

SERİ  
SERIES  
SERIE  
SÉRIE

**A**

CİLT  
VOLUME  
BAND  
TOME

**49**

SAYI  
NUMBER  
HEFT  
FASCICULE

**2**

**1999**

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
**ORMAN FAKÜLTESİ**  
**DERGİSİ**

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,  
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE  
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



# KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.) TOHUMLARINDA OZMOTİK STRES İLE KOŞULLANDIRMANIN ÇİMLENME ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Doç. Dr. Hüseyin DİRİK<sup>1)</sup>  
Ar. Gör. Mehmet ÇALIKOĞLU<sup>1)</sup>  
Ar. Gör. Fahrettin TİLKI<sup>1)</sup>

## Kısa Özet

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tohumlarının iç uyku hallerinin giderilmesi amacıyla ekim öncesinde ozmotik stres ile koşullandırmanın çimlenme yüzdesi ve çimlenme değeri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma, ozmotik stres ile koşullandırma ve katlama+ozmotik stres ile koşullandırma ana işlem gruplarına ayrılan tohumların 5 ve 10 günlük sürelerle 0 bar, -7,5 bar, -15,0 bar, -22,5 bar'lık ozmotik stres düzeylerinde koşullandırılması ve +15 °C ve +25 °C sıcaklıklarda çimlenme yeteneklerinin test edilmesini kapsayan denemeler dizisi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ozmotik stres ile koşullandırmanın tohumların çimlenme yüzdesi ve çimlenme değerini artırdığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, tohumların iç uyku hallerinin giderilmesinde, araştırmada denenen koşullandırma işlemleri klasik katlama yöntemi kadar etkili bulunmamıştır.

## 1. GİRİŞ

Yüzyıllarca süren orman ağaçlarının yaşam döngüsünde tohumların çimlenmesi oldukça kısa bir dilimi kapsar. Ancak, yeni yaşam döngüsünün başlangıcını oluşturması bakımından da belirleyici bir önem taşır.

Genel olarak tohumların çimlenmesi bazı içsel (endosperm, embriyo v.s.) ve dışsal (ışık, sıcaklık, nem v.s.) faktörlerin kontrolü altındadır (KRUGMAN / STEIN / SCHMITT 1974; WIL-LAN 1985; BRADBEER 1988; BEWLEY/BLACK 1994). Bu faktörlerin uygun hale getirilmesi, tohumların gerek fidanlıkta, gerekse ağaçlandırma (ekim yoluyla) alanlarındaki kültürel değerlerini artırabilmek için bir zorunluluktur.

Orman ağacı türlerinin % 60 ında tohumlarının çimlenme oranını ve kültürel değerlerini arttırabilmek için iç uyku hallerinin giderilmesi bir gereksinim olarak ortaya çıkar (BONNET-MASSIMBERT/VILLAR 1986). Bu amaçla en yaygın olarak kullanılan yöntem, tohumları nemli

<sup>1)</sup> I.Ü. Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı

bir ortamda, düşük sıcaklık derecelerinde ve belirli sürelerde tutmak şeklinde uygulanan katlama işlemidir (WILLAN 1985; MÜLLER 1986; BRADBEER 1988; HART 1991; BOUDRU 1992).

İç uyku halinin giderilmesi için önerilen bir diğer yöntem de, tohumların ekimler öncesinde belirli sürelerde ve farklı ozmotik stres düzeylerinde koşullandırılmasıdır (HALLGREN 1989; KHALIL/MEXAL/ORTIZ 1997). Bu yöntemde, koşullandırmada öngörülen ozmotik stres düzeyleri, saf suya belirli oranlarda PEG (Polietilen glikol) katılması ile elde edilebilmektedir (MICHAEL/KAUFMANN 1973). Ozmotik stress ile koşullandırma yöntemi, tohumu ortodoks ve rekalsitran özellik gösteren birçok türde denenmiş, çimlenme engelini giderici etkisi yanında, çimlenme değerini de arttıran bir etkisi olduğuna ilişkin ümit verici bulgular elde edilmiştir (HEYDECKER/COOLBEAR 1977; BEWLEY/BLACK 1994 KHALIL/MEXAL/ORTIZ 1997). Bu yöntemin, özellikle ekstrem koşullarda çimlenmeyi arttırmak, hızlandırmak ve bunların sonucunda dış koşullara daha dayanıklı bireylerin yetişmesini sağlamak gibi bir avantajı olduğu da belirtilmektedir (HALLGREN 1989). Ayrıca, hem işlem süresinin klasik katlama yöntemine göre daha kısa olması, hem de klasik katlama yönteminde tohumların yerleştirildikleri ortamın nemindeki değişiklikler kontrol edilemediği halde bu yöntemde sabit tutulabilmesi, ozmotik stres ile koşullandırma yönteminin üstünlükleri olarak belirtilmektedir (MÜLLER/BONNET-MASSIMBERT 1983).

Çimlenme yüzdesini, hızını ve ürün uniformitesini artırmak için ümit verici bir teknik olan ozmotik stres ile koşullandırma yönteminde, tohumlarda kökçük büyümesi hariç tüm diğer metabolik süreçler koşullandırma esnasında tamamlanarak çimlenmeye hazır hale getirilmektedir (HEYDECKER/COOLBEAR 1977; HALLGREN 1989; BEWLEY/BLACK 1994). Düşük molekül ağırlıklı bir madde olan Polietilen glikol, tuz kadar kolay absorbe edilmemekte ve su alımını düzenleyerek tohumları öngörülen ozmotik stres düzeyi koşullarında tutmaktadır (KHALIL/MEXAL/ORTIZ 1997).

Bu kapsamda gerçekleştirilen çeşitli araştırmaların sonuçlarına göre, tohumların ozmotik stres ile koşullandırılması, *Pinus echinata*, *Pinus elliottii*, *Pinus sylvestris* ve *Pinus taeda*'da çimlenme yüzdesi ve hızını olumlu yönde etkilemiş (HARIDI 1985; HALLGREN 1989), *Fagus sylvatica*'da ortalama çimlenme süresini azaltmış (MULLER/BONNET-MASSIMERT 1983), *Pinus brutia* var. *elderica*'da da çimlenme hızını artırıp fidan kalitesi üzerinde olumlu etkilerde bulunmuştur (KHALIL/MEXAL/ORTIZ 1997). Bunun yanında, *Picea glauca*, *Picea abies* ve *Pinus elliottii*'de toplam çimlenmeyi azalttığı yönünde bulgular elde edilmiştir (SIMAK 1985; HALLGREN 1989).

Bu araştırmada, tohumu ekimler öncesinde katlama ihtiyacı gösteren ve Türkiye'de gerek fidanlıklarda, gerekse ekim yolu ile ağaçlandırmalarda üzerinde en çok çalışılan türlerin başında gelen Kızılcıdamda, ozmotik stres ile koşullandırmanın tohumların çimlenme yüzdesi ve çimlenme değerine olan etkisinin katlama ile de ilişkiye getirilerek ortaya konulması hedeflenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada, Kızılcıdamın Mustafakemalpaşa (Bursa) - Çaltılıbük orijinli (yükseklik 250 m), 1997 yılı ürünü tohumları kullanılmıştır. Denemeler, tohumların iç uyku hallerinin giderilmesi amacıyla katlama uygulamaksızın yalnızca ozmotik stres ile koşullandırma ve katlama işleminden sonra ozmotik stres ile koşullandırma olmak üzere iki ana işlem grubu üzerinde yürütülmüştür.

Her iki işlem grubunda da tohumların koşullandırılması için 0 bar (kontrol), -7.5 bar, -15.0 bar ve -22.5 bar olmak üzere 4 farklı stres düzeyi öngörülmüştür. Belirtilen stres düzeylerinin oluşturulması, MICHAEL/KAUFMANN (1973) tarafından geliştirilen formüle göre hazırlan-

nan PEG - 6000 çözeltileri ile gerçekleştirilmiştir. Çimlendirme denemesi öncesinde tüm tohumlar yuздürme yöntemiyle dolu ve boş taneler olarak ayrılmış ve dolu tohumlar arasından seçilen aynı irilik düzeyindeki yeterli sayıda tohumlarla denemelere geçilmiştir. Bunun için, hazırlanmış olan değişik ozmotik stres düzeylerindeki PEG çözeltileri, cam tüplere doldurulmuş, bu çözeltilerin içine de denemelere göre öngörülen sayılarda tohumlar yerleştirilerek tüplerin ağızları cam kapaklarla kapatılmıştır. Tohumlar -7.5 bar, -15.0 bar ve -22.5 bar stres düzeylerinde hazırlanan çözeltiler içerisinde 5 ve 10 gün olmak üzere iki ayrı sürede koşullandırılmışlardır. Koşullandırma işlemleri, iklim dolabında, 5000 lüks şiddetindeki ışık altında ve 20 °C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Koşullandırma süresince, ozmotik stres düzeylerinin değişmemesi amacı ile, 5 günlük koşullandırmada 1 ve 3 üncü, 10 günlük koşullandırmada ise 1, 3, 5 ve 7. günlerde PEG çözeltileri yenilenmiştir. Koşullandırma süresi sonunda denemelerde tüm tohumlar, çimlendirme denemelerine alınmadan önce hızlı saf su ile yıkanmış ve oda sıcaklığında yüzeysel olarak kurutulmuşlardır. Katlama + ozmotik stres ile koşullandırma işlemine ayrılan tohumlar ise, koşullandırma öncesinde 45 gün süre ile, +4 °C'de nemli kum içerisinde bekletilmişlerdir.

Çimlendirme denemeleri çimlendirme dolabına yerleştirilen 11 mm.lik petri kapları içerisinde filtre kağıdı ortamında gerçekleştirilmiş ve denemelerde 15 °C ve 25 °C olmak üzere iki ayrı sabit sıcaklık uygulanmıştır. Denemeler, 8 saat gün ışığı 16 saat karanlıkta ve % 70 bağıl nem koşullarında gerçekleştirilmiş ve 35 gün sürdürülmüştür. Böylece araştırma, katlamalı ve katlamasız olmak üzere 2 ana koşullandırma grubu \* 4 farklı ozmotik stres düzeyi (0 [kontrol], -7.5, -15.0, -22.5 bar) \* 2 farklı koşullandırma süresi (5 ve 10 gün) \* 2 farklı çimlendirme sıcaklığı (+15 °C ve 25 °C) işlemlerinden oluşan 4 faktöriyel denemeler dizisi üzerinde yürütülmüştür. Tüm denemelerde her işlem 50 şer adet tohumdan oluşan 4 tekrar ile temsil edilmiştir.

Çimlendirme denemesi süresince, her gün çimlenen tohumlar öngörülen işlemlere ve tekrarlara göre sayılmış ve denemelerin sonunda çimlenme yüzdeleri hesaplanmıştır. Ayrıca işlemlere göre belirlenen günlük çimlenme oranları ile her bir işlem grubu için tohumların çimlenme değerleri belirlenmiştir. Çimlenme değerlerinin belirlenmesinde DJAVANSHIR/POURBIEK (1976) tarafından geliştirilen  $GV = (\Sigma DGS) * (GP) * 10 / N$  formülü kullanılmıştır (GV = çimlenme değeri, DGS = birikimli çimlenme yüzdesinin test başlangıcından itibaren geçen süreye bölünmesi ile elde edilen günlük çimlenme hızı, N = deneme süresi GP = çimlenme yüzdesi).

Elde edilen veriler, hem çimlenme yüzdelerine hem de çimlenme değerlerine göre 2 ana koşullandırma grubu (ozmotik stres ile koşullandırma, katlama+ozmotik stres ile koşullandırma) için ayrı ayrı faktöriyel varyans analizlerine tabi tutulmuştur. Çimlenme yüzdeleri ile yapılan analizlerde arc Sin p/2 açışal dönüşümlü değerler kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

Çimlendirme denemesi öncesinde öngörülen işlemlere göre ozmotik stres ile koşullandırılan tohumların deneme sonundaki çimlenme yüzdeleri ve çimlenme değerleri Tablo 1 de topluca verilmiştir.

Belirtilen çimlenme yüzdesi değerlerinin faktöriyel varyans analizi yöntemiyle karşılaştırılması sonunda, koşullandırma süresinin 0,05 düzeyinde istatistiksel önemlilik gösterdiği, çimlendirme sıcaklığı ve ozmotik stres düzeyi etkenleriyle tüm etkenlere ait etkileşimlerin istatistiksel anlamda bir farklılık göstermedikleri belirlenmiştir (Tablo 2).

Bu sonuçlara göre, deneme öncesinde ozmotik stres ile koşullandırma, Kızılçam tohumlarının çimlenme yüzdesi üzerinde pozitif yönde etkili olmaktadır. Koşullandırmanın 10 gün süre ile uygulanması, çimlenme yüzdesini istatistiksel önemlilik düzeyinde artırmaktadır.

**Tablo 1 : Ozmotik stres ile koşullandırılan tohumların çimlendirme testi sonuçları**  
**Table 1 : Results of germination tests of primed seeds**

Çimlendirme ortam sıcaklığı (Germination temperature) (°C)	Koşullandırma süresi (gün) (Priming duration) (days)	Ozmotik stres düzeyleri (Osmotic potential) (bars)	Çimlenme yüzdesi (Germination percentage) (%)	Çimlenme değeri (Germination value) (GV)
15	5	0 (kontrol)	27.5	2.31
		-7.5	34.0	4.04
		-15.0	29.0	2.55
		-22.5	26.5	1.80
	10	0(kontrol)	27.5	2.31
		-7.5	48.0	7.63
25	5	-15.0	50.5	8.50
		-22.5	46.5	7.13
		0(kontrol)	42.5	5.64
		-7.5	25.0	2.20
	10	-15.0	37.0	3.66
		-22.5	31.0	2.52
		0(kontrol)	42.5	5.64
		-7.5	37.5	5.13
		-15.0	39.5	4.46
		-22.5	39.0	4.95

**Tablo 2 : Ozmotik stres ile koşullandırılan tohumların çimlendirme testi sonuçlarının çimlenme yüzdesi değerlerine göre faktöriyel varyans analizi**  
**Table 2 : The analysis of variance of germination percent of primed seeds**

Varyasyon Kaynağı Source of variation	Serbestlik derecesi DF	Kareler toplamı Sum of squares	Ortalama kareler Mean squares	F Değeri F values
A (Koşullandırma süresi) (Priming duration)	1	135.7	135.7	16.69 *
B (Ozmotik stres düzeyi) (Osmotic potential)	3	13.8	4.6	0.56 N.S.
C (Çimlendirme ortamı sıcaklığı) (Germination temperature)	1	0.8	0.8	0.01 N.S.
<b>Etkileşimler (Interactions)</b>				
A*B	3	46.5	15.5	1.91 N.S.
A*C	1	21.7	21.7	2.67 N.S.
B*C	3	118.3	39.4	4.85 N.S.
Deneysel hata (Residuals)	3	24.4	8.1	

\* p=0.05 düzeyinde anlamlı

N.S. İstatistiksel açıdan anlamsız

Koşullandırma süresinin çimlenme yüzdesi üzerindeki bu etkisi, düşük sıcaklıktaki çimlenme yüzdesi sonuçları bakımından dikkat çekicidir. -15.0 bar stres düzeyinde 10 gün süre ile

koşullandırılan ve + 15 °C de çimlendirilen tohumların çimlenme yüzdesi (% 50.5) kontrol çimlenmelerine (% 27.5) oranla % 45 daha yüksek gerçekleşmiştir. Bu oran, tüm işlemlerin kontrol gruplarına göre oransal değerlerinin en fazlasını oluşturmaktadır.

Çimlendirme denemesi öncesinde ozmotik stres ile koşullandırma, çimlenme yüzdesi sonuçlarında olduğu gibi çimlenme değeri üzerinde de pozitif bir etki yapmaktadır. Nitekim ozmotik stres ile koşullandırılan tohumların çimlendirme testi sonuçlarının çimlenme değeri (GV) bakımından işlemlere göre faktöriyel varyans analizi yöntemi ile karşılaştırılmasında da benzer sonuçlar elde edilmiş ve koşullandırma süresinin 0,05 düzeyinde önemlilik gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3: Ozmotik süres ile koşullandırılan tohumların çimlendirme testi sonuçlarının çimlenme değerine göre faktöriyel varyans analizi**

Table 3 : The analysis of variance of germination values of primed seeds

Varyasyon Kaynağı <i>Source of variation</i>	Serbestlik derecesi DF	Kareler toplamı <i>Sum of squares</i>	Ortalama kareler <i>Mean squares</i>	F Değeri <i>F values</i>
A (Koşullandırma süresi) <i>(Priming duration)</i>	1	54.65	54.65	12.98 *
B (Ozmotik stres düzeyi) <i>(Osmotic potential)</i>	3	4.52	1.51	0.36 N.S.
C (Çimlendirme ortam sıcaklığı) <i>(Germination temperature)</i>	1	0.00	0.00	0.00 N.S.
<b>Etkileşimler (Interactions)</b>				
A*B	3	19.36	6.45	1.53 N.S.
A*C	1	6.93	6.93	1.65 N.S.
B*C	3	32.30	10.77	2.56 N.S.
Deneysel hata ( <i>Residuals</i> )	3	12.62	4.21	

\* p=0.05 düzeyinde anlamlı

N.S. İstatistiksel açıdan anlamsız

Analiz sonuçlarına göre ozmotik stres düzeyi ve çimlendirme ortamı sıcaklığı etkenleri ile tüm etkenlere ait etkileşimler ise, istatistiksel önemlilik düzeyinde bir farklılık göstermemektedir. Koşullandırma süresinin çimlenme değeri üzerindeki pozitif etkisi, çimlenme yüzdesi sonuçlarına paralel olarak düşük sıcaklıktaki (+15 °C) çimlendirmelerde belirginleşmektedir (Tablo 1). 10 gün süre ile koşullandırılan ve + 15 °C de çimlendirilen tohumların çimlenme değerleri kontrol grubu çimlenme değerlerine göre -7.5 bar stres düzeyinde 3.3, -15.0 bar stres düzeyinde 3.7 ve -22.5 bar stres düzeyinde de 3 kat daha fazladır.

Önce klasik katlama, ardından da ozmotik stres ile koşullandırma uygulanan tohumların çimlendirme testi sonuçları, Tablo 4 de topluca açıklanmıştır.

Çimlendirme testi sonunda belirlenen çimlenme yüzdesi değerlerinin işlemlere göre karşılaştırılması amacıyla yapılan faktöriyel analizi sonuçları, ozmotik stres düzeyi ve çimlendirme ortamı sıcaklığı etkenlerinin 0.05 düzeyinde istatistiksel önemlilik gösterdiğini, koşullandırma

süresi etkeni ile tüm etkenlere ait etkileşimlerin çimlenme yüzdesi üzerinde istatistiksel önemlikte bir etkisi bulunmadığını ortaya koymuştur (Tablo 5).

Bu denemenin sonuçlarında esasen en yüksek çimlenme yüzdesi, katlama yapılmış ancak herhangi bir ozmotik stres işlemi ile koşullandırılmamış olan kontrol grubu tohumlarında belirlenmiştir (% 85). Bununla birlikte ozmotik stres düzeyinin çimlenme yüzdesi üzerindeki istatistiksel önemlilik gösteren etkisine göre kontrol grubunu -7.5 bar stres düzeyinde koşullandırılan tohumlar izlemekte, bu oran -15.0 ve -22.5 bar stres düzeylerinde koşullandırılan tohumlarda daha da azalmaktadır. Analiz sonuçlarında çimlenme ortamı sıcaklığının çimlenme yüzdesi üzerinde gösterdiği istatistiksel önemliliğe göre de, genel olarak tüm koşullandırma süreleri ve ozmotik stres düzeylerine ait işlemler +15 °C çimlendirme sıcaklığında + 25 °C ye oranla daha yüksek çimlenme oranı göstermişlerdir.

**Tablo 4 : Katlama+ ozmotik stres ile koşullandırılan tohumların çimlendirme testi sonuçları**

Table 4 : Effects of priming on germination of stratified+primed seeds

Çimlendirme ortam sıcaklığı (Germination temperature) (°C)	Koşullandırma süresi (gün) Priming duration (days)	Ozmotik stres düzeyleri (Osmotic potential) ( bars)	Çimlenme yüzdesi (Germination percentage) (%)	Çimlenme değeri (Germination value) (GV)
15	5	0 (kontrol)	85.0	31.00
		7.5	75.5	39.20
		15.0	70.0	22.14
		22.5	68.0	19.60
	10	0 (kontrol)	85.0	31.00
		7.5	67.0	20.40
		15.0	59.5	16.47
		22.5	51.0	12.77
25	5	0 (kontrol)	57.0	22.19
		7.5	10.5	0.62
		15.0	6.0	0.20
		22.5	14.0	1.00
	10	0 (kontrol)	57.0	22.19
		7.5	13.5	0.99
		15.0	14.5	1.05
		22.5	8.5	0.40

**Tablo 5 : Katlama+ozmotik stres ile koşullandırılan tohumların çimlendirme testi sonuçlarının çimlenme yüzdesine değerlerine göre faktoriyel varyans analizi**  
**Table 5 : The analysis of variance of germination percents of stratified + primed seeds**

Varyasyon Kaynağı <i>Source of variation</i>	Serbestlik derecesi DF	Kareler toplamı <i>Sum of squares</i>	Ortalama kareler <i>Mean squares</i>	F Değeri <i>F values</i>
A (Koşullandırma süresi) <i>(Priming duration)</i>	1	33.1	33.1	1.74 N.S.
B (Ozmotik stres düzeyi) <i>(Osmotic potential)</i>	3	767.2	255.7	13.46 *
C (Çimlendirme ortam sıcaklığı) <i>(Germination temperature)</i>	1	1346.8	1346.8	70.88 *
Etkileşimler ( <i>Interactions</i> )				
A*B	3	39.7	13.2	0.69 N.S.
A*C	1	55.6	55.6	2.93 N.S.
B*C	3	235.5	78.5	4.13 N.S.
Deneyssel hata ( <i>Residuals</i> )	3	57.0	19.0	

\*  $p=0.05$  düzeyinde anlamlı

N.S. İstatistiksel açıdan anlamsız

Katlama+ozmotik stres ile koşullandırma uygulanan tohumların çimlenme değerleri bakımından faktöriyel varyans analizi ile karşılaştırılmasında da, ozmotik stres düzeyi ve çimlenme ortamı sıcaklığı etkenleri 0.05 düzeyinde istatistiksel önemlilik göstermiş, koşullandırma süresi ile tüm etkenlere ait etkileşimlerin istatistiksel önemlilikte etkili olmadıkları ortaya konmuştur (Tablo 6).

**Tablo 6 : Katlama+ozmotik stres ile koşullandırılan tohumların çimlendirme testi sonuçlarının çimlenme değerine göre faktoriyel varyans analizi**

**Table 6 : The analysis of variance of germination values of stratified+primed seeds**

Varyasyon Kaynağı <i>Source of variation</i>	Serbestlik derecesi DF	Kareler toplamı <i>Sum of squares</i>	Ortalama kareler <i>Mean squares</i>	F Değeri <i>F values</i>
A (Koşullandırma süresi) <i>(Priming duration)</i>	1	33.1	33.1	1.74 N.S.
B (Ozmotik stres düzeyi) <i>(Osmotic potential)</i>	3	767.2	255.7	13.46 *
C (Çimlendirme ortam sıcaklığı) <i>(Germination temperature)</i>	1	1346.8	1346.8	70.88 *
Etkileşimler ( <i>Interactions</i> )				
A*B	3	39.7	13.2	0.69 N.S.
A*C	1	55.6	55.6	2.93 N.S.
B*C	3	235.5	78.5	4.13 N.S.
Deneyssel hata ( <i>Residuals</i> )	3	57.0	19.0	

\*  $p=0.05$  düzeyinde anlamlı

N.S. İstatistiksel açıdan anlamsız



Ozmotik stres düzeyi etkeninin çimlenme değeri üzerindeki etkisi, genel olarak tüm işlemlerde stres düzeyinin artması ile çimlenme değerinin azalması şeklinde görülmektedir. Çimlendirme ortamı sıcaklığı etkeninin etkisine göre de, koşullandırma süreleri ve ozmotik stres düzeylerine ait tüm işlemler +15 °C de daha yüksek çimlenme değeri ortaya koymaktadır. Açıklanan analiz sonuçları yanında, katlama uygulanan ve -7.5 bar stres düzeyinde 5 gün süre ile koşullandırılan tohumların +15 °C ortam sıcaklığında gösterdikleri çimlenme değeri (39.20) dikkat çekicidir. Tüm işlemlere ait çimlenme değerlerinin en büyüğü olan bu değer, kontrol grubunun çimlenme değerinden de (31.00) % 25 daha fazladır.

## 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Araştırmada kullanılan tohum materyalinin işlemlere göre kontrol gruplarında belirlenen çimlenme yüzdeleri (özellikle katlama yapılmamış tohumlarda), genel olarak Kızılçamın ortalama çimlenme yüzdesi değerlerine göre daha düşük bulunmuştur. Bu farklılık, muhtemelen kullanılan tohum materyalinin kalitesinden ve özellikle de embriyo gelişimi için dinlenme ihtiyacında olmalarından kaynaklanmıştır. Zira, araştırma kapsamında katlama işleminin çimlenme yüzdesini belirgin bir şekilde artırdığı görülmüştür. Ayrıca denemelerde dinlenme ihtiyacında olan tohumların kullanılmış olması, araştırılan etkenlerin muhtemel etkilerini daha iyi ortaya koyabilmek için bir avantaj olarak da kabul edilebilir.

Araştırma, Kızılçam tohumlarının katlamasız ve katlamalı ön işlem sonrası ozmotik stres ile koşullandırma ana işlem gruplarının 0, -7.5, -15.0, -22.5 bar ozmotik stres düzeylerinde 5 ve 10 günlük sürelerle koşullandırılması ve +15 °C ile +25 °C sıcaklıklarda test edilmesi işlemlerine göre uygulanmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen çeşitli araştırmalarda HALLGREN (1989), *Pinus taeda* ve *Pinus elliottii* türlerinde, -8 bar, -10 bar, -12 bar ve -14 bar stres düzeylerindeki işlemlerin 11 günlük koşullandırma süresindeki etkisini ortaya koymaya çalışmıştır. HARIDI (1985) ise, *Pinus elliottii* tohumları için, 0 (kontrol), -15 bar, -25 bar ve -30 bar stres düzeylerinin 3, 4, 5 ve 6 günlük etkisini araştırmıştır. KHALIL/MEXAL/ORTIZ (1997)' de, *Pinus brutia* var. *elderica* alt türünde yaptıkları benzer bir çalışmada, -5 bar, -11 bar ve -18 bar'lık ozmotik stres derecelerinin 2, 5, 7, 9 ve 11 günlük koşullandırma sürelerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada, öngörülen stres düzeyleri [0 (kontrol), -7.5 bar, -15 bar ve -22.5 bar] ile koşullandırma süreleri (5 ve 10 gün), belirtilen çalışmalarda kullanılmış olan stres düzeylerinin ve koşullandırma sürelerinin spektrumunu ana hatları ile kapsamaktadır. Diğer taraftan öngörülen işlemlere göre koşullandırılan tohumların çimlendirme testleri, +15 °C ve +25 °C olmak üzere iki farklı sıcaklık düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Bu sıcaklıklardan +15 °C. koşullandırılan tohumların düşük sıcaklıklardaki, +25 °C de optimum sıcaklıklardaki çimlenme performanslarını temsil edeceği düşüncesi ile uygulanmıştır.

Çimlendirme denemelerinin sonuçlarına göre, katlama uygulanmamış Kızılçam tohumlarında, ozmotik stres ile koşullandırmanın, hem çimlenme yüzdesini, hem de çimlenme değerini artırdığı belirlenmiştir. Bu artışta, koşullandırma süresi, istatistiksel anlamda önemli bir etkiye sahiptir. 10 gün süre ile, -7.5 bar, -15.0 bar ve -22.5 bar stres düzeylerinde koşullandırma, 15 °C çimlendirme sıcaklığında, genel olarak kontrol grubuna göre çimlenme yüzdesini % 70, çimlenme değerini de 3-3.5 kat artırmıştır. Benzer sonuçlar, bazı diğer orman ağacı türleri üzerinde yapılan araştırmalarda da ortaya konmuştur. HALLGREN (1989) *Pinus taeda*'da yaptığı benzer araştırmada, 11 gün süreyle -8 bar ve -10 bar ozmotik stres düzeylerinde yapılan koşullandırmanın hem final çimlenme yüzdesini, hem de çimlenme hızını önemli ölçüde artırdığını ve bu artışın, özellikle düşük çimlendirme sıcaklığında (15 °C) belirgin olduğunu saptamıştır. HARIDI (1985) ise, *Pinus elliottii* tohumlarının, -15.0 bar ozmotik stres düzeyinde 5 veya 6 gün koşullandırılmaları sonucu, çimlenme yüzdesi ve hızının önemli oranda arttığını tespit etmiştir. KHALIL/MEXAL/ORTIZ (1997) de, *Pinus brutia* var. *elderica* tohumlarının ozmotik stres ile koşullandırılması sonucunda,

özellikle koşullandırmanın süresinin etkili olduğunu belirlediğini ve -5 bar düzeyinde 9 günlük koşullandırmanın, çimlenme hızını, fidecik boyunu ve gövde kuru ağırlığını anlamlı şekilde artırdığını belirlemiştir.

Bu ana işlem grubunda, ozmotik stres ile koşullandırmanın, özellikle Kızılçam için ekstreme yakın kabul edilebilecek bir çimlenme sıcaklığında (15 °C), çimlenme yüzdesi ve değerini artırması, bu tür için dikkate değer bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Zira doğal yayılış alanında, az veya çok bir yaz kuraklığı problemi ile karşılaşılan bu türde, doğal gençleştiriminin başarısı için, fideciklerin kurak koşullar başlamadan önce köklerini hızla derinlere indirebilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, bu türün doğal gençleştirmesinde başarı için, özellikle alçak yükseltilerde, sonbahar çimlenmelerinin (erken çimlenmelerin) öneminden söz edilmektedir (ODABAŞI 1983; BOYDAK 1993; YAKA 1993). Bu bağlamda, düşük sıcaklıklarda (sonbahar veya erken ilkbahar koşullarında) hızlı çimlenmenin ve de gelişimin, oluşan fideciklerin dış ortam koşullarına karşı daha çabuk direnç kazanmalarına ve yaz kuraklığından daha iyi korunmalarına yardımcı olması mümkündür. Ayrıca tohumların çimlenme hızının artmasının, fidanlıklarda daha homojen bir ürünün oluşması (DUNLAP/BARNET 1984) ve fideciklerin patojen zararlarına (damping-off) uğraması riskinin azalması (KHALIL/MEXAL/ORTIZ 1997) gibi, kültürel değeri artıran avantajlarını da belirtmek gerekir.

Katlama+ozmotik stresle koşullandırma kombinasyonundan oluşan ana işlem grubunda ise, koşullandırmadaki stres düzeyi ile çimlendirme ortamı sıcaklığının hem çimlenme yüzdesi, hem de çimlenme değeri üzerinde istatistiksel önemlilik düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir. Genel olarak bu ana işlem grubunda da, gerek çimlenme yüzdesi gerekse çimlenme değerleri, +15 °C çimlenme sıcaklığında daha yüksek değerler vermiştir. Özellikle katlamanın ardından, düşük stres düzeylerinde yapılan koşullandırma işlemlerinde çimlenme yüzdesi ve çimlenme değerinin oransal olarak daha yüksek olduğu gözle çarpılmaktadır.

Bununla birlikte katlama+ozmotik stresle koşullandırma kombinasyonunda, hiçbir işlem grubu, sadece katlama uygulanmış kontrol grubunun çimlenme yüzdesi düzeyine ulaşamamıştır. Kontrol grubunun yüksek çimlenme yüzdesi ve değeri, ön görülen işlemler düzeyinde ozmotik stres ile koşullandırmanın, Kızılçamda genel olarak katlamaya bir alternatif oluşturmadığını göstermektedir. Bu araştırma, katlamanın Kızılçamda, gerek düşük (15 °C) gerekse optimum (25 °C) çimlenme sıcaklıklarında, ilgili araştırmalarda da (ŞEFİK 1965 ; SHAFIQ 1977) belirtildiği gibi tohumların çimlenme yeteneklerini ıslah ettiğini bir kez daha ortaya koymuştur. Ancak, işlemlere göre çimlenme değeri ele alınacak olursa, katlama ve ardından 5 gün süreyle -7.5 bar stres düzeyinde koşullandırma işlemi dikkat çekmektedir. Bu işlem sonucunda tohumlar, istisnai olarak, kontrol grubu tohumlarına yakın bir çimlenme yüzdesi (% 75.5) göstermekle kalmamış, buna ek olarak, çimlenme değeri (39.20) bakımından kontrol grubuna oranla belirgin bir üstünlük sergilemişlerdir. Bu sonuç, doğal gençleştiriminin başarısı ve tohumların kültürel değerinin artırılması kapsamında yukarıda yapılmış irdemeler çerçevesinde, söz konusu işlemi dikkate değer kılmaktadır.

Gerçekleştirilen araştırmanın sonuçları ve bu sonuçlarla ilgili değerlendirmelerin ışığında aşağıda ana hatları ile sıralanan hususların önerilmesi uygun görülmüştür.

- Kızılçam tohumlarının iç uyku halinin giderilmesi ile, hem çimlenme yüzdesi hem de çimlenme değerleri artmaktadır. Ancak iç uyku halinin giderilmesinde, araştırma kapsamında ön görülmüş düzeylerdeki ozmotik stres ile koşullandırma, katlama kadar etkili değildir.

- Zaman yetersizliği gibi nedenlerle katlamanın yapılamadığı durumlarda, Kızıлчаam tohumları iç uyku hallerinin giderilmesi amacıyla 10 gün süreyle, bu çalışmada kullanılan ozmotik stres düzeylerinde koşullandırılabilir. Sarf malzemesi harcamasının minimum olması için, bu işlem grubunda stres düzeyinin anlamlı bir etkisi olmadığı görüldüğünden, koşullandırmada en düşük stres düzeyi olan -7.5 bar'lık PEG 6000 çözeltisinin kullanılması uygun olur.
- Düşük çimlenme sıcaklığında (+15 °C), yüksek çimlenme değeri gösteren katlama ve ardından -7.5 bar stres düzeyinde 5 günlük koşullandırma işlemi, katlama yapıldığı durumlarda da denenmesi ve göz ardı edilmemesi gereken bir işlem olarak önerilebilir.
- Katlamaya alternatif olarak ozmotik stres ile koşullandırmanın çimlenme yeteneğine olan etkisinin daha net ortaya konabilmesi için, özellikle koşullandırma süresini dikkate alan daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç vardır. Katlama + osmotik stres ile koşullandırma konusunda da, bu çalışmada denenen minimum stres düzeyi olan -7.5 bar'dan daha düşük düzeylerin etkisi de araştırmaya değer olarak yorumlanmıştır.
- Ozmotik stres ile koşullandırma konusunda, Kızıлчаamda veya diğer türler üzerinde gerçekleştirilecek araştırmalarda, çimlenme testi sonuçları yanında, arazide ekim denemeleri de yaparak (çıkma, fidecik gelişimi, fidan yüzdesi, fidan kalitesi gibi) ve elde edilen sonuçları karşılıklı ilişkiye getirerek değerlendirmeler yapılması, pratik açıdan yararlı ve zorunlu görülmektedir.
- Bu çalışmada, Kızıлчаamın denemelere alınan orijinine ait tohumları, katlamadan ve koşullandırmadan sonra, 15°C çimlenme sıcaklığında daha yüksek performans göstermişlerdir. Bu sonuç, Kızıлчаam türünde, orijin, iç uyku hali, iç uyku halinin giderilmesi yöntemleri ve süreleri ile çimlenme sıcaklığı ilişkileri konusunda, daha ayrıntılı araştırmaların yapılmasını öneriye değer kılmaktadır.

**EFFECTS OF OSMOTIC PRIMING ON GERMINATION  
OF CALABRIAN PINE (*Pinus brutia* Ten.) SEEDS**

**Doç. Dr. Hüseyin DİRİK  
Ar. Gör. Mehmet ÇALIKOĞLU  
Ar. Gör. Fahrettin TILKI**

**A b s t r a c t**

Effects of osmotic priming on the germination percent and germination value of calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) seeds were investigated. Investigation was performed on two main seed groups, one of which was only primed and the other was primed after stratification. Seeds were primed for 5 and 10 days in PEG 6000 solutions at osmotic potentials of 0 bar, -7.5 bar, -15 bar and -22.5 bar. Germination tests were performed at constant 15 °C and 25 °C. Although it was shown that osmotic priming improve both germination percent and value of calabrian pine seeds, none of the priming treatments could reach to the performance of stratified seeds.

**1. INTRODUCTION**

Various types of seed dormancy result from different germination-controlling mechanisms within the seed. One of this is a dormancy present within the embryo, which is overcome by exposure to moist-chilling. This requirement is termed stratification, in which seeds are placed between layers of moist sand or soil in boxes (or in the ground) and exposed to chilling temperatures either out-of-doors or in refrigerators. Another way to overcome this type of dormancy is that seeds are imbibed in an osmoticum. Osmotic priming offers promise for improvement both in germination speed and completeness and seed vigor.

PEG (Polyethylen glycol) is the best known osmotic solution used for osmotic priming. In this kind of an osmoticum, imbibed seeds can complete all of the germination process except radical emergence.

According to previous osmotic priming studies, osmotic priming can improve germination percent and germination speed in *Pinus echinata*, *Pinus sylvestris* and *Pinus taeda*. Priming with PEG also reduces the mean germination time in *Fagus sylvatica*. In *Pinus brutia* var. *elderica*, the median germination day of the final total germination was reduced and seedling quality was improved by osmotic priming. However, decreases in total germination have been reported in *Picea abies*, *Picea glauca* and *Pinus eliottii*.

*Pinus brutia* is one of the most important native forest tree species of Turkey. Its seeds are used extensively in nurseries and in seeding. It is clear that seeds of *Pinus brutia* also need a stratification as a pretreatment process before seeding. This experiment aims to measure the effect of polyethylen glycol (PEG 6000) concentrations and soaking duration on the germination percent and value of *Pinus brutia* seed and compares the priming with stratification.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The seeds used in this study were from Mustafakemalpaşa (Bursa) - Çaltılıbük origin (altitude: 250 m.) and harvested in 1997. The experiments were carried on two main procedure, one of which aimed to measure solely the effect of osmotic priming, and the other to measure the effect of osmotic priming after stratification.

In both procedures, seeds of calabrian pine were soaked in PEG 6000 solutions, which had -7.5 bar, -15 bar, and -22.5 bar water potentials. The seeds were primed for 5 and 10 days. The priming was realized in climatic chamber programmed for 5000 lux light and 20 °C constant temperature conditions. The PEG solutions were changed with new solutions on day 3 for 5 days priming period, on days 3, 5 and 7 for 10 days priming period. In stratification+osmotic priming procedure, seeds were stratified in a humid sand at +4 °C for 45 days before priming.

After priming, seeds were immediately washed and redried in room temperature. Then the seeds were placed in 2 germinators, one at constant 25 °C and the other at 15 °C. Germination tests were continued for 35 days at 8 hours day light, 16 hours darkness conditions and about % 70 relative humidity.

As a result, the total experiment was carried on 4 factorial test series constituted from 2 main priming groups (only priming and stratification priming) \* 4 different osmotic stress level (0, -7.5, -15 and -22.5 bar) \* 2 different priming periods (5 and 10 days) \* 2 different germination temperatures (15 °C and 25 °C).

Germinated seeds were counted every day and at the end of the test, germination percents and germination values were calculated. Analysis of variance, according to model of simple factorial, was used to determine the significance of treatment effects for 2 main priming group separately. Germination percents were transformed by using  $\arcsin p/2$  before the analysis.

## 3. RESULTS

Results of germination tests showed that osmotic priming of calabrian pine seeds improved their final germination percent (Table 1). According to the analysis of variance for priming only without a stratification procedure, the effect of priming period on germination percent was statistically significant at 0.05 level (Table 2). Effects of osmotic stress level, germination temperatures and interactions of these factors didn't seem statistically significant.

Increasing in germination percent especially at low temperature (15 °C) was very interesting. Primed seeds for 10 days in -15 bar stress level, had 50.5 % final germination percent at 15 °C. This value was 45 % more than control germination (27.5 %) at the same temperature.

Osmotic priming before germination also improved the calabrian pine seed germination value (Table 1). Length of priming period again had statistically significant effect on this character at 0.05 level (Table 3). Like germination percent results, this effect became evident at +15 °C germination temperature. Primed seeds for 10 days in -7.5 bar osmotic stress level had germination value, which was 3.3 times more than that of controls. Germination value of primed seeds in -15 bar stress level was 3.7 and -22.5 bar stress level was 3 times more than controls respectively.

Results of germination tests of first stratified than osmotically primed seeds can be seen in Table 4. According to analysis of variance, osmotic stress level and germination temperature had statistically significant effect on germination percent at 0.05 level (Table 5). In this test group, only stratified seeds (control) had the highest final germination percent (85 %). Germination of stratified and than primed seeds in  $-7.5$  bar stress level followed this. Germination percent decreased as priming stress level after stratification increased ( $-15$  bar and  $-22.5$  bar respectively). Germination percents of all pretreated seeds were higher at  $15$  °C than  $25$  °C.

Osmotic stress level and germination temperature had statistically significant effect on germination value of stratified+primed seeds (Table 6). Germination values decreased as stress level increased. In addition to this, germination values were higher at  $15$  °C than  $25$  °C. Although only stratified seeds (control) had the highest germination percent, first stratified and than primed seeds in  $-7.5$  bar stress level for 5 days, had 25 % higher germination value (39.20) than control (31.00). If the germination percent of these seeds (75.5 %), which wasn't much lower than controls, is taken into consideration, this result becomes interesting.

#### 4. DISCUSSION

Stratification and/or priming could improve the calabrian pine seed germination percent and value. When the seeds were pretreated by osmotic priming only without a stratification, both germination percents and germination values increased as the length of stress period increased. The increasing was slightly better at  $15$  °C germination temperature.

Seeds which were stratified and than primed, showed better germination performances according to the seeds only primed without a stratification. In this procedure, germination temperature and osmotic stress level significantly affected the final germination and germination value. But no combination could improve the final results as stratification did. Both the final germination and the germination values were better at  $15$  °C than  $25$  °C.

Especially at  $15$  °C, increasing both the germination percent and value of seeds osmotically primed as a pretreatment, is very important for calabrian pine. Because in its natural range, summer drought can always be a problem for young seedlings. Natural regeneration success of this species depends on early germination especially on lower elevations. In this way, the seedlings can find enough time to extend their roots to the lower parts of the soil before dry period. So it is clear that, high and rapid germination of seeds at lower temperatures will give important advantages to silviculturists for getting regeneration success in calabrian pine.

In stratification + osmotic priming combination, none of the priming treatment could reach to the germination percent of controls (only stratified seeds). Germination of these seeds (controls) was also higher from germination of all other groups in the whole experiment. This shows that osmotic priming of calabrian pine seeds can not be an alternative pretreatment to the stratification. But the germination value at  $15$  °C of stratified+osmotically primed seeds in  $-7.5$  bar stress level for 5 days, must be interpreted as an interesting result for calabrian pine. This value was clearly superior to the germination value of controls. This result must be taken into consideration because of regeneration success and the cultural value problems as discussed earlier.

As a result, following evaluations and suggestions can be made;

- Breaking the dormancy of calabrian pine seeds improves both final germination percent and germination value, but osmotic priming is not as effective as the stratification.

- If the seeds of calabrian pine can't be stratified because of time restrictions for example, it will be better to pretreat these seeds by osmotic priming in -7.5 bar stress level for 10 days.

- Priming for 5 days in -7.5 bar stress level must be tried even if the seeds were pretreated by stratification.

- To determine the effect of osmotic priming without stratification on calabrian pine seeds more definitely, it will be better to investigate especially length of priming period (more than 10 days). In stratification+priming combination, effect of low osmotic stress level (less than -7.5 bar) need to be investigated.

- On the subject of osmotic priming of forest tree seeds, relations must be established between laboratory and land tests results.

- More studies are clearly needed to further determine the relations of origin, dormancy, breaking period of dormancy and germination temperatures more definitely in *Pinus brutia* because of better germination capacity at 15 °C after both priming and stratification+priming treatments.

#### KAYNAKLAR

BEWLEY, J.D.; BLACK, M., 1994: Seeds physiology of development and germination. Second ed. Plenum press. NY. 445 p.

BONNET-MASSIMBERT, M.; VILLAR, M., 1986: La maîtrise de la reproduction sexuée. Amélioration génétique des arbres forestiers. Revue Forestière Française, XXXVIII, No sp. 48-58.

BOUDRU, M., 1992: Forêt sylviculture: boisements et reboisements artificielle. Presses Agronomiques de Gembloux, 348 p.

BOYDAK, M., 1993: Kızılçamın silvikültürel özellikleri, uygulanabilecek gençleştirme yöntemleri ve uygulama esasları. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu (18-23 Ekim 1993, Marmaris-Türkiye) Bildirileri, s. 146-158.

BRADBEER, J.M., 1988: Seed dormancy and germination. Blackie and Son Ltd. Glasgow, 146 p.

DJAVANSHIR, K.; POURBIEK, H., 1976: Germination value – A new formula. Silvae Genetica 25 (2): 79-83.

DUNLAP, J.R.; BARNETT, J.P., 1984: Manipulating loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seed germination with simulated moisture and temperature stress. In: Seedling physiology and reforestation success. Duryea, M.L., Brown, G.N. (eds.). Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Boston, pp: 61-74.

HALLGREN, S.W., 1989: Effects of osmotic priming using aerated solutions of polyethylene glycol on germination of pine seeds. Annales des Sciences Forestières 46: 31-37.

HARIDI, M.B., 1985: Effect of osmotic priming with polyethylene glycol on germination of *Pinus elliottii* seeds. Seed Science and Technology 13: 669-674.

HART, C., 1991: Practical forestry for the agent and surveyor. Alan Sutton Publ. Inc. Wolfeboro Falls. N.H., 658 p.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P., 1977: Seed treatment for improved performance-survey and attempt pragnosis. *Seed Science and Technology* 5: 353-359.

KHALIL, S.K.; MEXAL, J.G.; ORTIZ, M., 1997: Osmotic priming hastens germination and improves sedling size of *Pinus brutia* var *elderica*. *Tree Planters' Notes* 48 (1/2): 24-27.

KRUGMAN, S.L.; STEIN, W.I.; SCHMITT, D.M., 1974: Seed biology. In: seeds of woody plants in the United States, Agriculture Handbook No. 450, Forestry Service. USDA, Washington, D.C., pp. 5-40.

MICHEL, B.E.; KAUFMANN, M.R., 1973: The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology* 51: 914-916.

MÜLLER, C.; 1986: Le point sur la conservation des semences forestières et la levée de dormance. *Revue Forestière Française* XXXVIII-3: 200-204.

MÜLLER, C.; BONNET-MASSIMBERT, M., 1983: Amélioration de la germination des faînes (*Fagus silvatica*) par prétraitement en presence de polyéthylène glycol. *Annales des Sciences Forestières* 40 (2): 157-164.

ODABAŞI, T., 1983: Kızılçam doğal gençleştirme tekniğindeki gelişmeler. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 33, Sayı 1, s. 95-111.

ŞEFİK, Y., 1965 : Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kozalak ve tohumu üzerine araştırmalar. O.G.M. Yayınları, Sıra No 420, Seri No 41. İstanbul, 94 s.

SHAFIQ, Y.,1977: Effect of gibberellic acid (GA3), pre-chilling and stratification on germination percent of *Pinus brutia* Ten. seeds. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*,Seri A, Cilt 27, Sayı 2, pp. 199-206.

SIMAK, M., 1985: Seed germination after incubation at different moisture stress. In: Proceedings IUFRO International symposium on seed problems under stressfull conditions; 1986 June 3-8; Vienna and Gmunden, Austria, FBVA Berichte 12: 125-137.

YAKA, M., 1993: Kızılçamın doğal gençleştirilmesi. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu (18-23 Ekim 1993, Marmaris-Türkiye) Bildirileri, s. 169-175.

WILLAN, R.L., 1985: A guide to forest seed handling with special reference to the tropics. FAO Forestry Paper 20/2, 379 p.