



Depolanmış Anadolu Karaçamı tohumlarına kitosan, deniz yosunu ve hümik asit ile priming uygulamanın çimlenme üzerine etkileri

şeyma Selin Akın ¹, Sezgin Ayan ^{2*}, Esra Nurten Yer Çelik ², Hasan Alp şahin ³

¹Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Ormancılık Doktora Programı, Kastamonu/Türkiye.

²Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Kastamonu/Türkiye.

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kenevir Araştırma Enstitüsü, Samsun/Türkiye.

ARTICLE INFO

Received: 25/07/2024

Accepted : 05/09/2024

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1521956>

*Corresponding author:

sezginayan@gmail.com

ÖZ

Araştırma Makalesi

Giriş ve Hedefler Orman ağacı tohumları her ne kadar uygun sıcaklık ve nem koşullarında depolansalar dahi zamana bağlı olarak yaşlanmaktadırlar. Yaşlanmaya bağlı olarak özellikle fizyolojik tohum kalitesi düşmektedir. Bu bağlamda; Priming, bir ön işlem olarak, tohum kalitesini arttırmada kullanılan en yaygın uygulamalardan biridir.

Yöntem Bu çalışmada; TB-82 ulusal kodlu Bursa-İnegöl-Boğazova klonal tohum bahçesinden 2006 ve 2018 yıllarında hasat edilen ve depolanan Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) tohumları kullanılmıştır. Tohum seçiminde ortodoks kategorisinde yer alan ve ağaçlandırma çalışmalarında yaygın olarak kullanılan karaçam tohumları tercih edilmiştir. Dolayısı ile uzun süre depolanan Anadolu karaçam tohumlarında meydana gelen çimlenme kapasitesi düşüklüğünün iyileştirilmesinde kitosan, deniz yosunu ve hümik asit gibi materyaller ile priming uygulanmıştır. Çalışmada; priming materyallerinin ve dozlarının tohumların çimlenmesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Bulgular Çimlenme hızı ve yüzdesi üzerine kitosan uygulamasının (%0,5 ve %0,75) diğer priming materyalleri ve dozlarına göre istatistiksel olarak anlamlı etki yaptığı tespit edilmiştir. Ayrıca, deniz yosunu uygulamasının ortalama çimlenme süresini önemli ölçüde azalttığı da tespit edilmiştir.

Sonuçlar Kitosan uygulamasının bilhassa yaşlı tohumlarda çimlenme hızı ve yüzdesini önemli oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte; canlılığı ve çimlenme kabiliyeti düşmüş Anadolu karaçamı ve diğer orman ağacı tohumları üzerine priming işlemlerinin etkilerini belirlemeye yönelik ileri araştırmalar önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, priming, uzun süre depolama, yaşlanma

The effects of priming applications with chitosan, seaweed and humic acid on germination in stored Anatolian Black Pine seeds

ABSTRACT

Background and aims Even if forest tree seeds are stored under convenient temperature and humidity conditions, they getting age over time. Especially physiological seed quality decreases due to aging. In this context; Priming, as a pre-process, is one of the most common practices used to improve seed quality.

Methods In this study; Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* Lamb. (Holmboe)) seeds, harvested from the Bursa-İnegöl-Boğazova clonal seed orchard with the national code TB-82 in 2006 and 2018 and stored thereafter, were used. In seed selection; Anatolian Black Pine seeds, which are in the orthodox category and widely used in afforestation studies, were preferred. Therefore, priming with materials such as chitosan, seaweed, and humic acid has been applied to improve the low germination capacity of Anatolian Black Pine seeds stored for long-term. In the study; The effects of priming materials and doses on seed germination were investigated.

Results It was determined that chitosan application (0.5% and 0.75%) had a statistically significant effect on germination rate and percentage compared to other priming materials and doses. It has also been found that seaweed application significantly reduces average germination time.

Conclusions It has been determined that chitosan application significantly increases the germination rate and percentage, especially in old seeds. With this; Further research is recommended to determine the effects of priming processes on Anatolian black pine and other forest tree seeds whose viability and germination ability have decreased.

Key Words: Black pine, priming, long-term stored, aging

Citing this article:

Akın, ř.S., Ayan, S., Yer Çelik, E.N., şahin, H.A., 2024. Depolanmış Anadolu Karaçamı tohumlarına kitosan, deniz yosunu ve hümik asit ile priming uygulamanın çimlenme üzerine etkileri. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 10(2), 41-48.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International Licence.

1. Giriş

Orman ağacı tohumları türlere göre değişmekle birlikte kuruma toleransları birbirinden farklıdır. Bu farklılık neticesinde orman ağacı tohumları inatçı (rekalsikant) ve ortodoks olarak iki ana grupta ele alınmaktadır. İnâtçı tohumlar, tohum olgunlaşması sırasında bir dehidrasyon aşamasının olmaması ile karakterize edilirler. Bu nedenle; ana bitkiden döküldüklerinde veya hasat edildiklerinde yüksek nem içeriğine ve aktif metabolizmaya sahiptirler (Vertucci ve Farrant, 2005). Bu tür tohumlar, nispeten yüksek bir nem seviyesi eşik değerinin altında kurutulurlarsa veya yüksek nemli bir durumda depolanırlarsa, canlılıklarını ve çimlenme kapasitelerini hızla kaybederler. Oksidatif stres, inatçı tohumların kurutma ve depolanması sırasında canlılığını kaybetmesinde önemli bir faktördür (Kermode ve Finch-Savage, 2002; Ayan ve Akın, 2023). Ortodoks tohumlar ise canlılık kaybı olmadan düşük nem içeriğine kadar kurutulabilir ve bu tip tohumların ömürleri depolama sıcaklığı ve nem miktarındaki düşüşler ile logaritmik olarak artmaktadır. Ancak, canlılıklarını da belirli bir tohum kuruma sınırının altında kaybetmektedirler (Walters ve ark., 2005).

Çam türleri tohumları lipit içeriği bakımından zengin türlerdir. Özellikle bazı çam türleri, esas olarak megagametofitte olmak üzere %50'ye kadar lipit içermektedir (Krugman ve ark., 1974). Çam tohumları lipitler açısından nispeten zengin olduğundan, oksidasyonun bir sonucu olarak tohumlarda bozulma meydana gelmektedir. Bu nedenle yaşlanma sırasında öncelikli olarak çoklu doymamış yağ asitlerinin bozulması lipit peroksidasyonunun en temel göstergesidir (Kaloyereas, 1958). Harman ve Mattick (1976), bezelye (*Pisum sativum* L.) tohumlarının çimlenebilirliğindeki düşüş ile birlikte linolenik asit seviyelerinde de bir düşüş olduğunu rapor etmişler ve lipit peroksidasyonu ile canlılık kaybı arasında bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun, hücre zarlarına zarar verebilecek ve lipitlerde, proteinlerde ve nükleik asitte peroksidatif hasara neden olabilecek serbest radikal formülasyonuna yol açtığı bilinmektedir (Van Zutphen ve Cornwell, 1973; Marquez-Millano ve ark., 1991). Böylece membran lipitlerinin peroksidasyonu ile yapay çift tabakalı membran yapısının geçirgenliği artmaktadır (Van Zutphen ve Cornwell, 1973). Zamana bağlı olarak doğal yaşlanan biyolojik yapılarda E Vitamini (tokoferoller), hücre zarlarında ve diğer lipit ortamlarında serbest radikallerle reaksiyona girme ve böylece lipitlerin serbest radikal aracılı oksidasyonunda zincir kırıcı bir antioksidan görevi görme rolü söz konusudur (Tammela ve ark., 2005). Dolayısı ile oksidatif strese bağlı olarak gerçekleşen yaşlanma sürecinin geciktirilmesinde vitamin E kompleksindeki tokoferollerin de etkili olduğu söylenebilir.

Hızlı çimlenme veya çıkış, bitki gelişiminde önemli bir belirleyicidir. Çeşitli tohumların çimlenmesini ve fide büyümesini iyileştirmek amacıyla priming, kaplama ve ıslatma gibi tohum ön işlemleri uygulanmaktadır (Basra ve ark., 2003). Bu kapsamda çoğu tohumda normal ve stres koşullarında çimlenme ile fide büyümesini hızlandırmak ve verimi arttırmak için tohum ön işlemleri uygulanmaktadır (Ashraf ve Foolad, 2005; Iqbal ve Ashraf, 2006; Muhammad ve ark., 2007; Mohammadi, 2009). Bu amaçla; hidropriming, halopriming, ozmopriming, matripriming ve biyopriming gibi pek çok farklı

tohum ön uygulama teknikleri geliştirilmiştir (Ashraf ve Foolad, 2005). Farklı materyallerle geliştirilen priming uygulamalarının tohumdaki yağ asit kompozisyonuna etkisi daha önce yapılmış pek çok çalışma ile ortaya konmuştur (Chiu ve ark., 1995; Bailly ve ark., 1998; Braccini ve ark., 2000; Hsu ve ark., 2003; Basay ve ark., 2006; Kaya, 2008; Akbari ve ark., 2020). Priming uygulanmış ve yaşlandırılmış ayçiçeği tohumlarındaki yağların değişiminin incelendiği bir araştırmada, uygulama ve yaşlanma süresince lipitlerin sitoplazmada küçük yapıda ve dağınık halde bulunduğu görülmüştür. Ayrıca, yapılarındaki büyük değişimlere rağmen yağ içeriği, doymuş/doymamış yağ asitleri oranı ve serbest yağ asitleri miktarı gibi birkaç ölçülebilir değişimlerin olduğu belirlenmiştir (Walters ve ark., 2005). Priming uygulaması sonrası depolanan biber tohumlarında ise depolama süresi boyunca yağ miktarı azalırken uygulama yapılmış tohumlardaki toplam yağ miktarının kontrole göre daha yüksek olduğu ve uygulama yapılan tohumlarda depolama süresi boyunca yağlarda daha yavaş bir bozulma olduğu saptanmıştır (Basay ve ark., 2006).

Anadolu karaçamı tohumlarında her yıl zengin tohum hasadı mümkün olmadığı için tohumlar, kullanılıncaya kadar uzun veya kısa süreli depolanmaktadır. Depolama sırasında tohumlarda doğal yaşlanmaya bağlı olarak gerçekleşen çimlenme kayıpları tohumlar üzerinde ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. Ortodoks tipi çam tohumlarında yaşlanma seyrinin oldukça yavaş ancak çimlenme kabiliyeti düşüklüğünün daha hızlı olması neticesinde uzun süre depolanmış olan Anadolu Karaçam tohumlarında çimlenme değerlerindeki düşüşün azaltılması amacıyla bu çalışmada canlılığı teşvik edici bazı priming materyalleri kullanılmıştır. Bütün bu bilgiler ışığında ortodoks tohum kategorisindeki TB-82 ulusal kod numaralı Bursa-İnegöl-Boğazova orijinli yeni (2018 hasat yılı) ve eski hasat ürünü (2006 hasat yılı) Anadolu karaçamı tohumlarında uzun süreli depolama sonrasında çimlenme kabiliyetini arttırmak için farklı materyallerle priming işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada; kitosan, deniz yosunu ve hümitik asit ile yapılan priming uygulamalarıyla tohumların çimlenme kapasitelerinin artırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla; farklı sürelerde depolanan tohumlarda uygulanan priming işlemlerinin çimlenme kapasitesine etkileri irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada; canlılığını korumada orta süreli depolama ömrüne sahip (Yahyaoglu ve Ölmez, 2003) fakat uzun süreli depolamada çimlenme kabiliyetinde düşüşler olabilen TB-82 ulusal kod numaralı Bursa-İnegöl-Boğazova orijinli yeni (2018 hasat yılı) ve eski hasat ürünü (2006 hasat yılı) Anadolu karaçamı tohumları kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan tohumlar Bursa Orman Fidanlık Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Çimlendirme denemelerine kadar +4°C'de soğuk hava deposunda muhafaza edilen tohumlar, priming işlemleri sonrası doğrudan çimlendirmeye alınmıştır. Çimlendirme testleri 2022 yılında gerçekleştirilmiştir.

2.2 Metot

Anadolu karaçamı tohumlarında bol tohum yılının 2-3 yılda bir gerçekleşmesi (Ayan ve ark., 2021) nedeniyle hasat yıllarında toplanan ve sonrasında uzun süre depolanan çam tohumlarına canlılığını/çimlenme yeteneğini arttırmak amacıyla çimlendirme öncesi bazı priming işlemleri kitosan (%0,25, %0,5 ve %0,75), hümkik asit (%3, %6 ve %12) ve deniz yosunu (%0,3, %0,6 ve %1,2) uygulanmıştır (Guan ve ark., 2009; Sarılar, 2021; Sucharitha ve ark., 2018). Anadolu karaçamı tohumları ortodoks grubu tohum olması ve yaşlanma seyri yavaş olduğu bilinmesine rağmen çimlenme özelliklerinin zamana bağlı olarak düştüğü bilinmektedir. Bu nedenle; tohumlarda çimlenme kapasitesini iyileştirici priming uygulamaları yapılmıştır.

Çizelge 1. Priming işleminde kullanılan uygulama materyalleri ve seviyeleri

Priming Materyali	Doz		
	1	2	3
Kitosan	%0,25	%0,5	%0,75
Humik Asit	%3	%6	%12
Deniz Yosunu	%0,30	%0,60	%1,20

Tohumlar yüzeysel sterilizasyon sonrası %0,25; %0,50 ve %0,75'lik konsantrasyonlarda hazırlanan kitosan çözeltisi içerisinde 8 saat bekletilmiştir. Akabinde çimlenme testine alınacak tohum lotları çimlendirme kabinine alınmıştır. Kitosan %1'lik asetik asit çözeltisi içerisinde %0,25, %0,50 ve %0,75'lik konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Çözelti gece boyu karıştırıcıda çözünmesi için bırakılmıştır. Çözelti pH'sı 5,2'ye ayarlanmıştır (Vargas ve ark., 2006; Asghari ve Aghdam, 2010).

Hümkik asit doz ve uygulamaları belirlenirken firmanın 100 kg tohuma 1 kg olarak önerdiği hümkik asit (HA) ölçüsü baz alınmıştır. HA çözeltisi için hümkik asit içerikli ticari bir ürün olan organik kaynaklı (pH:9,5-11,5; toplam organik madde %50, toplam hümkik ve fulvik asitler %65, suda çözünür potasyum oksit %6) ürün kullanılmıştır. Her bir uygulamada tohum ağırlıkları ve tohumların absorbe edecekleri su miktarları ile hidrasyon analizlerinde kullanılacak süre ön çalışmalar ile belirlenmiş ve 12 saat bekletme sonrası tohumlar çimlendirmeye alınmıştır (Prakash ve ark., 2014; Sarılar, 2021; Asadi Aghbolaghi ve ark., 2022).

Deniz yosunu doz ve uygulamaları belirlenirken firmanın 100 kg tohuma 1 kg olarak önerdiği deniz yosunu miktarı dikkate alınarak çözeltiler hazırlanmıştır. Çözelti miktarı tohumun absorbe ettiği su miktarına bağlı olarak yapılan ön çalışmalar sonucu belirlenmiştir. Tohumlar karanlıkta 12 saat boyunca çözelti içerisinde bekletilmiştir. Uygulama dozlarında ise hem ön çalışma sonuçları hem de daha önce yapılan çalışmalar baz alınarak belirlemeler yapılmıştır (Korkmaz, 2022; Anjos Neto ve ark., 2020). Deniz yosunu özütü olarak (%50 organik madde, %18 suda çözünür K₂O, %0,9 alginik asit) olan toz deniz yosunu kullanılmıştır (Weerasekara ve ark., 2021).

Çimlendirme Testleri

Çimlenme testi öncesinde, tohumlar üzerinde taşınması mümkün olan mikroorganizmaların yok edilmesi amacı ile %1'lik sodyum hipoklorit içeren suda 5 dk bekletildikten sonra

saf suda yıkanmış ve oda koşullarında filtre kâğıdı üzerinde üç saat süreyle yüzeysel olarak kurutulmuştur. Tohumların çimlenme şartları 21 °C ve %65 nem olarak belirlenmiştir (Kılıç, 2020). Çimlenen tohumların günlük olarak sayımları takip edilmiş olup, 28. gün sonunda sayımlar durdurulmuştur. Sayımlar sonucu 2 mm kökçük uzunluğuna erişen tohumlarda çimlenme gerçekleşmiş kabul edilmiştir. Çimlenme hızı ve gücü, her bir uygulamadan rastgele seçilen ve plastik çimlendirme kapları içerisindeki kurutma kâğıtları arasında çimlendirme ortamına bırakılan 4x50 tohumdan çimlenenlerin sayılması ve bunların % oranı olarak hesaplanması sonucu belirlenmiştir (ISTA, 1999).

Çimlenme testleri ile çimlenme yüzdesi (ÇY) (1), çimlenme hızı (ÇH), ortalama çimlenme süresi (MGT) (2) kullanılmıştır (Bewley ve Black, 1994).

$$\text{ÇY} = \frac{\sum n_i}{N} \times 100 \quad (1)$$

ÇY (%): Çimlenme yüzdesi, n_i: i. gündeki çimlenen sayısı, N: Teste konulan toplam tohum sayısı
 ÇH: İlk 10 gün çimlenen tohumların toplamının yüzdesidir.

$$\text{MGT} = \frac{\sum (t_i \cdot n_i)}{\sum n_i} \quad (2)$$

MGT: Ortalama çimlenme süresi (gün), t_i: Testin başlangıcından itibaren geçen süre (gün), n_i: t_i günde çimlenen tohum sayısı

2.3 İstatistiksel Analiz

Verilerin normallik dağılımları Kolmogorov-Smirnov testine göre yapılmıştır. Normal dağılıma uyum sağlayan ($p > 0,05$) değişkenler üzerindeki faktörlerin etkisi varyans analizi ile yapılırken normal dağılıma uyum sağlamayan ($p < 0,05$) değişkenlerin Kruskal Wallis-H testi ile analiz edilmiştir. Faktörlerin etkisinin önemli olması durumunda grup içi karşılaştırmalar Duncan çoklu karşılaştırma ve Mann Whiney-U ikili karşılaştırma testleri ile yapılmıştır.

3. Bulgular

Farklı hasat yıllarında toplanan ve sonrasında soğuk hava deposunda muhafaza edilen Anadolu karaçamı tohumlarına uygulanan priming işlemlerinin çimlenme hızı ve yüzdesine etkisi Kruskal Wallis H testi ile analiz edilmiş, karşılaştırmalar ise Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılarak Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Hasat yılı, priming uygulamaları ve uygulama dozlarının karaçam tohumlarının çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi

Hasat Yılı	ÇH Medyan (Min:Max)	ÇY (%) Medyan (Min:Max)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd
2006	48,76 (12:94)	49 (12:95)	4,27±0,8
2018	92,96 (68:100)	96 (84:100)	4,45±0,7
<i>p</i>	<0,001	<0,001	<i>p</i> 0,175
<i>U</i>	865,0	40,157	<i>F</i> 1,904
Uygulama			
Kontrol	70,76 (43:95)	65,91 (33:99)	5,12±0,65 ^a
Kitosan	89,65 (38:100)	88,505 (38:100)	4,71±0,57 ^{ab}
Humik Asit	66,09 (12:100)	78 (12:100)	4,42±0,71 ^b
Deniz Yosunu	75,13 (36:100)	84,36 (40:100)	3,69±0,41 ^c
<i>p</i>	0,363	0,547	<i>p</i> <0,001
<i>H</i>	3,189	2,126	<i>F</i> 13,21
Doz			
Kontrol	70,76 (43:95)	65,91 (33:99)	5,12±0,65
1	78 (12:100)	86,855 (12:100)	4,41±0,75
2	80 (44:100)	84 (40:100)	4,11±0,62
3	82,88 (36:100)	93,365 (40:100)	4,31±0,78
<i>p</i>	0,938	0,590	<i>p</i> 0,346
<i>H</i>	0,41	1,918	<i>F</i> 1,09

*: a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir. **: $p < 0,05$

Hasat yılı bağımsız faktörünün çimlenme hızı ve yüzdesi üzerinde, priming uygulama ise ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu kapsamda; 2018 hasat yılı tohumlarının çimlenme yüzdesi (%96) ve hızının (%92,96) 2006 hasat yılı tohumlarına göre (Sırasıyla; ÇY: %49, ÇH: %48,76) takriben iki kat daha yüksek olduğu bulunmuştur. Priming uygulamaları ve uygulama dozlarının ise tek başlarına çimlenme hızı ve yüzdesi üzerinde

istatistiki olarak önemli bir etkisi saptanmamıştır. Kitosan ile priming uygulaması yapılan tohumlar ile kontrol grubu tohumları arasında ortalama çimlenme süresi bakımından bir fark yok iken, humik asit ve deniz yosunu ile yapılan priming uygulamalarının kontrol grubu tohumlara göre MGT'yi düşürdüğü tespit edilmiştir (Çizelge 2). Hasat yılı ve priming uygulama dozlarının ikili etkileşimlerinin çimlenme hızı ve yüzdesi üzerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Hasat yılı ve priming uygulamaları etkileşiminin karaçam tohumlarının çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi

Hasat Yılı	Uygulama	ÇH (%)	ÇY (%)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd
2006	Kontrol	44,25 (43:48) ^c	47,81 (33:48) ^c	4,77±0,27
	Kitosan	75 (38:94) ^b	80,95 (38:95) ^b	4,73±0,76
	Humik Asit	47,83 (12:64) ^c	44 (12:68) ^c	4,37±0,78
	Deniz Yosunu	50 (36:72) ^c	50 (40:77) ^c	3,55±0,4
2018	Kontrol	94 (93:95) ^a	90,67 (84:99) ^{ab}	5,46±0,79
	Kitosan	100 (80:100) ^a	96 (84:100) ^a	4,69±0,36
	Humik Asit	91,67 (68:100) ^a	96 (88:100) ^a	4,48±0,66
	Deniz Yosunu	92 (78:100) ^a	96 (92:100) ^a	3,83±0,4
<i>p</i>	<0,001	<0,001	0,296	
<i>H</i>	41,887	44,71	<i>F</i> 0,112	

*a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir. **: $p < 0,05$

Hasat yılları ile priming uygulamasının birlikte etkileşimli etkileri incelendiğinde; özellikle eski hasat yılına ait (2006) ve çimlenme kapasitesi düşmüş olan tohumlarda kitosan uygulamasının çimlenme hızı ve yüzdesi üzerinde kontrol işlemine göre önemli düzeyde artış sağladığı saptanmıştır. Yapılan diğer priming uygulamaları ile kontrol işlemi arasında çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızı bakımından 2006 yılı tohumlarında önemli bir fark bulunmamıştır. Genç tohumların yaşlı tohumlara nazaran önemli düzeyde daha hızlı çimlendiği

belirlenmiştir. Bununla birlikte; MGT üzerinde ise hasat yılı ve uygulama etkileşiminin önemli bir etkisi yoktur (Çizelge 3).

Karaçam tohumlarında priming uygulaması ve dozların ikili etkileşiminin çimlenme kapasitesi üzerindeki etkisi ise Çizelge 4'te verilmiştir. Uygulama ve doz etkileşiminin çimlenme hızı, çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerinde önemli bir etkisi yoktur (Tablo 4). Karaçam tohumlarında hasat yılı, priming uygulaması ve doz faktörlerinin üçlü etkileşiminin çimlenme kapasitesi üzerindeki etkisi ise Çizelge 5'te verilmiştir.

Bağımsız faktörlerin üçlü etkileşimlerinde özellikle çimlenme kapasitesi düşüklüğü olan 2006 hasat yılı tohumlarda uygulanan priming işlemlerinden kitosanın %0,5 ve %0,75'lik dozuna tabi tutulan tohumlarda kontrol grubu tohumlarına göre

çimlenme yüzdesi ve hızı bakımından önemli düzeyde artış olmuştur. Yeni hasat ürünü olan tohumlarda ise yapılan uygulamalar ile kontrol grubu arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Priming uygulaması ve doz etkileşiminin karaçam tohumlarının çimlenme hızı çimlenme yüzdesi ve ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi

Uygulama	Doz	ÇH (%)	ÇY (%)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd
Kontrol	-	70,76 (43:95)	65,91 (33:99)	5,12±0,65
Kitosan	1	90,77 (38:100)	88,855 (38:100)	4,75±0,61
	2	86,12 (75:100)	84 (75:92)	4,56±0,5
	3	91,37 (45:100)	95,365 (75:100)	4,84±0,67
Humik Asit	1	61,17 (12:100)	71,085 (12:100)	4,65±0,91
	2	72 (44:100)	80 (40:100)	4,11±0,52
	3	72,91 (41:100)	77,165 (42:100)	4,51±0,64
Deniz Yosunu	1	79,48 (60:100)	84,36 (64:100)	3,82±0,27
	2	66,3 (48:100)	71 (48:100)	3,67±0,55
	3	73,13 (36:100)	80 (40:100)	3,58±0,42
<i>p</i>		0,847	0,871	0,837
<i>H</i>		4,855	4,554	<i>F</i> 0,358

*a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir.

Çizelge 5. Hasat yılı, priming uygulaması ve doz faktörlerinin üçlü etkileşiminin karaçam tohumlarının ÇH, ÇY ve MGT üzerine etkisi

Hasat Yılı	Uygulama	Doz	ÇH (%)	ÇY (%)	MGT (Gün) Ortalama ±Sd	
2006	Kontrol	0	44,25 (43:49) ^{de}	47,81 (33:48) ^f	4,77±0,27	
		1	45,83 (38:86) ^{abcde}	45,83 (38:86) ^{cdef}	5,02±0,75	
		3	80,95 (75:91) ^{abcde}	80,95 (75:91) ^{abcde}	4,31±0,5	
	Kitosan	2	75 (46:95) ^{abcde}	84,87 (75:95) ^{abcd}	4,87±1,03	
		1	19,05 (12:54) ^e	19,05 (12:54) ^e	4,77±1,27	
		2	48 (44:64) ^{cde}	44 (40:68) ^{ef}	4,08±0,53	
	Humik Asit	3	47,83 (42:58) ^{de}	47,82 (42:58) ^{def}	4,25±0,41	
		1	68 (60:72) ^{abcde}	72 (64:77) ^{bcd}	3,84±0,23	
		2	49 (48:50) ^{bcde}	48 (48:50) ^{cdef}	3,42±0,52	
	Deniz Yosunu	3	40 (36:68) ^{de}	40 (40:68) ^{ef}	3,4±0,36	
		Kontrol	0	94 (93:95) ^a	90,67 (84:99) ^{abc}	5,46±0,79
		1	100 (96:100) ^a	96 (92:100) ^a	4,48±0,37	
Kitosan	2	95,65 (81:100) ^a	84 (84:92) ^{abcde}	4,8±0,45		
	3	100 (88:100) ^a	100 (96:100) ^a	4,8±0,26		
	1	88 (68:100) ^{abcd}	96 (88:100) ^{ab}	4,53±0,65		
Humik Acit	2	100 (80:100) ^a	96 (92:100) ^a	4,14±0,62		
	3	91,67 (88:100) ^{ab}	96 (96:100) ^a	4,77±0,81		
	1	100 (87:100) ^a	92 (92:100) ^{ab}	3,8±0,35		
Deniz Yosunu	2	91,3 (83:100) ^{ab}	96 (92:100) ^a	3,92±0,53		
	3	92 (78:100) ^{abc}	96 (92:100) ^a	3,77±0,46		
	<i>p</i>		0,001	<0,001	0,888	
<i>H</i>		45,129	49,701	<i>F</i> 0,282		

*a, b gibi harfler çoklu istatistiki test sonucu belirlenen homojen grupları göstermektedir. **: $p < 0,05$

4. Tartışma ve Sonuç

Priming tohum kalitesini arttırmak için kullanılan en yaygın uygulama olup, priming işlemine tabi tutulan tohumlar, yüksek düzeyde biyotik ve abiyotik stres direnci ile mahsul verimini artıran çimlenme oranları göstermektedir (Paparella ve ark., 2015). Priming işleminin başarısı bitki türü, bitki genotipi, fizyolojisi, tohum partisi ve gücünün yanında uygulanan priming metotlarıyla da güçlü bir ilişki içerisinde (Parera ve Cantliffe, 1994). Çimlenme ve canlılıktaki azalmanın, kromozomal anormallikler, α -amilaz aktivitesi ve karbonhidrat içerikleri ve proteinlerin denatürasyonu gibi çeşitli nedenlerle olduğunu ancak, yaşlanma kritik bir periyodun ötesine

geçtiğinde, yaşlanmanın bir aktarım etkisi olduğu bunun da çimlenme yüzdesini ve çimlenme hızını önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir (Brar ve ark., 2019). Murthy ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada tohumlarda priming uygulamalarının depolamadan hemen sonra yapılmasının, priming uygulamalarının olumlu etkilerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Buitink ve ark. (1998), moleküler hareketliliğin biyolojik dokulardaki kimyasal reaksiyonların hızını kontrol ettiğini ve tohumların depolama stabilitesini etkilediğini belirtmiştir. Daha düşük sıcaklıklarda saklanan priming uygulanmış tohumların daha yavaş yaşlanması, tohum sitoplazmasının düşük moleküler hareketliliği ile ilişkili olabilir ve bu da birçok olumsuz reaksiyonu geciktirebilir. Ancak, depolama sırasında priming

uygulanmış tohumun bozulmasıyla ilişkili mekanizmalar hala tam olarak anlaşılamamıştır. Depolama sırasında priming işleminin faydalı etkilerinin azalmasıyla ilgili mekanizmaların açıklığa kavuşturulması, priming işlemine tabi tutulan tohumların raf ömrünü uzatmak için uygun depolama uygulamalarının benimsenmesinde yardımcı olacaktır (Yan, 2017). Depolanan tohumların ömrünü uzatmak biyolojik çeşitlilik açısından olduğu kadar ekonomik ve sosyal açıdan da oldukça önemlidir.

Zeng ve ark. (2012), soya (*Glycine max* (L.) Merr.) tohumlarında kitosan ile yapılan priming uygulamasının bütün dozlar da (% 1, % 2, % 3, % 4 ve % 5) çimlenme kapasitesi ve çimlenme değerlerinde (çimlenme indeksi) artışa sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Odat ve ark. (2021) ise tuzluluk stresi altında fiğ (*Vicia sativa* L.) tohumlarında, Lizárraga-Paulín ve ark. (2013) mısır (*Zea mays* L.) tohumlarında, Hameed ve ark. (2013) buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumlarında farklı konsantrasyonlarda uyguladıkları kitosan priming işleminin kontrole göre çimlenme yüzdesinde artışa sebebiyet verdiklerini rapor etmişlerdir. Silva Castro ve ark. (2018), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Monteri çamı (*Pinus radiata* D. Don.) tohumlarında kitosan ve propolis materyallerinin ayrı ayrı ve ikili olarak kullanıldığı priming işlemleri ile sarıçam tohumlarında kitosan ve kitosan + propolis uygulamasının kontrole göre önemli oranda çimlenme yüzdesini düşürdüğünü, Monteri çamı tohumlarında ise yalnızca kitosan + propolis priming uygulamasının kontrole göre çimlenme yüzdesinde önemli düşüşe yol açtığını bildirmişlerdir.

Sivritepe (2008), deniz yosunu ekstraktı ile biber (*Capsicum* L.) tohumuna yapılan priming işleminin, toplam çimlenme oranında bir azalmaya ve ortalama çimlenme süresinde ise artışa neden olduğunu belirtmiştir. Başka bir deyişle, deniz yosunu ekstraktının yüksek konsantrasyonlarında tohumun canlılığında azalmaya neden olduğu ifade edilmektedir. Buna karşın, Yıldırım ve Güvenç (2005) pırasa (*Allium ampeloprasum* var. *porrum* (L.) J. Gay) tohumlarında çimlenme yüzdesini, Mustafa ve Cheyed (2018) sorgum (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) tohumlarında çimlenme hızını arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca Anjos Neto ve ark. (2020), ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) tohumları üzerinde uygulanan priming uygulamalarının çimlenme üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, yüksek dozda (%1,20) deniz yosunu uygulamasının kontrol ve hidropriming uygulamasına göre önemli oranda çimlenme yüzdesini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Benzer sonuçlar Hamouda ve ark. (2022)'nin çalışmasında da buğday tohumlarında genotipe bağlı olarak deniz yosunu (%30) uygulamasının çimlenme yüzdesini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Bal kabağı (*Cucurbita moschata* Duchesne) tohumlarında kadmiyum stresi altında hümitik asit uygulamasının çimlenme ve biyokimyasal aktivite üzerine etkilerinin araştırıldığı ve Asadi Aghbolaghi ve ark. (2022) tarafından yürütülen çalışmada; 100, 200, 300 ve 400 mg/L hümitik asit ile priming uygulamasının en düşük dozunun kontrol grubu tohumlarda önemli oranda çimlenmeyi azalttığını buna karşın, 200 mg/L hümitik asit priming uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Bezelye (*Pisum sativum* L.) tohumlarında Basahi (2021)'in yaptığı çalışmada ise, tohumların hümitik asitte bekletme sürelerine ve dozlarına bağlı olarak çimlenme yüzdesinde değişimler olduğu, 3 dk'lık priming süresinin en yüksek çimlenme oranı düşük doz olan %4'lük hümitik asit

uygulanması ile sağlanırken, 5 dk sonunda en yüksek çimlenme oranı yüksek doz olan %8'lik hümitik asit uygulamasıyla elde edilmiştir. Yazlık ve kışık ekilen farklı bezelye çeşitlerine ait tohumlar üzerinde hümitik asit uygulamasının çimlenme üzerine etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada da, 11 farklı genotipteki bezelye tohumlarına firma önerisi doğrultusunda 100 kg tohumu 1 lt hümitik asit uygulaması sonucu, hümitik asit uygulamasının 16 saat bekletme süresi sonucu çimlenme hızı ve yüzdesini düşürdüğü tespit edilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında sabit tutulan bekletme süresi çimlenmeyi olumsuz etkilediği için çalışmanın diğer aşamalarında farklı bekletme sürelerine bağlı olarak ölçümler yapılmıştır. Bu kapsamda daha az bekletme sürelerinde genotipe göre değişimle beraber daha yüksek çimlenme yüzdesi ve hızı görülmüştür. Ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Sarilar, 2021). Ayrıca, çeşitli çalışmalar hümitik maddelerin hücre içerisindeki enzimatik aktiviteleri artırıp, tohum çimlenmesi üzerinde teşvik edici bir etkisi olduğunu rapor etmişlerdir (Bujalski ve Nienow, 1991; Rauthan ve Schnitzer, 1981).

Anadolu karaçamı tohumları üzerine yürütülen bu çalışmada ise; 2006 hasat yılı doğal yaşlanmaya maruz kalmış yaşlı tohumların 2018 hasat yılı daha genç tohumlarına göre çimlenme hızı ve yüzdesi bakımından aralarında istatistiksel anlamda önemli farklar olup, yaşlı tohumlarda çimlenme kapasitesi daha düşüktür. 2018 hasat yılı tohumlarının çimlenme yüzdesi (%92,96) ve hızının (%96) 2006 hasat yılı tohumlarına göre takriben iki kat daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Farklı hasat yıllarına göre yapılan priming uygulamalarında, yaşlı tohumlara uygulanan kitosan priming uygulamasının çimlenme yüzdesini teşvik etmede daha önemli rolünün olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yaşlı tohumlar üzerinde hümitik asit, deniz yosunu ve kitosan uygulamalarının çimlenme üzerindeki artış ve azalışları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Ortalama çimlenme süresinde yaşlı ve genç tohumlar arasında fark bulunmamıştır. Bununla birlikte; karaçam tohumlarında çimlenme kapasitesinin artırılması için ise kitosan uygulaması önerilmektedir.

Kitosan uygulamasının %0,5 ve %0,75'lik dozlarının yaşlı tohumlarda genç tohumlara göre önemli oranda çimlenme yüzdesinde artış sağladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte; Anadolu karaçamı tohumlarına uygulanan priming işlemlerinde doz ve bekletme süreleri faktörlerinin çimlenme üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla daha ileri araştırmalara ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Finansal Destek

Bu araştırma Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü tarafından KU-BAP01/2021-21 ve KU-HIZDES/2021-06'nolu projeler kapsamında finanse edilmiştir.

Teşekkür

Şeyma Selin Akın, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Ormancılık Programında Yükseköğretim Kurulu'nun 100/2000 bursuyla ve TÜBİTAK 2211/A yurtiçi genel doktora bursu ile desteklenmiştir. Ayrıca, araştırma materyali Anadolu karaçamı tohumlarının tedarikini sağlayan Bursa Orman Fidanlık Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aghbolaghi, M.A., Sedghi, M., Sharifi, R.S., & Dedicova, B., 2022. Germination and the biochemical response of pumpkin seeds to different concentrations of humic acid under cadmium stress. *Agriculture*, 12(3), 374.
- Akbari, G. A., Heshmati, S., Soltani, E., & Amini Dehaghi, M., 2020. Influence of seed priming on seed yield, oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit. *International Journal of Plant Production*, 14, 245-258.
- Anjos Neto, A.P.D., Oliveira, G.R.F., Mello, S.D.C., Silva, M.S.D., Gomes-Junior, F. G., Novembre, A.D.D.L.C., Azevedo, R.A., 2020. Seed priming with seaweed extract mitigate heat stress in spinach: effect on germination, seedling growth and antioxidant capacity. *Bragantia*, 79, 502-511.
- Asadi Aghbolaghi, M., Sedghi, M., Sharifi, R. S., Dedicova, B., 2022. Germination and the biochemical response of pumpkin seeds to different concentrations of humic acid under cadmium stress. *Agriculture*, 12(3), 374.
- Asghari, M., & Aghdam, M. S., 2010. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), 502-509.
- Ashraf M., Foolad M. R., 2005. Pre-sowing seed treatments shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Adv. Agron.*, 88, 223-271.
- Ayan S, Akin Ş. S., 2023. Reactive stress factors and their effects on forest tree seeds, in Page, S. Ayan (Eds.), *Climate Change: Effects and Management in Forest Ecosystems*. Chapter 4. Palme Publishing, Ankara, pp. 53-72.
- Ayan, S., Yücedag, C., Simovski, B., 2021. A major tool for afforestation of semi-arid and anthropogenic steppe areas in Turkey: *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Journal of Forest Science*, 67(10), 449-46367.
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., Come, D., 1998. Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. *Physiologia Plantarum*, 104(4), 646-652.
- Basahi, M., 2021. Humic acid improved germination rate, seedling growth and antioxidant system of pea (*Pisum sativum* L. var. *alicia*) grown in water polluted with CdCl₂. *AIMS Environmental Science*, 8(4), 358-370.
- Basay, S., Sürmeli, N, Okcu, G., Demir, D., 2006. Changes in germination percentages, protein and lipid contents of primed pepper seeds during storage. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science*, 56, 138-142.
- Basra, S. M. A., Zia N, Mahmood T, Afzal A, Khaliq A., 2003. Comparison of different in vigation techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *Pak. J. Arid. Agri.*, 5, 11-16.
- Bewley, J.D., Black, M., 1994. *Seeds: physiology of development and germination*, Second Edition, Plenum Press, New York, pp.445.
- Braccini, A. de L. E., Reis, M.S., Moreira, M.A., Sediya, C.S., Scapim, C.A., 2000. Biochemical changes associated to soybean seeds osmoconditioning during storage. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasilia, 35(2), 433-447.
- Brar, N.S., Kaushik, P., Dudi, B. S., 2019. Assessment of natural ageing related physio-biochemical changes in onion seed. *Agriculture*, 9(8), 163.
- Buitink, J., Claessens, M.M., Hemminga, M.A., Hoekstra, F.A., 1998. Influence of water content and temperature on molecular mobility and intracellular glasses in seeds and pollen. *Plant Physiology*, 118(2), 531-541.
- Bujalski, W., Nienow, A.W., 1991. Large-scale osmotic priming of onion seeds: a comparison of different strategies for oxygenation. *Scientia Hort.*, 46, 13-24.
- Chiu, K.Y., Wang, C.S., Sung, J.M., 1995. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated aging and hydration of watermelon seeds differing in ploidy. *Physiologia Plantarum*, 94 (3), 441-446.
- Guan, Y., Hu, J., Wang, X., Shao, C., 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological enhances under low temperature stress. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 10(6), 427-433.
- Hameed, A., Sheikh, M. A., Hameed, A., Farooq, T., Basra, S. M. A., Jamil, A., 2013. Chitosan priming enhances the seed germination, antioxidants, hydrolytic enzymes, soluble proteins and sugars in wheat seeds. *Agrochimica*, 57(2), 97-110.
- Hamouda, M. M., Saad-Allah, K. M., Gad, D., 2022. Potential of seaweed extract on growth, physiological, cytological and biochemical parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(2), 1818-1831.
- Harman, G. E., Mattick, L. R., 1976. Association of lipid oxidation with seed ageing and death. *Nature*, 260(5549), 323-324.
- Hsu, C.C., Chen, C.L., Chen, J.J., Sung, J.M., 2003. Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter melon seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. *Scientia Horticulturae*, 98, 201-212.
- Iqbal, M., Ashraf, M., 2006. Wheat seed priming in relation to salt tolerance: growth, yield and levels of free salicylic acid and polyamines. *Ann. Bot. Fennici*, 43, 250-259.
- ISTA (International Seed Testing Association), (1999). *International Rules for Seed Testing*. Seed Science and Technology, 27, 340.
- Kaloyereas, S.A., 1958. Rancidity as a factor in the loss of viability of pine and other seeds. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 35, 176-179.
- Kaya, G., 2008. Tohum uygulamaları (Priming)'nın tohum yağ asitleri kompozisyonuna etkisi ve tohum kalitesi ile ilişkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17(1-2), 53-62.
- Kermode, A. R., Finch-Savage, B.E., 2002. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In *Book: Desiccation and survival in plants: Drying without dying*, 149-184.
- Kılıç, B., 2020. Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin.
- Korkmaz, U., 2022. Farklı kimyasallar ile yapılan ekim öncesi uygulamaların ekmeleklik buğdayın (*Triticum aestivum* L.) çimlenme özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Krugman, S.L., Stein, W.I., Schmitt, D.M., 1974. Seed Biology, In: Seeds of Woody Plants in the United States. U.S. Dept. Agric., Agric. Handbook 450, pp. 5-4.
- Lizárraga-Paulín, E. G., Miranda-Castro, S. P., Moreno-Martínez, E., Lara-Sagahón, A. V., Torres-Pacheco, I., 2013. Maize seed coatings and seedling sprayings with chitosan and hydrogen peroxide: their influence on some phenological and biochemical behaviors. *Journal of Zhejiang University Science B*, 14, 87-96.
- Marquez-Millano, A., Elam, W.W., Blanche, C.A., 1991. Influence of accelerated aging on fatty acid composition of slash pine (*Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*) seeds. *Journal of Seed Technology*, 29-41.
- Mohammadi, G.R., 2009. The influence of NaCl priming on seed germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.) under salinity conditions. *Amer-Eura J. Agri. Environ. Sci.*, 5(5), 696-700.
- Muhammad, A., Khurram, Z., Qumer, L., Ahmad, L., Muhammad, A.R., Zulfikar, A.S., 2007. Effect of seed priming on seed vigour and salt tolerance in hot pepper. *Pak. J. Agri. Sci.*, 44(3), 408-416.
- Murthy, U. N., Kumar, P. P., Sun, W. Q., 2003. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. *Journal of Experimental Botany*, 54(384), 1057-1067.
- Mustafa, A. S., Cheyed, S. H., 2018. Effect of seed priming of organic, biochemical and mineral fertilizers on seed vigor of sorghum. *Int. J. Agricult. Stat. Sci. Vol*, 14(1), 239-244.
- Odat, N., Tawaha, A. M., Hasan, M., Al-Tawaha, A. R., Thangadurai, D., Sangeetha, J., Rauf, A., Khalid, S., Saranraj, P., Al-Taey, D.K.A., Safari, Z.S., Zahid, N.A., Qazizadah, A.Z., Sirajuddin, S. N., 2021. Seed priming with chitosan alleviates salinity stress by improving germination and early growth parameters in common vetch (*Vicia sativa*). IOP Publishing, In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 788(1), 1-8.
- Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M. A. L. A. K. A., Carbonera, D., & Balestrazzi, A., 2015. Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34, 1281-1293.
- Parera., C.A, Cantliffe., D.J., 1994. Pre-sowing seed priming. *Hort Rev.*, 16,109-141.
- Prakash, P., Roniesha, M. A. M., Nandhini, R. S., Selvam, M. M., Thirugnanasambandam, R., & Abraham, L. S., 2014. Effect of humic acid on seed germination of *Raphanus sativus* L. *International Journal of ChemTech Research*, 6(9), 4180-4185.
- Rauthan, B.S., Schnitzer, M., 1981. Effect of soil fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) Plants. *Plant and Soil*. 63, 491-495.
- Sarılar, N., 2021. Samsun ekolojik şartlarında kışlık ve yazlık ekilen bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinde tohuma uygulanan hümitik asidin bitki gelişimi ve verimi üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Silva-Castro, I., Diez, J. J., Martín-Ramos, P., Pinto, G., Alves, A., Martín-Gil, J., Martín-García, J., 2018. Application of bioactive coatings based on chitosan and propolis for *Pinus* spp. protection against *Fusarium circinatum*. *Forests*, 9(11), 685.
- Sivritepe, N., 2008. Organic priming with seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) affects viability of pepper seeds. *Asian Journal of Chemistry*, 20(7), 5689.
- Sucharitha, K. V., Beulah, A. M., Ravikiran, K., 2018. Effect of chitosan coating on storage stability of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). *International Food Research Journal*, 25(1), 93-99.
- Tammela, P., Salo-Väänänen, 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(5), 378-384.
- Van Zutphen, H., Cornwell, D.G., 1973. Some studies on lipid peroxidation in monomolecular and bimolecular lipid films. *The Journal of Membrane Biology*, 13(1), 79-88.
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., & González-Martínez, C., 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings, *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 164-171.
- Vertucci, C.W., Farrant, J.M., 1995. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: Kigel J, Galili G (eds) *Seed development and germination*. New York, Marcel Dekker, pp 237-271.
- Walters, C., Hill, L.M., Wheeler, L.J., 2005. Drying while dry: Kinetics and mechanisms of deterioration in desiccated organisms. *Integr Comp Biol*, 5, 751-758.
- Weerasekara, I., Sinniah, U. R., Namasivayam, P., Nazli, M. H., Abdurahman, S. A., & Ghazali, M. N., 2021. Priming with humic acid to reverse ageing damage in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) Seeds. *Agriculture*, 11(10), 966.
- Yahyaoglu, Z., Ölmez, Z., 2003. Tohum teknolojisi ve fidanlık tekniği ders notu. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Yayınları, Artvin.
- Yan, M., 2017. Prolonged storage reduced the positive effect of hydropriming in Chinese cabbage seeds stored at different temperatures. *South African Journal of Botany*, 111, 313-315.
- Yıldırım, E., Güvenç, İ., 2005. Deniz yosunu özü uygulamalarının tuzlu koşullarda pırasada tohum çimlenmesi üzerine etkisi. *Bahçe*, 34(1), 83-90.
- Zeng, D., Luo, X., & Tu, R., 2012. Application of bioactive coatings based on chitosan for soybean seed protection. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2012(1), 104565.