. (2024) tarafından da rapor edilmiştir. Araştırmada tuz dozlarının ortalaması olarak, kök uzunluğu ortalaması Ashana (4.78 cm) çeşidinde, Heveahri (4.08 cm) çeşidi hariç, test edilen diğer çeşitlere göre önemli derecede daha yüksek değer göstermiştir (Çizelge 1). Kök uzunluğu ortalaması bakımından Ashana ve Heveahri çeşitlerini, benzer istatistiki grupta yer alan Tifleaf3 (3.90 cm) ve Yellow (3.56) çeşitleri izlemiştir. Bu sonuç, inci darı çeşitlerinin genetik yapılarının farklılığından dolayı tuz dozlarına karşı duyarlılıklarının farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Nitekim, birçok araştırmacı farklı tür ve çeşitler ile yürüttükleri tuzluluk çalışmasında kök uzunluğu değerlerinin tür ve çeşitler arasında önemli derecede farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir (Kuşvuran ve ark., 2014; Ertekin ve ark., 2018, 2022; Surmen & Kara, 2018).

Fide sap uzunluğu (cm)

Araştırmada tuz dozu x çeşit interaksiyonunun istatistiki olarak önemli çıkması, tuz dozlarının sap uzunluğu üzerine etkisinin çeşitlere bağlı olarak önemli derecede farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Şekil 1). Nitekim, 50 mM tuz dozunda Yellow çeşidinde sap uzunluğu kontrole göre önemli derecede daha düşük değer gösterirken, diğer çeşitlerde 50 mM tuz dozunda sap uzunluğu kontrole göre istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermemiştir. 100 mM tuz dozunda Tifleaf3 çeşidi dışındaki tüm çeşitlerde sap uzunluğu 50 mM tuz dozundakine göre önemli derecede azalmıştır. Tifleaf3 çeşidinde tuz dozunun 50 mM’den 100 mM’ye çıkartılması sap uzunluğunda 50 mM’dekine göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık yaratmamıştır. Tuz dozunun 100 mM’dan 150 mM’a çıkartılması Ashana ve Heveahri çeşitlerinde sap uzunluğunda 100 mM’dakine göre istatistiksel olarak önemli derecede azalmaya neden olmasına karşılık, Yellow ve Tifleaf3 çeşidinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık yaratmamıştır. Konsantrasyonun 150 mM’dan 200 mM’a çıkartılması çeşitlerin hiçbirinde sap uzunluğunda 150 mM’dakine göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular, düşük tuz dozlarında fide gelişiminin tuzdan etkilenmediğini, artan tuz dozuna bağlı olarak ozmotik basınçtan kaynaklı kuraklık stresinin ortaya çıktığını ve sap gelişiminin sekteye uğradığını rapor eden birçok araştırmacının bulguları ile uyum içeresindedir (Radic ve ark., 2007; Çolak ve ark., 2008; Kökten ve ark., 2010; Aydın & Atıcı, 2015). Bunun yanında, tuzluluk üzerine araştırma yürüten birçok araştırmacı, incelenen tür veya çeşitlerin genotipik varyasyondan kaynaklı olarak sap uzunluklarının tuzluluğa bağlı olarak önemli derecede farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir (Atış, 2011; Arslan ve ark., 2013; Ertekin ve ark., 2017; Javaid ve ark., 2022).

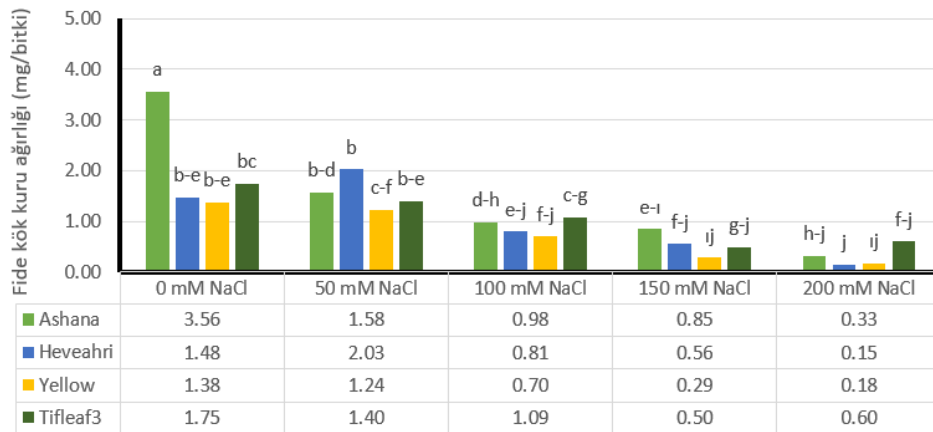


Şekil 1. Farklı tuz dozlarındaki inci darı çeşitlerinin fide sap uzunluğu ortalamalarının değişimi

Figure 1. Variation of mean seedling stem length of pearl millet cultivars at different salt concentrations

Fide kök kuru ağırlığı (mg/fide)

Araştırmada tuz dozu x çeşit etkisinin önemli çıkması, tuz dozlarının fide kök kuru ağırlığı üzerindeki etkisinin çeşitlere bağlı olarak önemli derecede farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Şekil 2). Nitekim, 50 mM tuz dozunda kök kuru ağırlığı Ashana dışındaki çeşitlerde kontroldekine göre istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermemiştir. Ashana çeşidinde ise 50 mM tuz dozu kök kuru ağırlığında önemli derecede azalmaya neden olmuştur. 100 mM tuz dozunda Heveahri çeşidi dışındaki çeşitlerde kök kuru ağırlığı 50 mM'dekine göre önemli derecede bir farklılık göstermemiştir. Heveahri çeşidinde ise önemli derecede azalmıştır. 100 mM'nin üzerindeki konsantrasyonlarda kök kuru ağırlığı çeşitlerin hiçbirinde 100 mM tuz dozundakine göre istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Katsuhara ve Kawasaki (1996), yüksek tuz stresinin ozmotik basınçtan kaynaklı kök hücrelerinin turgorunu azalttığını, meristematik hücrelerin deformasyona uğradığını ve bu nedenle fide kök büyümesinin engellendiğini rapor etmişlerdir. Bunun yanında, birçok araştırmacı artan tuz dozuna bağlı olarak tür ve türlere ait çeşitlerin genetik varyasyonundan dolayı fide kök ağırlığı değerlerinin önemli derecede farklı değerler verdiğini rapor etmiştir (Atış, 2011; Kaya & Gözübenli, 2019; Göçer ve ark., 2021; Özyazıcı & Açıkbay, 2021; Çirka ve ark., 2022; Alzahrani, 2024; Cui ve ark., 2025). Araştırmada test edilen inci darı çeşitlerinin kök uzunluğu değerlerinin tuz dozlarına bağlı olarak farklı olması, çeşitlerin genetik yapılarının farklılık göstermesi ile açıklanabilir.



Şekil 2. Farklı tuz dozlarındaki inci darı çeşitlerinin fide kök kuru ağırlığı ortalamalarının değişimi

Figure 2. Variation of mean seedling root dry weight of pearl millet cultivars at different salt concentrations

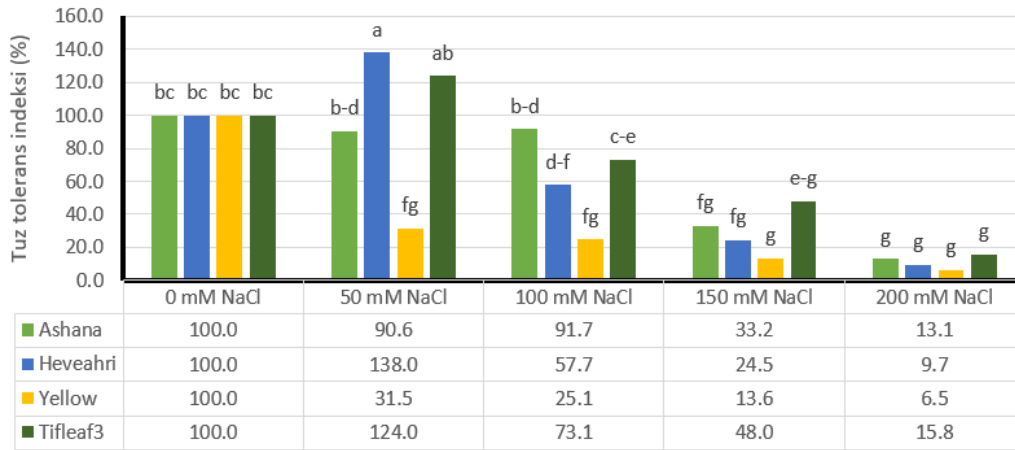
Fide sap kuru ağırlığı (mg/fide)

Araştırmada inci darı çeşitlerinin farklı tuz dozlarındaki fide sap kuru ağırlığı ortalamaları Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelgede izlendiği gibi, çeşitlerin ortalaması olarak fide sap kuru ağırlığı ortalaması kontrol uygulaması ve 50 mM NaCl tuz dozunda istatistiki olarak birbirinden farklı olmayan değerler vermiştir. Tuz dozunun 100 mM NaCl dozuna çıkarılması fide sap kuru ağırlığının kontrol ve 50 mM NaCl tuz dozlarından önemli derecede daha düşük değer göstermesine neden olmuştur. Bunların yanında 200 mM tuz dozunda fide sap kuru ağırlığı ortalaması, 150 mM NaCl tuz dozu hariç, diğer tuz dozlarındakinden önemli derecede daha düşük değer göstermiştir. Tuz dozunun artması ile fide uzunluğunda olduğu gibi fide sap kuru ağırlığında da düşüşün olması, artan ozmotik basınca bağlı olarak kuraklık stresinin ortaya çıkması ve kuraklık stresine bağlı sap gelişiminin sekteye uğraması ile açıklanabilir (Krishnamurthy & ark., 2007; Aydın & Atıcı, 2015).

Tuz dozlarının ortalaması olarak çeşitlerin fide sap kuru ağırlığı ortalamaları incelendiğinde, Tifleaf3 çeşidi fide sap kuru ağırlığı bakımından 2.77 mg/fide ile en yüksek değer verirken, söz konusu çeşidi sırasıyla benzer istatistiki grupta yer alan Ashana (2.50 mg/fide) ve Heveahri (2.40 mg/fide) çeşitleri izlemiştir (Çizelge 1). Ayrıca Yellow çeşidinin fide sap kuru ağırlığı ortalaması, test edilen diğer çeşitlerinkine göre istatistiki olarak önemli derecede daha düşük değer göstermiştir. Bu sonuç, Yellow çeşidinin diğer çeşitlere göre tuzlu şartlarda fide gelişiminin daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Nitekim, birçok araştırmacı inci darı çeşitlerinin genotipik varyasyonuna bağlı olarak fide sap kuru ağırlıklarının farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir (Johnsi Rani, 2011; Toderich ve ark., 2018).

Tuz tolerans indeksi (%)

Araştırmada tuz dozu x çeşit interaksiyonunun önemli çıkması, tuz dozlarının tuz tolerans indeksi üzerindeki etkisinin çeşitlere bağlı olarak önemli derecede farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır (Şekil 3). Nitekim, Ashana çeşidinin tuz tolerans indeksi ortalaması 0 mM NaCl, 50 mM NaCl ve 100 mM NaCl tuz dozlarında istatistiki olarak birbirinden farklı olmayan değer verirken, Heveahri çeşidinin tuz tolerans indeksi ortalaması 50 mM NaCl tuz dozunda, kontrol uygulamasına (0 mM NaCl) göre önemli derecede daha yüksek değer göstermiştir. Yellow çeşidinin tuz tolerans indeksi ortalaması kontrol uygulamasına göre, benzer istatistiki grupta yer alan diğer tuz dozlarından (50 mM NaCl, 100 mM NaCl, 150 mM NaCl, 200 mM NaCl) önemli derecede daha düşük değer göstermiştir. Tifleaf3 çeşidinin tuz tolerans indeksi ortalaması ise, 50 mM NaCl tuz dozunda en yüksek değer gösterirken, 0 mM NaCl tuz dozundaki tuz tolerans indeksi ortalaması söz konusu tuz dozundaki tuz tolerans indeksi ortalaması ile benzer istatistiki grupta yer almıştır. Atış (2011), düşük tuz dozlarında fide gelişiminin teşvik edildiğini, ancak tuz dozlarının 100 mM NaCl ve üzerine çıkarılmasının tuz tolerans indeksi değerinde önemli derecede düşüşe yol açtığını rapor etmiştir. Demir (2024), bazı serin ve sıcak iklim yembitkisi cins ve türlerinin tuzluluğa toleranslarının farklılık gösterdiğini rapor etmiştir. Muscolo ve ark. (2013), bazı Pennisetum cinslerinin halofit bitkiler olduğunu ve tuz stres indekslerinin yüksek olmasından dolayı tuzlu alanlarda rahatlıkla yetiştirebildiğini bildirmişlerdir. Bunların yanında Nurgaliyev ve ark. (2024), tuz tolerans indeksinin inci darı varyetelerine bağlı olarak önemli derecede farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir.



Şekil 3. Farklı tuz dozlarındaki inci darı çeşitlerinin fide kök kuru ağırlığı ortalamalarının değişimi
 Figure 3. Variation of mean salt tolerance index of pearl millet cultivars at different salt concentrations

Sonuç olarak, farklı inci darı çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerinde tuz dozlarının önemli derecede fark yarattığını ortaya koymuştur. Kabul edilebilir düzeydeki tuz dozlarında çimlenme ve fide gelişimi kontrole göre önemli bir değişim göstermemiş, ancak 100 mM NaCl, 150 mM NaCl ve 200 mM NaCl tuz dozlarında hem çimlenme hem de fide gelişimi olumsuz olarak etkilenmiştir. Özellikle Yellow çeşidinin tuzluluğa çok duyarlı olduğu ve tuzluluk oranı yüksek yerlerde Yellow çeşidi yerine tuzluluğa daha dayanıklı çeşitlerin seçilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Çimlenme oranı, fide gelişimi ve tuz tolerans indeksi birlikte değerlendirildiğinde Ashana, Tifleaf3 ve Heveahri çeşitleri, Yellow çeşidine göre daha avantajlı çeşitler olduğu ortaya çıkmıştır. Bu araştırma, özellikle tuzlu alanlarda yetiştiricilik yapacak üreticilere ön bilgi verecek olup, yapılacak araştırmalar için kaynak oluşturacaktır.

TEŞEKKÜR

Makale düzenleme sürecinde desteği için Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU'na teşekkür ederim.

ÇIKAR ÇATIŞMA BEYANI

Yazar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

ETİK ONAY BEYANI

Bu makalede insan veya hayvan deneklerle herhangi bir çalışma bulunmaması nedeniyle etik onaya gerek duyulmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Almansouri, M., Kinet, J.M., & Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, 231 (2), 243-254. <https://doi.org/10.1023/A:1010378409663>
- Alzahrani, Y. (2024). Evaluation of drought and salinity tolerance potentials of different soybean genotypes based upon physiological, biochemical, and genetic indicators. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1466363>
- Arslan, M., Çetin, S., & Erdurmuş, C. (2013). Tuz stresinin bitki gelişimindeki olumsuz etkileri ve bazı yem bitkilerinin tuzluluk toleransları. *Ziraat Mühendisliği*, 360, 32-39. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/zm/issue/52106/680880>
- Ashraf, M., & Foolad, M.R. (2005). Pre-sowing seed treatment-A shotgun approach to improve germination plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223-271. [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(05\)88006-x](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(05)88006-x)

- Atış, İ. (2011). Bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 58-67. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/308775>
- Aydın, İ., & Atıcı, Ö. (2015). Tuz stresinin bazı kültür bitkilerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (2), 1-15. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/msufbd/issue/24554/260052>
- Benek, A., & Geren, H. (2023). İnci darısı (*Pennisetum glaucum*)'nın tane verimi ve bazı verim unsurlarına farklı azot ve fosfor seviyelerinin etkisi üzerine bir ön çalışma. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 7 (1), 36-44. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7698823>
- Çirka, M., Tunçtürk, R., Kulaz, H., & Tunçtürk, M. (2022). Effects of salt stress on some growth parameters and biochemical changes in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 21 (3), 53-63. <https://doi.org/10.24326/asphc.2022.3.5>
- Çolak, G., Keser, Ö., & Caner, N. (2008). *Lycopersicon esculentum* Mill. ve *Raphanus sativus* L. bitkilerinde çimlenme ve sonrası büyüme aşamalarında Na₂SO₄ tipi tuz stresinin etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24 (1-2), 17-38. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesfen/issue/25577/269816>
- Cui, X., Chen, J., Li, S., Shao, A., & Fu, J. (2025). Growth and physiological characteristics of forage bermudagrass in response to salt stress. *BMC Plant Biology*, 25, Article 269, 1-23. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06281-8>
- de Mendiburu, F. (2023, Mar 25). Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- Demir, C. (2024). Tuzlulukla Mücadele ve Tuzlu Arazi Islahı. K. Kökten & S. Seydoşoğlu (Ed.), Tuzlu Topraklar ve Halofitler: Ekosistemler, Fizyoloj ve Yem Potansiyeli (s. 83-112). İksad Publishing House. <https://iksadyayinevi.com/wp-content/uploads/2024/12/TUZLU-TOPRAKLAR-VE-HALOFITLER-EKOSISTEMLER-FIZYOLOJ-VE-YEM-POTANSİYELI.pdf>
- Doğu, F. (2017). *Allium cepa* L.'nin bazı fizyolojik ve sitogenetik parametreleri üzerindeki tuz stresinin zararlı etkilerinin hafifletilmesinde sodyum hipokloritin (NaClO) rolü (Tez No. 472410). [Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Dönmez, H.B., & Hatipoğlu, R. (2024). Çukurova bölgesi ikinci ürün koşullarında bazı inci darı (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) çeşitlerinin ot verimleri ve agromorfolojik özellikleri üzerinde bir araştırma. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 27 (4), 910-919. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1395888>
- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., Can, E., & Çeliktş, N. (2017). Tuz stresinin bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 10-18. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mkuzfd/issue/32454/326934>
- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., & Can, E. (2018). Effects of different salt concentrations on the germination properties of hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) cultivars. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5 (2), 175-179. <https://doi.org/10.30910/turkjans.421361>
- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., & Can, E. (2022). Bazı yumak (*Festuca* spp.) türlerinin çimlenme ve fide aşamasında tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 266-271. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1087363>
- FAO. (2021, Mar 25). Global map of salt-affected soils. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7247en>
- Göçer, H., Yetişir, H., Ulaş, A., Arslan, M., & Aydın, A. (2021). Plant growth, ion accumulation and essential oil content of *Salvia officinalis* Mill. and *S. tomentosa* L. grown under different salt stress. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (3), 505-514. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.v24i60916.730477>
- Grosjean, P., & Ibanez, F. (2024, Mar 25). Pastecs: Package for Analysis of Space-Time Ecological Series. R package version 1.4.2. <https://CRAN.R-project.org/package=pastecs>

- Irik, H.A., & Bikmaz, G. (2024). Effect of different salinity on seed germination, growth parameters and biochemical contents of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds cultivars. *Scientific Reports*, 14 (1), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55325-w>
- ISTA (2018). Internatioanl Rules for Seed Testing. Introduction to the ISTA rules. <https://doi.org/10.15258/istarules.2018.F>
- Javaid, M.M., Mahmood, A., Alshaya, D.S., AlKahtani, M.D.F., Waheed, H., Wasaya, A., Khan, S. A., Naqve, M., Haider, I., Shahid, M.A., Nadeem, M.A., Azmat, S., Khan, B.A., Balal, R.M., Attia, K.A., & Fiaz, S. (2022). Influence of environmental factors on seed germination and seedling characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Scientific Reports*, 12 (9522), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13416-6>
- Johnsi Rani, R. (2011). Salt stress tolerance and stress proteins in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1 (7), 185-188.
- Kacar, B., & İnal, A. (2010). *Bitki analizleri* (2. Baskı). Nobel Yayın Dağıtım.
- Katsuhara, M., & Kawasaki, T. (1996). Salt stress induced nuclear and DNA degradation in meristematic cells of barley roots. *Plant and Cell Physiology*, 37 (2), 169-173. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a028928>
- Kausar, A., & Ashraf, M. (2003). Alleviation of salt stress in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) through seed treatments. *Agronomy*, 23 (3), 227-234. <https://doi.org/10.1051/agro:2002086>
- Kaya, A., & Gözübenli, H. (2019). Priming uygulamalarının tuzlu topraklarda mısır tohumlarının çimlenme gücü ve klorofil içeriği üzerine etkisi. *Çukurova 3. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 3-6 Ekim 2019, İzmir.
- Kaya, A., & Gözübenli, H. (2020). Tohumları farklı NaCl dozları ile muamele edilen mısırın tuzlu topraklarda fide gelişiminin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25 (3), 394-405. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.755170>
- Kökten, K., Karaköy, T., Bakoğlu, A., & Akçura, M. (2010). Determination of salinity tolerance of some lentil (*Lens culinaris* M.) varieties. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (1), 140-143.
- Krishnamurthy, L., Serraj, R., Rai, K.N., Hash, C.T., & Dakheel, A.J. (2007). Identification of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] lines tolerant to soil salinity. *Euphytica*, 158 (1-2), 179-188. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9441-3>
- Kuşvuran, A., Nazlı, R.İ., & Kuşvuran, Ş. (2014). Determination of salinity effects on seed germination in different red fescue (*Festuca rubra* L.) varieties. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7 (1), 22-27. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tabad/issue/34795/385340>
- Kuşvuran, A., Uslu Kıran, S., Nazlı, R.İ., & Kuşvuran, Ş. (2015a). Morphological response and ion regulation in maize (*Zea mays* L.) varieties under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24 (1), 124-131.
- Kuşvuran, A., Nazlı, R.İ., & Kuşvuran, Ş. (2015b). The effects of salinity on seed germination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 78-84. <https://dergipark.org.tr/en/download/issue-file/2989>
- Liu, Y., Zhang, S., De Boeck, H.J., & Hou, F. (2021). Effects of temperature and salinity on seed germination of three common grass species. *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 731433, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.731433>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Muscolo, A., Panuccio, M.R., & Eshel, A. (2013). Ecophysiology of *Pennisetum clandestinum*: A valuable salt tolerant grass. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.07.009>
- Nurgaliyev, N., Tokhetova, L., Demesinova, A., Zhalbyrov, A., Zhapparbekov, N., & Shalabaeva, G. (2024). Assessment of African Millet (*Pennisetum glaucum* L.) Germplasm in the Aral Sea Region, Kazakhstan. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 56 (6), 2260-2272. <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.6.8>

- Özyazıcı, M.A., & Açıkbaş, S. (2021). 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. <https://doi.org/10.19159/tutad.769463>
- R Core Team. (2024, Mar 25). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Radic, V., Beatovic, D., & Mrdja, J. (2007). Salt tolerance of corn genotypes (*Zea mays* L.) during germination and later growth. *Journal of Agricultural Sciences*, 52 (2), 115-120. <https://doi.org/10.2298/jas0702115r>
- Rashid, M., Noreen, S., Shah, K.H., Gaafar, A.R.Z., & Waqar, R. (2024). Morphological and biochemical variations caused by salinity stress in some varieties of *Pennisetum glaucum* L. *Journal of King Saud University - Science*, 36 (1), Article 102994. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102994>
- Sharavdorj, K., Jang, Y., Byambadorj, S.O., & Cho, J.W. (2021). Understanding seed germination of forage crops under various salinity and temperature stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 24 (5), 545-554. <https://doi.org/10.1007/s12892-021-00101-9>
- Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22 (2), 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>
- Surmen, M., & Kara, E. (2018). Farklı tuz konsantrasyonlarının çim bitkilerinde çimlenme ve erken fide dönemi özellikleri üzerine etkileri. *International Congress on Agriculture and Forestry Research*, Türkiye, 636-642.
- Toderich, K., Shuyskaya, E., Rakhmankulova, Z., Bukarev, R., Khujanazarov, T., Zhapaev, R., Ismail, S., Gupta, S.K., Yamanaka, N., & Boboev, F. (2018). Threshold tolerance of new genotypes of *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. to salinity and drought. *Agronomy*, 8 (230), 1-13. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100230>
- Yurtsever, N. (2011). Deneyisel İstatistik Metotları. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 121 Teknik Yayın No 56.