
SERİ

B

CİLT

52

SAYI

1

2002

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



F.1

ORMAN AĞACI TOHUMLARINDA ÇİMLENME-SU STRESİ İLİŞKİSİ

Ar.Gör.Dr. Mehmet ÇALIKOĞLU¹⁾
Ar.Gör.Dr. Fahrettin TİLKİ¹⁾

Kısa Özet

Su stresine karşı ağaç türlerine ve orijinlerine ait tohumların göstermiş oldukları tutum farklı olmaktadır. Ekolojik açıdan önem taşıyan bu durum, su alımını güçleştirici farklı kimyasal maddeler (polietilen glikol gibi) kullanılarak su gerilimi oluşturulan ortamda tohumların çimlendirilmesi ile test edilebilmektedir. Farklı ağaç türleri ile yapılan çalışmalar sonucu yağışlı bölgeleri temsil eden tür veya orijinlere ait tohumların su stresine karşı daha az dayanıklı oldukları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su stresi, PEG 6000, Çimlenme Testi

GERMINATION-WATER STRESS RELATIONS OF FOREST TREE SEEDS

Abstract

Seeds of tree species or origins have different reactions to water stress. This ecologically important point could be tested with chemicals like PEG 6000 which can form a water stress gradient. According to the results of stress tests with seeds of different tree species, it was determined that seeds from humid regions show lower resistance to water stress.

Keywords: Water stress, PEG 6000, Germination test

1. GİRİŞ

Çevresel faktörler (sıcaklık, ışık, su v.b) tarafından çimlenmenin düzenlenmesi ekolojik açıdan önem taşımaktadır. Çevresel stres ve içsel çimlenme engeli arasındaki ilişki tohumun belirli şartlar altındaki çimlenme durumunu belirlemektedir (BRADFORD ve ark. 1992). Toprakta sağlanan su, çimlenme ve fidan gelişimini kontrol eden önemli bir çevresel faktördür (KRAMER/KOZLOWSKI 1979; BEWLEY/BLACK 1994). Su potansiyelinin azalma durumuna bağlı olarak, su alımının sınırlanması sonucu çimlenme gecikmekte veya engellenmektedir

¹⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı

Yayın Komisyonuna Sunulduğu Tarih: 07.06.2002

(McDONOUGH 1976; HEGARTY 1978). Bu bilgi, türlerin büyüme ortamlarında tohumlarının çimlenme adaptasyonu stratejilerini anlamada önem taşıyabilmektedir. Tohumlar yeterli miktarda suyu sağlayabildikleri ölçüde çimlenmelerini optimal düzeyde ve hızda devam ettirebilmektedir. HEGARTY (1978) su stresi altında tohumların çimlenmemesinin çevresel koşullara karşı bir pozitif cevap olduğunu ve bir çeşit çimlenme engeli durumu oluşturduğunu ifade etmektedir.

KRAMER/KOZLOWSKI (1979)'ye göre, çok kalın kabuklu tohumlar için hariç tutulursa, tarla kapasitesindeki bir toprak, çimlenme için genel olarak optimal düzeyde suyun olduğu ve su stresi koşulları taşımayan bir çimlenme yatağı olarak kabul edilebilir. LEVITT (1972), bitkilerin yaşam faaliyetleri için gerekli olan suyu bünyelerine alamamaları durumunu su stresi (water stress) olarak tanımlamıştır. Bu tanıma göre su, yetersiz miktarda olması veya tohum bünyesine alınamaması durumunda, çimlenme yüzdesi ve hızını düşürerek tohum gücünü olumsuz yönde etkileyen bir stres faktörü olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Orman ağaçlarında tohum çimlenmesi ile su stresi arasındaki ilişkinin ortaya konması çeşitli yönlerden önem taşımaktadır. Öncelikle, ağaç türleri veya herhangi bir ağaç türünün orijinleri arasında, çimlenmenin su stresinden etkilenmesi bakımından oluşabilecek farkları ortaya koymak, ağaç türü veya orijinlerinin kuraklık stresine dayanıklılıklarının ve bu açıdan varyasyonlarının belirlenmesine olanak tanıyabilir. Bu bağlamda genel olarak tohum stres testleri, su stresinin çimlenmede yol açtığı uyumsuz çeşitliliği ortaya koyarak, orman ağaçlarının kuraklığa bağlı ekofizyolojilerinin tespitinde önemli katkılar sağlayabilir. Bu anlam çerçevesinde söz konusu testler, bitki ekofizyolojisinin çerçeve ve metodolojisi kapsamına girmektedir (LARCHER 1995).

SMITH (1986), doğal koşullar veya dış koşullar altında oluşacak bir su alımı eksikliğinin, ağaç tohumlarının çimlenme sürecinde, çimlenmenin ardından oluşan fidecik gelişimi aşamasına oranla, olumsuz anlamda daha etkili olduğunu belirtmektedir. Buna ek olarak HALLGREN (1989) ve KHALIL ve ark. (1997)'nin de belirttikleri gibi, tohumların çimlenme yeteneği, söz konusu tohumlardan oluşacak fidanların ilk dönemdeki hayatiyetini de önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Örneğin su stresi koşullarında daha yüksek oranda ve hızda çimlenebilen tohumlardan oluşacak fideler, kök ve sak boylarının da buna paralel olarak daha fazla olması ile çeşitli biyotik (mantar) veya abiyotik (yaz kuraklığı) karakterli olumsuz etmenlere karşı daha dayanıklı olmaktadır (SMITH 1986; ÇALIKOĞLU 2002). Türler su stresine bağlı olarak çimlenme ve takip eden kök büyümeleri açısından farklılıklar göstermektedir (HEGARTY/ROSS 1978; ROSS/HEGARTY 1979; FALUSI ve ark. 1983). Ağaç tohumlarında çimlenme ile su stresi arasındaki ilişkinin belirlenmesi, bu açıdan gerek tohum gücünün (seed vigor), gerekse dolaylı da olsa fidan gücünün (seedling vigor) ortaya konmasına yardımcı olabilmektedir (POULSEN 1993).

Orman ağacı tohumlarının çimlenme ortamlarını oluşturan gençleşme veya ekim alanlarının, rutubet durumu bakımından homojen bir nitelikte olduğunu belirtmek kolay değildir. Çeşitli mikrotopografik varyasyonlar, söz konusu alanlar üzerinde optimal ile az veya çok suboptimal (optimal düzeyin alt veya üstünde) düzeyler arasında bir rutubet dağılımına neden olmaktadır (OLIVER/LARSON 1996). Günümüzde fidanlıklarda da sulama sistemlerinden (yağmurlama) kaynaklanan bir toprak rutubetinin dengesiz dağılımı problemi ile karşılaşılabilir. Nitekim entansif olarak işletilen orman fidanlıklarında bile, ekim yastıklarının üst kısımlarında, toprak rutubeti geriliminin, yer yer -10 bar'a kadar düşebildiği belirtilmektedir

(DUNLAP/BARNETT 1984). Bu durum, gençleşme veya ekim alanlarındaki çimlenmelerde de varyasyonların oluşumuna neden olur. Sonuçta, fidan dağılımının ve buna bağlı olarak fidan standartlarının homojenitesi bozulabilir. Ağaç türlerinin ve orijinlerinin, su stresinin tedrici değişimine (stress gradient) bağlı çimlenme yeteneklerinin ortaya konması bu açılardan da önem taşımaktadır.

2. TOHUMLARDA SU STRESİ TESTLERİ VE UYGULANIŞI

Bir tohum partisinin çimlenme yeteneğinin su stresine bağlı değişimini deneysel olarak ortaya koymak ilk bakışta kolay gibi görülebilir. O tohum partisini temsil eden örneklere, belirli sıcaklık ve ışık koşullarında, değişik miktarlarda su verilerek çimlenmenin seyrini belirlemek düşünülebilir. Ancak bu tip bir deneysel yaklaşımın kısıtlı yönleri bulunmaktadır. Öncelikle, test ortamındaki çimlenme yatağını (kum veya filtre kağıdı), test süresi boyunca aynı oranda nemlendirecek miktarda suyun verilmesinde, her seferinde miktarı ayarlamak ve bu verişin devamlılığını sağlamak biçiminde ifade edilebilecek bir teknik zorlukla karşılaşılabilir. Bunun da ötesinde oluşturulacak su stresi düzeylerinin, hem kendi aralarında kıyaslamayı sağlayacak, hem de dış koşullardaki su yetersizliğine eşdeğer kılınmalarını olanaklı hale getirecek kantitatif bir ölçü ile belirtilebilmesi gerekmektedir.

Su stresi testlerinde bu sorunları belirli ölçüde aşmak amacı ile başvurulan yol, tohumların çimlenme yataklarının nemlendirilmesinde, değişik oranlarda su alımını güçleştirici kimyasal maddeler katılmış çözeltiler kullanmaktır. Tuz veya alkol kökenli bu maddelerin su alımına getirdikleri kısıtlama, "su gerilimi" veya "su potansiyeli" olarak isimlendirilen bir parametre ile sayısal olarak ifade edilebilmektedir. Esasen su potansiyeli bir ortamdaki suyun serbest enerjisi ile aynı sıcaklıktaki ve aynı basınçtaki saf suyun serbest enerjisi arasındaki farkı belirtmektedir (LOPUSHINSKY 1990). Bu fark yani su potansiyeli; atmosfer, bar veya Megapascal birimleriyle tanımlanmaktadır¹. Örneğin; belirli sıcaklık ve basınçta, test ortamındaki çimlenme yatakları yalnızca saf su ile yeterince nemlendirilmiş tohumlar, su alımında herhangi bir su stresi ile karşılaşmamakta, bu durumda ortamın su potansiyeli 0 bar (veya 0 Mpa) olmaktadır. Yukarıda belirtilen maddelerin değişik oranda saf suya katılması ile, çimlendirmede kullanılacak suyun da su potansiyeli azalmaktadır (-2, -4, -6 bar gibi). Negatif değerli bu azalışın pozitif karşılığı, yani su potansiyelinin mutlak değeri su stresinin arttığını göstermekte ve tohumların her su stresi düzeyi artışında su alımı güçleşmektedir.

Su gerilimini yaratan kimyasal maddeler olarak, su stresi testlerinde tuz (sodyum klorür) veya mannitol, polietilen glikol v.b. alkol türevleri kullanılmaktadır. Son yıllarda polietilen glikol, diğer kimyasallara oranla sahip olduğu bazı üstünlüklerle tohum su stresi testlerinde tercih edilmektedir. Örneğin, mannitolün test ortamında aşırı mantarlaşmaya sebep olduğu belirtilmiştir (BARNETT 1969). Tuzların da su ile birlikte tohumların bünyesine alınma ve bu açıdan zararlı olma tehlikesi mevcut olup, düşük molekül ağırlıklı polietilen glikol, tohumlar tarafından kolay absorbe edilmemektedir (KHALIL ve ark. 1997). Ayrıca kullanılan tuzların (NaCl), su stresinin yanında, bir tuz stresi ve ozmotik stres de yaratabildikleri belirtilmektedir (UNİYAL/NAUTİYAL 1998; SOUZA/CARDOSO 2000).

¹ 1 bar=0.1 Mpa=1.02 Atm.

Polietilen glikol molekül ağırlığına göre kendi içinde farklı türlere sahiptir (PEG- 4000, PEG-6000 ve PEG-10000 gibi). PEG 6000, bitki-su stresi ilişkisi araştırmalarında günümüzde en yaygın olarak kullanılan polietilen glikol'dür. PEG-6000'in gerek mannitol, gerekse diğer düşük molekül ağırlıklı polietilen glikollere oranla, bitkilerin doğal koşullarda karşılaştıkları su stresi veya ozmotik strese oldukça yakın bir su gerilimi oluşturduğu bildirilmiştir (KAUFMANN / ECKARD 1971).

PEG 6000, piyasadan 1 kg'lık hazır ambalajlar şeklinde temin edilebilmektedir. Beyaz renkli ve katı formda olup, kristalize parçacıklar şeklinde naftaline benzer bir görünümündedir. PEG 6000 saf suya belirli oranlarda katılarak istenen su potansiyeline sahip solüsyonlar elde edilmektedir. MICHEL ve KAUFMANN (1973), oluşturulması istenen su stresi ortamının stres derecesi ile (su potansiyeli ile), saf suya eklenecek PEG-6000 miktarı arasında bir parabolik ilişki olduğunu belirleyerek şu formülü geliştirmişlerdir:

$$0.00010122 c^2 + 0.00646 c = -\Psi$$

Buradaki Ψ yerine oluşturulması istenen stres derecesinin bar olarak değeri (örn: 2.4, 6.8 ...) yazılıp parabolün c değişkenleri belirlendiğinde, pozitif c değeri, 1 kg saf suya konulacak PEG 6000 miktarını gram cinsinden vermektedir.

Çimlenme-su stresi ilişkisini ortaya koymaya yönelik olarak yapılan testlerde, çimlendirme kapları içerisindeki altlıkların (filtre kağıdı) test başlangıcından sonuna kadar en çok 3 günlük aralıklarla değiştirilmesi ve ilgili stres düzeyini sağlayacak PEG solüsyonlarının tazelenmesi önerilmektedir (LARSON/SCHUBERT 1969; FALUSI ve ark. 1983). Çünkü test sürecinde ortamdan su kaybı olmakta ve artan PEG konsantrasyonu su potansiyelini düşürmektedir.

Su stresi denemelerinde su hariç, ışık, sıcaklık ve test süresi gibi diğer çimlendirme testi faktörleri standart test önerilerine (ISTA 1985) uygun olarak düzenlenebilirse de, bazı hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Standart test süreleri de değişik tohum partileri (tür, orijin) ne ait örneklerin, su stresi koşullarındaki performans farklılıklarını belirli bir sürede karşılaştırma olanağı tanıyabilir. Örneğin sarıçam ve karaçam gibi, göreceli olarak daha hızlı çimlenebilen türlerde, ileri stres düzeyinde (-7 veya -8 bar) bile çimlenme, normal temposunda devam edebilmekte, çimlenme yüzdesi düşük olmakla birlikte 21 günde, günlük çimlenme toplamları birikimli bir S eğrisi oluşturabilmektedir. Bunun aksine örneğin THANOS ve SKORDILIS (1987), kızılçam ve halepçanı gibi kalın kabuklu ve ön işlem gerekebilen türlere ait tohumların çimlenme eğrilerini tamamlayabilmek için, özellikle yüksek stres düzeylerinde, 28-30 günlük standart sürenin bile yeterli olmadığını belirtmişlerdir.

Tohumlarla ilgili su stresi testlerinde sıcaklık faktörüne de dikkat edilmelidir. İ.Ü. Orman Fakültesi Silvikültür tohum laboratuvarında, değişik ağaç türleriyle ilgili olarak yapılan bu kapsamdaki araştırmalar, özellikle 20°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, çimlenme ortamındaki suyun buharlaşarak petri kapaklarında damlalar halinde toplandığını ve çimlenme altlıklarının, artan PEG konsantrasyonunun etkisiyle aşırı derecede kurduğunu göstermiştir. Örneğin karaçam tohumları standart testlerde 20 ila 30 °C ler arasında çimlendirilebiliyorsa da, su stresi testlerinde 20°C sıcaklık uygulamak bu açıdan bir zorunluluk olmuştur (ÇALIKOĞLU 2002). Düşük sıcaklıklar ise, özellikle yüksek stres düzeylerinde çimlenme yüzdesi ve hızını düşürmektedir.

Örneğin kızılçam türünde 15°C sıcaklık koşullarında -6 bar stres düzeyinde, 28. günde bile herhangi bir çimlenme elde edilememiştir¹.

Gerek kimyasal malzeme maliyeti, gerekse altlıkların belirli sürelerde değiştirilmesi zorunluluğundan doğan zamansal kayıplar yüzünden, çimlenme-su stresi ilişkisini ortaya koymaya yönelik olarak yapılan testlerde, örnek tohum sayısı standart testlerde önerilen sayıdan genelde daha düşük tutulmaktadır. Bu tip testlerde genel olarak 4x50 sayıda örnekle çalışmak yeterli görülmektedir (FALUSI ve ark. 1983; FALLERİ 1994; BOYDAK ve ark. 2003).

3. ORMAN AĞAÇLARINDA ÇİMLENME-SU STRESİ İLİŞKİSİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Orman ağacı tohumlarının çimlenme yeteneklerinin su stresi artışına paralel olarak azaldığı bugüne kadar yapılan çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Aynı araştırmaların sonuçları, su stresi koşullarında çimlenme yeteneğinin değişimi konusunda ağaç türleri ve orijinleri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Türkiye için yabancı ve yerli bazı türlerin aynı su stresi kademelerindeki çimlenme yüzdeleri (GP) ve çimlenme değerleri (GV) Tablo 1'de verilmiştir.

FALUSI ve ark. (1983), *Pinus halepensis* tohumlarının -2 bar su stresi düzeyinde çimlenme yüzdelerindeki önemli bir düşüş olmadığını -4 bar su stresi düzeyinde hafif fakat -6 bar su stresi düzeyinden itibaren belirgin bir düşüş tespit ettikleri belirtmektedirler. Çimlenme hızının da bir göstergesi olan ve aynı koşullardaki fidan yüzdesinin yaklaşık değerini veren çimlenme değeri (GV) bakımından bakıldığında ise, -2 bar su stresi düzeyinde de bu türün tohumlarının stres den belirgin ölçüde etkilendiği görülmektedir.

DJAVANSHIR ve REID (1975)'in araştırmalarına göre *Pinus ponderosa* tohumlarının su stresinden etkilenmesi -4 bar su stresi düzeyinden itibaren belirgin olarak görülmektedir. *Pinus elderica* tohumlarının ise 0 ile -4 bar arasında su stresinden etkilenmediğini hatta çimlenme yüzdesinin az da olsa arttığını belirlemişlerdir. *Pinus elderica*'da, -6 bar su stresi düzeyinde ise çimlenme yüzdesinin % 50 oranında düşüş gösterdiği fakat bu türün tohumlarının -12 bar su stres düzeyinde bile az da olsa çimlenebildiği görülmektedir.

FALLERİ (1994)'nin *Pinus pinaster* türünde 6 orijin ile yaptığı araştırmada ise, bu türe ait tohumların çimlenme yüzdelerinin -4 bar'da olumsuz olarak etkilenmeye başladığı ve -8 bar su stresi düzeyinde ise düşüşün belirgin olduğu ve çimlenmenin %50 azaldığını ortaya konmuştur.

Tablo 1'de gösterilmeyen diğer bazı türlerle ilgili olarak yapılan araştırma sonuçları da şöyle özetlenebilir:

KAUFMANN ve ECKARD (1977), -8 bar su stresi düzeyinin, gerek *Pinus contorta* gerekse *Picea engelmannii* türlerine ait tohumlarda, çimlenme yüzdesini % 50 oranında azalttığını ortaya koymuşlardır. DUNLAP ve BARNETT (1984) ise, *Pinus taeda* tohumlarının çimlenme yüzdesinin -10 bar su stresi düzeyine kadar fazla bir değişim göstermediğini, -15 bar da ise

¹) TİLKİ, F., DİRİK, H. 2002: "Farklı Yükseltilere Ait Tohumların Çimlenmesi Üzerine Katlama ve Su Stresinin Etkisi" konulu devam eden çalışmaya ait bazı bulgular

çimlenmenin % 10-15' e düştüğünü belirtmişlerdir. FALUSI ve CALAMASSI (1982), kızılçam ile yaptıkları araştırmalarda, bu türde çimlenmenin -4 bar su stresi düzeyinde belirgin bir azalmaya uğradığını, -8 bar stres düzeyinde ise % 5 seviyesine kadar düştüğünü ortaya koymuşlardır. BARNETT (1969) *Pinus palustris* ve *Pinus elliotii* türlerinde 8 Atm.'den itibaren çimlenmenin önemli oranda düşmeye başladığını ve 18 Atm'den sonra çimlenme olmadığını yaptığı araştırma ile ortaya koymuştur.

Eucalyptus globulus türünün tohumlarının ise su stresi koşullarına çok hassas olduğu, çimlenme yüzdesi ve hızının -1 bar'da etkilenmeye başladığı ve -2.5 bar su stresi düzeyinde çimlenmelerin görülmediği bildirilmiştir (LOPEZ ve ark. 2000). Buna karşılık, Himalaya bölgesinin subtropikal bir türü olan *Ougeinia dalbergioides* tohumlarının çimlenmesinin -6 bar su stresi düzeyine kadar etkilenmediği, -8 bar düzeyinde ise çimlenmelerin % 20'nin altına düştüğü ifade edilmektedir (UNİYAL ve NAUTİYAL 1998).

Türkiye'nin bazı önemli doğal ağaç türlerinin tohumları ile yapılan su stresi araştırmalarının sonuçları da şöyle özetlenebilir (Tablo 1):

BOYDAK ve ark. (2002), farklı biyoklimatik rejyonları temsil eden kızılçam orijilerine ait tohumlarla yaptıkları su stresi araştırmalarının sonucunda, bu türün tohumlarının çimlenmesinin -4 bar stres düzeyine kadar su stresinden etkilenmediğini ortaya koymuşlardır. Kızılçam'da çimlenme -6 bar su stresi düzeyinden itibaren belirgin olarak düşmüştür. Buna karşılık sarıçamda, Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen 9 orijin ile yapılan çalışma sonucunda, çimlenme yüzdesinin -2 bar'da istatistik anlamda düşmeye başladığı ve -6 bar stres düzeyinde çimlenmelerin önemli oranda azaldığı belirlenmiştir (TİLKİ 2002). Anadolu karaçamında ise, çimlenme yüzdesi su stresinin artışına paralel olarak daha düzenli bir düşüş göstermektedir. Bu alt türün sarıçamdan farkı, yüksek stres düzeyinde (-6 bar) daha yüksek oranda çimlenebilmesidir (ÇALIKOĞLU 2002). DİRİK (2000) Toros sediri tohumlarının su stresi koşullarında oldukça düşük çimlenme yeteneklerine sahip olduğunu belirlemiştir. Söz konusu 4 doğal türün, su stresi koşullarındaki çimlenme yeteneklerinin karşılaştırılması daha net olarak Şekil 1 üzerinde yapılabilir. Bu grafikte bağlı değişken olarak kümülatif çimlenme yüzdesi ve her türün oransal çimlenme yüzdeleri esas alınmıştır (her stres düzeyindeki çimlenme yüzdesi 0 bar düzeyindeki çimlenmeler 100 kabul edilip bu değere oranlanarak değerlendirilmiştir). Böylece 0 bar düzeyindeki (su stresi olmayan düzey) çimlenme yeteneği farklılıklarından doğabilecek subjektivite elimine edilmeye çalışılmıştır. Grafikten de izlenebildiği gibi, oransal çimlenme yüzdesi açısından, 0 ile -8 bar su stresi düzeyleri arasında strese en dayanıklı tür kızılçamdır. Sarıçam Anadolu Karaçamı'na oranla ılımlı stres düzeyinde biraz daha üstün bir konumdayken, ileri stres düzeylerinde karaçamın üstünlüğü belirginleşmektedir. Toros sediri ise her stres düzeyinde en az oransal çimlenme yüzdesi değerlerini sergilemişlerdir.

Tablo 1: Farklı türlerin su stresi altındaki çimlenme yüzdeleri (GP) ve çimlenme değerleri (GV)

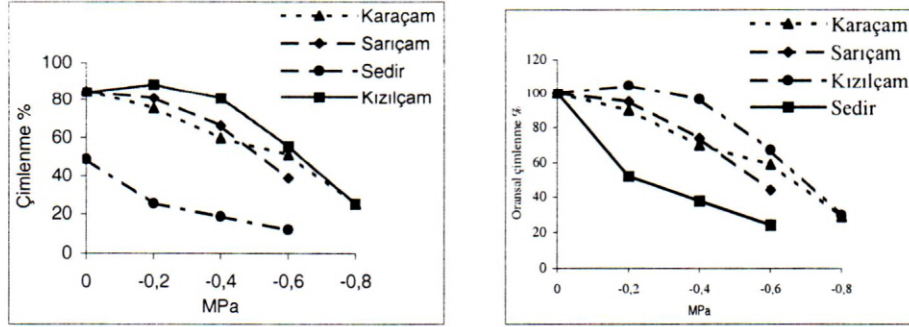
Stres düzeyi (-bar)	<i>Pinus ponderosa</i> ¹		<i>Pinus elderrica</i> ¹		<i>Pinus halepensis</i> ²		<i>Pinus pinaster</i> ³		<i>Pinus sylvestris</i> ⁴		<i>Pinus nigra ssp. pallastana</i> ⁵		<i>Pinus brutia</i> ⁶		<i>Cedrus libani</i> ⁷
	GP	GV	GP	GV	GP	GV	GP	GV	GP	GV	GP	GV	GP	GV	GP
0	80	16.41	90	48.78	91.3	46.39	90.17	29.53	84.4	56.9	84.7	59.7	84.3	31.8	48.7
2	81	33.44	93.5	31.68	83.4	27.80	91.17	27.24	80.8	37.2	75.2	36.0	88.7	29.6	25.3
4	37	7.36	64.5	25.62	70.0	15.19	84.46	18.58	65.1	18.6	60.0	20.9	80.6	19.9	18.7
6	25	2.77	50	5.42	33.9	3.85	82.54	13.60	38.8	5.2	51.1	10.2	55.5	6.6	12.1
8	22	4.23	36	1.95	25.7	3.12	43.83	1.95			25.2	3.2	25.2	1.4	
10	0	0	8.5	0.09											

Kaynaklar:

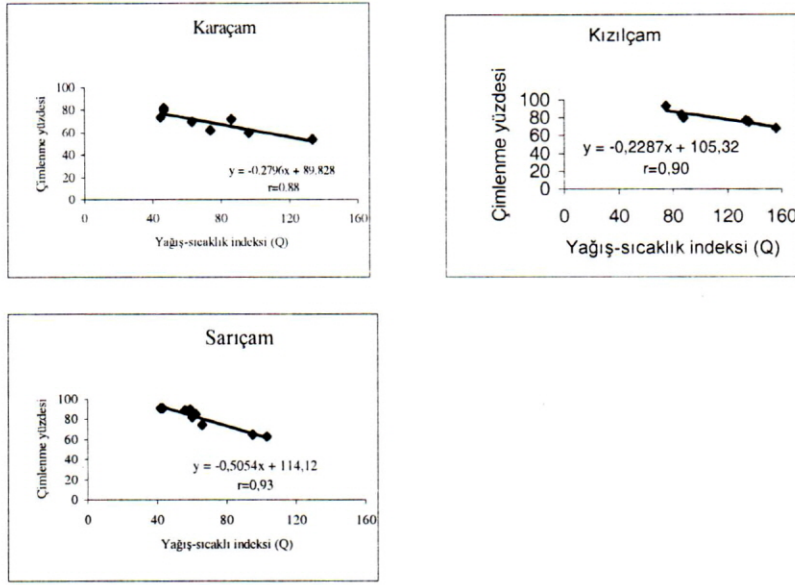
¹ Djavanshir ve Reid 1975, ² Falusi ve ark. 1983, ³ Falleri 1994, ⁴ Tilki 2002, ⁵ Çalıkoglu 2002, ⁶ Boydak ve ark. 2003, ⁷ Dirik 2000.

Türlerin su stresi koşullarındaki çimlenme performanslarını değerlendirilmesinde çimlenme hızı ve bunu da içeren çimlenme değeri parametrelerinin de dikkate alınması önemlidir. DUNLAP ve BARNETT (1984), örneğin *Pinus taeda* tohumlarının -10 bar'a kadar çimlenme yeteneklerinde bir değişim olmadığını belirtirlerken, -3 bar su stresi düzeyinde çimlenme hızında önemli bir düşüş görüldüğünü eklemiştir. Anadolu karaçamında çimlenme yüzdesi (GP), -4 bar su stresinde oransal olarak % 70'e, -8 barda ise %29'a düşerken, çimlenme değeri (GV) stresten daha fazla oranda etkilenmiş ve aynı düzeyler için sırasıyla % 32 ve % 5'e düşmüştür (ÇALIKOĞLU 2002). Yine Tablo 1'e bakılacak olursa, kızılçam tohumlarının su stresine daha dayanıklı oluşunun çimlenme yüzdesi açısından söz konusu olabileceği, çimlenme değeri açısından ise Anadolu karaçamının her stres düzeyinde, daha üstün bir konumda olduğu görülmektedir. Sarıçam ile yapılan çalışmada da benzer sonuç elde edilmiş, çimlenme yüzdesi -2 bar düzeyinden itibaren istatistik anlamda düşmesine rağmen, çimlenme hızı (PV) ve çimlenme değeri (GV) -1 bar düzeyinde istatistik anlamda düşüş göstermiştir (TİLKİ 2002). Çimlenme hızı ve değerinin, fidecik gücü konusunda daha etkili parametreler olabileceği dikkate alınır ise bunların su stresi etkilerinin yorumlanmasındaki önemleri daha net bir şekilde anlaşılabilir.

Bu konuda yapılan araştırmaların ortaya çıkardığı diğer bir sonuç da, tohumların su stresi koşullarındaki çimlenme yetenekleri bakımından tür içi varyasyonun istatistiksel açıdan



Şekil 1: Farklı türlerde su potansiyeline bağlı olarak kümülatif ve oransal çimlenme yüzdelerindeki değişim



Şekil 2: Karaçam, Kızılçam ve Sarıçam türlerinde orijinlerin Emberger yağış sıcaklık-indeksi (Q) ile çimlenme yüzdesi arasındaki ilişki

anlamli oluşudur. DUNLAP ve BARNETT (1984), *Pinus taeda* orijinleri arasındaki fark açısından bu sonucu ortaya koymuş ve daha az yağışlı yöreleri temsil eden orijinlerin su stresi koşullarında daha fazla oranda ve hızda çimlenebildiklerini belirlemişlerdir. Benzer sonuçları halepçamı için FALUSI ve ark. (1983), kızılçam için FALUSI ve CALAMASSI (1982) ile BOYDAK ve ark. (2003), sahilçamı için FALLERİ (1994), Toros sediri için DİRİK (2000), Sarıçam için TİLKİ (2002) ve Anadolu karaçamı için ÇALIKOĞLU (2002) ortaya koymuşlardır. Şekil 2’de üç doğal çam türümüzde çimlenme yüzdesi ile denemelerde kullanılan orijinlerin temsil ettikleri bölgelerin yağış-sıcaklık indisleri (Q) arasındaki ilişkileri göstermektedir. Bu grafiklerden çimlenme yüzdesi ile Q indis değeri arasında kuvvetli ve azalan bir ilişki olduğu görülmektedir. Her üç türde de, orijinlerin temsil ettikleri bölgelerin Q indis değeri arttıkça (yağış miktarı arttıkça) su stresine bağlı çimlenme yüzdelerinde düşüş olduğu belirtilebilir. Sonuç olarak kuraklık faktörü, su stresinde çimlenme yeteneği bakımından tür içi varyasyona neden olan önemli bir seleksiyon etkenidir ve genel olarak bu karakter açısından tür içi varyasyon, Q indis değerine bağlı olarak kesiksiz (clinal) bir karakter sergilemektedir.

4. SONUÇ

Ağaç türlerine ait tohumların su stresi koşullarındaki çimlenme yeteneklerinin ortaya konması, gerek türlerin gençleşme ekolojilerinin aydınlatılmasında, gerekse kuraklığa bağlı ekofizyolojilerinin ortaya konmasında önem taşıyan bir araştırma sahasıdır. 3. bölümde sunulan literatür özeti, Akdeniz havzasının ve A.B.D’ nin önde gelen bazı ibreli türlerinde bu araştırmaların yoğunlaştığını göstermektedir. Özellikle yapraklı ağaç yetiştirmenin de önem

kazandığı günümüzde, su stresi araştırmalarını bu türlerin tohumlarında da yaygınlaştırmakta yarar vardır.

Çimlenme için tohumları soğuk-ıslak ön işlem gerektiren ağaç türlerinde, katlama ile su stresi koşullarında çimlenmenin ilişkilerinin de aydınlatılması önemli bir konudur. BONNER ve FARMER (1966), bu alanda yaptıkları belki de ilk örnek araştırmada, katlamaya alınmış tohumların çimlenme açısından su stresine olan dayanıklılıklarının arttığını ortaya koymuşlardır. Her ne kadar örneğın BOYDAK ve ark. (2003), Kızılcım'da çimlenme-su stresi ilişkisini katlamaya alınmamış tohumlarla yaptıkları araştırmalar ile ortaya koymuşlarsa da, denemelerde 0 bar stres düzeyinde bazı orijinlerin % 90'nın üzerinde çimlenmiş olması (tür ortalaması % 84.7), bu araştırmada kullanılan tohumların bir şekilde soğuk ıslak ön işlem gereksinimlerini gidermiş oldukları (soğuk hava deposunda bekleme yoluyla çıplak katlama) şeklinde kabul edilebilir. Ayrıca bu konudaki önemli bir açmaz da, örneğın kızılcım'da katlama işleminin, çimlenme yeteneğini bakımından orijinler arası varyasyonları ortadan kaldırarak, bu açıdan farklılıkları ortaya koymaya olanak tanımayabilmesidir (IşIK 1980). Kızılcım'da doğal koşullarda tohum dökümünün yıl içerisinde her mevsim devam edebildiğini ve özellikle alçak zonlarda sonbahar çimlenmelerinin de önemli olabildiğini bilinmektedir. Bu açıdan, kızılcımda yer yer tohumların çimlenmesi için bir kış geçirmenin doğal olarak da söz konusu olmadığı ve kuraklığın soğuk ıslak ön işlem görmemiş tohumların çimlenmesi üzerinde de önemli bir kısıtlayıcı faktör olduğu kabul edilebilir. Diğeryandan, kızılcımda su stresi koşullarında ortaya çıkan düşük çimlenme değerlerinin (Tablo 1) katlamanın eksikliğinden kaynaklanıp kaynaklanmadığını aydınlatmakta yarar vardır. Bu unsurlar çerçevesinde bu türde katlama ve su stresi ilişkilerini daha net aydınlatmak amacı ile bir araştırma projesi devam etmektedir (Bkz. Sayfa 83, dipnot 1).

BONNER ve FARMER (1966) ın bir kısım bulguları, sıcaklığın artışı ile su stresinin çimlenme üzerindeki olumsuz etkilerinin de bir ölçüde azalabileceğini göstermiştir. Yalnız 2. bölümde de belirtildiğini gibi, yüksek ve düşük sıcaklıklar bu araştırmalarda birtakım problemler çıkarabilmektedir. Yine de, belirli limit sıcaklık değerleri arasında sıcaklık-su stresi ilişkilerinin aydınlatılmaya çalışması önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- BARNETT, J.P. 1969: Moisture Stress Affects Germination on Longleaf and Slash Pine Seeds. For. Sci. 15: 275-276.
- BONNER, F. T., FARMER, R. E. 1966: Germination of sweetgum in response to temperature, moisture stress and length of stratification. For. Sci. 12: 40-43.
- BOYDAK, M., DİRİK, H., TİLKİ, F., ÇALIKOĞLU, M. 2003: Effect of osmotic stress on germination in six provenances of *Pinus brutia* seeds from different bioclimatic zones of Turkey. Turk J Agric. For. 27: 91-97.
- BRADFORD, K.J., DAHAL, P., NI, B.R. 1992: Quantative models describing germination response to temperature, water potential, and growth regulators. Fourth International Workshop on Seeds. Basic and Applied Aspects of Seed Biology 1: 239-248.

- ÇALIKOĞLU, M. 2002: Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* ssp. *pallasiana*) Orijinlerinin Kuraklığa Karşı Reaksiyonlarının Ekofizyolojik Analizi. İ.Ü. Fen Bil. Enst. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul. 100 s.
- DİRİK, H. 2000: Effet du Stress Hydrique Osmotique sur la Germination des Graines chez les provenances de cedre du liban (*Cedrus Libani* A. Rich.) d'origine Turque. Ann. For. Sci. 57: 361-367.
- DJAVANSHIR, K. REID, C. C. P. 1975: Effect of moisture stress on germination and radicle development of *Pinus eldarica* Medw. and *Pinus ponderosa* Laws. Can. J. For. Res. 5: 80-83.
- 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, pp: 61-74. Boston.
- FALLERI, E. 1994: Effect of Water Stress on Germination of Six Provenances of *Pinus Pinaster* Ait. Seed Sci. Technol. 22: 591-599.
- FALUSI, M., CALAMASSI, R. 1982: Effeti Degli Stress Idrici su Germinazione e Crescita Della Radice in Cinque Provenienze di *Pinus brutia* Ten. (Effects of moisture stress on germination and root growth in provenances of *Pinus brutia* Ten.), Ann. Acc. It. Sc. For. XXXI: 99-118.
- FALUSI, M. CALAMASSI, R., TOCCI, A. 1983: Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill. Silvae Genet. 32: 4-9.
- HALLGREN, S.W. 1989: Effects of osmotic priming using aerated solutions of polyethylene glycol on germination of pine seeds. Ann. des Sci. Forest. 46: 31-37.
- HEGARTY, T. W. 1978: The physiology of seed hydration and dehydration, and the relation between water stress and control of germination: A review. Plant Cell Environ. 1: 101-109.
- HEGARTY, T.W., ROSS, H.A. 1978: Some characteristics of water-sensitive process in the inhibition of germination by water stress. Ann. Bot. 42: 1223-1226.
- ISTA 1985: International Rules for Seed Testing. Seed Sci. Technol. 13: 299-355.
- IŞIK, K. 1980: Kızılcım'da (*Pinus brutia* Ten.) Populasyonlararası ve populasyonlarıçi genetik çeşitliliğin araştırılması I: Tohum ve fidan karakteristikleri. Yayınlanmamış Doktora Tezi. ODTÜ Biyolojik Bilimler Bölümü, Ankara.
- KAUFMANN, M.R., ECKARD, A.N. 1971: Evaluation of Water Stress Control with Polyethylene glycol by analysis of guttation. Plant Physiol. 47: 453-456.
- KAUFMANN, M.R., ECKARD, A.N. 1977: Water Potential and Temperature Effects on Germination of Engelmann Spruce and Lodgepole Pine Seeds. Forest Sci. 23: 27-33.

- KHALIL, S.K., MEXAL, J.G., ORTIZ, M. 1997: Osmotic Priming Hastens Germination and Improves Seedling Size of *Pinus brutia* var *elderica*. *Tree Planters' Notes* 48: 24-27.
- KRAMER, P.J., KOZLOWSKI, T.T. 1979: *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, 811 p. New York.
- LARCHER, W. 1995: *Physiological Plant Ecology*. Springer-Verlag, New York.
- LARSON, M.M., SHUBERT, H. 1969: Effect of osmotic stress on germination and initial development of ponderosa pine seedlings. *Forest Sci.* 15: 30-36.
- LEVITT, J. 1972: *Responses of plants to environmental stress*. Academic Press, New York.
- LOPEZ, M., HUMARA, J.M., CASARES, A., MAJADA, J. 2000: The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globulus* Labill. Seeds of different sizes. *Ann. For. Sci.* 57: 245-250.
- LOPUSHINSKY, W. 1990: Seedling Moisture Status. In: *Target Seedlings Symposium*. West. For. Nursery. Assoc. August 13-17. OR. pp: 123-138.
- McDONOUGH, W.T. 1976: Water Potential of Seeds of *Bromus inermis* and *Medicago sativa* Imbibed on Media of Various Osmotic Potentials. *Can. J. Bot.* 54: 1997-1999.
- MICHEL, B.E., KAUFMANN, M.R. 1973: The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51: 914-916.
- OLIVER, C.D., LARSON, C.B. 1996: *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons. New York.
- ROSS, H.A., HEGARTY, T.W. 1979: Sensitivity of seed germination and seedling radicle growth to moisture stress in some vegetable crop species. *Ann. Bot.* 43: 237-246.
- SMITH, D.M. 1986: *The Practice of Silviculture*. 8th ed. John Wiley and Sons, New York.
- SOUZA, G.M., CARDOSO, V.J.M. 2000: Effects of different environmental stresses on seed germination. *Seed Sci. Technol.* 28: 621-630.
- THANOS, C. A., SKORDILLIS, A. 1987: The Effects of Light, Temperature and Osmotic Stress on the Germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Seeds. *Seed Sci. Technol.* 15: 163-174.
- TİLKI, F. 2002: Türkiye'de Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohumu Üzerine Teknolojik Araştırmalar. İ.Ü. Fen Bil. Enst. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul. 153 p.
- UNIYAL, R.C., NAUTİYAL, A.R. 1998: Seed germination and seedling extension growth in *Ougeinia dalbergioides* Benth. under water and salinity stress. *New Forests* 16: 265-272.