

Tuz Stresinin Çok Yıllık Çim (*Lolium perenne* L.) Tohumlarında Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi

Özlem ÖNAL AŞCI^{1*}, Yeliz KAŞKO ARICI², Özbay DEDE¹

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu, TÜRKİYE

²Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Ordu, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 21.04.2025

Kabul Tarihi/Accepted: 25.06.2025

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

 orcid.org/0000-0002-9487-9444  orcid.org/0000-0001-6820-0381  orcid.org/0000-0003-0689-4837

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: onalozlem@hotmail.com

Öz: Çalışma, çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.)'in Prana çeşidinde farklı tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında Petri çalışması olarak, tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırmada tohumlara 0, 30, 60, 90, 120 ve 150 mM sodyum klorür (NaCl) dozları uygulanmıştır. Elde edilen veriler, tek yönlü varyans analizi (klasik ANOVA veya Welch ANOVA) ya da t-testi ile analiz edilmiştir; ayrıca, lethal dozun belirlenmesi için probit analizi yapılmıştır. İstatistik analiz sonucunda, tuz stresinin tohumlarda çimlenmeyi ve fide gelişimini önemli derecede olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Çimlenme ortamında bulunan tuz, çimlenme oranı, hızı ve üniformitesini azaltmış, çimlenme başlangıcını geciktirmiş, ortalama çimlenme süresini uzatmıştır. Çimlenme ve plumula gelişimi üzerinde tuz stresinin istatistiki olarak ilk önemli olumsuz etkisi 60 mM dozunda gerçekleşmiştir. Bununla birlikte 90 mM NaCl dozundan sonra tohumlarda çimlenme olmadığı, 60 mM NaCl dozundan sonra ise fidelerde gelişimin ölçüm alınamayacak kadar inhibe edildiği belirlenmiştir. Ayrıca çimlenme oranına yapılan probit analizi sonucunda 34.733 mM NaCl LD₅₀ dozu olarak hesaplanmıştır. Tüm bunların sonucunda Prana çeşidinin çimlenme döneminde tuz stresine hassas olduğu, 34.733 mM değerinin üzerinde bulunan sodyum klorürü tolere edemediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tohum, tuz, lethal doz, probit, *Lolium perenne*

Effect of Salt Stress on Germination and Seedling Development in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) Seeds

Abstract: The study was carried out according to the randomized plot design in the petri dish in the laboratory of Ordu University Faculty of Agriculture in order to determine the effects of different salt doses on germination and seedling development of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) Prana variety. In the study, 0, 30, 60, 90, 120 and 150 mM sodium chloride (NaCl) were applied to the caryopsiss. The obtained data were analyzed according to the One Way ANOVA, Welch ANOVA or t-test. Also, probit analysis was performed to determine the lethal dose. As a result of the statistical analysis, it was determined that salt stress had significantly negative effect on seed germination and seedling development. Salt in the germination medium decreased the germination percentage, rate and uniformity, and delayed the beginning of germination in seeds, and extended the mean germination time. The first statistically significant negative effect of salt stress on germination and plumule development occurred at the 60 mM. However, it was determined that there was no germination in seeds after the 90 mM NaCl, and that after the 60 mM NaCl, development in seedlings was inhibited to such an extent that measurement could not be taken. In addition, as a result of the probit analysis performed on the germination percentage in the Prana variety, 34.733 mM NaCl was calculated as the LD₅₀ dose. As a result of all these, it was determined that the Prana variety was sensitive to salt stress during the germination period and could not tolerate NaCl above 34.733 mM.

Keywords: Seed, salt, lethal dose, probit, *Lolium perenne*

1. Giriş

Tarla tarımı içerisinde yem bitkileri yetiştiriciliği, sadece hayvan besleme açısından değil aynı zamanda sürdürülebilir tarım açısından da çok önemlidir. Özellikle çok yıllık yem bitkileri toprak işlemenin azaltılmasına ve toprağa daha yüksek miktarda organik madde ilavesine neden olarak toprağın yapısına da olumlu katkılar sağlamaktadır. Türkiye’de istatistikler incelendiğinde, çok yıllık türler içinde yonca ve korunganın yaygın olarak yetiştirildiği, tür belirtilmemekle birlikte çok kısıtlı miktarda üçgül yetiştirildiği anlaşılmaktadır (Anonim, 2024). Bu anlamda Türkiye’de çok yıllık buğdaygil yem bitkileri tarımı neredeyse hiç yapılmamaktadır. Bu grubun en yaygın türü olan çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.), yüksek ot kalitesine sahip olup; serin ve nemli bölgelerde çok iyi gelişmekte, yalın yetiştirildiği gibi ak üçgül ve çayır üçgülü gibi türlerle ikili karışımlar halinde yetiştiriciliği oldukça yaygın bir şekilde yapılmaktadır (Açıkgöz, 2021). Türkiye’nin özellikle serin ve nemli bölgelerinde çok yıllık çim yem bitkileri tarımına dahil edilerek kaba yem üretimi artırılabilir. Bununla birlikte çok yıllık çim, Türkiye’nin farklı ekolojilerinde yürütülen mera ıslah çalışmalarında ve suni mera tesislerinde kullanılan yem bitkisi karışımlarının önemli bir bileşenidir.

Dünyada giderek daha geniş alanları etkileyen tuzluluk, yarı kurak ve kurak bölgelerde, deniz tuzluluğundan etkilenen kıyı ovalarında (Shahid ve ark., 2018), drenaj problemi yaşanan alanlarda, yanlış sulama (Kanber ve ark., 2005) ve gübreleme (Kusvuran ve ark., 2015) şartlarında ortaya çıkmaktadır. Bitkilerin tuzluluğa maruz kaldıklarında vermiş oldukları tepkiler, bitki türü (Munns ve Tester, 2008), çeşidi-genotipi (Özyazıcı ve Açıkbay, 2021; Açıkbay ve ark., 2023), tuzun dozu (Onal Asci, 2011; Önal Aşçı ve Zambı, 2020; Açıkbay ve ark., 2024), tuza maruz kaldıkları süre (Munns, 2002) ve büyüme-gelişme dönemlerine göre ortaya çıkmaktadır. Bitkilerin yaşam döngüleri içerisinde, tuz stresine en duyarlı olduğu dönem tohum çimlenmesidir (Kusvuran ve ark., 2015). Ayrıca tuzlar çoğunlukla toprak yüzeyinde birikmektedir (Takıl, 2020).

Bilindiği üzere serin mevsim buğdaygil yem bitkileri, ılıman bölgelerde sonbaharda ekilmektedir. Yaz mevsimi boyunca yaşanan kuraklık toprak yüzeyinde tuz birikimine neden olur. Bu nedenle kuraklığın ardından ekilen tohumlar, ilkbaharda ekilen tohumlara göre çimlenme ortamında görece daha yüksek konsantrasyonda tuza maruz kalırlar. Tuz stresi osmotik ve/veya toksik etkiye bağlı olarak, tohumlarda çimlenmeyi azaltmakta (Önal Aşçı ve

Üney, 2016; Demirkol ve ark., 2019; Irik ve Bikmaz, 2024) veya durdurmaktadır (Onal Asci, 2011; Cherrate ve ark., 2023).

Bitki türleri ve çeşitlerinin tuz stresine olan tepkilerini bilmek tuzluluk problemi yaşanan alanların değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Dayanıklılığı yüksek tür ve çeşitlerin kullanımı bu alanlardan yüksek verim elde etme olanağı sağlayacaktır. Yapılan çalışmalarda çok yıllık çim genotiplerinin tuzluluğa toleransının farklı olduğu, tuza hassas ve toleranslı genotiplerin bulunduğu belirlenmiştir (Borawska-Jarmulowicz ve ark., 2017; Cao ve ark., 2024). Bu çalışma çok yıllık çim (*L. perenne*)’in Prana çeşidinde farklı tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada çok yıllık çim (*L. perenne*)’in yem üretimi için geliştirilmiş, tetraploid Prana çeşidi (Anonymous, 2023) kullanılmıştır. Araştırmada 0, 30, 60, 90, 120 ve 150 mM tuz (NaCl) dozları faktör olarak ele alınmış ve 5 tekrarlamalı olarak Petri kabında uygulanmıştır. Kurutma kağıdı arasına 50 tohum konulmuş; her bir Petriye 10 mL çözelti eklenerek, tohumlar 20 °C’de karanlık ortamda 13 gün süreyle çimlenmeye bırakılmıştır. Araştırma süresince her 24 saatte bir çimlenen tohumlar sayılmış, 2 mm kökçük çıkışı görülen tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir. Araştırmanın sonunda çimlenme oranı (ÇO) Eşitlik 1, ortalama çimlenme süresi (OÇS) Matthews ve Khajeh-Hosseini (2007) tarafından bildirilen Eşitlik 2, çimlenme üniformitesi (ÇÜ) Bewely ve Black (1994) tarafından bildirilen Eşitlik 3, çimlenme hızı (ÇH) ise Ranal ve de Santana (2006) tarafından bildirilen Eşitlik 4 yardımıyla belirlenmiştir. Ayrıca radikula ve plumula uzunlukları (cm), radikula yaş ve kuru ağırlığı (g), plumula yaş ve kuru ağırlığı (g) belirlenmiştir.

$$\text{ÇO (\%)} = (\text{ÇTS/TTS}) \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte ÇTS, çimlenen tohum sayısını; TTS, toplam tohum sayısını ifade etmektedir.

$$\text{OÇS (gün)} = \Sigma(fx) / \Sigma f \quad (2)$$

$$\text{ÇÜ} = \text{ÇO/OÇS} \quad (3)$$

$$\text{ÇH} = \Sigma(f/x) \quad (4)$$

Eşitlikte Σ , toplamı; f, sayım günündeki çimlenen tohum sayısını; x, sayım yapılan gün sayısını ifade etmektedir.

Araştırmada incelenen özelliklerden elde edilen veriler tablolarda ortalama±standard sapma (O±SS) olarak sunulmuştur. İstatistik analiz yapmadan önce verilerin dağılımı ve varyanslarının homojenliği

Shapiro-Wilk test ve Levene's test ile kontrol edilerek verilerin varyans analizine uygun olup olmadığı belirlenmiştir. Normal dağılan ve homojen olan veriler (ÇO, OÇS, plumula uzunluğu ve yaş ağırlığı, radikula uzunluğu ve yaş ağırlığı) tesadüf parselleri deneme deseninin karşılığı olan tek yönlü ANOVA (klasik ANOVA), normal dağılan ancak homojen olmayan veriler (ÇÜ ve ÇH) Welch ANOVA (klasik ANOVA yerine kullanılır) ile analiz edilmiştir. Normal dağılan, homojen olan ve tuzun 2 dozundan verinin elde edildiği plumula ve radikula kuru ağırlıkları ise Student's t-test ile analiz edilmiştir. Önemli çıkan ortalamaların karşılaştırılmasında klasik ANOVA ile analiz edilen özelliklerde Tukey's, Welch ANOVA ile analiz edilen özelliklerde ise Games-Hovel çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Ayrıca sodyum klorürün çimlenme oranı üzerindeki lethal etkisini (LD_{30} ile LD_{90} arasında) belirlemek için Probit analizi yapılmıştır. Bütün istatistik analizler $p \leq 0.05$ önem seviyesinde yapılmıştır. İstatistik analizlerin yapılmasında SPSS v26 (IBM Inc., Chicago, IL, USA) ve Minitab 19 (Minitab Inc., State College, PA, USA) istatistik programları kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan varyans analizi sonucunda çimlenme oranı ve ortalama çimlenme süresi bakımından tuz dozları arasında istatistiki olarak önemli (sırasıyla, $p < 0.001$ ve $p < 0.01$) farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Tablo 1'den görüleceği üzere çimlenme ortamında sodyum klorürün bulunması, çimlenme oranını ve çimlenme süresini olumsuz etkilemiş, olumsuz etkinin şiddeti tuz dozuna bağlı olarak artmıştır. Nitekim 30 mM'dan 90 mM dozuna kadar artan şiddette çimlenmeyi azaltırken, 120 mM ve 150 mM dozlarında çimlenmeyi tamamen engellemiştir. Hem çimlenme oranında hem de ortalama çimlenme süresinde tuz stresinin ilk önemli etkisi 60 mM dozunda gerçekleşmiştir (Tablo 1). Kümülatif çimlenme oranı incelendiğinde, çimlenme ortamında bulunan tuz miktarı arttıkça tohumlarda çimlenmeye başlamanın geciktiği, aynı zamanda çimlenme oranının giderek azaldığı anlaşılmaktadır. Araştırmada kontrol ve 30 mM dozlarında çimlenme 2. günde başlarken, 60 mM'da 3. günde, 90 mM'da ise 6. günde başlamıştır (Şekil 1). Bilindiği üzere tuzluluk osmotik stres ve/veya toksik etki oluşturarak çimlenmeyi olumsuz etkilemektedir (Kusvuran ve ark., 2015). Söz konusu olumsuzlukların yaşanması tuz konsantrasyonuna ve bitki türüne göre şekillenmektedir. Nitekim her tohumun çimlenmeye başlayabilmesi için türe has olan kritik nem seviyesine ulaşması gerekmektedir (Şimşek Soysal ve ark., 2021). Tuz stresi yaşanan

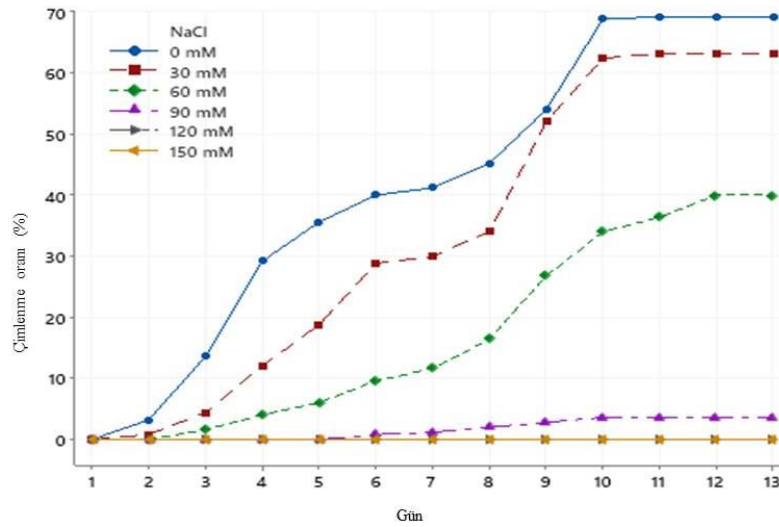
tohumlarda, hücre zarının yapısı bozulur, hücrelerde oksidatif stres yaşanır, aktif giberallik asit (GA) miktarı azalır, absisik asit (ABA) artar, aktif GA/ABA oranı azalır, tohum çimlenmesi sırasında tohum kabuğunun yırtılmasını baskılayan DELLA ailesine üye olan *GmRGL* geninin transkripsiyonu artar (Shu ve ark., 2017). Ayrıca α amilaz aktivitesinde azalma olur (Adda ve ark., 2014) ve sonuçta tohumda depolanan karbonhidratların parçalanması azalır (Önal Aşçı ve Üney, 2016). Tüm bunların etkisiyle çimlenme azalır. Söz konusu araştırmada da muhtemelen yukarıda bahsedilen etkilerden dolayı tuz dozuna bağlı olarak çimlenme azalmış ve engellenmiştir. Nitekim Nizam (2011), çok yıllık çimde artan tuz stresinin tohumun su alımını ve çimlenme oranını azalttığını bildirmiştir. Çalışma sonuçları farklı olarak, Yılmaz ve Kısakürek (2018) çok yıllık çim çeşitlerinde çimlenme oranında ilk önemli azalmayı 150 mM NaCl dozunda belirlerken; Nizam (2011), Kusvuran ve ark. (2015) ve Yılmaz ve Kısakürek (2018) çok yüksek tuz dozlarında dahi (200 mM ve 24 dS m^{-1}) tohumlarda çimlenmenin gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Bu durum, çok yıllık çimde çeşitler arasında tuz toleransı bakımından farklılık olduğunu ve Prana çeşidinin tuzluluğa hassas olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Farklı tuz dozlarına maruz kalan çok yıllık çim tohumlarının çimlenme oranı ve ortalama çimlenme süresi

NaCl (mM)	Çimlenme oranı (%)	Ortalama çimlenme süresi (gün)
	O±SS	O±SS
0	69.20 ± 14.67 a	6.116 ± 1.132 b
30	63.20 ± 3.03 a	7.144 ± 0.268 ab
60	40.00 ± 8.94 b	8.415 ± 0.841 a
90	3.600 ± 1.673 c	8.200 ± 1.304 a
120	0	-
150	0	-
P	0.000*** (F= 57.55)	0.006** (F=5.96)

Ortak küçük harfi olmayan dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$)

Çimlenme oranına benzer şekilde tuz stresi tohumların çimlenme üniformitelerini ve çimlenme hızlarını da istatistiki olarak önemli düzeyde ($p < 0.001$) olumsuz etkilemiştir (Tablo 2). Birim alandan elde edilen ürün ve ürünün kalitesi bitki sayısına ve bitkilerin eş zamanlı büyüme-gelişmelerine bağlıdır. Tuz dozu arttıkça tohumların çimlenme üniformitesinin ve hızının azalması, homojen bir çimlenmenin gerçekleşmediğini göstermektedir. Araştırma sonuçları ile benzer olarak; artan tuz stresinin, tatlı sorgumda (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021), mercimekte



Şekil 1. Farklı tuz dozlarına maruz kalan çok yıllık çim tohumlarının kümülatif çimlenme oranı (%)
Figure 1. Cumulative germination rate of perennial ryegrass seeds exposed to different salt doses (%)

(Ceritoglu ve ark., 2023) çimlenme üniformitesini ve hızını, soyada çimlenme üniformitesini (Açıkbaz ve ark., 2023) azalttığını belirlemişlerdir.

Tablo 2. Farklı tuz dozlarına maruz kalan çok yıllık çim tohumlarının çimlenme üniformitesi ve çimlenme hızı

Table 2. Germination uniformity and germination rate of perennial ryegrass seeds exposed to different salt doses

NaCl (mM)	Çimlenme üniformitesi O±SS	Çimlenme hızı O±SS
0	11.40 ± 2.00a	7.07 ± 1.43a
30	8.85 ± 0.25a	5.15 ± 0.28ab
60	4.83 ± 1.41b	2.70 ± 0.91bc
90	0.46 ± 0.22c	0.23 ± 0.11c
120	-	-
150	-	-
P	0.000*** (Welch F= 917.11)	0.000*** (F= 411.80)

Ortak küçük harf olmayan dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Çimlenme ortamında NaCl varlığı çok yıllık çimin Prana çeşidinde plumula uzunluğu ve yaş ağırlığını istatistiki olarak önemli düzeyde (sırasıyla, p<0.001 ve p<0.01) olumsuz etkilerken, plumula kuru ağırlığını da azaltmasına rağmen dozlar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz (p>0.05) bulunmuştur. En iyi plumula gelişimi kontrol işleminde gerçekleşirken, ortamda NaCl arttıkça plumula gelişimi artan şiddette baskılanmıştır. Çalışmada 90 mM dozunda çimlenme olmakla birlikte (Tablo 1), plumula gelişimi veri alınamayacak kadar küçük miktarda gerçekleşmiştir (Tablo 3). Daha öncede ifade edildiği üzere, tuz stresi tohumda ABA sentezini arttırırken, aktif GA miktarını azaltmaktadır (Shu ve ark., 2017). Bilindiği üzere, su eksikliğinde ABA

sürgün büyümesini engeller. Ortamdaki hücreye alınabilir su miktarı başka bir deyişle osmotik potansiyel, hücre genişlemesini etkiler. Giberallik asit ise hücre genişlemesini ve buğdaygillerde boğum arasının uzamasını etkiler (Taiz ve Zeiger, 2002). Söz konusu hormonların sentezinde yaşanan değişimlerin yanı sıra muhtemel iyon toksisitesi ve iyon dengesizliği sonucunda, tuz stresine maruz kalan fidede plumula gelişimi engellenmektedir. Nitekim, yüksek tuz stresinin bitkide hücre genişlemesini ve bölünmesi büyük ölçüde inhibe ettiği bildirilmiştir (Xie ve ark., 2021). Çalışma ile benzer olarak Nizam (2011), Kuvuran ve ark. (2015) ve Xu ve ark. (2020), çok yıllık çimde tuz dozlarına bağlı olarak plumula gelişiminin azaldığını bildirmişlerdir.

Yapılan varyans analizi sonucunda, tuz stresinin radikula uzunluğunu ve radikula kuru ağırlığını istatistiki olarak önemli (sırasıyla, p<0.001 ve p<0.05) düzeyde etkilediği belirlenirken, radikula yaş ağırlığı bakımından tuz dozları arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur (p>0.05). En iyi radikula gelişimi tuz uygulamasının yapılmadığı kontrol işleminde gerçekleşirken, ortama tuz ilavesiyle birlikte radikula uzunluğu ve kuru ağırlığı önemli derecede azalmış, tuz dozu arttıkça bu azalma devam etmiştir. Nitekim 60 ve 90 mM dozlarında çimlenme gerçekleşmesine rağmen (Tablo 1), radikula kuru ağırlığı belirlenemeyecek kadar düşük seviyede kalmıştır (Tablo 4). Tuz stresi kök epidermal hücrelerinde hücre bölünmesini ve hücre uzamasını yavaşlatır ve/veya inhibe eder böylece ana kök (radikula) gelişimi azalır ve yan kök gelişiminin başlaması inhibe edilir (Jung ve McCouch, 2013; Rewald ve ark., 2013). Söz konusu çalışmada radikula gelişiminde ortaya çıkan

Tablo 3. Farklı tuz dozlarına maruz kalan çok yıllık çim tohumlarında plumula gelişimi

Table 3. Plumule growth of perennial ryegrass seeds exposed to different salt doses

NaCl (mM)	Plumula uzunluğu (cm)	Plumula yaş ağırlığı (g)	Plumula kuru ağırlık (g)
	O ± SS	O ± SS	O ± SS
0	7.48 ± 0.96a	0.122 ± 0.033a	0.01160 ± 0.00217
30	6.21 ± 0.59a	0.103 ± 0.016a	0.01128 ± 0.00129
60	0.83 ± 0.47b	0.012 ± 0.004b	-
90	-	-	-
120	-	-	-
150	-	-	-
P	0.000*** (F=54.59)	0.001** (F= 15.219)	0.784 (t= 0.28)

Ortak küçük harfi olmayan dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

Tablo 4. Farklı tuz dozlarına maruz kalan çok yıllık çim tohumlarında radikula gelişimi

Table 4. Radicle growth of perennial ryegrass seeds exposed to different salt doses

NaCl (mM)	Radikula uzunluğu (cm)	Radikula yaş ağırlığı (g)	Radikula kuru ağırlığı (g)
	O ± SS	O ± SS	O ± SS
0	4.770 ± 0.330a	0.027 ± 0.0501	0.00228 ± 0.00034a
30	1.918 ± 0.305b	0.007 ± 0.0017	0.00184 ± 0.00023b
60	0.307 ± 0.090c	0.001 ± 0.0005	-
90	-	-	-
120	-	-	-
150	-	-	-
P	0.000*** (F= 308.37)	0.545 (F= 0.65)	0.044* (t= 2.39)

Ortak küçük harfi olmayan dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

olumsuzluklarda muhtemelen yukarıda ifade edilen durumdan kaynaklanmıştır. Çalışma bulguları ile benzer olarak Kusvuran ve ark. (2015) ve Xu ve ark. (2020), NaCl stresinin çok yıllık çim fidelerinde radikula gelişimini önemli derecede olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Yapılan probit analizi sonucunda, çimlenme ortamında 87.940 mM NaCl bulunduğunda tohumların % 90'ının, 34.733 mM NaCl bulunduğunda tohumların % 50'sinin, 12.961 mM NaCl bulunduğunda ise tohumların % 30'unun çimlenemediği öngörülmektedir. Başka bir deyişle çimlenme ortamında 12.961 mM NaCl bulunduğunda tohumların % 70'inin, 34.733 mM NaCl bulunduğunda ise tohumların % 50'sinin çimlenebileceği hesaplanmıştır (Tablo 5). Bitkisel üretimde elde edilecek verim açısından birim alandaki bitki sayısı ve sağlıklı bitki gelişimi çok önemlidir. Sadece çimlenmenin olması tek başına yeterli değildir; aynı zamanda, radikula ve plumulanın yapısal olarak normal olması, sağlıklı ve olağan seyrinde gelişim göstermesi bitkinin yaşamı ve verimini doğrudan belirlemektedir. Bu noktadan bakıldığında 60 mM dozunun plumula ve radikula gelişimini çok büyük ölçüde inhibe etmesi (Tablo 3 ve 4), söz konusu dozun Prana çeşidi için çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte çimlenme ve erken fide döneminde Prana çeşidinin NaCl stresine karşı tolerans sınırının

LD₅₀= 34.733 mM NaCl olduğu görülmektedir (Tablo 5).

Tablo 5. Çok yıllık çim tohumlarında çimlenmenin 13. gününde NaCl için belirlenen lethal konsantrasyon dozlarıTable 5. Lethal concentration doses of NaCl for perennial ryegrass in 13th germination day

LDx değerleri	Sodyum klorürün lethal konsantrasyon dozları (mM)*
LD ₃₀	12.961 (2.450-21.102)
LD ₄₀	24.214 (15.436-31.467)
LD ₅₀	34.733 (27.160-41.568)
LD ₆₀	45.251 (38.338-52.216)
LD ₇₀	56.505 (49.626-64.279)
LD ₈₀	69.675 (62.093-79.140)
LD ₉₀	87.940 (78.553-100.579)

*: % 95 güven sınırı

4. Sonuçlar

Yapılan çimlenme çalışması sonucunda çok yıllık çimin Prana çeşidinde tuz stresinin tohum çimlenmesi ve fide gelişimini önemli derecede olumsuz etkilediği, olumsuz etkinin tuz dozuna bağlı olarak giderek arttığı belirlenmiştir. Tuz dozu 90 mM'ın üzerine çıktığında çimlenme olmamıştır. Ayrıca tuzun çimlenme sürecinden daha çok embriyo gelişimini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Yanı sıra Prana çeşidinin çimlenme ve erken fide gelişim dönemlerinde 34.733 mM

NaCl dozuna kadar toleranslı olduğu sonucuna varılmıştır.

Etik Beyanı

Yazarlar, bu araştırma için etik onay gerekmediğini beyan etmektedir.

Finansman

Bu araştırma, hiçbir dış finansman almamıştır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar; makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

- Açıkbaş, S., Özyazıcı, G., Özyazıcı, M.A., 2024. Tuz stresi altında karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'in çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine borik asit ile tohum ön uygulamasının etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2): 211-222.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., Bıçakçı, E., Özyazıcı, G., 2023. Germination and seedling development performances of some soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] cultivars under salinity stress. *Turkish Journal of Range and Forage Science*, 4(2): 108-118.
- Açıkgöz, E., 2021. Yem Bitkileri I. Cilt. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Adda, A., Regagba, Z., Latigui, A., Merah, O., 2014. Effect of salt stress on α -amylase activity, sugars mobilization and osmotic potential of *Phaseolus vulgaris* L. seeds var. 'Cocorose' and 'Djadida' during germination. *Journal of Biological Sciences*, 14(5): 370-375.
- Anonim, 2024. Tarım Verileri. Türkiye İstatistik Kurumu, (<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>), (Erişim Tarihi: 20.02.2025).
- Anonymous, 2023. Prana *Lolium perenne*. (<https://www.dsv-seeds.com/sorte/4483#profil>) (Erişim Tarihi: 23.11.2023).
- Bewely, J., Black, M., 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. New York.
- Borawska-Jarmułowicz, B., Mastalerczuk, G., Gozdowski, D., Małuszyńska, E., Szydłowska, A., 2017. The sensitivity of *Lolium perenne* and *Poa pratensis* to salinity and drought during the seed germination and under different photoperiod conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(1): 71-78.
- Cao, Y.-H., Zhao, X.-W., Nie, G., Wang, Z.-Y., Song, X., Zhang, M.-X., Hu, J.-P., Zhao, Q., Jiang, Y., Zhang, J.-L., 2024. The salt-tolerance of perennial ryegrass is linked with root exudate profiles and microflora recruitment. *Science of the Total Environment*, 916: 170205.
- Ceritoglu, M., Erman, M., Çığ, F., Ceritoglu, F., Uçar, Ö., Soysal, S., EL Sabagh, A., 2023. Enhancement of root system architecture, seedling growth, and germination in lentil under salinity stress by seed priming with silicon and salicylic acid. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(5): 4481-4491.
- Cherrate, M., Radouane, N., Ezrari, S., Echchgadda, G., Maissour, A., Makroum, K., Plavan, G., Abd-Elkader, O.H., Bouriou, M., 2023. Effects of temperature, pH, and salinity on seed germination of *Acinos alpinus* subsp. *meridionalis* and FTIR analysis of molecular composition changes. *Sustainability*, 15(6): 4793.
- Demirkol, G., Yılmaz, N., Önal Aşçı, Ö., 2019. Tuz stresinin yem bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) seçilmiş genotipinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3): 354-359.
- 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: 6929.
- Jung, J.K.H., McCouch, S., 2013. Getting to the roots of it: Genetic and hormonal control of root architecture. *Frontiers in Plant Science*, 4: 186.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N., 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. *Ziraat Mühendisleri Odası VI. Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak, Ankara, s. 213-251.
- Kusvuran, A., Nazlı, R.I., Kusvuran, S., 2015. The effects of salinity on seed germination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 2(1): 78-84.
- Matthews, S., Khajeh-Hosseini, M., 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35(1): 200-212.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25(2): 239-250.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Nizam, I., 2011. Effects of salinity stress on water uptake, germination and early seedling growth of perennial ryegrass. *African Journal of Biotechnology*, 10(51): 10418-10424.
- Önal Aşçı, O., 2011. Salt tolerance in red clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 10(44): 8774-8781.
- Önal Aşçı, Ö., Üney, H., 2016. Farklı tuz yoğunluklarının Macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.

- Önal Aşcı, Ö., Zambı, H., 2020. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı bezelye çeşit ve genotiplerinde bitki gelişimine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3): 274-284.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbaz, S., 2021. Effects of different salt concentrations on germination and seedling growth of some sweet sorghum [*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.] cultivars. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 8(2): 133-143.
- Ranal, M.A., de Santana, D.G., 2006. How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany*, 29(1): 1-11.
- Rewald, B., Shelef, O., Ephrath, J.E., Rachmilevitch, S., 2013. Adaptive plasticity of salt-stressed root systems. In: P. Ahmad, M.M. Azooz and M.N.V. Prasad (Eds.), *Ecophysiology and Responses of Plants Under Salt Stress*, Springer, New York, pp. 169-201.
- Shahid, S.A., Zaman, M., Heng, L., 2018. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: S.A. Shahid, M. Zaman, L. Heng (Eds.), *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*, Springer, Cham, pp. 43-53.
- Shu, K., Ying, Q., Chen, F., Meng, Y., Luo, X., Shuai, H., Zhou, W., Ding, J., Du, J., Liu, J., Yang, F., Wang, Q., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Feng, Y., Yang, W., 2017. Salt stress represses soybean seed germination by negatively regulating GA biosynthesis while positively mediating ABA biosynthesis. *Plant Science*, 8: 1372.
- Şimşek Soysal, Ö., Demirkol, G., Önal Aşcı, Ö., Kaşko Arıcı, Y., Acar, Z., Yılmaz, N., 2021. Tuz stresinin tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* L.)’de çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2): 301-307.
- Taiz, L., Zeiger, E., 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Takıl, E.D., 2020. Bazı kışlık kolza çeşitlerinin erken gelişim dönemlerinde tuz stresine morfolojik ve fizyolojik tepkileri. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Yılmaz, M.B., Kısakürek, Ş., 2018. Bazı çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) çeşitlerinde tuz stresinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2): 204-217.
- Xie, Y., Liu, X., Amee, M., Yu, H., Huang, Y., Li, X., Chen, L., Fu, J., Sun, X., 2021. Evaluation of salt tolerance in Italian ryegrass at different developmental stages. *Agronomy*, 11(8): 1487,
- Xu, H.-S., Guo, S.-M., Zhu, L., Xing, J.-C., 2020. Growth, physiological and transcriptomic analysis of the perennial ryegrass *Lolium perenne* in response to saline stress. *Royal Society Open Science*, 7(7): 200637.

ALINTI: Önal Aşcı, Ö., Kaşko Arıcı, Y., Dede, Ö., 2025. Tuz Stresinin Çok Yıllık Çim (*Lolium perenne* L.) Tohumlarında Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 12(2): 178-184.

CITATION: Önal Aşcı, Ö., Kaşko Arıcı, Y., Dede, Ö., 2025. Effect of Salt Stress on Germination and Seedling Development in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) Seeds. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 12(2): 178-184. (In Turkish).