

## Salisilik Asidin Tuz Stresine Maruz Kalan Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*)'ta Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi

Özlem ÖNAL AŞCI<sup>1\*</sup>, Ayşe Özge ŞİMŞEK SOYSAL<sup>1</sup>, Yeliz KAŞKO ARICI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Ordu, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 07.06.2024

Kabul Tarihi/Accepted: 26.10.2024

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

[orcid.org/0000-0002-9487-9444](https://orcid.org/0000-0002-9487-9444) [orcid.org/0000-0002-2494-0844](https://orcid.org/0000-0002-2494-0844) [orcid.org/0000-0001-6820-0381](https://orcid.org/0000-0001-6820-0381)

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

**Öz:** Araştırma, farklı dozlarda salisilik asit (SA) ve sodyum klorür (NaCl) uygulamalarının kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) Olympus çeşidinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 5 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Çalışmada SA 0, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.0 mM, NaCl ise 0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 mM dozlarında uygulanmıştır. Yapılan varyans analizi sonucunda, sadece çimlenme oranı ve ortalama çimlenme süresi bakımından SAxNaCl etkileşimi istatistik olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresinin artması çimlenme oranını azaltırken, aynı tuz stresi şartlarında salisilik asidin etkisi doza bağlı olarak olumlu veya olumsuz olmuştur. Çalışmada 250 mM tuz dozuna kadar olan bütün işlemlerde çimlenme oranı % 60'ın üzerinde gerçekleşmiştir. Ancak 150 mM ve üzeri tuz dozlarındaki bütün işlemlerde ise fide gelişimi çok şiddetli bir şekilde baskılanmıştır. Bu nedenle Olympus çeşidinin çimlenme döneminde 100 mM'ın üzerindeki NaCl stresine tolerans gösteremediği ve salisilik asidin toleransı artırıcı etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Çimlenme ve fide gelişimi birlikte değerlendirildiğinde ise 50 mM NaCl stresi şartlarında 0.75 mM salisilik asit ön uygulamasının olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tohum, sodyum klorür, çimlenme oranı, *Festuca arundinacea*, tuz stresi

## Effect of Salicylic Acid on Germination and Seedling Development in Tall Fescue (*Festuca arundinacea*) Exposed to Salt Stress

**Abstract:** This study was carried out to determine the effect of different doses of salicylic acid (SA) and sodium chloride (NaCl) treatments on seed germination and seedling development in Olympus cultivar of tall fescue (*Festuca arundinacea*). The study was conducted in the laboratory of Ordu University, Faculty of Agriculture with 5 replications according to the factorial experiment design in randomized plots. Salicylic acid was applied at 0, 0.25, 0.50, 0.75 and 1.0 mM and NaCl was applied at 0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mM doses. As a result of the analysis of variance, the SAxNaCl interaction was found to be statistically significant only in terms of germination rate and mean germination time. While increasing salt stress reduced the germination rate, the effect of salicylic acid under the same salt stress conditions was positive or negative depending on the dose. The germination rate was over 60 % in all treatments up to 250 mM salt dose. But in all treatments with salt doses of 150 mM and above, seedling development was severely suppressed. For this reason, it was determined that Olympus variety could not tolerate NaCl stress above 100 mM during the germination period and salicylic acid did not have a tolerance-increasing effect. When germination and seedling development were evaluated together, it was specified that 0.75 mM salicylic acid pre-application had positive effects under 50 mM NaCl stress conditions.

**Keywords:** Seed, sodium chloride, germination rate, *Festuca arundinacea*, salt stress

## 1. Giriş

Çimlenme bitkilerin, hayatta kalmaları için kritik bir aşama olmasının yanı sıra yaşam döngüleri içerisinde tuz stresine en duyarlı olduğu dönemdir (Kuşvuran ve ark., 2015). Suda erimiş halde bulunan tuzlar, suyun toprak içerisindeki hareketine bağlı olarak yukarıya doğru taşınmakta ve toprak yüzeyinde birikmektedir. Bu nedenle tohumlar, çimlenme ortamında daha yüksek konsantrasyonda tuzla maruz kalırlar (Takıl, 2020). Yapılan birçok çalışmada tuz stresinin tohum çimlenmesi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, tuz stresinin çimlenme üzerindeki bu etkisi, tuz konsantrasyonuna (Önal Aşcı ve Üney, 2016), bitki türüne (Aydın ve Atıcı, 2015; Özkorkmaz ve Yılmaz, 2017) ve hatta aynı türün genotipine (Onal Aşcı, 2011; Kuşçu ve ark., 2018; Kaymak ve Acar, 2020) bağlı olarak değişmektedir. Tuz stresi osmotik etkiye ve iyon toksisitesine bağlı olarak, tohumlarda çimlenmeyi azaltmakta (Önal Aşcı ve Üney, 2016; Demirkol ve ark., 2019) veya engellemektedir (Onal Aşcı, 2011; Kaymak ve Acar, 2020). Tuz stresi tohumlarda dormansiye veya tohumun ölümüne neden olur (Anaya ve ark., 2018); ve sonuçta çimlenme gerçekleşmez.

Tohum çimlenmesi, çevre koşullarına oldukça duyarlıdır; çünkü, çimlenen tohumlarda savunma mekanizmaları tam olarak gelişmemiştir. Çimlenme ortamında tohumlar, kuraklık ve tuzluluk gibi çeşitli stres faktörlerine maruz kalabilmektedir. Stres koşullarına maruz kalan tohumlarda çimlenme üzerinde birçok bitki büyüme hormonunun rol oynadığı, bu hormonlardan birisinin de salisilik asit (SA) olduğu bildirilmiştir. Salisilik asidin tohum çimlenmesi üzerinde hem teşvik edici hem de baskılayıcı etkileri olduğu, bu etkinin ise bitki türüne/çeşidine (Lee ve Park, 2010; Özyazıcı ve ark., 2023) ve konsantrasyonuna (Pedrini ve ark., 2021; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2022) göre değiştiği rapor edilmiştir. Stres direnci sağlamada SA etkinliği, konsantrasyonuna bağlı olarak ortaya çıkmakta; düşük dozlar direnç sağlamada başarısız olurken, daha yüksek konsantrasyonlar hücre ölüm yollarını aktive ederek direnci azaltır (Pedrini ve ark., 2021). *Coronilla varia* ile yapılan bir çalışmada, SA uygulamasının kuraklık stresi altında tohum çimlenmesine etkisi araştırılmış ve uygun dozda SA uygulandığında (0.5-1.0 mm L<sup>-1</sup> SA) tohum çimlenme oranını arttırdığı belirlenmiştir (Ma ve ark., 2017). *Arabidopsis* ile yapılan bir diğer çalışmada ise, salisilik asidin *Arabidopsis*'te yüksek tuzluluk altında tohum çimlenmesini desteklediği belirlenmiştir (Lee ve Park, 2010). Buğdayda yapılan bir çalışmada tuz stresinin tohum çimlenmesini önemli düzeyde azalttığı, SA ile priming uygulamasının hem tuz stresi altındaki hem de kontrol tohumlarında çimlenmeyi önemli ölçüde

arttırdığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, salisilik asidin fidelerin ve köklerin hücre bölünmesi seviyesini arttırdığı, reaktif oksijen türlerinin özellikle SA tarafından temizlenmesinin etkili olduğu ve membran hasarının sınırlı olduğu bildirilmiştir (Dolatabadian ve ark., 2009).

Halofit bir tür olan *Limonium bicolor*'un tuz stresi altında tohum çimlenmesine salisilik asidin etkileri incelendiği çalışmada, 200 mM NaCl uygulamasının tohumlarda çimlenmeyi önemli ölçüde baskıladığı; ancak, 0.08 mM SA eşzamanlı olarak uygulandığında çimlenmenin önemli ölçüde iyileştiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca çimlenme sırasında, SA ile muamele edilen tohumların yüksek düzeyde gibberellik asit (GA) ve yüksek düzeyde amilaz ve  $\alpha$ -amilaz aktivitesine, buna karşılık düşük absisik asit (ABA) içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada, araştırmacılar; SA uygulamasının, GA biyosentezinde yer alan anahtar genlerin ekspresyonunu yukarı doğru düzenlerken, ABA biyosentezinde rol oynayanları aşağı doğru düzenlediğini, böylece tuz stresi altında tohum çimlenmesini artıran GA ve ABA arasında uygun bir hormonal dengeyi tetiklediğini ifade etmişlerdir (Liu ve ark., 2019).

Kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) hem kaba yem üretimi amacıyla yetiştirilen hem de yeşil alan tesisinde kullanılan çok yıllık buğdaygil yem bitkisidir (Açıkgöz, 2021). Kamışsı yumağın yüksek sıcaklık, gölgeleme, tuzluluk vb. abiyotik stres koşullarına toleransı ve kuraklıktan kaçınma stratejisi sebebiyle yeşil alan tesisinde çok fazla kullanılmaktadır. Tuz stresine toleransının orta seviyede olduğu (Ntoulas ve ark., 2024) bilinen tür, özellikle tuzluluk probleminin yaşandığı alanlar için önemli bir potansiyele sahiptir. Bununla birlikte tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmak veya elemine etmek için uygun yöntemlerin belirlenmesi kamışsı yumak yetiştiriciliğine fayda sağlayacaktır.

Bu çalışma, kamışsı yumak (*F. arundinacea*) tohumlarına farklı dozlarda salisilik asit ön uygulamalarının ve tuz stresinin, çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Yöntem

Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme deseninde 5 tekrarlı Petri çalışması olarak yürütülen bu çalışmada, kamışsı yumak (*F. arundinacea*) bitkisinin Olympus çeşidine ait tohumlar materyal olarak kullanılmıştır. Kamışsı yumak tohumlarına uygulanan salisilik asidin 5 dozu (0, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.0 mM) ve tuz (NaCl)'un 7 dozu (0, 50, 100,

150, 200, 250 ve 300 mM) araştırma konusunu teşkil etmiştir.

Salisilik asit ve tuz uygulamasına başlamadan önce tohumlar % 5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinde steril edilerek saf sudan geçirilmiştir. Ardından tohumlar, SA dozlarına göre 24 saat süreyle oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiştir. Daha sonra her Petri'de 25 adet tohum olacak şekilde kağıt arasına yerleştirilen tohumlara, her işlem için uygun olan tuz dozundan 10 ml tuz çözeltisi eklenerek 25 °C'de karanlık ortamda 15 gün süreyle çimlendirilmeye 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, gün) (Matthews ve Khajeh-Hosseini, 2007, Eşitlik 2), radikula ve plumula uzunlukları (cm), radikula yaş ve kuru ağırlığı (g fide<sup>-1</sup>), plumula yaş ve kuru ağırlığı (g fide<sup>-1</sup>) belirlenmiştir.

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

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

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

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

Verilerin normal dağılım kontrolü Shapiro-Wilk testi, alt grupların varyanslarının homojenlik kontrolü Levene's testi ile yapılmıştır. Varyans analizinin varsayımlarını yerine getirmeyen ortalama çimlenme süresi verilerine Box-Cox transformasyonu uygulanmış ve varyans analizi transforme veriler kullanılarak yapılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987). Çalışmada elde edilen tüm verilerin analizi tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi, hesaplamalarda ve yorumlamalarda % 5 önem düzeyi kullanılmıştır.

Tüm hesaplamalar Minitab 19 istatistik paket programı ile yapılmıştır. Veriler tablolarda ortalama±standart sapma şeklinde sunulmuştur.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Çimlenme oranı

Yapılan varyans analizi sonucunda, çimlenme oranı bakımından NaClxSA interaksyonu istatistiki olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur. Tablo 1 incelendiğinde, çimlenme ortamında bulunan NaCl, tohumların çimlenme oranını önemli ölçüde azaltırken, SA ile ön uygulama yapılmamış (SA= 0) tohumların çimlenme oranında tuzun ilk önemli olumsuz etkisi 200 mM dozunda gerçekleşmiş ve tuz dozu arttıkça olumsuz etkinin şiddeti de artmıştır. Tohumlara SA ile ön uygulama yapıldığında da sodyum klorürün çimlenme üzerindeki olumsuz etkisi benzer eğilimle devam etmiştir. Ancak SA ile yapılan ön uygulama çoğunlukla tuz stresini hafifletici etki göstermiştir. Örneğin 50 mM tuza maruz kalan tohumlara SA ile yapılan ön uygulamalar, salisilik asidin 0 (sıfır) dozuna göre çimlenme oranını artırmış; özellikle 0.75 mM SA ön uygulaması yapılan tohumlar 50 mM NaCl dozunu tolere ederek, kontrol (SA= 0+NaCl= 0) işlemi ile aynı çimlenme oranına sahip olmuştur. Çalışmadaki en yüksek tuz dozu olan 300 mM'da bütün SA dozları çimlenme oranını artırsa da, elde edilen çimlenme oranları oldukça düşük olmuştur (Tablo 1). Liu ve ark. (2022) çeltikte yaptıkları çalışmada, dışarıdan uygulanan salisilik asidin, tuz stresi altında çimlendirilen çeltik tohumlarında, tohumun; sodyum (Na) alımını ve Na/K oranını, hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), süperoksit (O<sup>2-</sup>) ve malondialdehit (MDA) birikimini ve ABA sentezini azalttığını, süperoksit distumaz (SOD), peroksidad (POD) ve katalaz (CAT) enzimlerinin aktivitesini, GA<sub>1</sub> ve GA<sub>4</sub>'ün sentezini, α-amilaz aktivitesini ve çözülebilir şeker miktarını artırdığını ve sonuçta çimlenmeyi arttırdığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar muhtemelen, salisilik asidin Liu ve ark. (2022) tarafından

**Tablo 1. Salisilik asit ön uygulaması yapılmış tohumların farklı tuz dozlarında çimlenme oranı (%)\***  
Table 1. Germination rate of seeds pre-treated with salicylic acid at different salt doses (%)\*

NaCl dozları (mM)	SA dozları (mM)				
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
0	96.0±2.8 Aa	95.2±6.6 Aa	96.8±4.4 Aa	95.2±3.4 Aa	95.2±6.6 Aa
50	86.4±8.3 ABa	88.8±5.9 Aa	95.2±3.4 Aa	96.0±2.8 Aa	93.6±6.0 Aa
100	90.4±6.1 ABa	81.6±10.4 ABa	86.4±3.6 ABa	89.6±3.6 Aa	85.6±5.4 Aa
150	78.4±7.3 ABa	68.0±7.5 Ba	79.2±8.2 ABa	70.4±10.0 Ba	80.8±3.4 Aa
200	77.6±6.7 Ba	78.4±11.2 ABa	73.6±8.3 Ba	64.8±11.5 Ba	80.0±6.9 Aa
250	29.6±6.1 Ca	32.8±10.4 Ca	31.2±7.2 Ca	32.8±14.5 Ca	21.6±5.4 Ba
300	8.8±5.2 Da	12.0±6.3 Da	11.2±7.2 Da	12.8±9.1 Da	12.8±7.7 Ba
P	NaCl= 0.000, SA= 0.676, NaClxSA= 0.015				

\*: Aynı SA dozunda ortak büyük harfi olmayan NaCl doz ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05), aynı NaCl dozunda ortak küçük harfi olmayan SA doz ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

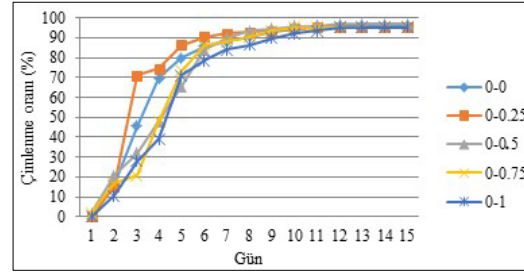
bildirilen bu etkilerinin sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bununla birlikte 0.50 mM SA ön uygulaması, tuzsuz ortamda çimlendirilen tohumların çimlenme oranında da küçük bir artışa neden olmuştur. Daha yüksek SA dozlarında ise çimlenme oranında azalma meydana gelmiştir (Tablo 1). Yanık ve ark. (2018), optimum çimlenme şartlarında SA dozlarının çavdarda çimlenme üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, düşük dozlarda uygulanan salisilik asidin çimlenmeyi arttırdığı, yüksek dozlarda ise çimlenmeyi tamamen durdurduğunu belirlemişlerdir. Mevcut çalışma ile benzer olarak Dolatabadian ve ark. (2009), buğdayda hem artan tuz stresinin hem de artan SA dozunun çimlenme oranını azalttığını bildirmişlerdir. Yüksek salisilik asidin bitkilerde reaktif oksijen moleküllerinin sentezini artırarak toksik etki yaptığı bildirilmiştir (Lee ve ark., 2010).

### 3.2. Ortalama çimlenme süresi

Tuz stresi sadece çimlenme oranını azaltmamakta, aynı zamanda çimlenme süresini de uzatmaktadır (Onal Asci, 2011; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021). Çimlenme süresinin uzamasında etkili faktörlerden birisi de çimlenme başlangıcının gecikmesidir. Nitekim, kümülatif çimlenme oranı değerlerine bakıldığında, ilk 24 saat içerisinde hiçbir işlemde tohum çimlenmediği, 2. gün 0-150 mM NaCl dozlarında tüm ön uygulamalarda çimlenme gerçekleşirken, 200 mM NaCl'de salisilik asidin 0 (sıfır) dozu hariç diğerlerinde çimlenme olduğu anlaşılmaktadır. Ancak 150 ve 200 mM NaCl uygulamalarında 2. gün belirlenen çimlenme oranı değerleri oldukça düşük bulunmuştur. Tuz dozu 250 mM olduğunda ise 3. gün çimlenme başlamakla birlikte çok küçük değerlerde gerçekleşmiştir. En yüksek (300 mM) tuz dozunda ise 3. günün sonunda çimlenme başlamış ve ilk 5 gün içerisinde gerçekleşen çimlenme oranı % 5'in altında kalmıştır. Tuzsuz ortamda ön uygulamaların etkileri incelendiğinde, 0.25 mM salisilik asidin 3. günde çimlenmeyi çok hızlandırdığı anlaşılmaktadır (Şekil 1-7). Nitekim, *Arabidopsis*'te yapılan bir çalışmada artan tuz dozlarının çimlenme başlangıcını geciktirdiği, yüksek tuz stresinde (150 mM) salisilik asidin dozu arttıkça çimlenme başlangıcının geciktiği bildirilmiştir (Lee ve ark., 2010).

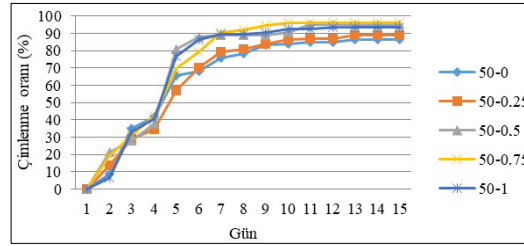
Çalışmada, NaCl ve SA uygulamalarının günlük çimlenme değerlerinde ortaya çıkardıkları bu değişimler, ortalama çimlenme süresine doğrudan etki ettiği için yapılan varyans analiz sonucunda OÇS bakımından NaClxSA interaksyonunu istatistiki olarak önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Tuz stresi ortalama çimlenme süresini uzatırken, tuzun bulunmadığı ortamda, 0.25 mM SA ile ön uygulama

yapılan tohumlarda ortalama çimlenme süresi kısalmış ve tüm işlemler içerisinde (tüm NaCl ve SA dozlarında) en kısa OÇS değerine sahip olmuştur (Tablo 2). Arpada yapılan bir çalışmada, hem tuzsuz hem de 75 mM NaCl stresinde, 1 mM SA ile priming işlemi yapılan tohumlarda ortalama çimlenme süresinin, priming uygulanmayan tohumlara göre önemli derecede kısaltıldığı belirlenmiştir (Ellouzi ve ark., 2023). Anaya ve ark. (2018), salisilik asidin katalaz enziminin aktivitesini azaltabildiğini, katalaz enziminin aktivitesinin azalmasının tohumda hidrojen peroksit miktarını artırarak çimlenmeyi artırıcı etkisinin olabileceğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte 250 ve 300 mM NaCl stresine maruz kalan tohumlarda SA ön uygulaması ortalama çimlenme süresinin uzamasına neden olmuştur.



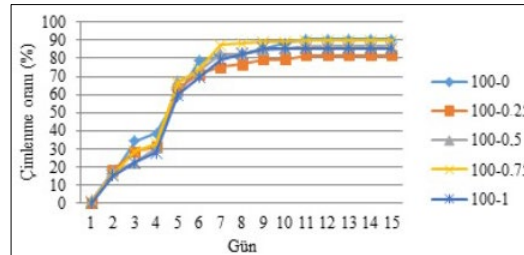
Şekil 1. Farklı SA dozları uygulanmış tohumların tuzsuz ortamda kümülatif çimlenme oranı (%)

Figure 1. Cumulative germination rate of seeds treated with different SA doses in a salt-free environment (%)



Şekil 2. Farklı SA dozları uygulanmış tohumların 50 mM NaCl ortamında kümülatif çimlenme oranı (%)

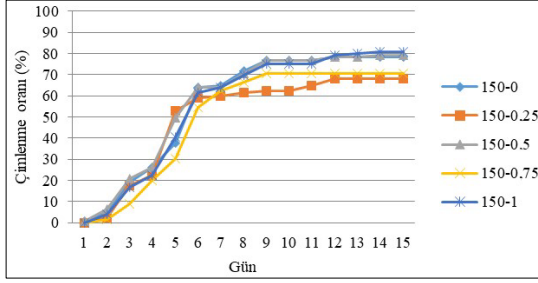
Figure 2. Cumulative germination rate of seeds treated with different SA doses in 50 mM NaCl medium (%)



Şekil 3. Farklı SA dozları uygulanmış tohumların 100 mM NaCl ortamında kümülatif çimlenme oranı (%)

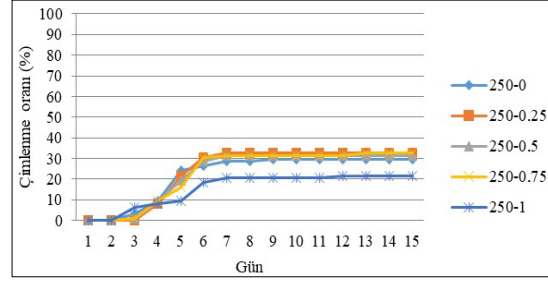
Figure 3. Cumulative germination rate of seeds treated with different SA doses in 100 mM NaCl medium (%)





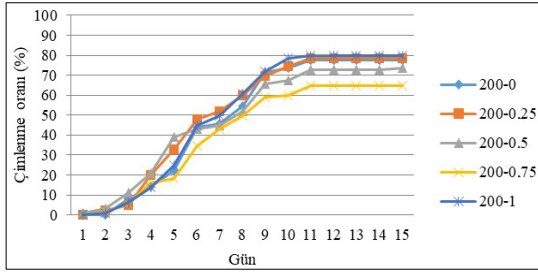
**Şekil 4. Farklı SA dozları uygulanmış tohumların 150 mM NaCl ortamında kümülatif çimlenme oranı (%)**

Figure 4. Cumulative germination rate of seeds treated with different SA doses in 150 mM NaCl medium (%)



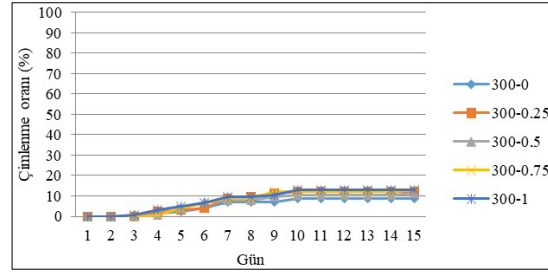
**Şekil 6. Farklı SA dozları uygulanmış tohumların 250 mM NaCl ortamında kümülatif çimlenme oranı (%)**

Figure 6. Cumulative germination rate of seeds treated with different SA doses in 250 mM NaCl medium (%)



**Şekil 5. Farklı SA dozları uygulanmış tohumların 200 mM NaCl ortamında kümülatif çimlenme oranı (%)**

Figure 5. Cumulative germination rate of seeds treated with different SA doses in 200 mM NaCl medium (%)



**Şekil 7. Farklı SA dozları uygulanmış tohumların 300 mM NaCl ortamında kümülatif çimlenme oranı (%)**

Figure 7. Cumulative germination rate of seeds treated with different SA doses in 300 mM NaCl medium (%)

**Tablo 2. Salisilik asit ön uygulaması yapılmış tohumların farklı tuz dozlarında ortalama çimlenme süresi (gün)\***

Table 2. Mean germination time of seeds pre-treated with salicylic acid in different salt doses (days)\*

NaCl dozları (mM)	SA dozları (mM)				
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
0	4.1±0.5 Aab	3.5±0.2 Aa	4.6±0.4 Ab	4.5±0.4 Ab	4.9±0.7 Ab
50	4.8±0.5 ABa	5.0±0.5 BCa	4.6±0.6 Aa	4.6±0.2 Aa	4.5±0.4 Aa
100	4.8±0.5 ABa	4.6±0.5 Ba	4.7±0.3 Aa	4.6±0.2 Aa	4.8±0.4 Aa
150	5.4±0.6 BCa	5.1±1.0 BCa	5.3±0.4 ABa	5.5±0.3 ABa	5.8±0.6 ABa
200	6.7±0.3 Ca	6.4±0.2 CDa	6.3±0.3 Ba	6.5±0.6 Ba	6.6±0.3 Ba
250	4.9±0.4 ABa	5.2±0.1 BCDab	5.2±0.4 ABab	5.6±0.7 ABb	5.3±0.4 ABb
300	6.4±1.4 BCa	6.6±0.6 Da	6.6±1.5 Ba	6.6±1.2 Ba	6.5±0.5 Ba
P	NaCl= 0.000, SA= 0.059, NaClxSA= 0.022				

\*: Aynı SA dozunda ortak büyük harfi olmayan NaCl doz ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ), aynı NaCl dozunda ortak küçük harfi olmayan SA doz ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

### 3.3. Fide gelişim parametreleri

Çalışmada tüm uygulamalarda çimlenme gerçekleşmiş olmasına rağmen, 150 mM ve üzeri tuz dozlarına ait işlemlerde plumula ve radikula ile ilgili ölçümler alınamamıştır.

Yapılan varyans analizi sonucunda plumula uzunluğu bakımından tuz dozları arasında ve SA dozları arasında istatistiksel olarak önemli (sırasıyla,  $p < 0.001$  ve  $p < 0.05$ ) farklılık olduğu belirlenirken

(Tablo 3); tuz ve SA dozlarının plumula yaş ağırlığı üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur (Tablo 4). Plumula kuru ağırlığı üzerinde ise sadece NaCl dozlarının etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.001$ ) olmuştur (Tablo 5). Ortamda 50 mM NaCl bulunduğunda, plumula uzunluğu ve kuru ağırlığı artarken, 100 mM NaCl ise her iki değerinde azalmasına sebep olmuştur (Tablo 3 ve 5). Mevcut çalışmaya benzer olarak tek yıllık çimde düşük tuz dozlarının plumula gelişimini olumlu yönde

etkilerken, yüksek tuz dozlarının ise olumsuz etkilediği belirlenmiştir (Şimşek Soysal ve ark., 2021). Salisilik asit dozları ise plumula uzunluğunu önce azaltıcı sonra ise artırıcı etki yapmakla birlikte, salisilik asidin kontrol dozu ile diğer dozlar arasında istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır (Tablo 3). Plumula yaş ve kuru ağırlığı üzerinde etkisi önemsiz olmakla birlikte SA ağırlık artışı sağlamıştır (Tablo 4 ve 5). Shatpathy ve ark. (2018), çeltikte SA uygulamasının plumula uzunluğunu artırdığını bildirmiştir.

**Tablo 3. Salisilik asit ve tuz dozlarında elde edilen fidelerin plumula uzunluğu (cm)\***

Table 3. Plumula length of seedlings obtained with salicylic acid and salt doses (cm)\*

NaCl dozları (mM)	Plumula uzunluğu	SA dozları (mM)	Plumula uzunluğu
0	5.5±0.7 B	0.00	5.4±1.0 AB
50	6.1±1.1 A	0.25	5.1±1.2 B
100	4.7±1.1 C	0.50	5.1±1.2 B
		0.75	5.4±0.8 AB
		1.00	6.4±1.0 A

P NaCl= 0.000, SA= 0.011, NaClxSA= 0.520

\*: Aynı sütunda ortak büyük harfi olmayan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

**Tablo 4. Salisilik asit ve tuz dozlarında elde edilen fidelerin plumula yaş ağırlığı (g fide<sup>-1</sup>)**

Table 4. Plumula fresh weight of seedlings obtained in salicylic acid and salt doses (g seedling<sup>-1</sup>)

NaCl dozları (mM)	Plumula yaş ağırlığı	SA dozları (mM)	Plumula yaş ağırlığı
0	0.018±0.007	0.00	0.018±0.008
50	0.022±0.007	0.25	0.018±0.005
100	0.019±0.005	0.50	0.021±0.006
		0.75	0.021±0.006
		1.00	0.020±0.008

P NaCl= 0.128, SA= 0.586, NaClxSA= 0.394

**Tablo 6. Salisilik asit ön uygulaması yapılmış tohumlardan farklı tuz dozlarında gelişen fidelerin radikula uzunluğu (cm)\***

Table 6. Radicle length of seedlings grown in different salt doses from seeds pre-treated with salicylic acid (cm)\*

NaCl dozları (mM)	SA dozları (mM)				
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
0	2.0±0.5 Ab	1.8±0.2 Ab	3.6±0.7 Aa	2.6±0.8 ABab	3.6±0.5 Aa
50	1.6±0.3 Ab	1.5±0.2 Ab	1.4±0.2 Bb	2.2±0.3 BCab	3.0±0.7 Aa
100	2.2±0.3 Aa	1.3±0.6 Aa	2.0±0.6 Ba	1.5±0.3 Ca	1.6±0.3 Ba

P NaCl= 0.000, SA= 0.000, NaClxSA= 0.000

\*: Aynı SA dozunda ortak büyük harfi olmayan NaCl doz ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05), aynı NaCl dozunda ortak küçük harfi olmayan SA doz ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

#### 4. Sonuçlar

Araştırmadan elde edilen bütün sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, kamışsı yumağın Olympus çeşidinin çimlenme ortamında 100 mM'ın üzerinde NaCl stresine tolerans sağlayamadığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte 50 mM tuz

**Tablo 5. Salisilik asit ve tuz dozlarında elde edilen fidelerin plumula kuru ağırlığı (g fide<sup>-1</sup>)\***

Table 5. Plumula dry weight of seedlings obtained in salicylic acid and salt doses (g seedling<sup>-1</sup>)\*

NaCl dozları (mM)	Plumula kuru ağırlığı	SA dozları (mM)	Plumula kuru ağırlığı
0	0.0023±0.0004 A	0.00	0.0021±0.0004
50	0.0022±0.0005 A	0.25	0.0021±0.0006
100	0.0017±0.0005 B	0.50	0.0022±0.0006
		0.75	0.0020±0.0004
		1.00	0.0021±0.0005

P NaCl= 0.000, SA= 0.871, NaClxSA= 0.220

\*: Aynı sütunda ortak büyük harfi olmayan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Radikula gelişimi ile ilgili incelenen özelliklerden sadece radikula uzunluğu bakımından tuzxSA interaksyonu önemli bulunurken (Tablo 6), radikula yaş (Tablo 7) ve kuru ağırlığı (Tablo 8) üzerinde tuz ve salisilik asidin etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Araştırmada radikula uzunluğu 1.29 cm ile 3.61 cm arasında değişmiş, en kısa radikula 100 mM NaCl+0.25 mM SA uygulamasında belirlenirken, en uzun radikula ise tuzsuz ortamda 0.50 mM SA ön uygulaması yapılan işlemde elde edilmiştir. Bununla birlikte 100 mM NaCl stresinde SA uygulamaları tuz stresinin radikula uzunluğuna olumsuz etkilerini azaltmasa da 50 mM tuz stresinde 0.75 ve 1.0 mM SA ön uygulamaları kök uzunluğunu artırıcı etki yapmış ve söz konusu işlemlerde kök uzaması hem 50 NaCl+0 SA işleminden hem de 0 NaCl+0 SA işleminden daha fazla olmuştur (Tablo 6). Mevcut bulgulara benzer olarak tuzsuz ortamda salisilik asidin buğdayda radikula uzunluğunu artırdığı, tuz stresi altında ise SA dozuna bağlı olarak artış ve azalışların yaşandığı bildirilmiştir (Dolatabadian ve ark., 2009).

dozunda, 0.75 mM salisilik asit ön uygulaması tuz stresinin çimlenme oranı üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmış, ortalama çimlenme süresini kısaltmış ve radikula uzunluğunu artırmıştır. Bu nedenlerle 50 mM tuz dozunda 0.75 mM salisilik asit ön uygulaması önerilmektedir.

**Tablo 7. Salisilik asit ve tuz dozlarında elde edilen fidelerin radikula yaş ağırlığı (g fide<sup>-1</sup>)**Table 7. Radicle fresh weight of seedlings obtained with salicylic acid and salt doses (g seedling<sup>-1</sup>)

NaCl dozları (mM)	Radikula yaş ağırlığı	SA dozları (mM)	Radikula yaş ağırlığı
0	0.014±0.009	0.00	0.013±0.008
50	0.022±0.009	0.25	0.019±0.027
100	0.020±0.022	0.50	0.022±0.009
		0.75	0.018±0.004
		1.00	0.021±0.012
P	NaCl= 0.094, SA= 0.476, NaClxSA= 0.208		

**Tablo 8. Salisilik asit (SA) ve tuz dozlarında elde edilen fidelerin radikula kuru ağırlığı (g fide<sup>-1</sup>)**Table 8. Radicle dry weight of seedlings obtained in salicylic acid and salt doses (g seedling<sup>-1</sup>)

NaCl dozları (mM)	Radikula kuru ağırlığı	SA dozları (mM)	Radikula kuru ağırlığı
0	0.001368±0.00045	0.00	0.00152±0.00056
50	0.001596±0.00039	0.25	0.00140±0.00049
100	0.001511±0.00059	0.50	0.00165±0.00055
		0.75	0.00136±0.00038
		1.00	0.00153±0.00043
P	NaCl= 0.246, SA= 0.504, NaClxSA= 0.326		

## 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 bulduklarını, 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.

## Teşekkür

Laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Lisans Öğrencisi Şahin SARI'ya teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2021. Yemlik kolza (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg) bitkisinin tuz stresi altında çimlenme özelliklerinin belirlenmesi. *International Karabakh Applied Sciences*

*Conference*, June 17-19, Khazar University, Karabagh, Azerbaijan, s. 104-111.

Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2022. Salisilik asit tohum ön uygulama işleminin burçak (*Vicia ervilia* L.) bitkisinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. *Anadolu 11th International Conference on Applied Sciences*, December 29-30, Diyarbakır, Türkiye, s. 1005-1013.

Açıkgöz, E., 2021. Yem Bitkileri. I. Cilt, Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.

Anaya, F., Fghire, R., Wahbi, S., Kenza Loutfi, K., 2018. Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia faba* L. under salt stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(1): 1-8.

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.

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.

Dolatabadian, A., Sanavy, A.A.M.M., Sharifi, M., 2009. Effect of salicylic acid and salt on wheat seed germination. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 59(5): 456-464.

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve Deneme Metodları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.

Ellouzi, H., Zorrig, W., Amraoui, S., Oueslati, S., Abdelly, C., Rabhi, M., Siddique, K.H.M., Hessini, K., 2023. Seed priming with salicylic acid alleviates salt stress toxicity in barley by suppressing ROS accumulation and improving antioxidant defense systems, compared to halo- and gibberellin priming. *Antioxidants*, 12(9): 1779.

Kaymak, G., Acar, Z., 2020. Orman üçgülü (*Bituminaria bituminosa* L.) genotiplerinin tuzluluğa dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(1): 51-58.

Kusvuran, A., Nazlı, R.I., Kusvuran, S., 2015. The effects of salinity on seed germination in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(1): 78-84.

Kuşçu, H. Çayğaracı, A., Ndayizeye, J.D.D., 2018. Tuz stresinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1): 89-99.

Lee, S., Kim, S.-G., Park, C.-M., 2010. Salicylic acid promotes seed germination under high salinity by modulating antioxidant activity in Arabidopsis. *New Phytologist*, 188(2): 626-637.

Lee, S., Park, C.-M., 2010. Modulation of reactive oxygen species by salicylic acid in Arabidopsis seed germination under high salinity. *Plant Signaling & Behavior*, 5(12): 1534-1536.

Liu, J., Li, L., Yuan, F., Chen, M., 2019. Exogenous salicylic acid improves the germination of *Limonium*

- bicolor* seeds under salt stress. *Plant Signaling & Behavior*, 14(10): e1644595.
- Liu, Z., Ma, C., Hou, L., Wu, X., Wang, D., Zhang, L., Liu, P., 2022. Exogenous SA affects rice seed germination under salt stress by regulating Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> balance and endogenous GAs and ABA homeostasis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(6): 3293.
- Ma, L.Y., Chen, N.L., Han, G.J., Li, L., 2017. Effects of exogenous salicylic acid on seed germination and physiological characteristics of *Coronilla varia* under drought stress. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 28(10): 3274-3280. (In Chinese).
- 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.
- Ntoulas, N., Papaioannou, G., Bertsoyklis, Nektarios, P.A., 2024. Tolerance of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) growing in extensive green roof systems to saline water irrigation with varying leaching fractions. *Land*, 13(2): 167.
- Onal Ascı, 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.
- Özkorkmaz, F., Yılmaz, N., 2017. Farklı tuz konsantrasyonlarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve börülcede (*Vigna unguiculata* L.) çimlenme üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2): 196-200.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbay, S., 2021. Tuz stresinin koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.) bitkisinde çimlenme üzerine etkileri. *2nd International Baku Conference on Scientific Research*, April 28-30, Baku, Azerbaijan, s. 310-317.
- Özyazıcı, G., Açıkbay, S., Özyazıcı, M.A., 2023. Effects of salicylic acid priming application in some switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. *International Journal of Nature and Life Sciences*, 7(2): 137-146.
- Pedrini, S., Stevens, J.C., Dixon, K.W., 2021. Seed encrusting with salicylic acid: A novel approach to improve establishment of grass species in ecological restoration. *PLoS One*, 6(6): e0242035.
- Shatpathy, P., Kar, M., Dwibedi, S.K., Dash, A., 2018. Seed priming with salicylic acid improves germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) under PEG-6000 induced water stress. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(10): 907-924.
- 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.
- Yanık, F., Aytürk, Ö., Çetinbaş-Genç, A., Vardar, F., 2018. Salicylic acid-induced germination, biochemical and developmental alterations in rye (*Secale cereale* L.). *Acta Botanica Croatica*, 77(1): 45-50.

**ALINTI:** Önal Aşçı, Ö., Şimşek Soysal, A.Ö., Kaşko Arıcı, Y., 2024. Salisilik Asidin Tuz Stresine Maruz Kalan Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*)'ta Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 11(3): 268-275.

**CITATION:** Önal Aşçı, Ö., Şimşek Soysal, A.Ö., Kaşko Arıcı, Y., 2024. Effect of Salicylic Acid on Germination and Seedling Development in Tall Fescue (*Festuca arundinacea*) Exposed to Salt Stress. *Turkish Journal of Agricultural Research*, 11(3): 268-275. (In Turkish).