



Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.), Anadolu Karaçamı (*Pinus Nigra* Arn. Subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros Sedirinde (*Cedrus Libani* A. Rich.) Dona Dayanıklılık

Deniz ÇOLAK^{1,*}, Akkın SEMERCİ², Hacer SEMERCİ³

¹Lizbon Teknik Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Orman Müh. Bölümü, Lizbon, Portekiz

²Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

³Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

*İletişim yazarı: colakdenis@gmail.com

Özet

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros Sedirine (*Cedrus libani* A. Rich.) ait fidanlarda dona dayanıklılık testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan dona dayanıklılık testlerinde bitkiler 16 saat süreyle 3 farklı donma sıcaklığına (-15°C, -25°C ve -45°C) maruz bırakılmışlardır. Don zararlarının değerlendirilmesinde iyon sızıntısı yöntemi kullanılmıştır. Yapılan elektriksel iletkenlik ölçümleri ile bitkilerde dondan oluşan zararlar (Relatif iletkenlik) ortaya konmuştur. -25°C sıcaklıkta Toros sedirinde ve -45°C sıcaklıkta ise Anadolu Karaçamında önemli zarar olmuşken, bu sıcaklık kademelerinde Sarıçamda önemli bir zarar görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Sarıçam, Anadolu Karaçamı, Toros Sediri, Don stresi, İyon sızıntısı

Cold hardiness of the Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.), Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) and Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.)

Abstract

Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.), Anatolian Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) and Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) were subjected to the artificial freezing tests. The plants were exposed to 3 different freezing temperatures (-15°C, -25°C and -45°C) for 16 hours. Electrolyte leakage method was used to determine the frost damages. The electrical conductivity measurements revealed the frost damages (relative conductivity) in plants. The damages occur at -25°C in Lebanon Cedar and at -45°C in Anatolian Black Pine when we were subjected artificial frost. But in these two temperatures there had been no important damage determined in Scots Pine.

Keywords: Scots Pine, Anatolian Black Pine, Lebanon Cedar, Frost stress, Electrolyte leakage

1. GİRİŞ

Bitkilerin yaşam süreçlerinde karşılaştıkları en önemli stres faktörleri, hücresel düzeyde su açığının doğmasına neden olan, don, kuraklık ve tuzluluktur. En duyarlı oldukları stres etmeni ise düşük ve yüksek sıcaklıklardır. Don stresi özellikle ılıman bölgelerde ve kuzey enlemlerdeki bitkilerin sıkça karşılaştıkları bir strestir (Bigras et. al., 2001).

Bitkide soğuğa adaptasyonun başlama zamanı, dona dayanıklılığın devam süreci, tekrar sıcaklığın artmasıyla dondan çıkması ve mevsimsel olmayan soğuk periyotlara tekrar uyum sağlaması; bitkinin yaşam sürecinin devamı için çok önemlidir (Fuchigami ve ark., 1982).

Ağaçlandırma yapılan bölgede hâkim iklim tipine göre dikilen fidanlar dondan zaman zaman etkilenmektedir. Kurak ve kurak-soğuk alanların ağaçlandırmalarında, başarı düzeyini arttırmak için uyulması gereken teknik esasların içerisinde kuraklığa ve dona dayanıklı ağaç türü ve orijinlerinin seçimi ön planda gelmektedir.

Sarıçam Türkiye'de 1.239.578 ha ile Kızılçam ve Karaçam'dan sonra en fazla yayılış gösteren ibrelili türümüzdür. Sarıçam ormanları, batıda Kütahya ve Sündiken Dağlarından başlayarak Kuzey Anadolu Dağlarının güneye bakan yamaçları boyunca Sarıkamış'a kadar uzanır. Sarıçam, Dünya'da ekstrem sıcaklıklara dayanabilen bir tür olarak bilinmektedir. Özellikle kışın meydana gelen ekstrem sıcaklık azalmalarında -80°C' ye kadar dona dayanabilmektedir (Repo, 2001). Ülkemizde de Sarıkamış'ta -37°C'ye dayandığı ifade edilmektedir (Aksoy, 2001).

Anadolu Karaçamı Türkiye'de 4.202.298 ha ile Kızılçam'dan sonra yayılışı en fazla olan ikinci ibrelili türümüzdür. Düzensiz ve kesintili yayılışına rağmen morfolojik ve genetik yönden çeşitliliğinin fazla olması, yaygın bir tür olmasını sağlamaktadır (Isajev ve ark., 2003). Semerci ve ark. 'nın (2008) Anadolu Karaçamının 11 orijini ile yaptıkları dona ve kuraklığa dayanıklılık çalışmasında, Anadolu Karaçamı fidanlarının -25°C'ye kadar zarar görmedikleri belirtilmektedir.

Toros Sediri Türkiye'de 417.188 ha alanda yayılış gösterir. Lübnan'ın kuzeyinde ve Suriye'deki birkaç meşcere dışında asıl yayılışını Toros Dağlarında yapmaktadır (Sevim, 1952; Işık, 1992; Boydak ve Çalikoğlu, 2008). Sedir' in Akdeniz iklimini geçip İç Anadolu'ya doğru sokulduğu geçiş zonunda, ocak ayında en düşük sıcaklık -20°C'den düşük olarak ölçülmüştür (Atalay, 1990).

Toros Sediri ve Anadolu Karaçamı, sıkça İç Anadolu'da aynı sahalara dikilebilmektedir. Uygulamacıların gözlemlerine göre, Toros Sediri ve Anadolu Karaçamı birlikte dikildikleri alanda Toros sedirleri dondan daha fazla etkilenmektedir. Sarıçam ise ülkemizde çok çeşitli bir yayılış gösterir. Bu nedenlerle bu çalışma ile Anadolu Karaçamı, Toros Sediri ve Sarıçam dona dayanıklılık bakımından karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Bu karşılaştırma laboratuvarında kontrollü ortamda yapılarak da diğer faktörlerin etkisi elimine edilerek sadece düşük sıcaklığın etkisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada 2 yaşında; 1350 m, Kızılcahamam- Kirazlıyayla orijinli Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), 1550 m Çamlıdere- Benliyayla orijinli Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve 1600 m Eğirdir- Yukarıgökdere orijinli Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) türleri kullanılmıştır.

3 türe ait fidanlarda dona dayanıklılık testi yapılmıştır. Yapılan dona dayanıklılık testlerinde her türden 10 fidan, -15°C, -25°C, -45°C olmak üzere 3 farklı düşük sıcaklık kademesi ve 3 tekrar kullanılmıştır. Toplam (3 sıcaklık * 3 tekrar * 3 tür * 10 fidan) 270 adet fidan soğutucu kabinlere konmuştur. Bir grup fidan kontrol grubu olarak ayrılmıştır. Kontrol grubu da dâhil toplam 360 fidan çalışmada kullanılmıştır.

Don zararlarının değerlendirilmesinde iyon sızıntısı yöntemi kullanılmıştır. Dondan zarar gören bitki hücrelerinin membranları, seçici geçirgen özelliğini kaybeder. Bu özelliği

kaybeden hücrelerin içerisindeki iyonlar hücre dışına çıkar. Hücre dışına çıkan bu iyonların ölçülmesi ile bitkide oluşan don zararı miktarı hızlı ve doğru olarak hesaplanır (Burr ve ark., 1990). Bu yöntem fidanlıklarda don zararının belirlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Burr ve ark., 1990; Linden, 2002). Don zararı sonrasında bitkiden alınan örnek kesilir, diyonize suya konulur ve 20-24 saat bekletilir (Burr ve ark., 2001). Bekletme süresi boyunca örnekler sallanabilir. Bekletme sonrasında başlangıçtaki elektriksel iletkenlik miktarı ölçülür. Bu ölçümünün ardından örnekler otoklavlanır veya kaynatılır. Böylece hücredeki tüm membranların parçalanması ve kalan iyonların da hücre dışına çıkması sağlanır. 20-24 saatlik tekrar bir bekletmeden sonra, son elektriksel iletkenlik ölçümü yapılır. Dondan oluşan zarar genellikle Relatif iletkenlik olarak ifade edilmektedir.

1967 yılında Flint ve ark. don zararı görmemiş örneklere "0" tamamen otoklavlanarak veya kaynatılarak öldürülen örneklere "100" değerini veren yaralanma indeksi formülünü geliştirmiştir (Glerum, 1985). Yaralanma indeksinin yüksek olması, dona dayanıklılığın düşük olduğunu göstermektedir.

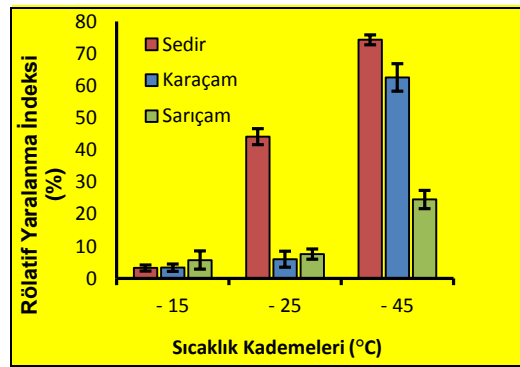
Yaralanma indeksi (It) = (Dondurulan örneklerin relatif iletkenliği-Kontrol örneklerinin relatif iletkenliği)/(1-(Kontrol örneklerinin relatif iletkenliği/100)

Kışın yapılan don dayanıklılık denemelerinde Rastlantı Parsellerinde Faktöriyel Deneme Deseni kullanılmıştır. Denemeler 3 tekrarlı ve her tekrarda 10 fidan olacak şekilde kurulmuştur. Orijinler arasındaki dona dayanıklılık farkı ve sıcaklık kademelerinin orijinlere etkisi varyans analizleri (ANOVA) testleri ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Soğutma kabinlerine yerleştirilen bitkiler hedeflenen sıcaklığa ulaşmaya kadar soğutulmuşlardır. Toros Sediri, Anadolu Karaçamı ve Sarıçam türlerine ait tüplü fidanlar, -15°C, -25°C ve -45 °C sıcaklık kademelerinde, 16 saat süresince dondurulmuşlardır. Dondurma işleminin ardından fidanlarda zararı ölçmek üzere ibre örnekleri alınmış ve fidanlar görsel olarak izlenmek üzere sera koşullarına yerleştirilmiştir.

Deneyde uygulanan don stresinin şiddetinin artması, ağaç türüne göre miktarı değişmekle birlikte, It' nin (Rölatif yaralanma indeksi) artmasına neden olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Rölatif yaralanma indeksinin ağaç türü ve uygulanan dondurma sıcaklığı kademesine göre değişimi ve bunların standart hataları

Tablo 1 incelendiğinde; -15°C'lik donma sıcaklığı uygulaması sonucu her üç türde oluşan %3.27 ile %5.72 arasında değişen yaralanmalar olduğu ve türler arasında yaralanma oranı

bakımından istatistiksel farklılık olmadığı görülmektedir (A, A, A). Bu yaralanma oranı üç tür tarafından da önemsenmeyecek kolayca tamir edilebilecek düzeyde bir zarardır.

Sıcaklık -25°C'ye düşürüldüğünde, Toros Sedirinde yaralanma miktarının % 44.10'a çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla da Toros Sedirinde -25°C düşük sıcaklığın önemli düzeyde zararın başladığı söylenebilir.

Sıcaklık -25°C'ye düşürüldüğünde, Toros Sedirinin en fazla zararı gördüğü fakat Anadolu Karaçamı ve Sarıçamın yaralanma bakımından aralarında istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir (A, B, B). Bu sıcaklık kademesinde dondurulan Anadolu Karaçamı fidanları serada iki hafta bekletildikten sonra kuruma olmadığı görülmüştür.

Tablo 1. Türlerin üç farklı sıcaklık kademesinde gösterdiği rölatif yaralanma indeksi

Sıcaklık Kademeleri	Rölatif Yaralanma İndeksi		
	-15°C	-25°C	-45°C
Ağaç Türleri			
Toros Sediri	3.27 (± 0.97) A c	44.10 (± 2.49) A b	74.27 (± 1.57) A a
Anadolu Karaçamı	3.36 (± 1.14) A b	5.99 (± 2.46) B b	62.56 (± 4.26) B a
Sarıçam	5.72 (± 2.85) A b	7.60 (± 1.58) B b	24.56 (± 2.86) C a

Denemede kullanılan ağaç türleri -45°C'de dondurulduğunda ise üç ağaç türü istatistiksel olarak farklı oranlarda yaralanmışlardır (A, B, C). Bu sıcaklık kademesinde, Toros Sediri diğer türlere kıyasla en fazla zararı gören tür olurken onu ikinci sırada Anadolu Karaçamı izlemiştir. Sarıçam ise % 24.56'lık bir zarar oranı ile en az zarar gören tür olmuştur. Bu sıcaklık kademesinde dondurulan Sarıçamların serada iki hafta bekletilmesinin ardından fidanların kurumadığı yalnızca az miktarda sararmaların olduğu görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Solda Sarıçam ve sağda Toros Sedirinin dondurulmayan (K) ve farklı sıcaklık kademelerinde (-15°C, -25°C ve -45°C) dondurulan fidanlarının iki hafta sonra seradaki görünüşleri

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Toros Sediri fidanları -15°C, -25°C ve -45°C'lik donma sıcaklığı uygulamaları sonucunda sırasıyla %3.27, %44.10 ve %74.27 oranında yaralanmışlardır. Genel olarak %50 oranındaki yaralanmaların önemli düzeyde bir zarar olduğu ve genelde kritik değer olarak kabul edildiği dikkate alınır, Sedirde -25°C'nin hemen biraz daha altında -30°C civarında önemli don zararının başladığı söylenebilir. Yine bizim dondurmuş olduğumuz bitkiler 2

yaşındaki fidanlar olup fidanlıkta bir sulama ve gübreleme rejimiyle yetiştirilmiştir. Fidanların beslenme durumları, yaşları, gölgeden etkilenmiş olmaları, uygulanan gübreleme ve sulamanın şekli ve don öncesi yaşanan ve iklime uyumu tetikleyen düşük sıcaklıklar gibi faktörler dona dayanma düzeyini etkileyebilmektedir. Bu nedenlerle Toros Sedirinin doğada, bizim belirlemiş olduğumuz yaklaşık sınır değer olan -25°C düşük sıcaklığından biraz daha şiddetli donlara dayanabilmesi olasıdır. Buna uygun olarak, Atalay'da (1987; 1990) sedirin yayılış alanında en düşük sıcaklığın -30°C 'e düşebildiğini belirtmektedir. Yine Cengiz (1994) Toroslarda Sedirin yayılış alanlarında, genelde kışları oldukça şiddetli geçen Akdeniz dağ ikliminin egemen olduğunu; kış mevsiminde sıcaklığın -30°C 'a kadar düştüğünü belirtmektedir. Bizim deneysel olarak yapmış olduğumuz bu çalışma ve Toros Sedirinin doğal yayılış alanında karşılaşılan en düşük sıcaklıklar dikkate alındığında, türün -30°C 'a kadar dayanabildiği söylenebilir.

Anadolu Karaçamı fidanlarına ait yapraklar -15°C , -25°C ve -45°C 'lik donma sıcaklığı uygulamaları sonucunda sırasıyla %3.36, %5.99 ve %62.56 oranında yaralanmışlardır. Bu nedenle Anadolu Karaçamında yapılan bu deneysel çalışma sonucunda % 50 oranını aşan önemli düzeyde zararın -25 ile -45°C arasında başladığı söylenebilir. Fakat tam olarak %50 oranındaki zararın hangi düşük sıcaklıkta başladığını söylemek güçtür. Yine de bu değer ve -40°C civarında olabileceği söylenebilir. Bu bulgumuzu destekler nitelikte Atalay ve Efe (2010) Karaçamın ekolojik isteklerini ve tohum transfer rejyonlanmasını ele aldıkları yayınlarında türün, serin iklimden soğuk iklime geçişin etkili olduğu yerde yetiştiğini; türün yayıldığı alanın karasal kesimlerinde ekstrem soğukların -35°C ile -40°C arasında değiştiğini belirtmektedir. Bu çalışma ile Anadolu Karaçamında önemli don zararının -40°C civarında olduğu bulgusu daha önce Semerci ve arkadaşları (2008) tarafından Anadolu Karaçamının 11 orijinini dona dayanıklılık bakımından karşılaştırmak amacıyla yapılan çalışmanın sonuçlarından biraz farklılık arz etmektedir. Zira çalışmalarının sonucunda Anadolu Karaçamında -25°C 'den düşük sıcaklıkların önemli zarar oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Anadolu Karaçamında önemli don zararının -40°C civarında olacağını göstermesindeki önemli etkenlerin çalışmalarda kullanılan fidanların orijinlerinin, yetiştirmede uygulanan bakım tekniklerinin, fidanların donduruldukları tarihlerin farklı olması olabileceği düşünülmektedir. Bu sonucu daha net görebilmemiz için daha fazla sıcaklık kademesi kullanılabilir. Sıcaklık kademeleri arttıkça yaralanma indeksinin değiştiği noktalar açıkça görülecektir.

Genel olarak %50 oranındaki yaralanmaların önemli düzeyde bir zarar olduğu ve genelde kritik değer olarak kabul edildiği dikkate alınır, Sarıçamda -45°C 'e kadar olan donlarda önemli bir zarar görmediği söylenebilir. Aksoy (1994) da Sarıçamın ekolojisini irdelediği yayınında, türün $+40^{\circ}\text{C}$ ile -60°C gibi ekstremlere duyarlı olmadığını ve ilkbahar donlarından etkilenmediğini belirtmiştir. Yazar ülkemizde Sarıçamın yayılış alanında en düşük sıcaklığın Sarıkamış'ta -37°C olarak ölçüldüğünü belirtmiştir. Repo ve arkadaşları (1996) ise 25 yaşındaki ağaçlardan aldıkları ibreleri kullandıkları çalışmanın sonucunda, türün -60°C ile -70°C düşük sıcaklıklara kadar zarar görmeden dayanabildiğini belirlemişlerdir.

USDA olarak da bilinen Amerikan Tarım ve Ormancılık Servisi tarafından 11 adet dona dayanıklılık zonundan oluşan bir sınıflama oluşturulmuştur (Bannister ve Neuener, 2001). Bu zonlamada Sarıçam> Anadolu Karaçamı> Toros Sediri şeklinde bir dona dayanıklılık sıralaması yapılabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar çalışmamızla uyum içerisindedir. Zira -25°C don uyguladığımızda Toros Sedirinde ve -45°C don uyguladığımızda Anadolu Karaçamında önemli zarar olmuşken, bu sıcaklık kademesinde Sarıçamda önemli bir zarar görülmemiştir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, C., 1994. Sarıçamın Ekolojisi. Sarıçam El Kitabı Dizisi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Ankara, 39-61 s.
- Aksoy, C., 2001. Sarıçam'ın Ekolojisi, Sarıçam El Kitabı Dizisi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Ankara, 39-61.
- Atalay, İ., 1987. Sedir Ormanlarının Yayılış Gösterdiği Alanlar Ve Yakın Çevresinin Genel Ekolojik Özellikleri İle Sedir Tohum Transfer Rejyonlaması. Orman Genel Müdürlüğü Yayın No: 663, Ankara
- Atalay, İ., 1990. Türkiye'de Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Tohum Transfer Rejyonlaması, Uluslararası Sedir Sempozyumu, Antalya, 166-179 s.
- Atalay, İ. ve Efe, R., 2010. Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe)'nın Ekolojisi ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Çeşitli Yayınlar Serisi, No: 4, Ankara, 272s.
- Bannister, P. ve Neuner, G., 2001. Frost Resistance and The Distribution of Conifers, Conifer Cold Hardiness, Bigras, F. J. and Colombo, S. J. Ed. Kluwer Academic Publishers, 3-21.
- Boydak, M. ve Çalıköğü, M., 2008. Toros Sediri'nin (*Cedrus Libani* A. Rich.) Biyolojisi ve Silvikültürü, OĞEM- VAK Yayınları, Ankara.
- Burr, K. E., Tinus, R. W., Wallner, S. J. ve King, R. M., 1990. Comparison of tree cold hardiness tests for conifer seedlings, Tree Physiology, 6, 351-369.
- Burr, K. E., Hawkins, C. D. B., Hirondelle, S. J. L., Binder, W. D., George, F. M ve Repo, T., 2001. Methods for Measuring Cold Hardiness of Conifers, Conifer Cold Hardiness, Bigras, F. J. and Colombo, S. J. Ed., Kluwer Academic Publishers, 369-401.
- Cengiz, Y., 1994. Sedirin Yapay Gençleştirilmesi, Sedir El Kitabı Dizisi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 66, Ankara, 165-194.
- Flint, H. L. ve Boyce, B. K. ve Beattie, D. J., 1967. Index of Injury- A useful expression of freezing injury to plant tissues as determined by the electrolytic method, Canadian J. Plant Sic., 47, 229-230.
- Fuchigami, L.H., Weiser, C.J., Kobayashi, K., Timmins, R. ve Gusta, L.V. 1982. A degree growth stage (^oGS) model and cold acclimation in temperate woody plants. In: Li, P.H. & Sakai, A. (eds.). Plant cold hardiness and freezing stress, New York, Academic Press, 2, 93-116.
- Glerum, C., 1985. Frost Hardiness of Coniferous Seedlings: Principles and Applications, Proceedings: Evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major tests, Duryea, M. L. Ed., Oregon State University, Corvallis, ISBN 0-87437-000-0.
- Isajev, V., Fady, B., Semerci, H., Andonovski, V., 2003, EUFORGEN Technical guidelines for genetic conservation and use, European black pine (*Pinus nigra* Arn.), International Plant Genetic Resources Institute, ISBN 92-9043-659-X, Rome, Italy.
- Işık, F., 1992. Sedirin Doğal Yayılışı, Sedir El kitabı Dizisi, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 66, Ankara, 43-52.
- Linden, L., 2002. Measuring Cold Hardiness in Woody Plants, University of Helsinki Department of Applied Biology Publication no: 10, 57.
- Repo, T., Hanninen, H. ve Kellomaki, S., 1996. The effects of long-term elevation of air temperature and CO₂ on the frost hardiness of Scots pine, Plant Cell Environment 19: 209- 216.
- Repo, T., Nilsson, J-E., Rikala, R., Ryyppö, A. ve Sutinen, M-L., 2001. Cold Hardiness of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Conifer Cold Hardiness, Bigras, F. J. and Colombo, S. J. Ed. Kluwer Academic Publishers, 463-493.
- Semerci, H., Öztürk, H., Semerci, A., İzbrak, A. ve Ekmekçi, Y., 2008. Değişik İslah Zonlarından Örneklenen Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder) Orijinlerinin Dona ve Kuraklığa Dayanıklılıklarının Belirlenmesi, Orman Ağaçları ve Tohumları İslah Araştırma Müdürlüğü Yayını, Teknik bülten No: 21, Ankara.