
SERİ

B

CİLT

46

SAYI

1-2-3-4

1998

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



TOHUM GÜCÜ¹⁾ VE ORMAN AĞACI TÜRLERİNDE TEST EDİLMESİ

Ar. Gör. Fahrettin TİLKİ²⁾
Ar. Gör. Mehmet ÇALIKOĞLU²⁾

Kısa Özet

Tohum teknolojisinin temel konularından bir tanesi tohum testi olup, 100 yıldan fazla bir süredir bu konudaki çalışmalar gelişme göstererek devam etmektedir. Buna rağmen yapılan araştırmalarda, tohum testleri sonuçlarının, tohum partilerinin performans ve kalitesini tam olarak ortaya koyamadığı ortaya çıkmıştır. Bu yetersizlik sonucunda tohum gücü kavramı gündeme gelmiş ve bu gücün ortaya konması yönünde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Günümüzde tohum gücünün belirlenmesi kapsamında üzerinde çalışılan, hızlandırılmış yaşlandırma, salgı iletkenliği ve çimlenme hızı testlerinin her birisi gelecek için ümit vermektedir.

Bu yazıda, tohum gücü ve bunun genel tohum kalitesi kavramı içerisindeki yeri tanıtılmaya çalışılmıştır. Tohum gücünün test edilmesi yöntemleri ormancılık kapsamında yapılan çalışmalar ve gelişmeler çerçevesinde örneklerle açıklanmış olup, bu yöntemlerin ormancılık açısından uygulanabilirliği hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

1. GİRİŞ

Başta odun hammaddesi olmak üzere birçok ürün ve hizmetin kaynağı olan ormanların, çeşitli nedenlerle dünya ölçeğinde azalması, öte yandan söz konusu ürün ve hizmetlere olan talepteki artış, ağaçlandırmalar yoluyla yeni ormanların kurulması zorunluluğunu devamlı olarak gündemde tutmaktadır. Son tahminlere göre ağaçlandırmalar yoluyla kurulan ormanların alansal miktarı, küresel düzeyde yaklaşık 100-135 milyon hektara ulaşmış bulunmaktadır (SAVILL/EVANS/AUCLAIR/FALCK 1997). Ormanların sunduğu ürün ve hizmetlerin daha etkin ve kapsamlı olarak sağlanması bağlamında, plantasyon ormancılığı tekniklerinin de, her aşama ve düzeyde etkinleştirilmesi ve kalite düzeylerinin yükseltilmesi gereği ortaya çıkmaktadır (ANONİM 1997). Ormancılıkta her zaman önemle gözetilmiş olan, “daha kaliteli ormanlar için daha kaliteli tohum” ilkesi bu açıdan önümüzdeki dönemlerde de önemini koruyacaktır.

Hangi amaç ve/veya amaçlar için gerçekleştirilmesi planlarsa planlansın, tüm ağaçlandırmaların çıkış noktası “tohum” dur (ÜRGENÇ 1998). Tohumun elde edilmesinden fidan

¹⁾ Seed vigor (İng.), Vigueur de semences (Fr.), Kraft des samens (Alm.)

²⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Silvikültür Anabilim Dalı

üretimine kadar ki süreçte, tohum kalitesinin kontrolü ve bu kalite düzeyinin korunması büyük önem taşımaktadır. Ormancılıkta tohum teknolojisi de; tohum kalitesinin ve buna ilişkin parametrelerin ortaya konması, tohum kalite düzeyinin devamlılığının sağlanması hatta olanaklar ölçüsünde arttırılması ile kalitenin sürekli, hızlı ve etkin bir şekilde test edilmesi gerekleri doğrultusunda, kendi içinde önemli gelişmeler yaşamaktadır.

Ağaçlar, yaşamlarının çok büyük bir bölümünde yüksek miktarlarda tohum üretirler. Birey veya birim alan başına üretilen tohum sayısı, eklemli karakterde olup, çoğu zaman astronomik değerlere ulaşabilmektedir (TIEGERSTEDT/YAO 1997). Bununla birlikte, orman ağacı tohumlarının birim miktarının nitelik ve nicelik olarak değeri artmakta ve önem kazanmaktadır. Bu durumun başlıca nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

I. Belirli tohum kaynaklarından yararlanmanın zorunluluğu, tüm ormanlardan tohum teminini olanaksız kılmaktadır.

II. Özellikle doğal nitelikli tohum kaynaklarından tohum elde edilmesi teknik zorluklar içermekte ve ekonomik açıdan masraflı olmaktadır.

III. Tohum veriminde gözlenen dönemsellik, her zaman düzenli olarak yeterli miktarda tohum sağlanmasına olanak tanımamaktadır.

IV. Genetik ıslah çalışmaları ilerledikçe, bu masraflı çalışmaların sonucu, her generasyonda üretilen tohumların birim miktarının parasal değerine artarak yansımaktadır.

Genel olarak ağaç türlerinde tohum kalitesi kavramı tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamıştır. Günümüzde, klasik tohum testi çalışmaları ile tohum kalitesinin tüm boyutları ile ortaya konulmasının mümkün olmadığı anlaşılmıştır. Bir tohum partisinin saflığı, nem içeriği, çimlenme yeteneği veya fidan yüzdesi, o tohum partisinin kalitesine etkide bulunan önemli parametrelerdir. Ancak, tohum partisinin, salt bir tohum toplumu olarak değil de, doğal ortamların zamansal ve uzamsal değişkenliği ve çeşitliliği bağlamında çimlenme yeteneğinin tatminkar bir düzeyde olması, oluşturacağı fidanların kalitesi, dış koşullara dayanıklılığı ve ürünün (fidanların) homojenliği gibi unsurları da içeren geniş bir kalite konseptine sahip bir hammadde olarak ele alınması durumunda, yukarıda belirtilen parametrelerin, tek başlarına veya ortak bir kriter olarak taşıdıkları anlam fazla değer taşımayabilmektedir. Bir tohum veya tohum partisinin kalitesinin salt fiziksel bir kalite boyutu yanında, fizyolojik ve genetik boyutlara da sahip olması konuyu daha karmaşık bir niteliğe büründürmektedir (EDWARDS 1980; POULSEN 1993a; BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994). Bu nedenlerden dolayı, tarım sektöründeki tohum teknolojisi çalışmalarında uzunca bir zamandır gündemde olan “tohum gücü” (seed vigor) kavramı (HEYDECKER 1972; POLLOCK/ROSS 1972; McDONALD 1994; FERNANDEZ/JOHNSTON 1995), ormancılıkta da gündeme gelmeye başlamıştır (BONNER 1986,1987; LEINONEN 1997; BONNER 1998). Tohum gücü kavramı ile, yukarıda belirtilen çok boyutlu kalite kavramı netleştirilmeye çalışılmış ve özellikle tarımda, tohum kalitesinin önemli bir boyutu olarak bu kavram üzerinde bir ortak yaklaşım oluşturulabilmiştir. Bu oluşturma sürecinin başlangıcında, her tarımsal bitki türü tohumları için uygulanabilecek testleri belirlemek zor olmuştur. Bununla birlikte Uluslararası Tohum Testi Birliği (ISTA) bünyesinde yapılan çalışmalar sonucunda tohum gücü ve bu gücün test edilmesi ile ilgili bir el kitabı çıkarılmış (PERRY 1981) ve bunu Resmî Tohum Analizleri Birliği (AOSA) tohum gücü test komitesinin hazırladığı “Tohum Gücü Test Kitabı” (AOSA 1983) izlemiştir. ISTA'nın yayınladığı ilk el kitabı, daha sonraki yıllarda yapılan çeşitli araştırma sonuçları da dikkate alınarak ve gözden geçirilerek yeniden yayınlanmıştır (HAMPTON/TeKRONY 1995). Gerek ISTA, gerekse AOSA'nın belirtilen yayımları, tohum gücünün tanımı konusunda bir uzlaşma sağlamış, aynı zamanda çoğu tarımsal bitki türleri için tohum gücü testlerinin uygunluğunu ortaya koymuş ve önerilerde bulunmuştur (BONNER 1998).

Tohum gücü test kitapları ağaç türleri tohumları için kapsamlı öneriler içermemektedir. Bu nedenle ağaç türleri tohumları üzerinde çalışanlar (ormancılar, fidanlıkçılar v.b.) bu testlerin orman ağacı tohumlarında uygulanabilirliği ve sonuçları hakkında bilgi gereksinimi içindedirler.

Bu yazıda, ana hatları ile ormancılık çalışmalarında tohum gücünün tohum kalitesi içerisindeki yeri ve önemine değinilmiş ve tohum gücünün test edilmesi yöntemleri açıklanmıştır.

2. TOHUM KALİTESİ KAVRAMI VE KAPSAMI

Tohumların ekimi yoluyla yapılan üretimin orman ağacı türlerinde temel yöntemi oluşturması, tohum kalitesi kavramını ormancılar açısından oldukça önemli bir kavram kılmaktadır. Tohumların kalite düzeyinin yüksek olması;

- daha iyi saklanabilme,
- minimum tohum kaybı,
- fidanlıkta uniform fidan elde edebilme ve
- daha randımanlı üretim gibi sonuçları doğurabilmektedir.

Tohum kalitesinin tanımı, tohumun kullanım amacına göre değişebilir (POULSEN 1993a). Bu kullanım yerleri;

- gen kaynaklarını koruma,
- fidan üretimi,
- orman içi ve dışı alanlarda orman kurma amaçlı direkt tohum ekimi ve
- yiyecek amaçlı olabilmektedir.

Tohumların eş zamanlı bir çimlenme göstermesi, fidanlıklarda genellikle bir avantaj oluştururken, ormanda çimlenme zamanlarında görülen farklılıklar, olumsuz koşullara karşı bazı çimlenmeleri garanti altına alabilmektedir. Gen kaynaklarını korumak amacıyla saklanan tohumların kalite düzeyi ise, genetik varyasyon açısından çok yüksek olacaktır. Besin değeri bakımından değerlendirildiğinde de protein veya yağ içeriği büyük ihtimalle ana kalite faktörüdür. Sonuç olarak, tohum kalite faktörünün öneminin tohumun nihai kullanımına bağlı olduğu ileri sürülmektedir (POULSEN 1993a).

BONNER ve arkadaşlarına (1994) göre, tohum kalitesi bir tohum partisinin sağlığını, çimlenme yeteneğini veya gücünü ifade eden genel bir terimdir. Çimlenme yüzdesi, tohum kalitesini ifade edebilmek için yeterli değildir, çünkü tohum kalitesi, aynı zamanda, genetik kalite ve çimlenme dışında, diğer fizyolojik kalite özellikleri ile de ilişki içerisinde. Tohumun bünyesinde çimlenme yeteneğinin kaybolmasından önce, tohum performansını azaltan uzun süreli bir bozulma süreci yaşanmaktadır. Bu yüzden, tohum kalite testinin amacı, yalnızca standart laboratuvar koşullarında çimlenme yüzdesini belirlemek değil, aynı zamanda çimlenme yeteneğinin tamamen kaybindan önceki bozulma sürecini de ortaya koymak olmalıdır (BLACK/ROBERTS 1989; POULSEN 1993a,b).

3. TOHUM GÜCÜ KAVRAMI VE KAPSAMI

Standart tohum çimlendirme testleri, tohumların çimlenme yeteneklerini ve arazi şartlarında normal fidan geliştirme kapasitelerini yeterli ölçüde belirleyememektedir. Çünkü,

çimlenme testleri laboratuarda oluşturulan optimum koşullarda gerçekleştirilmektedir. Tohumlar bu koşulları arazide çok nadiren bulabilmekte ve bu yüzden, çimlenme ve çıkma oranları laboratuarda elde edilen değerden çok düşük olabilmektedir. Bu nedenle, tohum kalitesini daha duyarlı olarak belirlemek amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır. Tohum kalitesinin bu açıdan ölçümü ile elde edilen değer, tohum gücü olarak nitelendirilmiştir. Genel olarak, klasik tohum test laboratuvarları, tohum gücünü ortaya koyan testlerin yapılmasını sağlayamamaktadır. Çoğu tohum test laboratuvarları tohumları saflık, nem içeriği, tohum ağırlığı ve çimlenme yüzdesi açısından test etmektedir. Ancak laboratuvar koşullarında yapılan test çalışmaları, tohumların değişen çevre koşulları altında nasıl performans gösterecekleri konusunda tam doğru bir fikir verememekte, yalnızca ideal koşullar altında tohumların ne kadar iyi çimlenebileceklerini ortaya koymaktadırlar.

Tohum gücü testleri, diğer testlerle elde edilen bilgilere ek olarak tohumun kalitesi hakkında bütüncü bilgiler de sağlamaktadır (BONNER 1974a; BRADBEER 1988; POULSEN 1989; McDONALD 1993; BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994; DORNBOS 1994; LEINONEN 1997; CANTLIFFE 1998).

Tohum gücü, farklı bilim adamları ve kuruluşlarca, değişik şekillerde tanımlanmaktadır. BASRA' ya atfen CANTLIFFE (1998), tohum gücünü: tohumun hızlı çimlenme yeteneğinin ve çok değişik koşullar altında normal bir fidan geliştirebilme performansının bir ölçütü olarak ifade etmektedir. PERRY (1978)' e göre ise, tohum gücü: çimlenme ve fidecik oluşumu süresince tohum ve tohum partisinin performansını ve potansiyel aktivite düzeyini belirleyen özelliklerin toplamıdır. İyi performans gösteren tohumlar yüksek tohum gücüne, kötü performans gösterenler de düşük tohum gücüne sahip tohumlar olarak tanımlanmaktadır.

Tohum gücünü test ederken, aşağıdaki unsurları göz önünde bulundurmak gerekmektedir (BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994):

I. Tohum gücü, standart çimlendirme testleri ile her zaman belirlenemeyen bazı unsurları ortaya koyan bir tohum kalite ölçütüdür.

II. Tohum gücü, ekstrem arazi koşullarında tohum performansının en önemli göstergesidir ve aynı zamanda tohum partisinin saklanma potansiyelini de belirtir.

III. Tohum gücü testleri genellikle doğrudan veya dolaylı ölçümleri içermektedir.

IV. Çoğu ağaç türlerinin tohumları için çimlenme hızı, tohum gücünün iyi bir göstergesi olabilmektedir.

Tohumlar fizyolojik olgunlaşma aşamasında maksimum çimlenme kapasitesine ve tohum gücüne erişirler. Fizyolojik olgunluğa erişildiği zaman bozulma başlar ve tohum canlılığını kaybedene kadar bu olgu devam eder. Bu süreç durdurulamaz ve ancak bir dereceye kadar kontrol altına alınabilir. Bozulmanın ilk belirtisi tohum gücünün kaybolmasıdır. Değişik tohumların tohum güçlerinin azalma hızı farklı olmakta ve tohum gücü azalması tohumun çimlenme yeteneğini kaybetmesinden daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu yüzden, tohumun bazı fizyolojik fonksiyonlarında engellenmeler başlamasına rağmen tohum çimlenebilir. Stres koşulları altında fideciklerin oluşumu ve büyümesi, tohum gücündeki azalma tarafından olumsuz etkilenebilmektedir. Tohum gücü bu nedenle standart çimlenme testinden daha kapsamlı bir tohum kalite ölçütüdür. Tohum gücünü belirlemedeki genel yaklaşım, tohum performansının veya koşullarının bazı yönlerini belirleme olmaktadır ki, bu tohum performansı veya koşulları, bozulmanın veya genetik yetersizliğin bir göstergesidir. İyi bir tohum gücü testi stratejisi geliştirmek çok kolay değildir.

Pratik bir tohum gücü testi ;

- kolay uygulanabilir,
- kolaylıkla yorumlanabilir,
- arazi performansı hakkında bilgi verebilir,
- kabul edilebilir bir zamanda yapılabilir,
- fazla pahalı alet ve bilgi birikimi (uzmanlık) gerektirmeyen ve
- tohum kalitesini standart çimlenme testlerinden daha iyi belirleme niteliğine sahip özellikler taşımaktadır (HAMPTON/COOLBEAR 1990; BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994).

4.ORMAN AĞACI TOHUMLARINDA TOHUM GÜCÜ TESTİ

YÖNTEMLERİ

Orman ağacı tohumları için tohum gücü testleri 4 ana grupta toplanabilir (BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994; BONNER 1998; CANTLIFFE 1998);

- fidan büyüme testleri,
- stres testleri,
- biyokimyasal testler,
- çimlenme hızı ölçümleri.

4.1 Fidan Büyüme Testleri

Fidan büyüme testlerinde, değişik metodlar kullanılabilir (Karanlık ortamda büyüme testi, çimlendirme dolabı büyüme testi, sera büyüme testi gibi). Bu testlerde belirli sayıda tohum, türün biyolojisine uygun sıcaklık şartlarında yukarıda belirtilen ortamlarda çimlendirilmekte ve belirli bir süre sonra (21 veya 28. gün gibi) oluşan normal fidanların boyu, taze ağırlıkları gibi değerleri belirlenmekte ve çimlenme sonuçları ile ilişkilendirilmektedir (BONNER 1986). Ağaç türlerinin tohum gücünü belirlemek amacıyla fidan büyüme testleri konusunda fazla bir çalışma yapılmamıştır. *Quercus pagoda*'da, çeşitli tohum gücü testleri ile çimlenme sonuçlarının karşılaştırılması amacı ile yapılan bir çalışmada, kontrol altındaki çevre şartlarında (ışık ve ışısız ortamlarda) 3. hafta sonundaki ortalama fidan ağırlığı, diğer tohum performansı parametreleri ile yüksek bir ilişki göstermemiştir (BONNER 1974b). Aynı yazara göre, *Pinus taeda* ve *Pinus elliottii*' de ise, laboratuarda klima dolabında ve serada yapılan fidan büyüme testleri sonuçlarına göre, ortalama fidan ağırlığı ile diğer performans parametreleri arasında önemli bir ilişki bulunmuştur. Daha sonra yapılan bazı çalışmalarda ise, *Pinus taeda*'da çimlenme odalarında yapılan fidan büyüme testleri sonucuna göre, oluşan normal fidanların 28. gündeki taze ağırlığı ile çimlenme yüzdesi arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon katsayısı (r^{11}) 0.599 olarak bulunmuş, yine başka bir çalışmada bu katsayı *Pinus taeda* için $r=0.769$, *Pinus elliottii* için ise $r=0.333$ olarak belirlenmiştir (BONNER 1986). WANG' a atfen BONNER (1998), *Pinus resinosa*'da, laboratuvar çimlendirme testleri sonuçları ile fidan büyümesi test sonuçlarını ilişkiye getirerek, 6 tohum gücü sınıfı oluşturmuştur. Bu sınıflamada 1-3 sınıflar, arazideki fidan yüzdesi ile yüksek bir ilişki göstermiştir ($r=0.960$).

¹¹ r (Korelasyon katsayısı): Değişkenler arasındaki ilişkinin önem derecesini belirten bu katsayı $-1 < r < +1$ arasında değer almaktadır. $r > 0$ ise değişkenler arasında pozitif bir ilişki söz konusu olup, genel olarak $r > 0.7$ durumunda bu ilişkinin anlamlı olduğu kabul edilir.

4.2 Stres Testleri

Stres testleri tohum gücünün ortaya konması için tohumların stres koşulları (soğuk test, sıcak test, hızlandırılmış yaşlandırma v.b.) altında çimlendirilmesini ya da ayrı bir stres uygulamasının ardından standart çimlenme testlerine tabi tutulmasını öngörür. A.B.D.' de bu anlamda uygulanan en eski tohum gücü testi soğuk test yöntemi (AOSA 1983) ile, pamukta yaygın olarak kullanılmış olan sıcak çimlenme testi, yöntemidir (HEYDECKER 1972). Orman ağacı tohumlarında bu konuda yayınlanmış çalışma yoktur.

Soğuk test yönteminde tohumlar yüksek nem (%90) ve düşük sıcaklık (10 °C) koşullarına sahip bir toprağa belirli bir süre için yerleştirilmekte ve daha sonra türe uygun bir sıcaklıkta çimlendirilmektedir. A.B.D.' de mısır bitkisinde kullanılan en eski yöntemi oluşturmaktadır (BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994).

Sıcak çimlenme test yönteminde ise, tohumlar 15 °C civarında 7 günlük sürede çimlendirilmekte ve fidan boyu ölçülmektedir. Özellikle pamukta yaygın olarak kullanılmış olup, pamuk fidanlarından 4 cm den daha fazla boya sahip olanlar, yüksek fidan gücüne sahip olarak değerlendirilmektedir (BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994). Başlangıçta tohum partilerinin saklanabilme potansiyellerini belirlemek amacıyla kullanılan bu test, sonraları birçok tarım bitkisinin tohum gücünün de belirlenmesinde kullanılmıştır (HYDECKER 1972; DELOUCHE/BASKIN 1973).

Diğer bir stres testi olan hızlandırılmış yaşlandırma (accelerated aging) yöntemi, tarımsal alandaki bitki tohumlarında uzun zamandır yaygın bir şekilde kullanılmakta olup (DELOUCHE/BASKIN 1973; ROBERTS 1981; PATIL/ANDREWS 1986; PANDEY 1989), orman ağacı tohumlarının tohum güçlerinin belirlenmesinde de kullanılmaya başlanmıştır (BLANCHE/ELAM/HODGES/BONNER/MARQUEA 1988; BLANCHE/ELAM/HODGES 1990; THAPLIYAL/CONNOR 1997; LEINONEN 1998a). Bu yöntemde tohumlar, tohum bozulmasına neden olan faktörlerden, yüksek sıcaklık (≈ 40 °C) ve yüksek bağıl nem (% 90-100) koşullarında belirli sürelerde bekletilmekte ve bunun ardından yapılan çimlendirme testleri ile tohum gücü belirlenmektedir. *Picea abies* tohumları üzerinde saklamanın etkisini belirlemek amacıyla yapılan hızlandırılmış yaşlandırma testlerinden olumlu sonuçlar alınmıştır (LEINONEN 1998b). Fakat bazı durumlarda, yüzde ile ifade edilen bu ölçüt ile ortaya konan basit farklılıklar, hızlandırılmış yaşlandırma öncesi ve sonrasındaki gerçek çimlenme farklılıklarını yansıtmayabilmektedir. Bu nedenle, bazı yazarlar, yaşlandırma indeksi AI¹⁾ adı verilen başka bir ölçütü kullanmaktadırlar. Bu endeks, *Pinus contorta* var. *latifolia* tohumlarının gücünün belirlenmesinde kullanılmıştır (WANG/DOWNIE/WETZEL/PALAMAREK/HAMILTON 1992).

Ağaç tohumları ile yapılan bir çok hızlandırılmış yaşlandırma testi çalışmaları, türlere göre uygun koşullandırma süresi ve sıcaklığını belirlemeye yönelik birer ön çalışma niteliğinde olup, bunlardan bazılarının sonuçları Tablo 1' de verilmiştir (BONNER 1998). Bu gibi ön çalışmalara konu edilen fakat henüz kesin sonuçları elde edilememiş olan bazı türler ise, *Picea sitchensis* (CHASURISRI/EDWARDS/EL-KASSABY 1993), *Quercus alba*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus falcata*, *Platanus occidentalis* ve *Fraxinus pennsylvanica* olarak belirtilmektedir (BONNER 1998).

Bazı araştırma sonuçlarına göre, hızlandırılmış yaşlandırma uygulaması sonucunda, tohumların bünyesinde bazı biyo-kimyasal değişimlerin meydana geldiği belirlenmiştir. *Quercus nigra* ve *Pinus banksiana*'da, hızlandırılmış yaşlandırma sürecinde izoenzim , aminoasit ve protein miktarlarında değişimler meydana gelmiştir (PITEL 1982). Yine *Quercus nigra*' da yapılan

¹⁾ AI=[(Başlangıçtaki çimlenme-hızlandırılmış yaşlandırmadan sonraki çimlenme)/Başlangıçtaki çimlenme]

çalışmalar sonucunda nişasta, şeker ve aminoazot miktarının değiştiği görülmüştür (BLANCHE/ELAM/HODGES 1990). Bu biyo-kimyasal çalışmaların sonuçları, hızlandırılmış yaşlandırma süresince, tohum enerji rezervinin hızla kullanıldığı ve bunun ardından çimlenme ve tohum gücünde azalma meydana geldiği görüşünü desteklemektedir.

Tablo 1: Bazı Türler İçin Optimum Hızlandırılmış Yaşlandırma Süresi ve Sıcaklığı

Tür	Sıcaklık °C	Süre (saat)	Kaynak
<i>Pinus elliottii</i>	41	144	Blanche ve ark. 1988
<i>Pinus palustris</i>	41	96	Blanche ve ark. 1988
<i>Picea glauca</i>	40	120	Downie/Wang 1992
<i>Quercus nigra</i>	41	108	Blanche ve ark. 1990

Hızlandırılmış yaşlandırma yöntemi sonuçlarının yorumlanmasında, yöntemin uygulandığı türün tohumlarının uyku hali özelliği taşıyıp taşıyamaması önemlidir. Birçok testte, kısa süreli hızlandırılmış yaşlandırmanın, uyku hali gösteren ağaç türleri tohumlarının çimlenmesini artırdığı görülmüştür (BONNER 1984; BLANCHE/ELAM/HODGES/BONNER/MARQUEA 1988; BLANCHE/ELAM/HODGES 1990; CHAISURISRI/EDWARDS/EL-KASSABY 1993). Bu artışın bir açıklaması, hızlandırılmış yaşlandırmanın tohum hidrasyonunu optimum seviyeye kadar artırdığı şeklindedir (BONNER 1998). Bir diğer açıklama ise, hızlandırılmış yaşlandırmanın katlama etkisi sonuçlarına benzer oluşumlar meydana getirmesidir (BLANCHE/ELAM/HODGES/BONNER/MARQUEA 1998). Benzer reaksiyonlar, uyku hali göstermeyen tarım bitkileri tohumlarında (HEYDECKER 1972) ve yaşlandırmanın tohumun nem içeriğinin yüksek düzeylerinde (%20) başlatıldığı durumlarda ağaç türleri tohumlarında da görülmüştür (BONNER 1984). Çimlenmenin artmasının bazı ağaç türleri için bir başka açıklaması da, tamamen olgunlaşmamış olan tohumların hızlandırılmış yaşlandırma ile olgunlaşmasını tamamlaması şeklindedir (BONNER 1998).

Uyku hali gösteren türlerde, yaşlandırmadan önce veya sonra katlama yapıp yapılmaması önemli farklılıklar göstermiştir. Daha güçlü tohum partileri hızlandırılmış yaşlandırmadan sonra katlama ile teşvik edilmiş, daha az güçlü tohum partilerinde ise hızlandırılmış yaşlandırmadan önce katlama daha iyi sonuç vermiştir. Uyku hali olmayan türlerin güçlü tohumları, hızlandırılmış yaşlandırmadan sonra katlamadan pek fazla etkilenmemiştir (BLANCHE/ELAM/HODGES/BONNER/MARQUEZ 1998; BONNER 1998).

Fidanlık çalışmaları bakımından tohum gücünü belirlemede, hızlandırılmış yaşlandırma yönteminin kullanılması şu an için fazla yaygın değildir. Bu yöntemin uygulanması, kontrol edilebilir test ortamı koşullarını gerektirdiği için teknik ve ekonomik zorluklar içermektedir. Ancak sonuçların etkinliği ve umut verici niteliği, ormancılıkta araştırma düzeyinde ilgi uyandırmaktadır.

Tohum gücü testi için bir diğer strese dayalı yöntem, metanol testidir. Bu testte tohumlar önce suda şişirilmekte, sonra metanol/su karışımına 2 saat süre ile konulmakta ve daha sonra standart çimlenme testi yapılmaktadır. *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*, *Liquidambar styraciflua* ve *Fraxinus pennsylvanica* türlerinde bu test ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (BONNER 1998). Bu testde de temel varsayım, hızlandırılmış yaşlandırma yöntemine benzemekte olup, daha güçlü

tohumların, stres işleminden sonra daha az güçlü tohumlardan, daha iyi fidan yüzdesine sahip olacağı şeklindedir.

4.3 Biyokimyasal Testler

En yaygın olarak bilinen biyokimyasal test, tetrazolium testidir. Bu test, çoğu tarımsal bitki türü tohumlarında, tohum gücünü değerlendirmede kullanılmakta olup (HEYDECKER 1972; AOSA 1983; PILI-SEVILLA 1987), uyku hali gösteren ağaç türleri tohumlarının canlılığının belirlenmesinde de hızlı bir yöntem olarak uygulanmaktadır. Tetrazolium testi, bazı ağaç türlerinde bir anlamda tohum gücü testi olarak önerilmektedir (BONNER 1974a; BONNER/VOZZO/ELAM/LAND 1994). Tetrazolium tohum gücü testi ile diğer tohum gücü testlerinin karşılaştırılması, *Pinus taeda*, *Pinus echinata*, *Pinus virginiana*, *Pinus palustris*, *Pinus elliotii* ve *Pinus strobus* türlerinde yapılmıştır. Bu karşılaştırılmalı araştırmanın sonuçları, elektriksel iletkenlik ve çimlenme hızı değerlerinin, tetrazolium testi sonuçlarına nazaran ekim yastığındaki çıkma yüzdesi ile daha yüksek derecede ilişkili olduğunu göstermiştir (BONNER 1986, 1987).

Bozulan tohumlardan salgılanan değişik eriyiklerin ölçülmesi testleri, tarımsal alandaki tohum araştırmalarında uzun süredir kullanılmakta olup (POLLOCK/ROSS 1972; HERTER/BURRIS 1989; HAMPTON/LUNGWANGWA/HILL 1994), son yıllarda ağaç tohumlarının gücünün belirlenmesinde de önem kazanmaya başlamıştır (BONNER/VOZZO 1983,1986; BONNER 1991a,b; BONNER 1998). Bu ölçümler tohum kalitesinin ortaya konmasında nicel bir tahmin sağlamaktadır. Bazı çalışmalar, çıkan karbonhidrat (BONNER 1974b) ve aminoasit (PITEL 1982) miktarını belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiştir. Fakat kolay, hızlı, ucuz ve zararlı olmaması nedeniyle, salgı iletkenliği (leachate conductivity) üzerinde çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Tohumlar, sabit bir sıcaklıkta belirli bir süre saf su içerisinde bekletildiğinde az veya çok miktarda çeşitli eriyikleri (örneğin iyonlar gibi) salgılamaktadırlar. Söz konusu tohum partisinin bozulma derecesi fazla ise, yıpranmış dokuların miktarı da fazla olacağından, buna bağlı olarak salgılanan eriyik miktarı da o oranda fazlalaşmaktadır. Salgının miktarını belirlemenin en kolay yolu, salgının elektriksel iletkenliğini ölçmek olup, yüksek iletkenlik daha fazla miktarda elektrolitin bir göstergesi olmakta, bu da düşük tohum gücünü göstermektedir (BONNER 1988; LEINONEN 1998a). Bazı çam türleri tohumları üzerinde yapılan denemelerde salgı iletkenliği ile fidan yüzdesi arasında kuvvetli ilişkiler belirlenmiştir (Tablo 2) (BONNER/VOZZO 1986). Saklamanın uyku hali ve tohum gücü üzerindeki etkisini de belirlemek amacıyla bu test kullanılabilir (LEINONEN 1997, 1998b).

Tek tek çam türleri tohumlarının eriyiklerinin elektriksel iletkenlik değerleri ile tohum gücünün ilişkiye getirilmesinde, bazı durumlarda başarısız olunmuştur (BONNER/VOZZO 1983; BONNER 1986; BONNER/VOZZO 1986). Bu nedenle, tek tek tohumları değerlendirme yerine, belirli sayıda tohum ile çalışma yolu seçilmiştir (BONNER 1988). Belirli sayıda tohum örneğinin salgısının elektriksel iletkenliğini ölçme metodu, tek bir tohum partisinin performansını belirlemede çok güvenilir bir sonuç vermeyebilmekle birlikte tohum partilerini değişik tohum gücü sınıflarına ayırmada iyi bir olanak sağlayabilmektedir (Tablo 3) (BONNER 1991a). *Pinus taeda*, *Pinus sylvestris*, *Pinus clausa*, *Pinus virginiana*, *Pinus palustris* ve *Pinus elliotii*' de bu çeşit sınıflama ile tatmin edici sonuçlar alınmıştır (BONNER 1991a,b). Ağaç türleri tohumlarının gücünü elektriksel iletkenlik ölçümü ile belirlemede en önemli sorun, doğal meşcerelerden gelen ve tohum partilerinde var olan geniş genetik varyasyondur. Genetik taban ne kadar geniş olursa, tohumun çimlenme değeri ve elektriksel iletkenlik değeri arasındaki ilişki o kadar zayıf olmaktadır (BONNER 1998).

Tablo 2: Bazı Çam Türleri Tohumlarında Elektriksel İletkenlik İle Laboratuvar Çimlenme Yüzdesi ve Fidan Yüzdesi Arasındaki Karşılıklı İlişkiler (BONNER/VOZZO 1986)

Tür	Tohum partisi sayısı	Çimlenme yüzdesi Korelasyon katsayısı (r)	Fidan yüzdesi Korelasyon katsayısı (r)
<i>Pinus taeda</i>	24	0.9775	0.7122
<i>Pinus elliottii</i>	24	0.7806	0.6974
<i>Pinus palustris</i>	14	0.9252	0.8145
<i>Pinus strobus</i>	14	0.8546	0.7086
<i>Pinus virginiana</i>	11	0.5342	--
<i>Pinus echinata</i>	9	0.7477	--

Ağaç türleri tohumlarının gücünü belirlemede yararlanılan diğer biyokimyasal testler Adenosine triphosphate (ATP) aktivitesi, Adenosine fosfat içeriği, Glutamic asit decarboxylase aktivitesi (GADA) ve oksijen alımı (solunum) testidir (CHING 1973). CHING ve CHING (1972); çimlenen *Pinus ponderosa* tohumlarında adenosine fosfat ölçümü yapmış ve bulunan değerler ile fidan büyümesi ve morfogenezi arasında bir ilişki bulmuştur. Kesilen embriyonun oksijen alımı ve GADA testi, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus falcata*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Pinus taeda* ve *Pinus elliottii*' de denenmiş, fakat çok başarılı bir sonuç alınamamasına rağmen gelecek için ümit verici olarak yorumlanmıştır (BONNER 1986, 1998).

Tablo 3: Farklı Çam Türleri Tohumlarının Elektriksel İletkenliklerine Göre Kalite Sınıflaması (BONNER 1991a)

Tohum kalite sınıfı	Çimlenme değeri (%)	Elektriksel iletkenlik $\mu\text{S g}^{-1}$				
		<i>Pinus taeda</i>	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Pinus palustris</i>	<i>Pinus echinata</i>	<i>Pinus strobus</i>
Yüksek	85-100	<10	<5	<4.8	<9	<6
Orta	65-85	10-20	3-14	4.8-6.2	9-18	6-17
Düşük	40-65	20-34	14-25	6.2-10	18-35	17-40
Çok düşük	<40	>34	>25	>10	>35	>40

4.4 Çimlenme Hızı

Ağaç türleri tohumları dahil bir çok bitki türü tohumunun çimlenme hızının, arazi koşullarında fidan çıkma hızı ve fidan gelişimi ile türlere ve koşullara göre belirli düzeyde pozitif ilişkiler gösterdiği uzun zamandan beri bilinmektedir (BRUCE/ROSS/ROSS 1972). Ağaç türü tohumları için en yaygın olarak kullanılan çimlenme hızı formülü CZABATOR (1962) tarafından geliştirilmiştir. Czabator, A.B.D'nin güney çamları tohumları ile yapılan laboratuvar testleri sonuçlarına dayanarak çimlenme değeri (GV) adlı bir endeks geliştirmiştir. $GV = (PV) \times (MDG)$ olarak ifade edilen endekste PV (pik değer), kümülatif çimlenme yüzdesi değerlerinin test

süresine bölünmesi ile, MDG (ortalama günlük çimlenme) ise, final çimlenme değerinin test süresine bölünmesi ile elde edilmektedir.

GV ve PV değerlerinin, ağaç türleri tohumlarında, tohum gücünün bir değerlendirmesi olarak kullanılabilirliği konusunda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bununla birlikte PV değerinin, A.B.D.'nin güney eyaletlerindeki çamlarında, fidanlıktaki fidan performansı ile daha yakın bir ilişki gösterdiği bulunmuştur (BONNER 1986, 1987). Buna rağmen, bazı çam türlerinde laboratuvar çimlenme yüzdesinin, PV veya GV'nin, fidecik çıkma ve fidan gelişimi ile ilişkisi kadar veya daha çok bir ilişki gösterebildiği de belirtilmektedir (BONNER 1998; BRADBEEER 1988).

Czabator çimlenme değerini irdeleyen DJAVANSHIR ve POURBIEK (1976), bu değerini eleştiririsi yaptıktan sonra yeni bir çimlenme değeri formülü önermişlerdir. $GV = (\Sigma DGS / N) \times GP \times 10$ olarak ifade edilen bu formülde; DGS, kümülatif çimlenme yüzdesinin test başlangıcından itibaren geçen süreye bölünmesi ile elde edilen günlük çimlenme hızı, N frekans veya test süresi, GP ise test süresi sonundaki çimlenme yüzdesidir. *Pinus ponderosa* ve *Pinus elderica* tohumlarında söz konusu formülü uygulayan araştırmacılar, kendi çimlenme değeri formüllerinin arazideki fidan yüzdesi değerine, hem çimlenme yüzdesinden hem de Czabator'un çimlenme değerinden daha yakın sonuçlar verdiğiini belirtmektedirler.

Çimlenme hızını yansıtabilen diğer basit parametreler de çeşitli ağaç türü tohumlarında değerlendirilmiş olup, bu değerler; pik gününe (maksimum çimlenmenin elde edildiği gün) kadar ki laboratuvar çimlenme yüzdesi, belirli bir çimlenme yüzdesi elde edilene kadar geçen gün sayısı (G_{50}) ve gerçek çimlenen tohumların ortalama çimlenme zamanı (MGT) olarak sayılabilir (BONNER/DELL 1976; BONNER 1986).

Çimlenme hızı testi verilerinin, daha karmaşık matematik modellerle ifadesi de yapılmaktadır. Bu şekilde, tohum gücünün bir belirtisi olarak; normal dağılım, probit transformasyon, lojistik fonksiyon ve weibull fonksiyonu gibi değişik istatistik ve matematik modellerden yararlanılmaktadır (RINK/DELL/SWITZER/BONNER 1979; BONNER 1986).

5. DEĞERLENDİRME

Ormancılıkta, tarımdaki uygulamaların aksine, tohum gücünün test edilmesi ve değerlendirilmesi konusunda genel kapsamlı bir uzlaşma henüz sağlanamamıştır. Her şeyden önce, yapılmış olan araştırma sayısı azdır ve netlik kazanmış sonuçlar ve ilişkiler henüz yeterli düzeyde ortaya konulamamıştır. Bunun en önemli nedenlerinden bir tanesi, orman ağaçlarının özellikle doğal kaynaklı tohum partilerinde var olan geniş genetik varyasyondur. Tarımdaki gibi, ormancılıkta da, ıslah çalışmaları ilerleyip, üretim toplumundaki varyasyon daraldıkça, yukarıda açıklanan yöntemlerin etkinlik düzeyinin artması beklenmelidir.

Bu durum, üretim amacının göz önünde bulundurulması ile de birleşince, daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabilir. Çok değerli bir tohum partisinden, homojen bir ürün verimin istendiği bir durumda, tohum gücünün test edilmesi konusunda, daha kesin sonuçlar verebilecek yöntemlerle çalışmak arzu edilebilir. Nitekim, plantasyon ormancılığı geliştikçe, tohum teknolojisinin ve buna bağlı olarak, tohum güç testleri alanındaki çalışmaları da hızlandırılacak ve motive edecektir. Öte yandan, ekime dayalı bir klasik ağaçlandırma söz konusu ise veya kurulacak ormada genetik varyasyonun geniş olmasının istenmesi söz konusu ise, yukarıda tanıtılan yöntemlerden, mevcut şekilleriyle bir seçim yapılabilir ve bunlardan ağaç türleri tohumlarının değerlendirilmesinde yararlanılabilir.

Tohum kalitesinin veya gücünün belirlenmesine yönelik olarak yapılacak bir çalışmada, gerek zaman gerekse mekan, önemli kısıtlayıcı faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan,

özellikle salgı iletkenlik ölçümü yöntemi gelecek için ümit vermektedir. Gerekli ön araştırmaların yapılması koşulu ile, bu yöntemden yararlanılarak, genel bir sınıflandırmaya dayansa da, bir tohum partisinin gücü hakkında kısa sürede bilgi edinilebilecektir.

Gen kaynaklarının korunması amaçlı veya genel uygulamalar kapsamındaki tohum saklamada, tohum gücünün başlangıçtaki değeri ve bunun zaman içerisindeki değişiminin ortaya konması için, hızlandırılmış yaşlandırma yöntemi gelecek vaat eden bir yöntem olarak göze çarpmaktadır. Bu yöntem sayesinde, bir gen kaynağının saklanma potansiyeli belirlenebilecek, depolanan tohum partisinden hangilerinin daha erken ekime alınması gerektiği hakkında bir değerlendirme olanağına kavuşulabilecektir.

Tohum gücünün belirlenmesinde, uygun bir yöntem seçmeden önce, karşılaştırmalı araştırmalar yapmak önemlidir. Böylece en hızlı ve ekonomik yöntemin seçilmesi olanağı yaratılmış olur. Bazı durumlarda, örneğin çimlenme hızının, bir tohum partisinin gücü ve randımanı konusunda diğer yöntemlerden daha net bir fikir verebileceğinin örnekleri yukarıda verilmiştir. Böyle bir sonuçla karşılaşıldığında, uygulayıcıya, gereksiz teknolojilerin seçilmemesi konusunda büyük bir yarar sağlanmış olur. Bu noktada, özellikle çimlenme hızı parametrelerinden veya çimlenme hızını da içinde barındıran çimlenme değeri formüllerinden yararlanma olanaklarının araştırılmasının önemli olduğunu belirtmek yerinde olur. Kapsamlı istatistiksel yaklaşımlar bir yana, ilgili başlıkta tanıtılan çimlendirme değeri formüllerinin, çimlendirme testini yapmış ve günlük çimlenmeleri kaydetmiş bir uygulayıcıya getirdiği ekstra bir yük yoktur.

Tohum gücünün test edilmesi yöntemleri ile ilgili araştırmaların sonuçlarının anlamlı olabilmesi için, bunların arazideki veya fidanlıktaki fidan yüzdesi veya çıkma yüzdesi ile ilişkiye getirilmesi zorunludur. Bu yapıldığı takdirde, sonuçlar uygulayıcılar için pratik açıdan daha fazla bir anlam ifade edecektir.

KAYNAKLAR

- ANONİM., 1997: Orman dışı ağaçlandırma ve plantasyon ormancılığı. Kongre raporları, XI. Dünya ormancılık kongresi bildirileri, Cilt 7, Antalya. s. 63-64.
- AOSA., 1983: Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32 to Handbook on seed testing. Association of Official Seed Analysts: 93 pp.
- BLACK, M.; ROBERTS, E.H., 1989: Seed Quality. Seed Science and Technology 17: 175-185.
- BLANCHE, C.A.; ELAM, W.W.; HODGES, J.D., 1990: Accelerated aging of *Quercus nigra* seed: biochemical changes and applicability as a vigor test. Canadian Journal of Forestry Research 20: 1611-1615.
- BLANCHE, C.C.; ELAM, W.W.; HODGES, J.D.; BONNER, F.T.; MARQUEA, A.C., 1988: Accelerated aging: a potential vigor test for longleaf and slash pine seeds. In: Proceedings 5th Biennial Southern Silvicultural Conference; 1988 November 1-3; Memphis, TN. Gen. Tech. Rep. SO-74. New Orleans, LA: USDA Forest Forerst Service, Southern Forest Experiment Station: 107-114.
- BONNER, F.T., 1974a: Seed testing. In: Seeds of woody plants in the Unites States. U.S. Department of Agriculture, Forest Service., Agricultural Handbook 450.
- BONNER, F.T., 1974b: Tests for vigor in cherrbark oak acorns: Proceedings of the Association of Official Seed Analysts 64: 109-114.

- BONNER, F.T.; DELL, T.R., 1976: The Weibull function: a new method of comparing seed vigor. *Journal of Seed Technology* 1: 96-103.
- BONNER, F.T., 1984: New forests from better seeds: the role of seed physiology. In: Duryea, M.L. and Brown, G.N., eds. *Seedling physiology and reforestation success. Proc. Physiol. Work. Group Tech. Sess., Soc. Amer. For. Conv. 1983. Portland, OR. 16-20 Oct. Dordrecht: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ.: 37-59.*
- BONNER, F.T., 1986: Measurement of seed vigor for loblolly and slash pines. *Forest Science* 32: 170-178.
- BONNER, F.T., 1987: Evaluation of seed vigor in longleaf, shortleaf, virginiana, and eastern white pines. In: Phillips, D.R., ed. *Fourth Biennial Southern Silvicultural Research Conference. 1986. Atlanta. 4-6 Nov. Asheville, NC: USDA Forest Service Southeastern Forest Experiment Station Gen. Tech. Rep. SE-42: 77-80.*
- BONNER, F.T., 1988: Using leachate conductivity of bulked samples to estimate seed quality. In: *Proceedings of the 1988 Southern Forest Nursery Association; 1988 July 25-28; Charleston, SC. Columbia, SC: Southern Forest Nursery Association: 164-172.*
- BONNER, F.T., 1991a: Estimating seed quality of southern pines by leachate conductivity. *Research Paper SO-263. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 4 pp.*
- BONNER, F.T., 1991b: Leachate conductivity: a rapid nondestructive test for pine seed quality. *Tree Planters' Notes* 42: 41-44.
- BONNER, F.T., 1998: Testing tree seeds for vigor: A review. *Seed Technology* 20(1): 5-17.
- BONNER, F.T.; VOZZO, J.A., 1983: Measuring southern pine seed quality with a conductivity meter-does it work? In: Brissete, J.P. and Lantz, C.W., comp. *Proceedings of the 1982 Southern Nursery Conferences. USDA Forest Service Tech. Publ. R8-TP4. Atlanta: USDA For. Serv. Southern Region: 97-105.*
- BONNER, F.T.; VOZZO, J.A., 1986: Evaluation of tree seed by electrical conductivity of their leachate. *Journal of Seed Technology* 10: 142-171.
- BONNER, F.T.; VOZZO, J.A.; ELAM, W.W.; LAND, S.B., 1994: Tree seed technology training course. Instructor's manual. United States Department of Agriculture, Forest Service, GTR-SO-106.
- BRADBEER, J.M., 1988: Seed dormancy and germination. Blackie and Son Ltd. Glasgow, 146 pp.
- BRUCE, M.; ROSS, R.; ROSS, P.E., 1972: Seed and seedling vigor. In: Kozlowski, T.T., ed. *Seed Biology. Academic Press, New York. pp. 314-376.*
- CANTLIFFE, D.J., 1998: Seed germination for transplants. *HortTechnology* 8(4): 499-503.
- CHAISURISRI, K.; EDWARDS, D.G.W.; EL-KASSABY, Y.A., 1993: Accelerated aging of Sitka spruce seeds. *Silvae Genetica* 42: 303-308.
- CHING, T.M., 1973: Adenosine triphosphate content and seed vigor. *Plant Physiology* 51: 400-402.
- CHING, T.M.; CHING, K.K., 1972: Content of adenosine phosphate and adenylate energy charge in germinating ponderosa pine seeds. *Plant Physiology* 50: 536-540.

- CZABATOR, F.J., 1962: Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8: 386-396.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C., 1973: Accelerated aging technique for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology* 1: 427-452.
- DJAVANSHIR, K.; POURBIEK, H., 1976: Germination value-a new formula. *Silvae Genetica* 25: 79-83.
- DORNBOS, D.L., 1994: Seed vigor. In: Basra, A.S., ed. *Seed quality basic mechanisms and agricultural implications*. Food Prod. Press., Inc, NY. pp. 45-81.
- DOWNIE, P.; WANG, B.S.P., 1992: Upgrading germinability and vigour of jack pine, lodgepole pine, and white spruce by the IDS technique. *Canadian Journal of Forestry Research* 22: 1124-1131.
- EDWARDS, D.G.W., 1980: Maturity and quality of tree seeds – a state of the art review. *Seed Science and Technology* 8: 625-657.
- FERNANDEZ, G., and JOHNSTON, M. 1995: Seed vigour testing in lentil, bean and chickpea. *Seed Science and Technology* 23: 617-628.
- HAMPTON, J.G.; COOLBEAR, P., 1990: Potential versus actual seed performance – can vigour testing provide an answer. *Seed Science and Technology* 18: 215-228.
- HAMPTON, J.G.; TeKRONY, D.M., 1995: *Handbook of vigour test methods*. 3rd ed. Zurich: International Seed Testing Association: 117 pp.
- HAMPTON, J.G., LUNGWANGWA, A.L., and HILL, K.A. 1994: The bulk conductivity test for Lotus seed lots. *Seed Science and Technology* 22: 177-180.
- HERTER, U., and BURRIS, J.S. 1989: Evaluating drying injury on corn seed with a conductivity test. *Seed Science and Technology* 17: 625-638.
- HEYDECKER, W., 1972: Vigour. In: Roberts, E.H. *Viability of seeds*. Syracuse Univ. Press. Syracuse, N.Y., pp. 209-252.
- LEINONEN, K., 1997: Changes in dormancy and vigor of *Picea abies* seeds during overwintering and dry storage. *Canadian Journal of Forestry Research* 27: 1357-1366.
- LEINONEN, K., 1998a: *Picea abies* seed ecology: effects of environmental factors on dormancy, vigor and germination. University of Helsinki Department of Forest Ecology Publications 18. Helsinki. 67 pp.
- LEINONEN, K., 1998b: Effects of storage conditions on dormancy and vigor of *Picea abies* seeds. *New Forests* (in press).
- McDONALD, M.B., 1993: The history of seed vigor testing. *Journal of Seed Technology* 17: 93-100.
- McDONALD, M.B. 1994: Seed lot potential: viability, vigour and field performance. *Seed Science and Technology* 22: 421-425.
- PANDEY, D.K. 1989: Short duration accelerated ageing of French bean seeds in hot water. *Seed Science and Technology* 17: 41-48.
- PATIL, V.N., and ANDREWS, C.H. 1986: Response of cotton hard seeds to accelerated ageing. *Seed Science and Technology* 14: 451-456.

- PERRY, D.A., 1978: Report of the vigour test committee 1974-77. *Seed Science and Technology* 5: 709-719.
- PERRY, D.A., 1981: Handbook of vigour test methods. Zürich: International Seed Testing Association: 72 pp.
- PILI-SEVILLA, E. 1987: Germination and tetrazolium testing. *Seed Science and Technology* 15: 691-698.
- PITEL, J.A., 1982: Accelerated aging studies of seeds of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) and red oak (*Quercus rubra* L.). In: Wang, B.S.P. and Pitel, J.A., eds. Proc. Int. Symp. on Forest Tree Seed Storage. 1980. Chalk River, Canada 23-27 Sept. Ottawa: Canadian Forestry Service: 40-54.
- POLLOCK, M.P.; ROSS, E.E., 1972: Seed and seedling vigor. In: Kozłowski, T.T., ed. *Seed biology* vol.1. Academic press, Inc. Newyork / London. pp. 313-375.
- POULSEN, K., 1989: Seed quality. *Seed Science and Technology* 17: 175-185.
- POULSEN, K., 1993a: Seed quality. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note C-14. Humleback, Denmark.
- POULSEN, K., 1993b: Seed testing. Danida Forest Seed Centre. Lecture Note C-8. Humleback, Denmark.
- RINK, G.; DELL, T.R.; SWITZER, G.; BONNER, F.T., 1979: Use of the Weibull function to quantify sweetgum germination data. *Silvae Genetica* 28: 9-12.
- ROBERTS, E.H. 1981: Physiology of ageing and its applications to drying and storage. *Seed Science and Technology* 9 :359-372.
- SAVILL, P.; EVANS, J.; AUCLAIR, D.; FALCK, J., 1997: Plantation silviculture in Europe. Oxford Univ. Press. New York, 297 pp.
- THAPLIYAL, R.C.; CONNOR, K.F., 1997: Effects of accelerated aging on viability, leachate exudation, and fatty acid content of *Dalbergia sissoo* Roxb. seeds. *Seed Science and Technology* 25: 311-319.
- TIEGERSTEDT, P.M.A.; YAO, Y., 1997: Traditional tree improvement and the question of genetic diversity. In: Matyas, C., ed. Perspectives of forest genetics and tree breeding in a changing world. IUFRO World Series vol.6. IUFRO Secretariat Vienna, Sapon, Hungary. pp. 17-26.
- ÜRGENÇ, S., 1998: Ağaçlandırma Tekniği (İkinci Baskı). İ.Ü. Orman Fak. Yayın No: 441. İstanbul, 600 s.
- WANG, B.S.P.; DOWNIE, B.; WETZEL, S.; PALAMAREK, D.; HAMILTON, R., 1992: Effects of cone scorching on germinability, and vigour of lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) seeds in Alberta. *Seed Science and Technology* 20: 409-419.