



*Research Article*

**EFFECTS OF POTASSIUM CHLORIDE TREATMENT AND TREATMENT TIMES ON SEED AND SEEDLING VARIABLES OF BLACK PINE (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) SEEDS STORED FOR DIFFERENT YEARS**

Fatih TONGUÇ<sup>1,\*</sup>, Ayşe ORUÇ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup> Isparta University of Applied Sciences, Institute of Graduate Studies, Isparta, Türkiye

\*Correspondence: fatihtonguc@isparta.edu.tr

Received: 6 December 2024, Accepted: 29 december 2024, Published: 31 December 2024

ORCID ID<sup>1</sup>: 0000-0002-0820-4820, ORCID ID<sup>2</sup>: 0000-0003-4581-9266

Citation: Tonguc, F. & Oruc, A. (2024), Farklı yıllarda depolanan Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) tohumlarının tohum ve fidecik özellikleri üzerine Potasyum Klorür uygulamasının ve uygulama sürelerinin etkileri. *ArtGRID*, 6(2), 225-236

**Abstract**

Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) is the second most common pine species in Türkiye, and it is a suitable tree species for afforestation of arid and semi-arid lands. To produce seedlings, collecting and storing black pine seeds until they are used is necessary. During long-term storage, black pine seeds lose their viability and priming treatments may rejuvenate seeds to restore germinability. The present study was carried out to study the effects of potassium chloride (%2, %3) and application times (6, 12, 24 h) on germination and seedling variables of black pine seeds stored for 3 (2019), 7 (2015) and 14 (2008) years after collection. Germination percentage decreased with storage time, priming application time significantly affected all parameters, and the best results were obtained from the 24 h treatment. Germination percentage and normal seedling percentage increased with priming applications, but mean germination time, seedling and root lengths did not change within seed lots. Potassium chloride doses did not differ in their effects. Results showed that potassium chloride may be used to increase germination and normal seedling percentage when seeds are not very old and lost their germination ability.

**Keywords:** Germination, pine, priming, seed aging, seed storage

*Araştırma Makalesi***FARKLI YILLARDA DEPOLANAN KARAÇAM (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) TOHUMLARININ TOHUM VE FİDECİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE POTASYUM KLORÜR UYGULAMASININ VE UYGULAMA SÜRELERİNİN ETKİLERİ****Özet**

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), Türkiye'de ikinci en yaygın olarak bulunan kurak ve yarı kurak alanların ağaçlandırılması için uygun bir çam türüdür. Fide üretimi için kullanılacak karaçam tohumlarının toplanması ve depolanması gerekmektedir. Uzun süreli depolama sırasında karaçam tohumları canlılıklarını kaybeder, ancak tohum uygulamaları sayesinde tohum canlılıkları artırılabilir. Mevcut çalışmada potasyum klorür dozlarının (%2, %3) ve uygulama sürelerinin (6, 12, 24 saat), 3 (2019), 7 (2015) ve 14 (2008) yıl depolanan karaçam tohumlarında çimlenme ve fide özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Çimlenme yüzdesi depolama süresiyle azalmış, priming uygulamalarının ve sürelerinin tüm parametreler üzerinde önemli etkileri olduğu bulunmuş ve en iyi sonuçlar 24 saatlik uygulamadan elde edilmiştir. Çimlenme yüzdesi ve normal fide yüzdesi priming uygulamalarıyla artmış, ancak ortalama çimlenme süresi, fide ve kök uzunlukları uygulama grupları arasında değişmemiştir. Potasyum klorür dozları arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Sonuçlar, potasyum klorürün tohumlar çok yaşlı olmadığı ve çimlenme yeteneklerini kaybetmediğinde çimlenmeyi ve normal fide yüzdesini artırmak için kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çimlenme, çam, priming, yaşlandırma, tohum saklama

**1. GİRİŞ**

Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Türkiye'de kızılçam (*P. brutia*) ve meşe (*Quercus* spp.) türlerinden sonra en çok yayılış alanına sahip orman ağacı türüdür. Karaçam; Karadeniz, Akdeniz, Ege, Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde saf veya karışık meşcereler şeklinde 300-2300 m rakımlar arasında yayılış göstermektedir (Tonguç vd., 2013; Genç, 2020). Karaçam yüksek genetik çeşitliliğe sahip olmasından dolayı farklı iklim koşulları ve farklı toprak tiplerine karşı yüksek toleransı nedeniyle ağaçlandırma çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir çam türüdür (Kaya & Temerit, 1994; Tonguç & Güner, 2017; Tonguç & Uçar, 2021). Türkiye topraklarının yaklaşık %37'lik bir kısmı kurak ve yarı kurak şartların hakim olduğu arazilerden oluşmakta (Turan, 2018) ve karaçam iç Anadolu step ikliminde ağaçlandırmaya uygun asli ağaç türlerimizden biri olarak öne çıkmaktadır (Tonguç vd., 2013; Tonguç & Aslantaş, 2019). Bundan dolayı kurak ve yarı kurak bölgelerdeki ağaçlandırma ve erozyon kontrol çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir çam türüdür (Ürgenç, 1998; Reis vd., 2007; Tonguç & Uçar, 2021; Ayan vd., 2021).

Her ne kadar karaçam Türkiye'de yaygın olarak bulunan bir tür olsa da kontrolsüz kesim ve diğer antropolojik faktörler karaçamın yayılışına zarar vermiş ve bazı bölgelerde doğal meşcerelerin yok olmasına sebep olmuştur (Uslu, 1958). Bu nedenle, ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak kaliteli fidan üretimi ihtiyacını karşılamak için gerekli olan tohum temini amacıyla tohum bahçeleri tesis edilmiştir (Kaya vd., 2003). Fakat karaçam 15-20 yaşından itibaren kozalak tutmaya başlamakta ve her yıl bol tohum vermemektedir. Ayrıca

Türkiye'deki karaçam populasyonları arasındaki genetik varyasyon büyük oranda populasyon içi varyasyondan kaynaklanmakta, bundan dolayı populasyonların adaptasyon kabiliyetlerindeki farklılıklardan dolayı farklı bölgelerden toplanan tohumlar fidan üretimi ve diğer alanların ağaçlandırılması için kullanmaya uygun olmamaktadır (Gezer & Yücedağ, 2006; Tonguç vd., 2013; Ayan vd., 2021).

Karaçam tohumlarının toplanması ve depolanması sürdürülebilir fidan üretimi ve ağaçlandırma çalışmaları için gereklidir (OGM, 2021). Türkiye'de karaçam tohumu üretim alanları 6 bölgeye ayrılmış olup bu bölgelerden üretilen fidanlar aynı bölgelerde yapılan ağaçlandırma çalışmalarında gerekli olan fidanların üretimi için kullanılmaktadır (OGM, 2022). Diğer ağaç türlerinde olduğu gibi, çam türlerinde de orijin önem arz etmektedir. Farklı yükseklikler ve iklim koşullarında yetişen ağaçların tohumlarının çimlenmesi ve diğer özellikleri farklılıklar göstermekte (Kaya & Temerit 1994; Tonguç vd., 2022), bundan dolayı tohumların toplandıkları bölgelerde kullanılması tavsiye edilmektedir (Atalay & Efe, 2010). Çam tohumlarının uzun süreli depolanması, tohumların yaşlanmasına ve tohum canlılığının ve kalitesinin azalmasına neden olmaktadır (Donald & Jacobs 1990; Hilli vd., 2003; Tammela vd., 2005). Karaçam tohumlarının da uzun süreli depolanması sonrasında çimlenme oranlarında önemli düşüşler meydana gelmektedir (Temel vd., 2011). Ağaçlandırma çalışmaları için gerekli olan fidan üretimi, diğer harcamalara kıyasla en yüksek maliyete sahiptir (Ayan vd., 2021). Yaşlanmaya bağlı olarak depolanan tohumların canlılığını kaybetmesi, fidan üretiminin başarısını, üretim maliyetlerini ve dikim başarısını olumsuz etkilemektedir (Sivritepe, 2012). Tohumlara yapılan uygulamalar (priming) farklı bitki türlerinde yaşlı tohumların çimlenme yeteneğini, fidan gelişimini, normal veya stres koşulları altında büyümeyi artırmak için başarıyla kullanılmaktadır. Tohum uygulamaları için farklı kimyasallar, antioksidan bileşikler veya hormonlar kullanılabilir. Tohum uygulamaları hem yaşlanmanın etkilerini azaltmak hem de dormansiyi kırmak için ibrelili türlerde (Guo vd., 2012; Yücedağ vd., 2021) ve diğer ağaç türlerinde (Yılmaz & Tonguç, 2013; Hadinezhad vd., 2013; Gündüz vd., 2018) kullanılabilen bir yöntemdir. Potasyum gibi bitki besin elementleri canlılığı azalmış tohumlarda tohum canlılığını artırmak için kullanılmaktadır (Farooq vd., 2019). Potasyum aynı zamanda protein sentezi, enzim aktivasyonu, sinyal iletimi gibi hücrel olaylarda rol almakta ve tohum olgunlaşması, çimlenmesi ve fide gelişimini de etkilemektedir (Bolat & Kara, 2017).

Karaçam tohumları uzun süreli depolama sırasında kademeli olarak yaşlanıp ve canlılıklarını kaybetmektedirler. Yaşlanan tohumların birçok bitki türünde tohum uygulamaları ile yeniden canlandırılabilir ve tohumlardaki yaşlanmaya bağlı canlılık kayıpları hafifletilebilir. Bundan dolayı mevcut çalışmanın amacı farklı yıllarda toplanan ve doğal olarak yaşlanmış ve çimlenme oranları azalmış karaçam tohumlarında farklı dozda ve farklı sürelerde potasyum klorür uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan karaçam tohumları Teke ve Göller alt bölgelerine ait olup Eğirdir Orman Fidanlık Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Kullanılan tohumlar 2008, 2015 ve 2019 yıllarında Isparta ve Burdur illerinden toplanmıştır ve çalışmaların yapıldığı zamana kadar 4 °C'de depolanmıştır. Tohumların toplanma yerlerine ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo1.** Tohumların toplanma yılları, koordinatları ve orijinleri

Yıl	Enlem (N)	Boylam (E)	Rakım (m)	Bölge
2008	37°02'08"N	29°27'52"E	1175	Burdur/Göhlhisar
2015	37°02'08"N	29°27'52"E	1175	Burdur/Göhlhisar
2019	38°05'23"N	30°42'20"E	1760	Isparta/Barla

Tohumlar 10 dk boyunca %1'lik sodyum hipoklorit ve %1'lik fungusit çözeltisi içinde karıştırılarak yüzey sterilizasyonları yapılmış daha sonra da çeşme suyu altında yıkanarak durulanmışlardır. Tohumlara priming uygulaması; iki farklı doz potasyum klorür (KCl) (%2, %3) uygulaması ile üç farklı zaman diliminde (6, 12, 24 saat) yapılmıştır. Priming uygulanan tohumlar oda sıcaklığında filtre kağıtları üzerinde kurutulmuştur. Priming uygulaması yapılmamış olan kontrol grubundaki tohumlar da priming uygulanan tohumlarla birlikte standart tohum çimlendirme testine alınmıştır.

Çimlendirme testleri ISTA (2009) standartlarında belirtildiği şekilde yapılmış olup her bir tekrerde 50 adet tohum kullanılmış ve çimlendirme testleri dört tekerrürlü olarak uygulanmıştır. Tohumlar distile su ile nemlendirilen iki katlı filtre kâğıdı arasına yerleştirilmiş ve kapaklı plastik kaplar içine konularak büyütme kabini içerisinde  $25 \pm 1$  °C'de 14 gün boyunca çimlendirilmiştir. Tohumların çimlendirilmesi testinde hergün yapılan sayımlar, çimlenme yüzdesi (ÇY) ve ortalama çimlenme süresini (OÇS) (gün) hesaplamakta kullanılmıştır. Radikula uzunluğunun en az 2 mm olduğu tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çimlenme yüzdesi ortalama çimlenme süresi aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır (Yılmaz & Tonguç, 2013).

$$\text{ÇY (\%)} = \sum (n_i/N) \times 100$$

ÇY= çimlenme yüzdesi,  
 $n_i$ = i günündeki çimlenme sayısı,  
 N= teste konulan toplam tohum sayısı

$$\text{OÇS} = \sum (t_i \times n_i) / \sum n_i$$

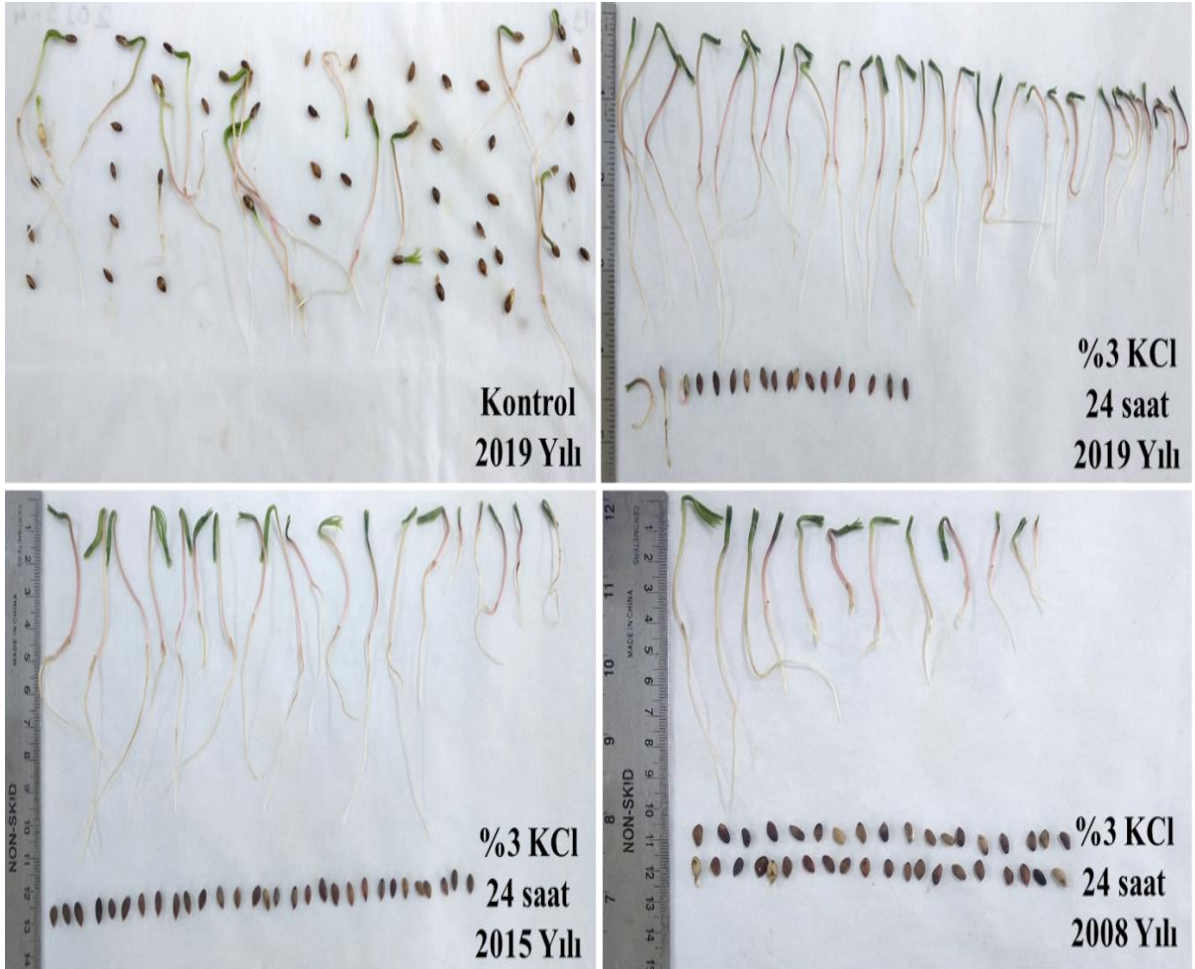
$t_i$ = testin başlangıcından itibaren geçen süre,  
 $n_i$ =  $t_i$  günündeki çimlenen tohum sayısı

Çimlendirme testlerinin son gününde fidecik boyu ve kök uzunlukları (cm) cetvel yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir. Ayrıca fidecikler ISTA (2009) standartlarına göre sınıflandırılarak normal fidecik (NF) ve anormal fidecik (AFY) (Şekil 1) oranları da hesaplanmış, 24 saat %3 KCl uygulanan 2008, 2015 ve 2019 yıllarına ait tohumların çimlenmesi Şekil 2'de ve sonuçları da yüzde (%) olarak verilmiştir.

Çimlenme verilerinin normalizasyonu için, günlük çimlenme değerleri açı transformasyonuna tabi tutulmuştur. Çimlenme ve fideciklere ait özellikler SPSS 22.0 yazılımı (SPSS Inc, ABD) ile varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Depolama yılı, priming uygulama süresi, uygulama dozları ve bunların etkileşimleri arasındaki önemlilik seviyeleri Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir.



**Şekil 1.** Priming uygulamaları sonucu karaçam tohumlarında anormal (a) ve normal gelişme gösteren (b) fidanlar



**Şekil 2.** 24 saat süreyle %3 KCl uygulanan 2008, 2015 ve 2019 yıllarına ait tohumların çimlenmesi

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çimlenen tohumlara ait veriler 14 gün boyunca günlük olarak alınmış ve çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme sürelerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Sayımların yapıldığı 14. gün tüm fidanlara ait fidan boyu ve kök uzunluğu da ölçülmüş, normal ve anormal gelişen tohum ve fidanların oranları da dahil olmak üzere toplam altı çimlenme ve fidecik parametrelerine ait sonuçlar hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu tohum toplanma yılı ve depoda bekletme sürelerinin ölçülen her bir özellik için önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Çalışmada kullanılan tohumlar iki farklı KCl dozu (%2 ve %3) ve üç farklı süre (6, 12 ve 24 saat) altında tabi tutulmuşlardır. Kontrol olarak kullanılan karaçam tohumlarına ise uygulama yapılmamıştır. KCl uygulama sürelerinin incelenen her özellik için önemli olduğu fakat %2 KCl ve %3 KCl uygulamalarının sadece normal fidecik oranı üzerinde etkili oldukları bulunmuştur. Bunların haricinde *yıl x süre* interaksyonunun ortalama çimlenme süresi hariç diğer tüm özelliklerde önemli seviyede etkili olduğu bulunmuştur. Normal ve anormal fidecik yüzdeleri *yıl x uygulama* ve *süre x uygulama* interaksyonlarından önemli oranda etkilenmişlerdir.

**Tablo 2.** Farklı toplama yıllarına ait karaçam tohumlarının çimlenme ve fidecik gelişim özelliklerine ait analiz sonuçları

Yıl	Süre (saat)	Uygulama (KCl)	Çimlenme Yüzdesi (%)	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)	Normal Fidecik Yüzdesi (%)	Anormal Fidecik Yüzdesi (%)	Fidecik Uzunluğu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)
2008	0	(Kontrol)	10,75±1,58 <sup>f</sup>	8,00±0,87 <sup>ab</sup>	4,75±1,58 <sup>i</sup>	6,00±1,31 <sup>c-f</sup>	6,09±0,81 <sup>d</sup>	2,32±0,30 <sup>c</sup>
	6	%2	16,50±1,20 <sup>ef</sup>	10,72±4,84 <sup>a</sup>	11,50±1,77 <sup>i</sup>	5,00±1,07 <sup>c-g</sup>	7,70±1,26 <sup>cd</sup>	3,85±0,70 <sup>a-c</sup>
		%3	19,00±2,39 <sup>e</sup>	8,60±0,68 <sup>ab</sup>	13,25±1,91 <sup>i</sup>	5,50±0,93 <sup>c-g</sup>	7,63±1,15 <sup>cd</sup>	3,43±0,76 <sup>bc</sup>
	12	%2	19,00±1,07 <sup>e</sup>	8,80±0,99 <sup>ab</sup>	11,50±1,60 <sup>i</sup>	7,50±1,20 <sup>cd</sup>	9,21±0,80 <sup>a-d</sup>	4,54±0,65 <sup>a-c</sup>
		%3	19,50±1,77 <sup>e</sup>	8,02±1,59 <sup>ab</sup>	15,00±1,07 <sup>hi</sup>	4,50±0,93 <sup>d-g</sup>	8,94±2,09 <sup>a-d</sup>	4,46±0,73 <sup>a-c</sup>
	24	%2	18,50±1,77 <sup>e</sup>	8,68±1,29 <sup>ab</sup>	15,00±1,07 <sup>hi</sup>	3,50±0,93 <sup>fg</sup>	7,78±1,87 <sup>b-d</sup>	3,78±0,85 <sup>a-c</sup>
		%3	19,50±1,20 <sup>e</sup>	8,37±0,85 <sup>ab</sup>	12,50±0,93 <sup>i</sup>	2,50±0,53 <sup>g</sup>	7,53±1,71 <sup>cd</sup>	4,12±1,12 <sup>a-c</sup>
	2015	0	(Kontrol)	29,25±2,05 <sup>d</sup>	6,73±0,61 <sup>b</sup>	16,00±1,58 <sup>hi</sup>	13,25±0,89 <sup>b</sup>	11,58±1,64 <sup>a-c</sup>
6		%2	28,00±2,14 <sup>d</sup>	6,74±0,88 <sup>b</sup>	25,00±0,76 <sup>c-g</sup>	3,00±1,07 <sup>fg</sup>	11,72±1,71 <sup>a-c</sup>	6,15±2,20 <sup>a</sup>
		%3	27,50±2,67 <sup>d</sup>	7,39±0,64 <sup>ab</sup>	22,50±2,78 <sup>fg</sup>	5,00±0,76 <sup>c-g</sup>	11,56±1,80 <sup>a-c</sup>	5,10±0,90 <sup>ab</sup>
12		%2	31,50±1,77 <sup>d</sup>	6,78±0,76 <sup>b</sup>	26,50±1,77 <sup>ef</sup>	5,00±0,76 <sup>c-g</sup>	12,08±1,58 <sup>a</sup>	5,55±0,56 <sup>ab</sup>
		%3	31,75±3,06 <sup>d</sup>	7,03±1,69 <sup>ab</sup>	20,00±2,27 <sup>gh</sup>	4,50±0,93 <sup>d-g</sup>	11,64±0,89 <sup>a-c</sup>	5,37±0,46 <sup>ab</sup>
24		%2	39,00±2,39 <sup>c</sup>	7,20±0,53 <sup>ab</sup>	35,00±1,31 <sup>d</sup>	3,75±0,46 <sup>fg</sup>	10,25±2,07 <sup>a-d</sup>	5,16±1,24 <sup>ab</sup>
		%3	41,00±4,47 <sup>c</sup>	7,75±1,67 <sup>ab</sup>	29,00±1,07 <sup>e</sup>	4,50±0,93 <sup>d-g</sup>	10,21±1,34 <sup>a-d</sup>	4,97±0,44 <sup>ab</sup>
2019		0	(Kontrol)	47,75±1,58 <sup>b</sup>	5,66±0,37 <sup>ab</sup>	31,25±1,51 <sup>de</sup>	16,50±1,77 <sup>a</sup>	13,07±0,77 <sup>a</sup>
	6	%2	65,50±1,60 <sup>a</sup>	7,22±0,27 <sup>ab</sup>	62,75±3,06 <sup>ab</sup>	2,50±0,93 <sup>g</sup>	12,01±1,73 <sup>ab</sup>	5,89±0,80 <sup>a</sup>
		%3	64,00±3,02 <sup>a</sup>	7,11±0,30 <sup>ab</sup>	58,50±1,77 <sup>bc</sup>	5,50±0,93 <sup>c-g</sup>	12,35±1,36 <sup>a</sup>	6,04±0,40 <sup>a</sup>
	12	%2	63,00±3,93 <sup>a</sup>	6,47±0,28 <sup>b</sup>	54,00±3,93 <sup>c</sup>	6,00±2,14 <sup>c-f</sup>	12,53±0,96 <sup>a</sup>	5,92±0,54 <sup>a</sup>
		%3	65,50±1,20 <sup>a</sup>	6,47±0,39 <sup>ab</sup>	57,50±2,78 <sup>bc</sup>	8,00±1,51 <sup>c</sup>	11,57±0,93 <sup>a-c</sup>	5,67±0,73 <sup>ab</sup>
	24	%2	69,00±1,31 <sup>a</sup>	6,53±0,13 <sup>b</sup>	65,00±3,21 <sup>a</sup>	4,00±1,07 <sup>e-g</sup>	11,33±1,74 <sup>a-c</sup>	5,46±0,19 <sup>ab</sup>
		%3	68,00±2,14 <sup>a</sup>	7,24±0,37 <sup>ab</sup>	63,00±1,85 <sup>ab</sup>	5,00±1,07 <sup>c-g</sup>	10,41±1,93 <sup>a-c</sup>	5,58±0,93 <sup>ab</sup>
	Yıl (Y)			16430,7 <sup>***</sup>	38,6843 <sup>***</sup>	14451,6 <sup>***</sup>	58,448 <sup>***</sup>	180,313 <sup>***</sup>
Süre (S)			735,6 <sup>***</sup>	6,0135 <sup>*</sup>	1720,4 <sup>***</sup>	341,788 <sup>***</sup>	8,258 <sup>*</sup>	2,5174 <sup>*</sup>
Uygulama (U)			5,5	0,2291	37,5 <sup>**</sup>	3,760	1,262	0,4117
Yıl x Süre			157,6 <sup>***</sup>	1,1276	332,9 <sup>***</sup>	47,976 <sup>***</sup>	7,297 <sup>*</sup>	2,5256 <sup>**</sup>
Yıl x Uygulama			2,0	3,0677	41,3 <sup>***</sup>	11,448 <sup>**</sup>	0,140	0,3069
Süre x Uygulama			1,5	0,7406	17,6 <sup>*</sup>	6,094 <sup>**</sup>	0,515	0,3281
Yıl x Süre x Uygulama			4,8	0,7275	18,0 <sup>**</sup>	2,198	0,227	0,1926
Hata			5,8	1,9715	4,7	1,545	2,485	0,7835
CV			6,92	11,75	8,54	20,71	14,42	15,37

\*Aynı sütun içinde aynı harfe sahip ortalamalar arasında istatistiki olarak önemli bir fark yoktur

2008, 2015 ve 2019 yıllarında toplanan tohumların kontrol gruplarındaki çimlenme yüzdeleri sırasıyla %10.75 %29.25 ve %47.75 olarak bulunmuştur. KCl uygulamaları 2008 yılına ait tohumların çimlenme yüzdelerini kontrole göre önemli seviyede artırmıştır. Bu grup içinde sadece 6 saat süreyle %2 KCl uygulanan tohumların çimlenme oranları kontrolle farklılık göstermemiştir. 2015 yılına ait tohumlarda 6 ve 12 saat süreyle %2 ve %3 oranında uygulanan KCl muamelesi tohumların çimlenme oranlarını kontrole göre önemli seviyede artırmamıştır. Fakat 24 saat süreyle uygulanan KCl her iki dozda da çimlenme oranlarını istatistiksel olarak önemli seviyede artırmıştır. En kısa depolama süresine sahip olan 2019 yılına ait tohumların kontrol grubundaki çimlenme diğer iki gruptaki kontrol ve uygulama yapılan tohumların çimlenmelerine göre daha yüksek çıkmış, aynı zamanda da uygulama süreleri çimlenme yüzdesini önemli ölçüde artırmıştır. Fakat uygulama dozları arasında çimlenme yüzdeleri bakımından istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiştir.

Tohumların depolama süresi uzadıkça, ortalama çimlenme süreleri de farklılıklar göstermiştir. Buna bağlı olarak en hızlı çimlenen tohumlar 5.41 gün ile 2019 yılında toplanan kontrol grubunda gözlenmiştir. Uygulama süreleri ortalama çimlenme süresi üzerinde etkili olurken; KCl dozlarının ortalama çimlenme süresi üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır. Farklı yıllarda toplanan tohumların ortalama çimlenme süreleri bakımından kontrol ve uygulamalar arasında önemli bir fark ortaya çıkmamıştır (Tablo 2).

Çimlenen tohumların incelenmesi ile normal ve anormal fidecik yüzdeleri tespit edilmiştir. Çimlendirme testleri sonucunda köklerin veya yaprakların gelişmemesi, kök ve yapraklardaki deformasyonlar ile kızarıklıkların oluşması durumunda bu tip fideler anormal gelişen fide olarak kabul edilmiştir (Şekil 1). Tohumların depolama süresi uzadıkça tohumların çimlenmesi azalmış ve 2008 yılına ait tohumlarda anormal fide oranları (%6.50) normal fide oranlarından (%4.50) fazla olmuştur. KCl uygulamaları ile uygulama süresi normal fide oluşumu üzerinde etkili olmuş ve normal fide oranlarını artarken, anormal fide oranlarını kontrollere göre azaltmıştır. Fakat yapılan KCl uygulamalarının 2008 yılına ait tohumlarda sadece 24 saat ve %3 KCl uygulanan tohumlarda etkili olduğu bulunmuştur. Diğer iki yılda toplanan ve çimlendirilen tohumların tamamında ise KCl uygulamaları ve süreleri anormal fidecik yüzdesini düşürmekte etkili olmuştur. Anormal fidecik yüzdesinin düşmesine bağlı olarak normal fidecik yüzdeleri de 2008, 2015 ve 2019 yıllarının kontrol gruplarına göre önemli farklılıklar göstermiştir (Tablo 2). 2008 yılına ait tohumlar arasında uygulama ve uygulama süresi için farklılık gözlenmez iken, diğer iki yıldaki fideler arasında hem uygulama hem de uygulama süreleri bakımından önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur.

Çimlenen tohumların 14 gün sonunda fidecik oluşması ile elde edilen fideciklerin boyları ve kök uzunlukları çalışma kapsamında karşılaştırılmıştır. Tohumların depoda bekleme sürelerine bağlı olarak en düşük fidecik boyu 2008 yılına ait karaçam tohumlarından ve en düşük kök boyu da 2008 yılına ait karaçam tohumlarında gözlenmiştir. 2015 ve 2019 yıllarına ait fideciklerin boy ve kök uzunlukları 2008 yılı fideciklerin daha yüksek çıkmış fakat kendi aralarında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Her ne kadar KCl uygulamaları her üç yıla ait tohumların fidecik ve kök uzunluklarını arttırmış olsa da gözlenen artış istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır.

Tohum yaşlanması karmaşık bir olay olup bitki türüne, çevre şartlarına, tohumların olgunluk durumuna ve depolama sırasındaki tohum nem içeriği ve depolama sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Yaşlanma sonrasında ise tohumların canlılıkları azalmakta ve buna bağlı olarak çimlenme yüzdeleri azalmakta ve ortalama çimlenme süreleri ise artmaktadır (Priestly, 1986). Ağaçlandırma çalışmaları için kaliteli fidan üretilmesi gerekmekte bunun içinde her yıl tohum

bahçelerinden ve meşcerelerinden kozalaklar toplanarak tohumları alınmaktadır. Fakat karaçamın her yıl bol miktarda tohum üretmemesi ve toplanan tohumların hemen orman fidanlıklarında fidan üretiminde kullanılamaması nedeniyle de tohumların depolanması gerekmektedir. Depolanan tohumların yaşlanmaya bağlı olarak canlılık kaybı, fidan üretiminin başarısını, üretim maliyetlerini ve dikim başarısını olumsuz etkilemektedir (Sivritepe, 2012). Bundan dolayı ağaçlandırma çalışmalarında kullanılacak fidanların canlılıkları, çimlenme ve çıkış kabiliyetlerini yitirmemiş tohumlardan elde edilmesi fidan üretim masraflarını azaltacak ve dikim başarılarını da artıracaktır.

Çam tohumlarının uzun süreli depolanması, tohumların yaşlanmasına, tohum canlılığının ve kalitesinin azalmasına neden olmaktadır. (Donald & Jacobs, 1990; Hilli vd., 2003; Tammela vd., 2005). Benzer şekilde karaçam tohumlarının uzun süreli saklanması da tohumların çimlenme yüzdelerinde azalmaya neden olmuştur (Temel vd., 2011). Uzun süreli depolama sonucu canlılığını kaybetmeyen çam tohumlarında ise anormal fidecik oluşumu ile çimlenme ve çıkış sürelerinin uzadığı bildirilmiştir (Donald & Jacobs, 1990; Öztürk & Çetin, 2024). Mevcut çalışmada depolama süresine bağlı olarak çimlenme yüzdesinin azaldığı ve ortalama çimlenme sürelerinin ise uzadığı tespit edilmiştir. Farklı kimyasallar ile yapılan tohum uygulamaları doğal veya yapay olarak yaşlandırılan tohumların canlılıklarını yükseltmede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Xia vd., 2020; Tonguç vd., 2023). Potasyum tuzları da dahil olmak üzere farklı priming uygulamalarının *P. bungeana* ve *P. thurnbergii* (Kim vd., 2010; Guo vd., 2012) tohumlarının çimlenme oranlarını artırdığı bildirilmiştir. Mevcut çalışmamızda da özellikle 24 saat olarak uygulanan KCl'nin tohumların çimlenme yüzdesini artırdığı fakat uygulama dozlarının ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Daha önce çimlenemeyen tohumların çimlenmesi ise ortalama çimlenme sürelerini önemli ölçüde etkilemediği gözlenmiştir.

Tohumların depolanması fidan üretimi ve genetik kaynaklarını korunması için önem arz etmektedir. Tohumların depolanması sırasında antioksidan kapasitelerinin azalması, hücre zarlarının hasar alması, rezerv moleküllerin parçalanması ve DNA ve RNA'nın zarar görmesi sonucu yaşlanmaya maruz kalmakta, bunun sonucunda da canlılıklarını kaybetmektedirler (Ebene vd., 2019). Priming uygulamaları ile tohumların antioksidan mekanizmasının düzenlenmesi (Kim & Han, 2018; Tonguç vd., 2023), hücre zarlarının onarımı (Xia vd., 2020), rezerv moleküllerinin dönüştürülmesi ve metabolik yolların canlandırılması (Zhou vd., 2018; Zhou vd., 2022) mümkün olmaktadır. Çalışmada karaçamda anormal fidecik yüzdesinin depolama süresine bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Depolama süresine bağlı olarak anormal fide yüzdesinin artması *P. elliottii* ve *P. patula* tohumları içinde bildirilmiştir (Donald & Jacobs, 1990). Yaşlanmaya bağlı olarak antioksidan enzimlerin aktivitesinin azaldığı (Önder vd., 2020; Hu vd., 2023) fakat priming uygulamalarının yaşlanmış tohumlarda antioksidan aktivitesini artırdığı ve anormal fide oranlarını düşürdüğü bildirilmiştir (Tonguç vd., 2023). Benzer şekilde karaçam tohumlarına uygulanan KCl uygulamaları ve uygulama süreleri normal fidecik yüzdesini artırırken, anormal fidecik yüzdelerini ise azaltmıştır (Tablo 2).

Farklı kimyasallarla muamele edilen darı (*Sorghum bicolor*) tohumlarında kimyasal tipi ve konsantrasyonlarının kök uzunluğundan ziyade fide uzunluğuna daha çok etki ettiği fakat KCl uygulamalarının ise fidecik boyu ve kök uzunluğuna etkilerinin sınırlı olduğu bildirilmiştir (Chen vd., 2020). Çalışma kapsamında çimlenip gelişen fideciklerin boy ve kök uzunlukları da tespit edilmiş ve KCl uygulama dozlarının fidecik boyu ve kök uzunluğu bakımından kontrol grupları ile aralarında önemli bir fark bulunmamıştır.



#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal olarak yaşlanmış KCl uygulamaları ve uygulama süreleri tohumların çimlenme yüzdelere önemli miktarda artırmış, ortalama çimlenme sürelerini ise etkilememiştir. KCl uygulamaları normal fidecik yüzdesini artırırken, anormal fidecik yüzdesi ise azaltmıştır. Uygulamalar fidecik boyu ve kök uzunluğu üzerinde etkili olmamıştır. KCl uygulamalarında uygulama dozlarından ziyade uygulama süresinin çimlenme ve fidecik özellikleri üzerinde daha etkin olduğu bulunmuş ve en iyi sonuçlar 24 saat KCl uygulamalarından elde edilmiştir.

#### YAZAR KATKILARI

**Fatih Tonguç:** Çalışma konusunun seçilmesi, çalışmanın yürütülmesi, makale taslağının hazırlanması, verilerin yorumlanması, sonuçların tartışılması. **Ayşe Oruç:** Çalışmanın yürütülmesi, verilerin yorumlanması, makale taslağının hazırlanması

#### FİNANSAL DESTEK BEYANI

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği anabilim dalında “Doğal Olarak Yaşlanmış Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Tohumlarında Priming Uygulamalarının Yaşlanma Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmayı 2021-YL1-0115 No`lu Proje ile destekleyen ISUBU, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Yönetim Birimi Başkanlığı’na teşekkür ederiz. Tohum temini sağlayan Eğirdir Fidanlık Müdürlüğüne ve Eğirdir Fidanlık Şefi Ayşe BEYAZ’a da ayrıca teşekkür ederiz.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmemektedir.

#### KAYNAKLAR

- Atalay, I., & Efe, R. (2010). Ecology of the Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) and its dividing into regions in terms of seed transfer. Ankara Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi No. 4: 240.
- Ayan, S., Yücedağ, C., & Simovski, B. (2021). A major tool for afforestation of semi-arid and anthropogenic steppe areas in Turkey: *Pinus nigra* JF Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. *Journal of Forest Science* 10: 449-463.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 218-228.
- Chen, X., Zhang, R., Xing, Y., Jiang, B., Li, B., Xu X., & Zhou, Y. (2021). The efficacy of different seed priming agents for promoting *Sorghum* germination under salt stress. *PLoS ONE* 16(1): e0245505.
- Donald, D.G.M., & Jacobs, C. B. (1990). The effect of storage time, temperature and container on the viability of the seed of four pine species. *South African For J* 154: 41-46.

- Ebone, L. A., Caverzan, A., & Chavarria, G. (2019). Physiologic alterations in orthodox seeds due to deterioration processes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 145: 34-42.
- Farooq, M., Usman, M., Nadeem, F., Rehman, H., Wahid, A., Basra, SMA., & Siddique, K.M.H. (2019). Seed priming in field crops: potential benefits, adoption and challenges. *Crop and Pasture Science* 70: 731-771. <https://doi.org/10.1071/CP18604>
- Genç, M. (2020). Silvikültürün Temel Esasları, SDÜ Orman Fakültesi, Yayın No:44, Isparta
- Gezer, A., & Yücedağ, C. (2006). Ormancılıkta Ekim ve Dikim Yoluyla Ağaçlandırma Tekniği. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, 158 s, Isparta
- Guo, S. J., Wang, Y. C., & Wang, W. S. (2012). Effects of priming treatments on germination and biochemical charactersitics of *Pinus bungeana* seeds. *For Stud China* 14: 200-204.
- Gündüz, K., Karaat, F.E., Uzunoğlu, F., & Mavi, K. (2018). Influences of pre-sowing treatments on the germination and emergence of different mulberry species seeds. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 18: 97-104. DOI: 10.24326/asphc.2019.2.9
- Hadinezhad, P., Payamenur, V., Mohamadi, J., Ghaderifar, F. (2013). The effect of priming on seed germination and seedling growth in *Quercus castaneifolia*. *Seed Sci Technology* 41: 121-124.
- Hilli, A., Tillman-Sutela, E., & Kauppi, A. (2003). Germination of pretreated Scots pine seeds after long-term storage. *Can J For Res* 33: 47-53.
- Hu, G., Zhou, X., Zhu, Q., Chao, M., Fu, Y., & Hu, H. (2023). Neodymium nitrate improves the germination of aged wheat seeds by increasing soluble substances and activating antioxidative and metabolic enzymes in seeds. *Agronomy* 23, 2370.
- International Rules for Seed Testing Association (ISTA). (2009). The International Seed Testing Association, 355s, Bassersdorf.
- Kaya, Z., & Temerit, A. (1994). Genetic structure of marginally located *Pinus nigra* var. *pallasiana* populations in Central Turkey. *Silvae Genetica* 43: 272-277.
- Kaya, Z., Steel, F. Temerit, A., & Vurdu, H. (2003). Genetic variation in wood specific gravity of half-sib families of *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* tested at the juvenile stage: Implications for early selection. *Silvae Genetica* 52: 3-4.
- Kim, D.H., & Han, S. H. (2018). Seed coat and aging conditions affect germination and physiological changes of aging Korean pine seeds. *Journal of Forest Research* 23: 372-379.
- Kim, D.H., Han, S.H., & Lee, J. C. (2010). Germination and biochemical changes in accelerated aged and osmoprime *Pinus thunbergii* seeds. *Journal of Korean Forest Society* 99: 244-250.
- OGM, (2022). Tohum hasat ve transfer bölgeleri. <https://ortohum.ogm.gov.tr/Sayfalar/Tohum-Hasat-ve-Transfer-Bolgeleri.aspx>
- OGM, (2021). Ormancılık istatistikleri. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>
- Önder, S., Güvercin, D., & Tonguç, M. (2020). Determination of hydrogen peroxide content and antioxidant enzyme activities in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds after accelerated aging test. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 24: 681-688.
- Öztürk, İ., & Çetin, B. (2024). Uzun süre saklanan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tohumlarının sera ortamında fidan çıkma hızı ve fidan yüzdelilerinin belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi* 20: 428-443.
- Priestley, D. A. (1986). Seed aging: implications for seed storage and persistence in the soil. Comstock Associates.

- Reis, M., Yüksel, A., Erdaş, O., Tonguç, F., & Akay, A. E. (2007). Afforestation practices in preventing erosion in watersheds of Turkey. In *International Congress on River Basin Management (General Directorate of State Hydraulic Works (DSI) in collaboration with WWC), Antalya* (pp. 115-120).
- Sivritepe, H. Ö. (2012). Tohum gücünün değerlendirilmesi. *Alatarım 11*: 33-44.
- Tammela, P., Salo-Vaaneen, P., Laakso, I., Hopia, A., Vuorela, H., & Nygren, M. (2005). Tocopherols, tocotrienols and fatty acids as indicators of natural ageing in *Pinus sylvestris* seeds. *Scandinavian Journal of Forest Research 20*: 378-384.
- Temel, F., Gülcü, S., Ölmez, Z. & Gökürk, A. (2011). Germination of Anatolian black pine (*Pinus nigra* var. *pallasiana*) seeds from the Lakes Region of Turkey: Geographic variation and effect of storage. *Not Bot Hort Agrobot Cluj 39*: 267-274.
- Tonguç, F., Keleş, H., & Taşdemir, C. (2013). Variation in cone and seed characteristics in three populations of Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) in Turkey. *Research Journal of Forestry, 7*(1), 34-40.
- Tonguç, F., & Güner, S. (2017). Effects of pruning on diameter and height growth of *Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* plantations in Turkey. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 2*(1), 238667.
- Tonguç, F., & Arslantaş, M. (2019). Atatürk Orman Çiftliğinde Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana*) Ve Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich) Türleriyle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının 6 Yıllık Sonuçlarının İrdelenmesi. *Turkish Journal of Forest Science, 3*(2), 159-169.
- Tonguç, F., & Uçar, S. (2021). Kurak ve Yarıkurak Alanlarda Tüplü ve Çıplak Köklü Dikilen Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana*) Fidanlarının 5 Yıllık Dikim Başarısının Değerlendirilmesi; Kütahya-Tavşanlı Örneği. *Turkish Journal of Forest Science, 5*(1), 139-149. <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.869295>
- Tonguç, M., Önder, S., Gülcemal, N., & Tonguç, F. (2022). Seed, germination, and seed-reserve traits differ along an altitudinal gradient. *Journal of Forestry Research 33*: 1903-1912.
- Tonguç, M., Güler, M., & Önder, S. (2023). Germination, reserve metabolism and antioxidant enzyme activities in safflower as affected by seed treatments after accelerated aging. *South African Journal of Botany 153*: 209-218.
- Turan, E. S. (2018). Turkey's drought status associated with climate change. *Journal of Natural Hazards and Environment, 4*: 63-69.
- Uslu, S. (1958). Research on anthropogenic characteristics of inner Anatolian steppes. *İstanbul Univ., J Fac of Forestry, Series A8*: 138-178.
- Ürgenç, S. (1998). *Techniques of Afforestation*. İstanbul University, Faculty of Forestry, Publication No: 3994:441, Emek Press, İstanbul, 600 p.
- Xia, F., Cheng, H., Chen, L., Zhu, H., Mao, P., & Wang, M. (2020). Influence of exogenous ascorbic acid and glutathione priming on mitochondrial structural and functional systems to alleviate aging damage in oat seeds. *BMC Plant Biology 20*, 104.
- Yılmaz, M., & Tonguç, F. (2013). Dormancy level and dormancy breaking pretreatments in seeds of *Fraxinus ornus* subsp. *cilicica*, an endemic to Turkey. *Propagation of Ornamental Plants 13*: 40-45.
- Yucedag, C., Cetin, M., Ozel, H. B., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti, O. B. M., & AL. Jama, A. M. O. (2021). The impacts of altitude and seed pretreatments on seedling emergence of Syrian juniper (*Juniperus drupacea* (Labill.) Ant. et Kotschy). *Ecological Processes, 10*, 1-6.

- Zhou, W., Chen, F., Zhao, S., Yang, C., Meng, Y., Shuai, H., Luo, X., Dai, Y., Yin, H., Du, J., Liu, J., Fan, G., Liu, W., Yang, W., & Shu, K. (2019). DA-6 promotes germination and seedling establishment from aged soybean seeds by mediating fatty acid metabolism and glycometabolism. *Journal of Experimental Botany* 70: 101-114.
- Zhou, L., Lu, L., Chen, C., Zhou, T., Wu, Q., Wen, F., Chen, J., Pritchard, H. W., Peng, C., Pei, J., & Yan, J. (2022). Comparative changes in sugars and lipids show evidence of a critical node for regeneration in safflower seeds during aging. *Frontiers in Plant Science* 13:1020478.



Copyright: © 2024 by the author. Licensee ArtGRID, Türkiye. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).