

## Anadolu karaçamının [*Pinus nigra* J.F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] bazı popülasyonlarında yüksek sıcaklık şoku uygulamalarının tohum canlılığı ve çimlenmesi üzerine etkileri

Sezgin Ayan<sup>a,\*</sup> , Cihan Erkan<sup>b</sup> , Esra Nurten Yer Çelik<sup>a</sup> , Orhan Gülseven<sup>c</sup> , Şeyma Selin Akın<sup>c</sup> , Ergin Yılmaz<sup>c</sup> 

**Özet:** Orman yangınları, Akdeniz tipi iklimin hakim olduğu bölgelerde sıklıkla görülen ve süksesyon üzerinde büyük öneme sahip bir olaydır. Orman ağaçları için de geçerli olan bu durum, bazı türlerin rejenerasyonunu kolaylaştırırken, bazı türlerin ise alanda varlığını kaybetmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple; türe özgü yangın ekolojisinin bilinmesi önem arz etmektedir. Yangınların tohum canlılığı ve çimlenmesi üzerine etkilerinin bilinmesi; alanda var olan türlerin gelişimini ve takibini kolaylaştıracaktır. Bu çalışmada, dört farklı ana ıslah zonundan toplam 15 farklı Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* J.F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] popülasyonundan temin edilmiş tohumlar üzerine farklı sıcaklık şokları (70, 90, 110 ve 130 °C) değişik sürelerle (1 ve 5 dk.) uygulanmış ve çimlenmeler takip edilmiştir. Çalışma sonucunda; 130°C ve 5dk. süreli uygulamaların tohumların çimlenme kabiliyetinde kayıplara sebep olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 110 °C'ye kadar çimlenme kabiliyetinde olumsuz etkilenmeden Anadolu karaçamı tohumlarının yüksek sıcaklık şoklarına dayanabildiği belirlenmiştir. Ayrıca, 1 dk. süreli sıcaklık şoku uygulamasının çimlenme yüzdesini düşürücü etki yapmadığı tespit edilmiştir. Sütçüler-Tota (1600 m), Çal-İnceler (1560 m), Alaçam-Gölcük (1050 m), Bursa (950 m) ve Domaniç-Dereçarşamba (1400 m) popülasyonları en yüksek çimlenme kapasitesine sahip popülasyonlar olarak tespit edilmiştir. Uygulamalar arasından 70°C-5 dk, 90°C-1 ve 5 dk, 110°C-1 dk ve 130 °C-1 dk'lık işlemleri kontrol grubuna göre çimlenme yüzdesini arttırmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çimlenme, Anadolu karaçamı, Popülasyon, Sıcaklık şoku

## Effects of high temperature shocks applications on seed viability and germination in some Anatolian Black Pine [*Pinus nigra* J.F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] populations

**Abstract:** Forest fires are a frequent event in Mediterranean climate-dominated regions and have great importance on succession. This reality, which is also valid for forest trees, facilitates the regeneration of some species and causes some species to lost their presence in the area. Therefore; it is important to know the fire ecology of the each species. To know the effects of the fires on seed viability and germination; will facilitate the development and follow-up of existing species in the area. In this study, different heat shocks (70, 90, 110 and 130 °C) at different durations (1 and 5 min.) were applied on seeds obtained from 15 different populations of Anatolian black pine [*Pinus nigra* J.F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] from four different main breeding zones and germinations was followed. As a result, the treatment of 130°C-5 min. reduced germination ability of seeds. However, it was found that Anatolian black pine seeds can withstand high heat shocks without affecting the germination ability up to 110 °C. In addition, it was found that 1 min. heat shock application did not decrease the germination ability. Among the populations Sütçüler-Tota (1600 m), Çal-İnceler (1560 m), Alaçam-Gölcük (1050 m) Bursa (950 m) and Domaniç-Dereçarşamba (1400 m) populations have shown the highest germination capacity as general mean. And the treatments of 70°C-5 min, 90°C-1 and 5 min, 110°C-1 min and 130°C-1 min among the applications increased germination percentage according to the control group.

**Keywords:** Germination, Anatolian black pine, Population, Heat shock

### 1. Giriş

Generatif yolla üreyen bitkilerin tohumlarının başarılı bir şekilde çimlenebilmesi için belli bir süre uygun sıcaklıklara ihtiyaç duymaktadırlar (Keeley vd., 1981). Bununla birlikte Akdeniz havzası bitki türlerinde yangın,

bitkilerin hayatta kalma kabiliyetlerini ve süksesyonu etkileyen köklü ve önemli bir ekolojik faktördür (Trabaud ve Campant, 1991). Ayrıca, yangınlar Akdeniz tipi ekosistemlerin canlılığının ve yapısının belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir etkidir (Cooper, 1961; Di Castri ve Mooney, 1973; Naveh, 1975;

✉ <sup>a</sup> Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Silvikültür Anabilim Dalı, Kastamonu

<sup>b</sup> Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Gölyaka Orman İşletme Müdürlüğü, Bolu

<sup>c</sup> Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Ormancılık Doktora Programı, Kastamonu

@ \* **Corresponding author** (İletişim yazarı): sezginayan@kastamonu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 20.01.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 21.04.2020



**Citation** (Atf): Ayan, S., Erkan, C., Yer Çelik, E.N., Gülseven, O., Akın, Ş.S., Yılmaz, E., 2020. Anadolu karaçamının [*Pinus nigra* J.F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] bazı popülasyonlarında yüksek sıcaklık şoku uygulamalarının tohum canlılığı ve çimlenmesi üzerine etkileri. Turkish Journal of Forestry, 21(2): 106-112.

DOI: [10.18182/tjf.677339](https://doi.org/10.18182/tjf.677339)

Gill vd., 1981). Akdeniz Ormanları 2018 yılı raporunda; Akdeniz bölgesinin iklim değişikliği, daha uzun ve sık kuraklık ile sıcak dalgalarla karşı karşıya kalma, büyük çaplı orman yangınları ve şiddetli su kıtlığına ekstrem derecede hassas olduğu vurgulanmaktadır (Belen vd., 2018). Ayrıca, son yıllarda yangınlar maruz kalan orman sahalarının özellikle Akdeniz havzasında ciddi miktarda arttığı görülmüştür (Kazanis ve Arianoutsou, 2004; Kavgacı vd., 2010). Yangınlar mevcut orman kuruluşlarını etkilediği gibi özellikle yangınların tutuşmasını ve istilasını önemli ölçüde arttıran reçine muhtevası bakımından zengin olan çam ormanlarını ağırlıklı olarak etkilemektedir (Daskalou ve Thanos, 1996).

Bitki florasının yeniden yapılanmasında, yangının ne kadar sıklıkla meydana geldiği, etkili olduğu mevsim, yangının şiddeti, yangının etkili olduğu alanda bulunan türler ve bu türlerin yeniden üreyebilmeleri için gereken tohumların sıcaklık ile etkileşiminin yanı sıra yangının süresinin etkili olmaktadır (Hanley ve Fenner, 1998). Bu etkenlerin hepsi yangının meydana geldiği alandaki bitki türlerinin varlıklarının yanında bitkilerin biyolojilerini de etkilemektedir.

Yapılan bir araştırmada Valbuena ve Tarrega (1998), sıcaklığın 120°C'nin üzerinde olduğu belirlenen yangınların sürelerinin uzaması durumunda, süre arttıkça tohumun çimlenme başarısını azaltıcı etkiye sahip olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, birçok bitki türüne ait tohum 80°C-100°C arasındaki sıcaklıklara 2-4 saat maruz kaldığında tohum canlılığını koruyabildiği ancak 170°C gibi daha yüksek sıcaklıklar tohumlar için öldürücü etkiye neden olmaktadır (Odion ve Davis, 2000). Bunların yanı sıra sıcaklığa maruz kalma süresi, bir çok türe ait tohumların yapısının bozulmasına neden olmaktadır (Stone ve Juhren, 1953; Keeley vd., 1985; Auld ve O'Connell, 1991; Habrouk vd., 1999). Bazı bitki türlerinde yenilenme ışık ile gerçekleşse de tohumların ısı yardımı ile uyarıldığı bilinmektedir. Çünkü tohumlarının serbest kalması ve

dormansinin kırılması için ısı gerekmektedir (Thanos vd., 1989; Bell vd., 1993; Keith, 1996).

Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* J.F. Arnold ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Türkiye'deki mevcut 4.288.778,6 (OGM, 2013) hektarlık alanı ile en yaygın orman ağaçlarından. Ayrıca, Türkiye'de ağaçlandırma çalışmalarında en fazla tercih edilen türdür (Ayan vd., 2017). Anadolu karaçamına ait saf meşcerelerin özellikle yangına hassas bölgelerde olduğu bilinmektedir ve bu meşcereler, yüksek yoğunluklu yangın orijinlidir (Turna ve Bilgili, 2006). Bu durumun temel sebebi olarak çam türlerine ait kozalakların yüksek ısıya karşı dayanıklı olduğu gösterilebilir. Neyişçi ve Cengiz (1985), kızılçam tohumlarının kozalak içerisinde kısa bir süre için 367 °C ile 632 °C sıcaklık değerleri arasında bile canlılığını koruduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple Anadolu karaçamı tohumlarının orman yangınlarından nasıl etkilendiği, pozitif veya negatif etkilenip etkilenmediği, rakım ve popülasyon farklılıklarının yüksek sıcaklık şoklarına dayanıklılık açısından bir farklılık oluşturup, oluşturmadığı hususlarına ışık tutmak hedeflenmiştir. Bu çalışma ile farklı ıslah zonlarında ve değişik rakımlardan örneklenen Anadolu karaçamı popülasyonlarına ait tohumların farklı sıcaklık şiddeti ve sıcaklığa maruz kalma sürelerine karşı çimlenme tepkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırmada Çizelge 1'de detayları verilen farklı ıslah zonu ve rakımlara ait 15 farklı Anadolu karaçamı popülasyonunun tohumları materyal olarak kullanılmıştır (Şekil 1). Tohumlar, Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü soğuk hava deposundaki stoklardan temin edilmiştir.



Şekil 1. Araştırmada materyal olarak kullanılan popülasyonların lokasyonları

Çizelge 1. Karaçam tohumlarının temin edildiği popülasyonlara ilişkin bilgiler

Popülasyon no	Ana ıslah zone	Alt zon	Bölge Müdürlüğü	İşletme Müdürlüğü	Şeflik/Seri	Rakım (m)
1	Marmara zone (Trakya hariç)	1	Çanakkale	Yenice	Asar	270
2	Marmara zone (Trakya hariç)	1	Çanakkale	Kalkım	Kalkım	550
3	Marmara zone (Trakya hariç)	1	Çanakkale	Bayramiç	Karaköy	850
4	Marmara zone (Trakya hariç)	3	Bursa	Bursa	Bursa	950
5	Marmara zone (Trakya hariç)	2	Kütahya	Tavşanlı	Alabarda	1050
6	Marmara zone (Trakya hariç)	2	Balıkesir	Alaçam	Gölcük	1050
7	Marmara zone (Trakya hariç)	2	Kütahya	Simav	Kiçir	1100
8	Marmara zone (Trakya hariç)	3	Bursa	İnegöl	Boğazova	1200
9	İç Anadolu Kuzey Zonu	2	Ankara	Nallıhan	Uluhan	1250
10	Marmara zone (Trakya hariç)	2	Bursa	Keleş	Sorgun	1350
11	Marmara zone (Trakya hariç)	2	Balıkesir	Bigadiç	Aktuzla	1378
12	Marmara zone (Trakya hariç)	3	Kütahya	Domanıç	Dereçarşamba	1400
13	Marmara zone (Trakya hariç)	2	Kütahya	Tavşanlı	Balıköy	1500
14	Ege zone	2	Denizli	Çal	İnceler	1560
15	Akdeniz zone	4	Isparta	Sütçüler	Tota	1600

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Sıcaklık şoku uygulamaları ve çimlendirme testleri

Çalışmada kullanılan materyalin uniform oluşu ve çimlendirmenin, çimlendirme dolabında homojen bir şekilde yapılmasından dolayı 'Tesadüfi Parseller Deneme Deseni' tercih edilmiştir. Farklı sıcaklık şoklarının çimlenme üzerine etkisini gözlemleyebilmek için 15 farklı popülasyondan (POP) temin edilen Anadolu karaçamı tohumlarına kontrol hariç, dört farklı sıcaklık şoku (SIC) (70, 90, 110 ve 130 °C), iki farklı (1 ve 5 dk) süreyle (SUR) uygulanmıştır. Daha önce yürütülen çalışmalar (Wright, 1931; Neyişçi ve Cengiz, 1985; Hanley ve Fenner, 1998; Nunez ve Calvo, 2000; Gashaw ve Michelsen, 2002; Turna ve Bilgili, 2006; Ayan ve Usta, 2010; Ayan vd., 2019) değerlendirilerek, bu çalışmada Anadolu karaçamının tohumlarının maruz bırakıldığı sıcaklık şoku ve süreleri belirlenmiştir. Her bir sıcaklık uygulaması ve maruz bırakılma süresi 4 tekrürlü olarak uygulanmıştır.

Çimlendirme testleri öncesinde, etüvde farklı sıcaklık şokları ve sürelerine maruz bırakılan tohumlar 24 saat süre ile saf suda bekletilmiştir. Suda bekletme işlemi çimlenme üzerinde homojen ve hızlandırıcı bir etkiye sahip olması sebebi ile tercih edilmiştir. Uygulama görmüş ve suda bekletilmiş tohumlar; popülasyon, uygulama şiddeti, süre ve tekrür kodlarının yazılı olduğu cam kaplara alınmıştır.

Çimlendirme testleri kontrollü iklim koşullarının oluşturulduğu Climacell iklim dolabında gerçekleştirilmiştir. Suda bekletme işleminin ardından tohumlar; Whatman No:2 filtre kağıtlarının yerleştirildiği 12 cm'lik petri kaplarına alınmış ve su ile doymuş hale getirilmiştir. On altı saat beyaz ışık ve 8 saat karanlık ortamda, 23 (± 2) °C sıcaklık ve %70 nem koşulları oluşturacak şekilde hazır halde bulunan iklimlendirme dolabına petri kapları yerleştirilmiştir. Belirli sürelerde düzenli olarak kontrol edilen filtre kağıtları

kontaminasyon riskine karşı uygun görüldüğü zamanlarda değiştirilmiştir.

Çalışma süresince her popülasyon ve uygulama için aynı zamanda ve eşit şartlarda işlemler gerçekleştirilmiştir. Kökçüklerin en az 1 mm uzaması durumunda çimlenme, gerçekleşmiş sayılmıştır (Nunez ve Calvo, 2000). Çimlenmeler, ekimden sonraki 1., 4., 7., 10., 14. ve 21. günde gözlemlenmiş ve kaydedilmiştir. Çimlenme hızı ise ilk 10. günde çimlenen tohumların yüzdesinin tespiti ile belirlenmiştir (Ürgenç, 1998).

### 2.2.2. İstatistiki değerlendirme

Araştırma sorularına cevap bulmak amacıyla popülasyon bazında çimlenme hızı ve yüzdesi gözlemleri yapılmış, elde edilen verileri normal dağılıma yaklaştırmak için arc-sinüs dönüştürmesi uygulanmıştır. Dönüştürülmüş veriler, SPSS paket programı (version 11, IBM Corporation, Armonk, NY, USA) ile değerlendirilmiştir. Varyans analizi popülasyon, sıcaklık şiddeti ve uygulama süresi faktörlerinin çimlenme hızı ve yüzdesinde farklılığa sebebiyet verip vermediğini ortaya koymak için uygulanmıştır. Varyans analizinde ortaya çıkan farklılıklardan sonra grupların belirlenmesi için Duncan Çoklu Testi (DÇT) uygulanmıştır (Ercan, 1997).

## 3. Bulgular

Farklı süre ve şiddette sıcaklık şokuna maruz bırakılan Anadolu karaçamı tohumlarının iklimlendirme dolabındaki çimlenmeleri kaydedilmiş ve gözlem yapılan günlerdeki çimlenmeler kayıt altına alınmıştır. Elde edilen verilere göre çimlenme hızı ve yüzdesi üzerinde varyans faktörlerinin etkisini ortaya koyan varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Popülasyon (POP), sıcaklık şiddeti (SIC) ve sıcaklık sürelerine (SUR) ilişkin varyans analizi

Varyasyon kaynağı	Çimlenme hızı		Çimlenme yüzdesi	
	F değeri	Önem düzeyi	F değeri	Önem düzeyi
POP	92.217***	0.000	92.21***	0.000
SIC	110.483***	0.000	110.48***	0.000
SUR	129.842***	0.000	129.84***	0.000
POP * SIC	4.096***	0.000	4.096***	0.000
POP * SUR	5.108***	0.000	5.108***	0.000
SIC * SUR	117.506***	0.000	117.50***	0.000
POP * SIC * SUR	4.772***	0.000	4.772***	0.000

\*: % 5, \*\*: % 99 ve \*\*\*: %99.9 güven düzeyini temsil etmektedir

Çimlenme yüzdesi ve hızı üzerine uygulanan varyans analizi sonucunda; gerek bağımsız faktörler olan sıcaklık şoku ve sıcaklık uygulama süresi gerekse iki faktörün etkileşimli etkisi çimlenme yüzdesi ve hızı değerlerine % 99,9 güven düzeyinde önemli etkide bulunmuştur ( $Sig.=0.000$ ). Varyans analizi sonucunda uygulanan Duncan Çoklu Testi (DÇT) sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Duncan testi sonuçlarından; Populasyonların yüksek sıcaklık şiddeti ve sürelerine dayanıklılıkları değerlendirildiğinde; Genel ortalama olarak çimlenme hızı en yüksek populasyon 1600 m rakımlı Sütçüler-Tota populasyonudur. Genel ortalama çimlenme yüzdesi ise Sütçüler-Tota (1600 m), Çal-İnceler (1560 m), Alaçam-Gölcük (1050 m), Bursa (950 m) ve Domaniç-Dereçarşamba (1400), Yenice-Asar (270 m), Keleş-Sorgun (1350 m) ve Nallıhan-Uluhan (1250 m) populasyonları çimlenme yüzdeleri bakımından daha iyi sonuçlar vermiştir. Bütün sıcaklık uygulamalarının her bir populasyon için genel ortalamasının verildiği Çizelge 3 incelendiğinde; Rakım farkı, populasyonların yüksek sıcaklık şoklarına dayanıklılığı açısından bir fark oluşturmadığı, tespit edilen populasyon farklılığının populasyonların genetik özelliklerinden kaynaklanmış olabileceği belirtilebilir.

Populasyon başarısı ele alınırken uygulanmış olan sıcaklık şoku şiddetleri ve uygulama sürelerine tahammül dikkat edilmesi gereken bir diğer husustur. Çizelge 4’de uygulanmış olan sıcaklık şoku ve süreleri ile iki faktörün birlikte etkisinin değerlendirildiği Duncan testi sonuçları verilmiştir.

Sıcaklık şiddetlerinin, çimlenme yüzdesi ve hızı üzerine etkisi incelendiğinde; 70, 90, 110 ve kontrol işlemleri 1. grupta yer almıştır. Uygulanmış olan işlemlerin, kontrol grubu ile aynı grupta yer almaları, tohumların uygulanan işlemlere karşı canlılıklarını olumsuz etkilenmeden muhafaza edebildikleri diğer bir ifadeyle dayanıklılık gösterdiklerinin bir göstergesidir. Tohumların maruz kaldığı sıcaklık süreleri incelendiğinde; Hem çimlenme yüzdesi hem de çimlenme hızı bakımından 1dk’lık uygulama süresi kontrol grubu ile 1. grupta yer almıştır. Yani, kısa süreli sıcaklık şokları tohum canlılığı üzerinde olumsuz bir etki yapmamaktadır. İki faktörlü etkileşimlerin çimlenme yüzdesi üzerine etkisi değerlendirildiğinde; 110 °C-5 dk ve 130 °C-5 dk işlemleri yani uzun süreli en yüksek sıcaklık uygulamalarının kontrol grubuna göre çimlenme yüzdesini düşürücü etki yaptığı net bir şekilde görülmüştür. Gerek çimlenme hızı gerekse çimlenme yüzdesi açısından 130 °C-5 dk işleminde en düşük değerler gözlenmiştir (Çizelge 4).

Gerek çimlenme hızı gerekse çimlenme yüzdesi 5 dk süreli 130 °C sıcaklık şoku uygulamasında belirgin bir şekilde düşmüştür (Şekil 2).

Her bir sıcaklık şoku şiddeti ve süresine bağlı olarak populasyonların çimlenme hızı ve yüzdesi kontrol işlemleri ile mukayese edilebilmesi için Çizelge 5 ve 6’da verilmiştir.

Çizelge 3. DÇT sonuçlarına göre populasyonların genel ortalama çimlenme hızı ve yüzdesine ilişkin işlem grupları

Populasyon	Homojen gruplar	
	Çimlenme yüzdesi	Çimlenme hızı
	Ortalama ve Standart Hata ( $X \pm S_x$ )	
Tavşanlı-Alabarda 1050R	41.08±3.97 c	20.67±2.84 g
İnegöl-Boğazova 1200R	42.94±4.17 c	21.42±4.09 fg
Simav-Kiçir 1100R	59.51±3.72 b	34.15±2.04 efg
Bayramiç-Karaköy 850R	59.56±3.95 b	34.37±3.68 def
Bigadiç-Aktuzlar 1378R	56.96±4.20 b	40.00±3.18 de
Tavşanlı-Ballıköy 1500R	67.64±3.97 b	44.75±2.81 de
Kalkım-Kalkım 550R	65.80±3.12 b	50.36±3.98 cd
Nallıhan-Uluhan 1250R	78.82±3.71 a	62.20±3.39 cb
Keleş-Sorgun 1350R	86.57±2.12 a	65.42±4.37 b
Yenice-Asar 270R	83.17±2.61 a	66.35±4.03 b
Domaniç-Dereçarşamba 1400R	86.50±3.09 a	68.42±4.83 abc
Bursa 950R	88.67±2.92 a	68.57±4.83 ab
Alaçam-Gölcük 1050R	90.30±3.06 a	71.26±2.81 ab
Çal-İnceler 1560R	89.28±2.16 a	72.80±4.57 ab
Sütçüler-Tota 1600R	87.04±0.34 a	75.58±0.55 a

Çizelge 4. DÇT sonuçlarına göre uygulama süresi, sıcaklık şoku ve sıcaklık şoku-süre etkileşiminin populasyonların çimlenme hızı ve yüzdesine ilişkin sonuçlar

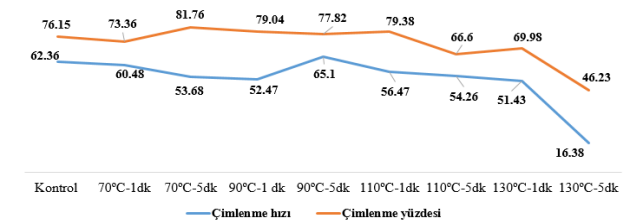
Süre (dk.)	Homojen gruplar	
	Çimlenme yüzdesi	Çimlenme hızı
	Ortalama ve Standart hata ( $X \pm S_x$ )	
1 dk	75.44±1.58 a	55.21±1.86 a
Kontrol	76.15±2.98 a	62.36±2.94 a
5 dk	68.10±1.94 b	47.35±2.21 b

Sıcaklık (°C)	Homojen gruplar	
	Çimlenme yüzdesi	Çimlenme hızı
	Ortalama ve standart hata ( $X \pm S_x$ )	
70 °C	77.56±2.13 a	87.32±2.55 a
90 °C	78.43±2.26 a	58.78±2.54 a
110 °C	72.99±2.24 a	83.60±2.51 a
Kontrol	76.15±2.98 a	62.36±3.41 a
130 °C	58.10±3.07 b	59.62±2.94 b

Sıcaklık (°C) x Süre (dk.)	Homojen Gruplar	
	Çimlenme yüzdesi	Çimlenme hızı
	Ortalama ve Standart hata ( $X \pm S_x$ )	
130 °C - 5 dk	46.23±4.52 d	16.38±4.53 c
90 °C - 1dk	79.04±2.85 ab	56.47±3.29 b
70 °C - 5 dk	81.76±2.74 a	60.48 ±3.58 ab
110 °C - 1 dk	79.38±2.92 ab	56.47±3.76 ab
130 °C - 1dk	69.98±3.40 abc	51.47±3.83 ab
110 °C - 5 dk	66.60±3.31 c	54.26±3.54 ab
Kontrol	76.15±3.54 bc	62.36±4.04 ab
70 °C - 1dk	73.36±3.46 bc	60.48±3.73 a
90 °C - 5 dk	77.82±3.29 abc	65.10±3.45 a



Şekil 2. Sıcaklık şoku ve uygulama süresi faktörlerinin birlikte çimlenme hızı ve yüzdesine etkisi

Çizelge 5. Uygulama süresi ve sıcaklık şoku şiddeti ile kontrole göre popülasyonların çimlenme hızı değerleri (Ortalama ve Standart Hata)

Popülasyon	Kontrol	70°C-1 dk	70 °C-5 dk	90 °C -1 dk	90 °C -5 dk	110 °C-1 dk	110 °C -5 dk	130 °C -1 dk	130 °C -5 dk
Tavşanlı-Alabarda 1050R	61.1±6.3 a	10.7±2.1 bc	20.9±1.2 bc	15.3±0.5 bc	16.4±0.13 bc	8.4±0.9 c	12.3±2.5 bc	10.9±1.4 bc	30.1±17.5 b
İnegöl-Boğazova 1200R	65.4±8.2 a	13.9±2.9 c	26.1±13.8 bc	5.7±0.8 c	44.5±17.6 ab	11.65±0.8 c	13.7±2.8c	11.9±3.1 c	0±0 c
Simav-Kiçir 1100R	57.5±13.1 a	32.7±0.8 bc	33.4±3.5 bc	33.3±1.8 bc	30.4±4.9 c	29.6±4.2 c	22.7±1.3 c	50.3±2.3 ab	17.5±10.2 c
Bayramiç-Karaköy 850R	48.1±3.9 a	34.3±3.0 a	26.8±6.3 ab	38.5±10.6 a	45.4±5.1 a	49.6±7.1 a	35±15.5 a	4.14±2.5 b	27.5±15.8 ab
Bigadiç-Aktuzlar 1378R	41.5±15 ab	45.9±1.3 ab	28.6±4.5 bc	45.2±4 ab	58.1±6.0 a	39.2±4.7 ab	32.8±1.4 b	59.9±10.0 a	8.8±5.1 c
Tavşanlı-Ballıköy 1500R	68.5±2.9 a	52.3±9.5 ab	37.6±4.3 b	39.0±4.9 b	42.6±6.2 b	51.25±5.3 ab	46.7±6.2 b	18.0±10.5 c	46.8±5.0 b
Kalkım-Kalkım 550R	29.7±6.8 bc	63.5±4.0 a	65.5±8.3 a	65.3±10 a	62.3±6.3 a	51.3±9.2 ab	55.3±1.0 ab	51.3±13.6 ab	9.12±5.5 c
Yenice-Asar 270R	41.3±0.2 b	71.3±4.7 a	68.2±15.1 a	70.6±1.8 a	79.1±1.1 a	67.6±3.9 a	70±1.9 a	74.7±1.6 a	0±0 c
Nallıhan-Uluhan 1250R	74.8±8.3 a	66.7±0.5 ab	55.3±7.1 ab	55.5±9 ab	78.8±1.2 a	64.6±0.7 ab	67.4±0.9 ab	53.6±2.0 ab	43.1±23.8 b
Keleş-Sorgun 1350R	62.5±6 ab	85.6±0.8 a	64.1±3.5 ab	79.4±4.8 a	83.9±0.7 a	70.4±6.9 a	73.9±8.9 a	36.7±19.5 bc	32.3±15.7 c
D. Dereçarşamba 1400R	68.5±2.9 ab	89.0±6.3 a	69.4±11.9 ab	84.5±0.9 a	89.7±1.7 a	85.7±1.0 a	49.8±15.3 b	75.9±0.10 a	3.3±0.5 c
Bursa 950R	62.1±8.4 bc	88.0±4.6 a	71.1±4.1 abc	55.8±14.5 c	84.0±4.5 ab	74.8±8.1 abc	80.9±5.1ab	90.3±4.4 ab	10.7±2.0 d
Alaçam-Gölcük 1050R	80.0±0.5 abc	92.6±0.7 a	77.1±0.6 bc	56.8±7.5 d	75.1±11.3 c	86.8±1.6 abc	90.6±0.4 ab	82.6±1.2 abc	0±0 e
Çal-İnceler 1560R	88.8±1.5 ab	79.3±0.9 cd	80.6±1.8 bcd	67.6±7.7 e	93.1±0.7 a	78±1.7 d	80.6±0.1 bcd	87.2±1.2 abc	0±0 f
Sütçüler-Tota 1600R	85.6±2.1 ab	81.8±0.8 bc	80.6±1.8 bc	74.6±3.6 c	93.1±0.7 a	78.2±1.5 bc	82.2±1.6 bc	87.2±1.2 ab	17±6.8 d

Çizelge 6. Uygulama süresi ve sıcaklık şoku şiddeti ile kontrole göre popülasyonların çimlenme yüzdesi değerleri (Ortalama ve Standart Hata)

Popülasyon	Kontrol	70°C-1 dk	70 °C-5 dk	90 °C -1 dk	90 °C -5 dk	110 °C-1 dk	110 °C -5 dk	130 °C -1 dk	130 °C -5 dk
Tavşanlı-Alabarda 1050R	69.3±5.3 a	19.1±1.3 c	70.3±17.1 a	40.1±4.3 bc	25.7±3.8 c	54.4±5.1 ab	20.3±0.5 c	33.9±4.8 bc	36.7±16.1 bc
İnegöl-Boğazova 1200R	90.1±0.1 a	32.3±1.6 c	49.4±3.4 bc	36.6±4.6 bc	58.6±19.1 b	43.1±2.7 bc	36.5±3.1 bc	33±6.5 c	6.9±2.7 d
Simav-Kiçir 1100R	68.1±15.3 ab	56.5±2.5 bc	77.8±2.3 ab	71.2±2.1 ab	44.1±4.1 cd	65.6±4.7 b	38.8±1.2 cd	88.2±4.0 a	25.3±10.5 d
Bayramiç-Karaköy 850R	62.4±5.9 ab	62.2±9.0 ab	69.6±5.4 ab	65.6±3.6 ab	75.0±4.7 a	76.2±5.0 a	55.9±12.1 ab	26.5±11.0 c	42.7±17.5 bc
Bigadiç-Aktuzlar 1378R	59.4±17.8 abc	51.2±1.4 bc	64.6±7.1 abc	60.3±6.5 abc	85.0±4.5 a	60.9±7.3 abc	36.1±0.5 cd	78.7±12.3 ab	16.5±7.3 d
Tavşanlı-Ballıköy 1500R	88.6±1.5 a	81.1±2.9 ab	72.2±8.6 abc	55.7±7.6 cd	65.6±11.0bcd	72.9±6.0 abc	64.2±3.9 bcd	48.9±8.8 d	59.6±3.7 bcd
Kalkım-Kalkım 550R	42.1±6.8 c	76.8±4.1 a	82.9±4.9 a	81.1±1.0 a	71.6±5.8 ab	65.2±7.5 ab	62.1±0.5 abc	60.8±11.7 abc	49.6±10.7 bc
Yenice-Asar 270R	52.3±1.3 d	85.7±4.3 b	97.6±0.2 a	95.6±0.0 a	89.5±0.5 b	95.6±1.2 a	76.3±2.1c	86.9±0.5 b	29.9±0.4 e
Nallıhan-Uluhan 1250R	93.4±2.3 a	77.1±5.2 bc	87.9±3.6 ab	96.6±1.9 a	94.5±1.7 a	90.2±1.4 ab	71.8±2.2 c	90.8±4.1 ab	76.9±11.5 bc
Keleş-Sorgun 1350R	88.7±1.1 ab	88.6±0.9 ab	76.8±4.8 ab	96.4±2.1 a	87.9±2.0 ab	88.1±5.2 ab	83.3±6.8 ab	68.1±12.3 b	70.7±12.4 b
D. Dereçarşamba 1400R	89.7±1.7 ab	93.0±4.0 a	85.4±8.4 ab	100.0±0.0 a	100.0±0.0 a	98.9±0.6 a	72.5±15.9 b	86.8±4.0 ab	52.2±0.1 c
Bursa 950R	73.8±6.5 b	91.1±5.1 a	98.9±0.6 a	97.9±1.2 a	100.0±0.0 a	98.0±1.1 a	95.5±1.4 a	95.6±2.5 a	47.3±1.5 c
Alaçam-Gölcük 1050R	93.7±1.2 ab	99.1±0.5 a	98.9±0.6 a	95.7±1.1 ab	82.5±9.1 b	98.7±0.7 a	98.2±1.0 a	100±0.0 a	45.9±9.1 c
Çal-İnceler 1560R	89.1±1.4 b	89.1±1.4 b	98.8±0.7 a	97.7±0.1 a	97.3±1.5 a	91.9±0.6 b	91.7±1.5 b	91.9±1.2 b	56.1±2.9 c
Sütçüler-Tota 1600R	81.6±1.7 b	97.6±1.2 a	95.3±1.5 a	95.5±2.0 a	90.1±1.7 a	91.0±2.4 a	95.8±1.8 a	59.6±3.4 c	77.2±6.1 c

Çizelge 5’de İnegöl-Boğazova (1200 m), Yenice-Asar (270 m), Alaçam-Gölcük (1050 m) ve Çal-İnceler (1560 m) popülasyonlarının 130 °C-5 dk işleminde çimlenme hızları %0 olarak tespit edilmiştir. Yenice-Asar (270 m) popülasyonu kontrol işlemine göre uzun ve en yüksek sıcaklık şoku uygulaması (130 °C-5 dk) haricinde diğer bütün işlemlerde (70 °C-1 dk, 70 °C-5 dk, 90 °C-1 dk, 90 °C-5 dk, 110 °C-1 dk, 110 °C-5 dk ve 130 °C-1 dk) daha yüksek çimlenme hızı göstermiştir. Benzer şekilde Kalkım-Kalkım (550 m) popülasyonu 70°C-1 dk, 70 °C-5 dk, 90 °C-1 dk ve 90 °C-5 dk işlemlerinde kontrol işlemine göre daha yüksek çimlenme hızları göstermiştir. Ayrıca, Bursa (950 m) popülasyonunda ise sadece 70°C-1 dk işleminde daha yüksek çimlenme hızı tespit edilmiştir. Buna karşın, Tavşanlı-Alabarda (1050 m) popülasyonunda bütün sıcaklık şoku uygulamalarında kontrol işlemine göre daha düşük çimlenme hızları belirlenmiştir.

Çizelge 6 incelendiğinde; İnegöl-Boğazova (1200 m) popülasyonuna uygulanan bütün sıcaklık şoku ve süresi işlemleri, kontrole göre çimlenme yüzdesi üzerinde olumsuz yönde etki yaptığı, Bayramiç-Karaköy (850 m) popülasyonunun kontrol işlemi tohumları, 1 ve 5 dk süreli 130 °C sıcaklık şoku uygulamalarına göre, Tavşanlı-Ballıköy (1500 m) popülasyonu kontrol işlemi tohumları ise 110°C-5 dk, 130°C-1 dk ve 130°C-5 dk işlemlerine göre daha yüksek çimlenme yüzdesi göstermiştir. Buna karşın, Sütçüler-Tota (1600 m) popülasyonu 130°C sıcaklık uygulaması haricindeki bütün süre ve sıcaklık şoku uygulamaları kontrole göre daha yüksek çimlenme yüzdesi

göstermiştir. Bursa (950 m) popülasyonunda ise bu durum 130°C-5 dk işlemi haricindeki bütün işlemlerde görülmüştür. 70°C-1 dk, 70°C-5 dk, 90°C-1 dk, 90°C-5 dk ve 110°C-1 dk işlemleri Kalkım-Kalkım (550 m) popülasyonunda, 70°C-1 dk, 70°C-5 dk, 90°C-1 dk, 90°C-5 dk, 110°C-1 dk, 110°C-5 dk ve 130°C-1 dk işlemleri ise Yenice-Asar (270 m) popülasyonunda kontrole göre daha yüksek çimlenme yüzdesi göstermiştir.

#### 4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada; 270 m ile 1600 metre rakımlar arasında yer alan dört ayrı ana ıslah zonundan seçilmiş 15 farklı Anadolu karaçamı popülasyonundan temin edilmiş tohumlara uygulanan yüksek sıcaklık şoklarına bağlı olarak tohumların çimlenme kabiliyetlerini muhafaza edebildikleri tespit edilmiştir. Popülasyonların temin edildiği ana ve alt ıslah zonları bazında bir farklılık tespit edilmemiş olup, sıcaklık şoklarına tahammül açısından popülasyonlar açısından farklılık belirlenmiştir. Kısa süreli (1 dk) sıcaklık şokları, kontrol işlemi ile kıyaslandığında tohumun çimlenme kabiliyetinde olumsuz bir tesir yapmadığı saptanmıştır (Çizelge 4). 130 °C’lik özellikle 5 dk süreli sıcaklık şoku uygulamasının çimlenme hızı ve yüzdesini düşürdüğü belirlenmiştir (Çizelge 4). Uygulanmış olan bazı sıcaklık şoklarının şiddetleri çimlenme yüzdesi ve hızı açısından kontrol grubu ile belirgin farklılıklar göstermiştir. Çalışmada; 70°C-5 dk, 90°C-1 ve 5 dk, 110°C-1 dk ve 130

°C-1 dk'lık işlemleri kontrol grubuna göre çimlenme yüzdesini arttırıcı etki yapmıştır.

Alvarez vd. (2007), üç farklı çam türünde (*Pinus pinaster*, *P. sylvestris* ve *P. nigra*) uyguladıkları sıcaklık şoklarına bağlı olarak 110°C-5dk'lık uygulamada çimlenme yüzdesinin %15 olduğunu ve daha yüksek sıcaklık şoku uygulamalarında ise çimlenmenin gözlenmediğini ayrıca, 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise canlılık belirtisinin olmadığını belirtmişlerdir. Aynı çalışmada; 5 dk süreli 110°C'lik yüksek sıcaklığa karaçam tohumlarının dayanamadıklarını vurgulanmıştır. Ayan ve Usta (2010), Boyabat-Büyük orijinli karaçam tohumları için 120 °C üzerindeki sıcaklık uygulamalarının tohumun hayatiyetini kaybetmesine sebep olacağını dile getirmişlerdir. Tarafımızca yürütülen bu araştırma sonucunda ise 130 °C yüksek sıcaklık şoku uygulamasında çimlenme yüzdesi ve hızının büyük ölçüde azalma göstermesi hatta İnegöl-Boğazova (1200 m), Yenice-Asar (270 m), Alaçam-Gölcük (1050 m) ve Çal-İnceler (1560 m) popülasyonlarında çimlenme hızının %0'a düştüğü saptanmıştır (Çizelge 5, 6). Bu sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir. Wright (1931) tarafından, 65 °C ile 120 °C'lik sıcaklığın yaklaşık olarak 4 dk'da tohum embriyosuna ulaştığı ve tohumun canlılığını etkilediği belirtilmektedir.

Escudero vd. (1997) karaçam ve sarıçam türleri üzerine yaptıkları çalışmada; Karaçam tohumları için 90 °C'ye kadarki bütün sıcaklıklarda tohumların kontrol grubu ile benzer sonuçlar verdiklerini fakat 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çimlenmenin önemli ölçüde azaldığını dile getirmişlerdir. Turna ve Bilgili (2006), Anadolu karaçamı tohumlarına uygulanan 70, 90, 110, 130 ve 150 °C'lik ve 5 dk süreli sıcaklık şoku uygulamalarında hemen hemen çimlenme elde edemezken, 1 dk. süreli 110 °C'lik sıcaklık şoklarına karşı tohumların canlılığını muhafaza edebildiğini belirtmektedirler. Bu araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar ile Turna ve Bilgili (2006)'nin araştırma sonuçları büyük ölçüde örtüşmektedir. Zira, her iki çalışmada 5 dk süreli yüksek sıcaklığa maruz bırakılma çimlenmeyi olumsuz etkilerken, 1 dk süreli yüksek sıcaklığa maruz bırakılan tohumların canlılığını muhafaza edebildiği görülmüştür (Çizelge 4).

Ayan vd. (2019) 60 ile 925 metre rakımlar arasındaki 14 farklı kızılçam popülasyonu üzerinde yürüttükleri denemede, popülasyonların tohumlarının tamamının 130 °C'ye kadarki yüksek sıcaklık şoklarında yaşama kabiliyetlerini koruyabildikleri tespit edilmiştir. Ayrıca, 1 dk. boyunca 130 °C yüksek sıcaklık şoku uygulanan tohumlarda çimlenme kabiliyetinin de maksimum olduğu belirlenmiştir. Ayan ve Usta (2010), doğal çam türleri üzerine yaptıkları bir başka çalışmada ise sıcaklık şoklarının tamamı için kontrol grubunun daha başarılı sonuçlar elde etmiştir. Buna karşın Alvarez vd. (2007), karaçam tohumlarında 90 °C-1 dk'lık uygulamada kontrol grubuna nazaran daha iyi sonuç elde etmişlerdir. Bahsi geçen çalışmada; 120°C'ye kadar yapılan uygulamaların çimlenme yüzdesini pozitif yönde etkilediği, 120 °C üzeri sıcaklıklarda ise çimlenme yüzdesi ve hızı değerlerinde büyük ölçüde azalma olduğu gözlenmiştir. Araştırma sonuçları arasındaki farklılıklar, tohumun elde edildiği popülasyonların genotipik özelliklerine dayandırılabilir. Ayrıca, yükselti farkının çimlenme üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak orman yangınları, ekosistemin bir parçasıdır ve yangın esnasında ortaya çıkan sıcaklık değerleri, orman ağaçları tohumları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kızılçam, sarıçam ve karaçam üzerinde yapılmış olan birçok çalışmada sıcaklık şiddetine karşı doğal çam türleri belirli bir sıcaklığa kadar canlılığını muhafaza etmektedir. Hatta sıcaklık şiddetinin çimlenme yüzdesi ve hızı üzerinde pozitif etkileri olduğu bilinmektedir. Elde edilen sonuçlar; özellikle yangına karşı hassas orman ekosistemlerinde ve çimlenme engeli bulunan orman ağacı ve maki vejetasyonu türlerinin regenerasyonu açısından önem arz etmektedir. Ayrıca sonuçlar, diri örtü probleminin kontrollü yakma ile bertaraf edildiği gençleştirme alanlarında uygulanacak silvikültürel işlemler için de kıymet ifade etmektedir.

#### Açıklama

Orman Genel Müdürlüğü, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğüne tohum tedariki konusunda verdikleri destekten ötürü içtenlikle teşekkür ederiz.

#### Kaynakça

- Auld, T.D., O'Connell, M.A., 1991. Predicting patterns of post-fire germination in 35 eastern Australian fabaceae. *Australian Journal of Ecology*, 16:53-70.
- Alvarez, R., Valbuena, L., Calvo, L., 2007. Effect of high temperatures on seed germination and seedling survival in three pine species (*Pinus pinaster*, *P. sylvestris* and *P. nigra*). *International Journal of Wildland Fire*, 16:63-70.
- Ayan, S., Usta, T., 2010. Sıcaklık şoklarının doğal çam türleri tohumlarının canlılığı üzerine etkisi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, 2, s.766-774.
- Ayan, S., Yer, E. N., Gülseven, O., 2017. Evaluation of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) afforestation areas in Turkey in terms of climate type. *Artvin Çoruh University, Journal of Forestry Faculty*, 18(2): 152-161.
- Ayan, S., Erkan, C., Gülseven, O., Akın, Ş.S., Yılmaz, E., Yer Çelik, E.N., 2019. Effects of high heat shocks on seed germination in Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Populations. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4): 312-316.
- Belen, İ., Battistelli, A., Brand, D., Çağatay, A., Çağlar, S., Garavaglia, V., Metaj, M., Moshe, I., Özden, S., Picard, N., Sözer, B., Türer, A., 2018. State of Mediterranean Forests 2018. *FAO of the United Nations and Plan Bleu, Regional Activity Center of UN Environment / Mediterranean Action Plan, Rome*. <http://www.fao.org/3/CA2081EN/ca2081en.pdf>, Accessed:15<sup>th</sup> January, 2020.
- Bell, D.T., Plummer, J.A., Taylor, S.K., 1993. Seed germination ecology in South western Western Australia. *Botanical Review*, 59: 24-73.
- Cooper, C.F., 1961. The ecology of fire. *Scientific American*, 204: 150-160.
- Daskalou, E.N., Thanos, C.A., 1996. Aleppo pine (*Pinus halepensis*) post fire regeneration: the role of canopy and soil seed banks. *International Journal of Wildland Fire*, 6: 59-66.
- Di Castri, F., Mooney, H.A., 1973. *Mediterranean Type Ecosystems: Origin and Structure*. Springer-Verlag, New York.
- Ercan, M., 1997. *Bilimsel Araştırmalarda İstatistik*. T.C. Orman Bakanlığı, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi No: 6, Müdürlük Yayın No:243, İzmit.
- Escudero, A., Barrero, S., Pita, J.M., 1997. Effects of high temperatures and ash on seed germination of two Iberian pines (*Pinus nigra* ssp. *salzmannii*, *P. sylvestris* var. *iberica*). *Annales des Sciences Forestieres*, 54: 553-562.

- Gashaw, M., Michelsen, A., 2002. Influence of heat shock and seed germination of plants from regularly burnt savana woodlands and grassland in Ethiopia. *Plant Ecology*, 159: 83-93.
- Gill, A.M., Groves, R.H., Noble, I.R., 1981. Fire and The Australian Biota. Australian Academy of Science, Canberra.
- Habrouk, A., Retana, J., Espelta, J.M., 1999. Role of heat tolerance and cone protection of seeds in there sponse of three pine species to wild fires. *Plant Ecology*, 145: 91–99.
- Hanley, M.E., Fenner, M., 1998. Pre-germination temperature and the survivor ship and on ward growth of Mediterranean fire-following plant species. *Acta Oecologica*, 19: 181-187.
- Kavgacı, A., Čarni, A., Başaran, S., Başaran, M.A., Košir, P., Marinšek, A., Šilc, U., 2010. Long-term post-fire succession of *Pinus brutia* forest in the east Mediterranean. *International Journal of Wildland Fire*, 19(5): 599-605.
- Kazanis, D., Arianoutsou, M., 2004. Factor determining low Mediterranean ecosystems resilience to fire: the case of *Pinus halepensis* forests. Proceedings 10<sup>th</sup> MEDECOS conference, April 25- May 1, Rhodes, Greece, pp.1-12.
- Keeley, J.E., Morton, B.A., Pedrosa, A., Trotter, P., 1985. Role of allelopathy, heat and charred wood in the germination of chaparral herbs and suffrutescents. *Journal of Ecology*, 73: 445–458.
- Keeley, S.C., Keeley, J.E., Hutchinson, S.M., Johnson, A.W., 1981. Post fire succession of the herbaceous flora in southern California chaparral. *Ecology*, 62: 1608–1621.
- Keith, D.A., 1996. Fire-driven extinction of plant populations: a synthesis of theory and review of evidence from Australian vegetation. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 116: 37–78
- Naveh, Z., 1975. The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio*, 29: 199-208.
- Neyişçi, T., Cengiz, Y., 1985. Effects of heat and ash on the germination and seedling growth of *Pinus brutia*. *Doğa Bilim Dergisi*, 9(1): 121-131.
- Nunez, M.R., Calvo, L., 2000. Effect of high temperatures on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus halepensis*. *Forest Ecology and Management*, 131: 183-190.
- Odion, D.C., Davis, F.W., 2000. Fire, soil heating, and the formation of vegetation patterns in chaparral. *Ecological Monographs by the Ecological Society of America*, 70(1): 149–169.
- OGM, 2013. Orman Atlası. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Orman%20Atlasi.pdf>, Erişim: 14 Ocak 2020.
- Stone, E.C., Juhren, G., 1953. Fire stimulated germination: Effect of burning on germination of brush seed investigated in physiological study of chamise. *California Agriculture*, 7: 13–14.
- Thanos, G.A., Marcou, S., Chirstodoulakis, P., Yannitsaros, A., 1989. Early post-fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos island (Greece). *Acta Oecologia/Oecologia Plantarum*, 10: 79–94
- Turna, İ., Bilgili, E., 2006. Effect of on seed germination of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp. *pallasiana*, *International Journal of Wildland Fire*, 15: 283-286.
- Trabaud, L., Campant, C., 1991. Difficulte de recolonisation naturelledu Pin de Salzman *Pinus nigra* ssp. *salzmannii* (Dunal) Francoapresincendie. *Biological Conservation*, 58: 329–343.
- Ürgenç, S., 1998. Ağaç ve Süs Bitkileri Fidanlık ve Yetiştirme Tekniği. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, İstanbul.
- Valbuena, L., Tarrega, R., 1998. The influence of heat and mechanical scarification on the germination capacity of *Quercus pyrenaica* seeds. *New Forests*, 16: 177–183.
- Wright, B., 1931. The effects of high temperatures on seed germination. *Journal of Forestry*, 29(5): 679-687.