



Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Bazı Giberellik Asit ve Skarifikasyon Uygulamalarının Etkileri^A

Deniz HAZAR^{1*}, Ali İhsan İÇÖZ², İbrahim BAKTİR³

Öz: Fabaceae familyasına ait yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) süs bitkisi olarak kullanımı yaygın, kuraklık stresine dayanıklı bir ağaçtır. Bu familyanın birçok türü gibi, yalancı akasya türlerinin de fiziksel dormansiye neden olan sert ve geçirimsiz tohum kabukları vardır. Bu nedenle tohum çimlenme oranı düşüktür. Mevcut araştırma, yalancı akasyada tohum dinlenmesinin kırılması ve çimlenmeyi arttırmak için en iyi ön uygulamayı belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada materyal olarak olgunlaşmış yalancı akasya tohumları kullanılmış ve tohumlara giberellik asit (GA₃) ve skarifikasyon (termal, kimyasal ve mekanik) ön uygulamaları yapılmıştır. Tohumlar 24 saat 0, 1000, 2000 ve 3000 ppm GA₃, iki saat 60 ve 80°C sıcak su, 10 dakika saf sülfürik asit (H₂SO₄) ve zımpara kağıdı ile muamele edilmişlerdir. Kontrol grubu tohumlara hiçbir uygulama yapılmamıştır. Tohumlar, torf ve perlit karışımı içeren 108 hücreli tohum ekim kapları içerisine ekilmiştir (3:1; v/v). Araştırmada, uygulamaların çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi değerleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Ortalama çimlenme süresi değerleri dışında, incelenen tüm kriterler üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı %70 ile zımpara uygulamasından en düşük çimlenme oranı ise %13.33 ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye, dhazar@akdeniz.edu.tr, [OrcID0000-0002-2457-5955](https://orcid.org/0000-0002-2457-5955)

² Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Antalya, Türkiye, ali_ahsan_1992@outlook.com, [OrcID0000-0002-1989-680X](https://orcid.org/0000-0002-1989-680X)

³ Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, KKTC, ibrahim.baktir@gmail.com [OrcID0000-0003-1378-0491](https://orcid.org/0000-0003-1378-0491)

Çimlenme indeksi (0.18) ve çimlenme enerjisi (%63.33) bakımından da en yüksek değerler zımpara uygulamasında saptanmıştır. Çimlenme kriterleri yönünden, mekanik aşındırmaya en yakın sonuçlar iki saat 60°C termal aşındırma uygulamasından elde edilmiştir. Giberellik asit uygulamalarının skarifikasyon ve kontrol uygulamaları ile kıyaslandığında ortalama çimlenme süresini kısalttığı, ancak diğer çimlenme kriterleri bakımından başarısız olduğu tespit edilmiştir. Skarifikasyon uygulamaları içinde en düşük çimlenme değerlerine sülfürik asit uygulaması sahip olmuştur. Araştırma sonucunda, yalancı akasya tohumlarında fiziksel dormansiye gidermek ve çimlenmeyi arttırmak için en iyi ön uygulamanın zımpara ile aşındırma uygulaması olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çimlenme oranı, GA₃, ön uygulama, *Robinia pseudoacacia*, skarifikasyon.

Effects of Some Gibberellic Acid and Scarification Treatments on Germination of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Seeds

Abstract: Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) belonging to the Fabaceae family is a tree that is widely used as ornamental plant and resistant to drought stress. Like many species of the legume family, the black locust species also have hard and impermeable seed coats caused physically dormancy. Therefore the seed germination rate is low. In the present study, it was aimed to determine the best pre-treatment to break the dormancy and improve germination of black locust seeds. The mature seeds of black locust were used as research materials and the seeds were pre-treated with gibberellic acid (GA₃) and scarification (thermal, chemical and mechanical). The seeds were treated with 0, 1000, 2000 and 3000 ppm GA₃ for 24 hours, with hot water at 60 and 80°C for two hours, with pure sulfuric acid (H₂SO₄) for 10 minutes and with sandpaper. For the control, the seeds were sown without any treatment. Seeds were sowed in plug seed trays with 108 cells containing mixture of peat and perlite (3:1; v/v). In the research, the effects on germination rate, mean germination time, germination energy and germination index values of seed pre-treatments were determined. Except for mean germination time values, the effect of treatments on all the criteria examined was found statistically significant. The highest germination rate was obtained from sandpaper treatment with 70% and the lowest germination rate was obtained from control treatment with 13.33%. Also, the highest values in terms of germination index (0.18) and germination energy (63.33%) were determined in sandpaper treatment. In terms of germination criteria, the closest results to mechanical abrasion were obtained from 60°C thermal abrasion treatment for two hours. It has been found that the treatments of gibberellic acid reduce the average germination time compared to the scarification and control treatments, but fail in terms of other germination criteria. Sulfuric acid treatment had the lowest germination values among the scarification treatments. As a result of the research, it has been found that the best pre-treatment to remove physical dormancy and improve germination in black locust seeds is sandpaper treatment.

Keywords: Germination rate, GA₃, pre-treatment, *Robinia pseudoacacia*, scarification.

Giriş

Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Fabaceae (Leguminaceae) familyasından, Kuzey Amerika orijinli 20-25 m uzunluğunda uzun boylu bir ağaç türüdür. Doğal yayılışını 35°- 45° kuzey enlemleri arasında yapmaktadır. Kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinin birçok yerinde doğallaşmıştır (De Gomez ve Wagner, 2001; Barrett ve ark., 1990). Kuzey Amerika'dan ilk defa 1601 yılında J. Robin tarafından Fransa'ya getirilerek süs amacıyla dikilmiş ve buradan Avrupa'ya yayılmıştır (Keresztesi,1980). Bu tür Almanya, Macaristan, Romanya, Bulgaristan, Sırbistan ve Türkiye gibi birçok ülkede çok eski tarihlerden beri yetiştirilmektedir. Hızlı büyüdüğü ve odunu kıymetli olduğu için orman ağacı, salkım şeklindeki güzel renkli ve kokulu çiçeklerinden dolayı da park ve bahçelerde süs bitkisi olarak yoğun ilgi görmektedir. Toprak erozyonu kontrolü, yeniden ağaçlandırma, (Dzwonko ve Loster, 1996; Torbert ve ark., 1995; Keresztesi, 1980) ve madencilik alanlarının ıslahı (Zelevnik ve Skousen, 1996) amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca odunu yüksek yakıt değerine sahip ve kerestesi kıymetli olan tür, hayvancılıkta yem olarak, arıcılıkta bir nektar kaynağı olarak da çok amaçlı kullanıma sahiptir (Bongarten ve ark., 1992; Barrett ve ark., 1990; Keresztesi, 1980). Bugün saha olarak, hızlı gelişen yapraklı türler arasında okaliptüstten sonra, dünyada ikinci sırada yer almaktadır (Boring ve Swank, 1984).

Yalancı akasya, Türkiye'ye Cumhuriyetin ilk yıllarında süs bitkisi olarak getirilmiş ve yol kenarlarında, okul bahçelerinde, kışlalarda, tren istasyonlarında ve köy ağaçlandırmalarında kullanılmıştır. Bu nedenle ona "Cumhuriyet Ağacı" adı verilmiştir. Ülkemizin bazı yörelerinde bu tür; "Diken Ağacı" ve "Salkım Ağacı" gibi isimlerle de tanınmaktadır (Turna ve Turna, 2000; Kayacık, 1982). Bugün Kuzey Anadolu'da yayılış gösteren ve doğallaşmış olan tür, genellikle Karadeniz kıyı şeridinde, ormanlık yerlerde, yol kenarlarında bulunmaktadır (Anonim, 2019). Ayrıca birçok yerde peyzaj düzenlemelerinde farklı amaçlarla süs bitkisi olarak kullanılmaktadır.

Çevresel strese uyum gösterebilmesi nedeniyle geniş alan toleransına sahip olan yalancı akasya, deniz seviyesinden 1600 m yüksekliklere kadar yetişebilmektedir. Deniz seviyesinde 300 mm civarında, yüksekliğe bağlı olarak artan miktarlarda ve 1000 m üzerinde 1000 mm'den fazla yağış alan yerlerde gelişmesi daha iyi olmaktadır. Yazları sıcak ve kışları sert olan bölgelerde ve kara iklimlerinde yetişebilir ve ayrıca donlardan zarar görmez. Işık isteği yüksek olan ve hızlı büyüme eğilimi gösteren tür, en iyi gelişmesini nehir kenarlarında ve sulak topraklarda yapmakla birlikte kuraklığa da son derece dayanıklıdır (Burner ve ark., 2005; Danso ve ark., 1995). Geniş alan toleransına sahip olmasında önceleri derine giden ve zamanla etrafa yayılan bir kök sistemine sahip olmasının ve köklerinin uçlarında serbest azotu fikse eden mikorizalar bulunmasının etkisi büyüktür. Dört yaşındaki bir yalancı akasya ağacı bir yılda yaklaşık 25.8 g N'ü tutabilmektedir (Danso ve ark., 1995).

Fabaceae familyasının birçok türü gibi, yalancı akasyanın da fiziksel dormansiye neden olan sert ve geçirimsiz tohum kabukları vardır (Baskin ve Baskin, 2009). Fiziksel dormansi olarak bilinen tohum kabuğunun geçirimsizliği, çimlenmenin ancak fide büyümesi için elverişli koşullarda meydana gelmesini sağlamak için düzenlenmiş çok önemli bir ekolojik mekanizmadır (Willis ve ark., 2014; Baskin ve Baskin, 2009; Bewley, 1997). Ayrıca fiziksel dormansi, mikrobiyolojik enfeksiyonlara karşı direnci artırır (Dalling ve ark., 2011),

tohumların ömrünü uzatır (Mohamed-Yasseen ve ark., 1994) ve toprak tohum bankasını korumaya yardımcı olur (Shen-Miller ve ark., 1995). Doğal koşullar altında, tohum kabuğu ancak düşük (don) veya yüksek sıcaklıklar (yangınlar) veya toprak mikroflorasının etkinliği ile zarar görebilir (Waldron ve ark., 2007; Jackson ve Strait, 1987; Cremer ve Mount, 1965; Dunn, 1939). Tohum kabuğu zarar gördüğünde, su tohuma girer ve böylece dinlenmeden çıkarak çimlenme işlemini başlatır. Bununla birlikte, tohumlar herhangi bir işlem görmediğinde tohum çimlenme oranı oldukça düşük olmaktadır. Yalancı akasya tohumlarında fiziksel dormansiyi kırmak için ekonomik ölçekte en çok kullanılan üç yöntem; mekanik, kimyasal ve termal skarifikasyondur (Mirzaei ve ark., 2013; Baskin, 2003; De Gomez ve Wagner, 2001; Hanna, 1983).

Çevre koşullarındaki olumsuzluklar da yalancı akasyada tohum çimlenmesini olumsuz etkilemektedir. Örneğin artan su stresi koşulları altında tohumlarının çimlenme oranları azalmaktadır (Giuliani ve ark., 2019). Bazı araştırmacılar başka bitkilerde de benzer sonuçlar elde etmişlerdir (Dolgun ve Çifci, 2018; Yiğit ve ark., 2016). Özellikle küresel ısınma sonucu oluşacak iklim kaymalarında gelecekte bu sorun önem kazanacağından yalancı akasya da dahil olmak üzere birçok bitkide tohum çimlendirme konusunda çok yönlü çalışmalar yapılmaktadır.

Giberellik asit tohum çimlenmesi sırasında görev alan enzimleri uyararak çimlenmenin gerçekleşmesinde önemli görevi olan bir hormondur. Tohum su alıp şiştiğinde embriyodan salgılanan giberellik asit endosperme taşınarak α -amilaz enzimini uyarır ve çimlenme sırasında gerekli enerjiyi sağlamak için nişastanın şekere dönüşmesinde rol oynar (Hartmann ve ark., 1990). Dışardan uygulanan giberellik asit endospermdenendo- β -mannanaz enziminin salgılanmasını uyararak endosperm hücre duvarlarının yıkılmasını sağlar ve bu şekilde de çimlenmeye yardımcı olur (Cantliffe, 2003; Bewley, 1997). Mevcut araştırma, farklı skarifikasyon ve giberellik asit ön uygulamalarından yalancı akasya tohumlarında çimlenme üzerine en etkili yöntemi belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Mart 2017 – Mayıs 2017 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait cam serada (GPS koordinatları: 36° 53' 58.2612" ve 30° 39' 3.3228", deniz seviyesinden yüksekliği: 43 metre) yürütülmüştür. Araştırmada bitkisel materyal olarak yalancı akasyanın (*Robinia pseudoacacia* L.) olgun, sağlıklı ve kuru tohumları kullanılmıştır. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yerleşkesinde bulunan 25-30 yaşındaki bir yalancı akasya ağacından olgunlaşmış meyveler toplanmış (Ocak ayında ve meyveler kahverengi renkte iken) ve tohumlar meyve içerisinde çıkarılmıştır. Daha sonra bu tohumlardan aynı büyüklük, şekil ve renkte olanlar seçilmiş ve 48 saat kurumaya bırakılmıştır.

Araştırmada yalancı akasya tohumlarına çeşitli ön uygulamalar yapılmıştır. Bu uygulamalar iki ana grupta toplanmıştır: (1) GA₃ uygulamaları: Tohumlar GA₃'ün (CAS 77-06-5) 1000, 2000 ve 3000 ppm'lik dozlarında ve kontrol grubu tohumlar ise saf su içerisinde 24 saat süreyle bekletilmişlerdir. (2) Skarifikasyon uygulamaları: Tohumlar i) termal ii) kimyasal ve iii) mekanik skarifikasyoniv) kontrol (tohumlara hiçbir uygulama

yapılmamış) uygulamalarına tabi tutulmuşlardır. Termal skarifikasyonda tohumlar 60 ve 80°C sıcak su içinde iki saat bekletilmiştir. Kimyasal skarifikasyonda tohumlar %90'lık sülfürik asit (H₂SO₄) içinde 10 dakika bekletildikten sonra tel süzgeçten süzölmüş ve beşer dakikalık sürelerle 3 kez saf sudan geçirilmiştir. Mekanik skarifikasyonda zımparalama işlemine tabi tutulan tohumlar yüzeyleri aşınuncaya kadar zımparalanmıştır.

Çeşitli ön uygulamalar yapılan tohumlar torf ve perlit (3:1; v/v) karışımı içeren 108 hücreli tohum ekim kapları içerisine ve kendi çapları kadar derinliğe (yaklaşık 1-1.5 cm) ekilmişlerdir. Tohum ekiminden sonra tohum ekim kapları ince zerreler halinde su püskürten el pompası ile suya doyuncaya kadar sulanmış ve 70 lt'lik kapaklı, şeffaf kutular içerisine yerleştirilmişlerdir. Sera içerisine konulan kutularda sulama çimlenme ortamının nem durumu kontrol edilerek 2 günde bir yapılmıştır. Araştırma süresince sera ortamında ortalama sıcaklık 25–30°C ve oransal nem ise % 60-70 olarak ölçölmüştür. Tohumlar ekildikten sonra ilk 15 gün her gün, sonrasında deneme sonuna kadar gün aşırı sayım yapılmıştır.

Araştırmada tohumların çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi hesaplanmıştır. Çimlenme oranı (ÇO), çimlendirme testi süresi sonunda ekilen ve çimlenen tohumlar oranlanarak bulunmuştur. Ortalama çimlenme süresi (OÇS) Ellis ve Roberts (1980)'e göre ve $OÇS = \frac{\sum n.D}{\sum n}$ formülü kullanılarak hesaplanmıştır (n: D günde çimlenen tohum sayısı; D: ekimden itibaren gözlem yapılmaya kadar geçen gün sayısı; $\sum n$: toplam çimlenen tohum sayısı). Çimlenme indeksi (Çİ) ise Copeland ve McDonald (2001)'a göre belirlenmiş ve hesaplanması $Çİ = \frac{\sum n}{d}$ (n: ekimden sonraki d gününde çimlenen tohum sayısı; d: ekimden sonraki gün sayısı) formülü esas alınarak yapılmıştır. Çimlenme enerjisi (ÇE) Karagözel ve ark. (2002)'a göre, çimlendirme test süresinin yarısı olarak kabul edilen 20. günde çimlenen tohumların yüzdesi olarak hesaplanmıştır.

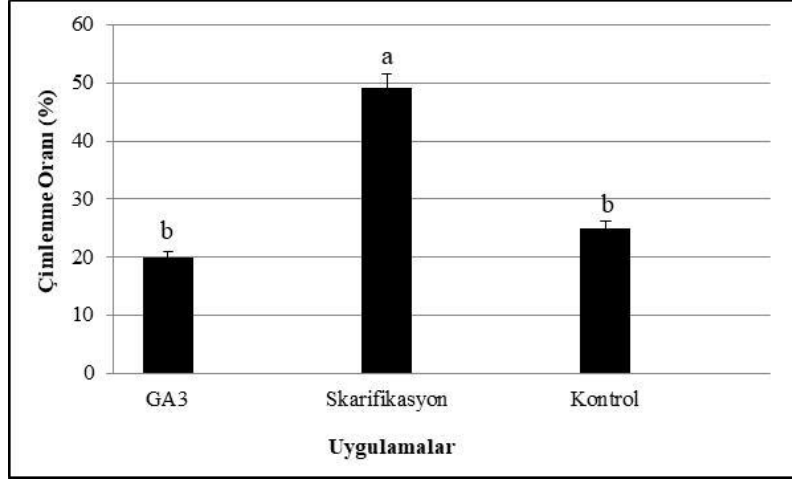
Araştırma, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü ve her tekerrürde yirmi tohum olacak şekilde kurulmuştur. Normallik varsayımı ShapiroWilk Testi ile kontrol edilmiştir. Veriler normal dağılıma uyduğunda ikiden fazla grubun sayısal verileri arasındaki farkın analizinde Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılmış ve anlamlı çıkan durumlarda ikili karşılaştırmalar Bonferroni Testi ile yapılmıştır. Araştırmada incelenen özelliklere ait verilere SPSS 23.0 programındavaryans analizi uygulanarak ortalamalar %5 önem düzeyinde Duncan testine göre karşılaştırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çimlenme Oranı

Araştırmada ön uygulamaların giberellik asit (GA₃), skarifikasyon ve kontrol (skarifikasyon kontrolü ve GA₃ kontrolü) grubu şeklinde üç ana grup olarak istatistiksel karşılaştırılmaları yapılmış ve yalancı akasya tohumlarının çimlenme oranı üzerine etkileri Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre, uygulamaların çimlenme oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak p<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı %49.17 ile skarifikasyon uygulamalarından elde edilmiştir. Bunu %25 ile kontrol grubu izlemiş ve en düşük çimlenme oranına %20 ile GA₃ uygulamaları sahip olmuştur.

Yalancı akasya tohumlarının çimlenme oranı üzerine uygulamaların etkileri Çizelge 1’de gösterilmiştir. Çizelgede de görüleceği üzere, uygulamaların çimlenme oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı %70 ile zımpara uygulaması yapılan tohumlardan elde edilmiştir. Bu uygulamayı sırasıyla %63.33 ile 60°C sıcak su, %43.33 ile 80°C sıcak su, %36.67 ile 24 saat su, %26.67 ile 3000 ppm GA₃, %20 ile 2000 ppm GA₃ ve sülfürik asit uygulamaları izlemiştir. En düşük çimlenme oranı ise %13.33 ile 1000 ppm GA₃ ve kontrol uygulamalarından elde edilmiştir.



Şekil 1. Yalancı akasya tohumlarının çimlenme oranı üzerine GA₃, skarifikasyon ve kontrol gruplarının etkileri

Giuliani ve ark. (2015), araştırmalarında *R. pseudoacasia* tohumlarında en yüksek çimlenme oranını %92 ile mekanik skarifikasyon (yaralama) uygulamasından, en düşük çimlenme oranını da %0 ile kontrol grubundan elde etmişler ve termal skarifikasyon (90°C 30 dakika) uygulamasının çimlenme oranına etkisini %54 bulmuşlardır. Bulgularımız araştırmacıların elde ettikleri bu bulgular ile uyumlu iken, 90 dakika süreyle sülfürik asit uygulamasından (%53) elde ettikleri sonuçları ile uyumsuz bulunmuştur. Dini-Papanastasi ve ark., (2012) bir el silindiri ile 75 dakika mekanik skarifikasyon uyguladıkları yalancı akasya tohumlarında Yunanistan ve Macaristan orijinli oluşlarına bağlı olarak sırasıyla %86 ve %81 çimlenme oranı elde etmişlerdir. Singh ve ark., (1991) yedi skarifikasyon uygulamasının çimlenme oranı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında yalancı akasya tohumlarında sırasıyla yaralama, sülfürik asit (3 saat) ve sıcak su (tohumları kaynar suya batırdıktan sonra 24 saat kademeli soğutmaya bırakma) uygulamalarını en başarılı uygulamalar olarak bulmuşlardır. Jastrzebowski ve ark. (2017), mekanik skarifikasyon uygulanan tohumlarda çimlenme oranını termal skarifikasyon uygulananlara göre daha yüksek bulmuşlardır. Khadduri ve ark. (2002), bir pnömatik boya çalkalayıcısı kullanarak ve belli sürelerle sürekli tohumu vurdurarak gerçekleştirdikleri mekanik skarifikasyonu, sıcak su ve kontrol ile kıyasladıklarında 5 dakika mekanik skarifikasyondan en yüksek çimlenme oranını elde etmişlerdir. Bahsi geçen tüm araştırmalarda yaralama şeklinde mekanik skarifikasyon uygulaması diğer skarifikasyon uygulamalarından daha yüksek çimlenme oranı ile sonuçlanmıştır. Bulgularımız bu araştırmalardan elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Cabra-Rivas ve Castro-Díez (2016), termal

skarifikasyon (90°C sıcak su/1 dakika) uygulaması yaptıkları iki farklı bölgedeki yalancı akasya popülasyonlarının tohumlarını çimlenme oranı bakımından kontrolle kıyasladıklarında ve popülasyonlar arasında farklılık tespit etmişlerdir. Araştırmacılar çimlenme oranını kontrol ve skarifikasyon uygulamalarında bir bölge için sırasıyla %14 ve %68 bulurken, diğer bölge için %7 ve %92 olarak bulmuşlardır. Bhat ve ark. (2014), *R. pseudoacasia* tohumlarında en iyi çimlenme oranlarını sırasıyla sıcak su (1 dakika kaynar su), saf sülfürik asit (1 dakika), şoklama (1 saat) ve mekanik skarifikasyon ön uygulamalarından elde etmişlerdir. En düşük çimlenme oranını mekanik skarifikasyon (%26) uygulamasından elde eden bu araştırma sonuçları ile bulgularımız uyumsuzdur.

Karagüzel ve ark. (2004), Fabaceae familyasından *Lupinusvarius* tohumlarında en iyi çimlenme oranını %100 ile mekanik skarifikasyon ve 24 saat sülfürik asit uygulamalarından elde etmişlerdir. Araştırmacılar sülfürik asidin artan dozlarında ve kaynar suda 6 dakikaya kadar süre artışında çimlenme oranının arttığını, öte yandan kaynar suda bekleme süresinin artmasının çimlenme oranını negatif etkilediğini tespit etmişlerdir. Çalışmaya ait bulgular ile bulgularımız mekanik ve termal skarifikasyonların etkileri bakımından benzer iken, sülfürik asidin etkisi bakımından benzerlik göstermemektedir.

Birçok araştırmacı sonuçlarımızdan farklı olarak sülfürik asidin çimlenme oranı üzerine etkisini yüksek bulmuştur. Bu durumun araştırmacıların tohumları sülfürik asit içinde daha uzun süre bekletmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Bhat ve ark., 2014; Karagüzel ve ark., 2004; Singh ve ark., 1991).

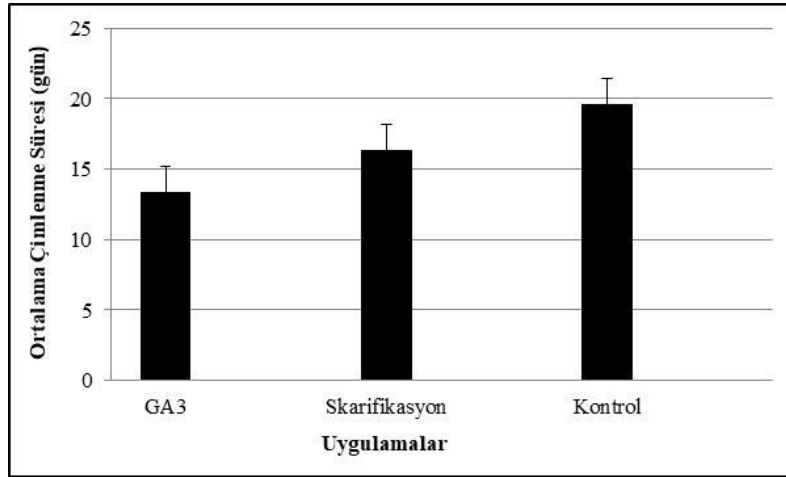
Çalışmamızda giberellik asit uygulaması yapılan tohumların çimlenme oranı sülfürik asit hariç skarifikasyon uygulamalarının oldukça gerisinde kalmıştır. Bostan ve Kılıç (2014), keçi boynuzu tohumlarına 30 dakika süreyle %80, 85, 90, 95 saflıkta sülfürik asit ön uygulamaları ve 500, 1000 ve 1500 ppm GA₃ ön uygulamaları yapmışlar ve %85'lik sülfürik asit en iyi çimlenme oranına sahip olmuştur. 1000 ppm GA₃ uygulamasından %29 çimlenme oranı elde eden araştırmacılar, bulgularımızla örtüşecek şekilde GA₃ uygulamalarının sülfürik asit uygulamalarına göre çok daha düşük çimlenme oranına sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Rout ve ark. (2017), Fabaceae familyasından *Cassiafistula* tohumlarını 700 ppm ile 800 ppm arasındaki 11 farklı GA₃ dozu içerisinde 24 saat bekletmişler ve çimlenme oranlarının %16 ile %56 arasında bir dağılım gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ortalama Çimlenme Süresi

Yalancı akasya tohumlarında hem uygulama grupları arasında (Şekil 2) hem de uygulamalar arasında (Çizelge 1) ortalama çimlenme süresine etkileri bakımından istatistiksel bir farklılık saptanamamıştır. Ortalama çimlenme süresi bakımından uygulama grupları 13.42 gün ile 19.61 gün arasında değişirken, uygulamalar 11.00 gün ile 25.33 gün arasında değişim göstermiştir.

Kheloufi ve ark. (2018), yalancı akasya tohumlarına 30, 60 ve 90 dakika sülfürik asit uygulamışlar ve 60 dakikalık uygulamadan hem son çimlenme yüzdesi (%85) hem de ortalama çimlenme süresi (2.58 gün) bakımından en iyi sonucu elde etmişlerdir. Cabra-Rivas ve Castro-Díez (2016), iki farklı bölgeden aldıkları yalancı akasya tohumlarıyla yaptıkları çalışmada birinci bölgedeki tohumlarda hem kontrol hem de skarifikasyon uygulamalarının (90°C sıcak su) ortalama çimlenme süresini 7 gün bulurlarken, ikinci bölgedeki tohumlarda

sırasıyla 6 gün ve 3 gün olarak bulmuşlardır. Youssef ve ark. (2012), sert tohum kabuğuna sahip *Cupressus atlantica* tohumlarında dormansiyi kırmak amacıyla çeşitli ön uygulamaları test ettikleri araştırmalarında zımpara ile mekanik skarifikasyon ve bunu takiben de 1000 mgL⁻¹ giberellik asit uygulamalarının çimlenme oranını arttırmak ve ortalama çimlenme süresini kısaltmak için en iyi uygulamalar olduğunu tespit etmişlerdir. Bulgularımızda ise istatistiksel olarak bir farklılık belirlememekle birlikte, gruplar arasında giberellik asit, uygulamalar arasında da giberellik asidin 1000 ve 2000 ppm'lik dozlarının ortalama çimlenme süresini kısaltmada daha etkili olduğu bulunmuştur.

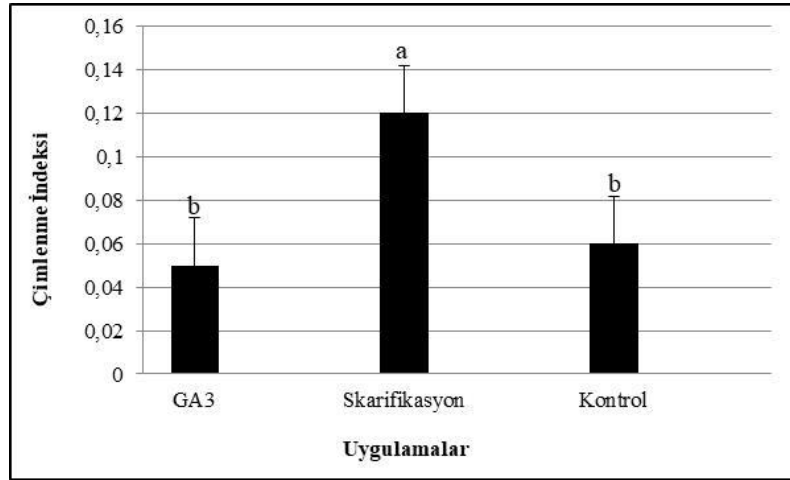


Şekil 2. Yalancı akasya tohumlarının ortalama çimlenme süresi üzerine GA₃, skarifikasyon ve kontrol gruplarının etkileri

Çimlenme İndeksi

GA₃, skarifikasyon ön uygulamaları ve kontrol gruplarının yalancı akasya tohumlarının çimlenme indeksi üzerine etkileri Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, çimlenme indeksi üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. Çimlenme indeksi en yüksek olan grup skarifikasyon ön uygulamaları (0.12) grubu olmuş, bu grubu kontrol grubu (0.06) takip etmiştir. GA₃ grubu (0.05) ise en düşük çimlenme indeksine sahip olmuştur.

Tohumların çimlenme indeks değeri üzerine uygulamaların etkisi Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü üzere, uygulamaların çimlenme indeks değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada en yüksek çimlenme indeks değeri zımpara uygulamasından elde edilmiş ve değer 0.18 olmuştur. Bu uygulamayı 0.16 ve 0.11 çimlenme indeks değerleri ile sırasıyla 60°C ve 80°C sıcak su uygulamaları takip etmiştir. En düşük çimlenme indeks değeri 0.03 ile 1000 ppm GA₃ ve kontrol uygulamalarından elde edilmiştir.



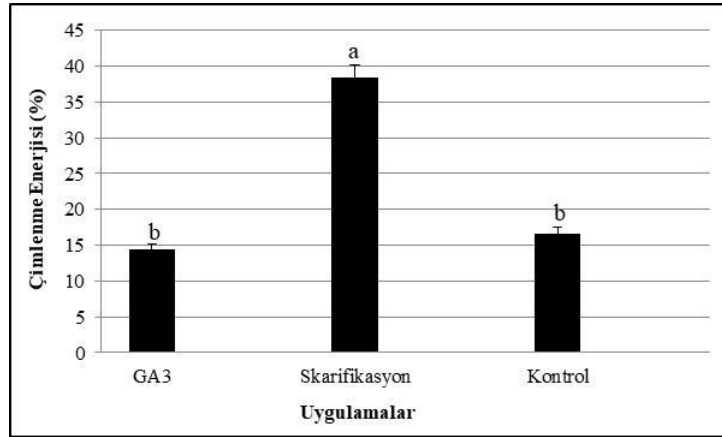
Şekil 3. Yalancı akasya tohumlarının çimlenme indeksi üzerine GA₃, skarifikasyon ve kontrol gruplarının etkileri

Çalışmamızda çimlenme oranı ile çimlenme indeksi arasında paralellik görülmektedir. Başka araştırmacılar da çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişler ve çimlenme oranı, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksinin uygulamalar arasında benzer dağılım gösterdiğini rapor etmişlerdir (İslam ve ark., 2009; Karagüzel ve ark., 2004).

Çimlenme Enerjisi

GA₃, skarifikasyon ön uygulamalarının ve kontrol grubunun yalancı akasya tohumlarının çimlenme enerjisi üzerine etkileri Şekil 4'de verilmiştir. Buna göre, uygulamaların çimlenme enerjisi üzerine etkisi istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çimlenme enerjisi en yüksek uygulama %38.33 ile skarifikasyon uygulamaları olmuştur. Bu uygulamayı sırasıyla kontrol (%16.67) ve GA₃ (%14.44) uygulamaları takip etmiştir.

Çalışmada toplam çimlenme süresi 40 gün olarak kabul edilmiş ve 20 güne kadar çimlenen tohumların oranı göz önüne alınarak çimlenme enerjisi belirlenmiştir (Çizelge 1). Uygulamaların, yalancı akasya tohumlarının çimlenme enerjisi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek çimlenme enerjisi, %63.33 ile zımpara uygulamasından elde edilirken, bunu %53.33 ile 60°C sıcak su, %23.33 ile 80°C sıcak su ve 24 saat suda bekletme uygulamaları takip etmiştir. Çimlenme enerjisi en düşük uygulama ise %10 ile 1000 ppm GA₃ ve hiçbir uygulama yapılmayan kontrol uygulamalarından elde edilmiştir.



Şekil 4. Yalancı akasya tohumlarının çimlenme enerjisi üzerine GA₃, skarifikasyon ve kontrol gruplarının etkileri

Çalışmamızda çimlenme oranı ile çimlenme indeksi arasındaki paralellik çimlenme enerjisinde de görülmektedir. Yani çimlenme oranı yüksek olan uygulamaların çimlenme enerjileri yüksek, düşük olanlarınki de düşük olmuştur. Bulgularımız incelendiğinde, %70'lik çimlenme oranına sahip olan zımpara uygulamasında %63.33'lük çimlenme enerjisi 20. günde tohumların %90.47 sinin çimlendiğini işaret etmektedir. Karagüzel ve ark. (2004), bulgularımızla uyumlu olacak şekilde *Lupinusvarius* tohumlarında tüm uygulamalarda çimlenme enerjisinin çimlenme oranı ile aynı paralellikte olduğunu bildirmişlerdir. Aladjadjiyan (2002), yalancı akasya tohumlarına ön uygulama olarak 255, 425, 595, 850 W çıkış gücünde mikrodalga ışıması vermiş ve artan ışıma bağlı olarak çimlenme oranının ve çimlenme enerjisinin doğru orantılı olarak arttığını bildirmiştir. Bulgularımız araştırmacının bulguları ile uyumludur. Bhat ve ark. (2014), *R. pseudoacasia* tohumlarında en yüksek çimlenme enerjisini en yüksek çimlenme oranına sahip olan sıcak su uygulamasından elde etmişler ve diğer uygulamalarda da çimlenme oranı ile aynı uyumun olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Yalancı akasya tohumlarının çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, çimlenme indeksi ve çimlenme enerjisi üzerine farklı skarifikasyon ve giberellik asit uygulamalarının etkileri

Uygulamalar	ÇÖ (%)	OÇS (gün)	Çİ	ÇE (%)	
GA ₃	0 (Saf su)	36.67 bc ^z	25.33	0.09 bc	23.33 b
	1000 ppm	13.33 c	11.33	0.03 c	10.00 b
	2000 ppm	20.00 c	11.00	0.05 c	13.33 b
	3000 ppm	26.67 c	17.93	0.07 c	20.00 b
Skarifikasyon	Zımpara	70.00 a	13.98	0.18 a	63.33 a
	80°C sıcak su	43.33 abc	22.36	0.11 abc	23.33 b
	60°C sıcak su	63.33 ab	14.54	0.16 ab	53.33 a
	Sülfürik asit	20.00 c	14.67	0.05 c	13.33 b
	Kontrol	13.33 c	13.89	0.03 c	10.00 b
Önemlilik	**	ÖD	**	***	

z : Her sütunda Duncan testine göre 0.05 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

***P < 0.001, **P < 0.01, ÖD: Önemli Değil

ÇÖ: Çimlenme oranı, OÇS: ortalama çimlenme süresi, Çİ: Çimlenme indeksi, ÇE: Çimlenme enerjisi

Sonuç

Tohum ekiminden önce yapılan farklı giberellik asit ve skarifikasyon ön uygulamalarının yalancı akasya tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, ortalama çimlenme süresi hariç tüm çimlenme parametreleri bakımından en iyi sonuçlar skarifikasyon uygulamalarından elde edilmiştir. GA₃ uygulamalarından ise ortalama çimlenme süresinde en iyi sonuç alınmış ve bu uygulamada tohumlar diğer uygulamalar ve kontrole göre daha kısa sürede çimlenmiştir. Bu nedenle bundan sonraki çimlendirme çalışmalarında yalancı akasya tohumlarında çimlenme süresini kısaltmada etkili olduğu tespit edilen GA₃'in skarifikasyon ön uygulamalarıyla kombinasyonları da mutlaka denenmelidir. Bununla birlikte, araştırma bulguları sonucunda ticari ölçekte akasya tohumlarının çimlendirilmesinde ön uygulama olarak en yüksek çimlenme değerlerinin elde edildiği zımpara ile yapılan mekanik aşındırma uygulaması tavsiye edilmektedir.

Teşekkür

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistik analizlerini yapan Akdeniz Üniversitesi İstatistik Danışmanlık Uygulama ve Araştırma Merkezine teşekkür ederiz.Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.Yazarlar çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında her hangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aladadjıyan, A. 2002. Influence of microwave irradiation on some vitality indices and electroconductivity of ornamental perennial crops. *Journal of Central European Agriculture*, 3(4):272-276
- Anonim, 2019. Türkiye Bitkileri Veri Servisi (TÜBİVES) <http://www.tubives.com/> (Erişim tarihi:21.04.2019)
- Barrett, R.P., Mebrahtu, T. and Hanover, J.W. 1990. Black locust: A multi-purpose tree species for temperate climates. P. 278-283. In: J. Janick and J.E. Simon (eds) *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.
- Baskin, C.C. 2003. Breaking physical dormancy in seeds—focusing on the lens. *New Phytol* 158:227–238.
- Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2009. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Elsevier Academic Press Inc., San Diego.
- Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9:1055–1066.
- Bhat, H.A., Asif, M., Mir, N.A, Nabi, A., Gatto, A.A., Ahmad, F. and Hussain, N. 2014. Maturity indices and dormancy breaking methods of black locust (*Robinia pseudoacacia*) seeds under temperate Kashmir condition. *Eco. Env. & Cons.* 20 (4) : 1769-1775

- Bongarten, B.C., Huber, D.A. and Apsley, D.K. 1992. Environmental and genetic influences on short-rotation biomass production of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the Georgia Piedmont. *Forest Ecology and Management*, 55(1-4): 315-331.
- Boring, L.R. and Swank, W.T. 1984. The role of black locust (*Robinia pseudoacacia*) in forest succession. *J. Ecol.* 72: 749–766.
- Bostan, S.Z. ve Kılıç, D. 2014. The effects of different treatments on carob (*Ceratonia Siliqua* L.) seed germination. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences* 1:706-708.
- Burner, D.M., Pote, D.H. and Ares, A. 2005. Management effects on biomass and foliar nutritive value of *Robinia pseudoacacia* and *Gleditsia triacanthos* f. *inermis* in Arkansas, USA. *Agroforestry Systems*, 65: 207–214.
- Cabra-Rivas, I. and Castro-Díez, P. 2016. Potential Germination Success of Exotic and Native Trees Coexisting in Central Spain Riparian Forests. *Int. J. Ecol.*, vol. 2016. <http://dx.doi.org/>. doi 10.1155/2016/7614683.
- Cantliffe, D.J. 2003. Seed enhancements. *Acta Hort.* 607:53-59.
- Cremer, K.W. and Mount, A.B. 1965. Early stages of plant succession following the complete felling and burning of *Eucalyptus regnans* forest in the Florentine Valley, Tasmania. *Aust. J. Bot.*, 13:303–322.
- Copeland, L.O and McDonald, M. B. 2001. Principles of Seed Science and Technology. 4th ed. Kluwer Academic Publishers, London.
- Dalling, J.W., Davis, A.S., Schutte, B.J. and Arnold A.E. 2011. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *J. Ecol.* 99:89–95.
- Danso, S.K.A., Zapata, F. and Awonaike, K.O. 1995. Measurement of biological N₂ fixation in field-grown *Robinia pseudoacacia* L. *Soil Biol. Biochem.*, 27: 415–419.
- DeGomez, T. and Wagner, M.R. 2001. Culture and use of black locust. *Hort Technology* 11(2): 279-288.
- Dini-Papanastasi, O., Kostopoulou, P. and Radoglou, K. 2012. Effects of seed origin, growing medium and mini-plug density on early growth and quality of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seedlings. *Journal of Forest Science*, 58(1): 8–20.
- Dolgun, C. ve Çifci, E.A. 2018. Farklı Kuraklık Stresi Seviyelerinin Makarnalık Buğday Çeşitlerinde Çimlenme ve Erken Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. Bursa, *Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 32 (2), 99-109.
- Dunn, L.E. 1939. Influence of low temperature treatments on the germination of seeds of sweet clover and smooth vetch. *Agron. J.*, 31:687–694.
- Dzwonko, Z. and Loster, S. 1997. Effects of dominant trees and anthropogenic disturbances on species richness and floristic composition of secondary communities in southern Poland. *Journal of Applied Ecology*, 34:861-870.

- Ellis, R.H. and Roberts, E.H., 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. In Seed Production (ed P.D. Hebblethwaite), Butterworths, London, pp. 605-635.
- Giuliani, C., Lazzaro, L., Mariotti Lippi, M., Calamassi, R. and Foggi, B. 2015. Temperature-related effects on the germination capacity of black locust (*Robinia pseudoacacia*L., Fabaceae) seeds. *Folia Geobot*50 (3): 275-282.
- Giuliani, C., Lazzaro, L., Calamassi, R., Gelsomina, F., Bruno, F. and Lippi, M. M. 2019. Induced water stress affects seed germination response and root anatomy in *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae). *Trees*, 1-12.
- Hanna, P.J. 1983. Anatomical features of the seed coat of *Acacia kempeana* (Mueller) which relate to increased germination rate induced by heat treatment. *New Phytol.*96:23-29.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E. and Davies, F.T. 1990. Plant Propagation: Principles and Practices. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ 5th ed., p. 647.
- Islam, A.K.M.A., Anuar, N. and Yaakob, Z. 2009. Effect of Genotypes and Pre-Sowing Treatments on Seed Germination Behavior of *Jatropha*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 8: 433-439.
- Jackson, M.T. and Strait, R.A. 1987. Woody invaders resist fire, cutting, herbicides. *RestorManag Notes* 5(2):86
- Jastrzębowski, S., Ukalska, J., Kantorowicz, W., Klisz, M., Wojda, T. and Sułkowska, M. 2017. Effects of thermal-time artificial scarification on the germination dynamics of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) seeds. *Eur. J. Forest Res.*136:471-479.
- Karaguzel, O., Baktir, I., Cakmakci, S., Ortacesme, V., Aydinoglu, B. and Atik, M., 2002. Effects of scarification methods, temperature and sowing date on some germination characteristics of *Lupinusvarius* L. 2. National Congress on Ornamental Plants, October 22-24, Citrus and Greenhouse Research Institute, Antalya, Turkey 1:40-47.
- Karaguzel, O., Cakmakci, S., Ortacesme, V. and Aydinoglu, B. 2004. Influence of seed coat treatment on germination and early seedling growth of *Lupinusvarius*L. *Pakistan Journal of Botany* 36:65-74.
- Kayacık, H. 1982. Ormanve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği Angiospermae (Kapalı tohumlular) III. Cilt. I.Ü. Orman Fakültesi Yayınlarından Yayın No. 821
- Khadduri, N. Y., Harrington, J. T., Rosner, L. S. and Dreesen, D. R. 2002. Percussion as an Alternative Scarification for New Mexico Locust and Black Locust Seeds. SO. National nursery proceedings-1999, 2000 and 2001. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Proceedings RMRS-P-24.370 p.
- Kheloufi, A., Mansouri, L.M., Aziz, N., Sahnoune, M., Boukemiche, S. and Ababsa, B. 2018. Breaking seed coat dormancy of six tree species. *Reforesta* 5: 4-14
- Keresztesi, B. 1980. The black locust. *Unasylya* 32: 23-33.

- Mirzaei, M., Moghadam, A.R.L. and Ardebili, Z.O. 2013. The induction of seed germination using sulfuric acid, gibberellic acid and hot water in *Robiniapseudoacacia* L. *Int Res J Appl Basic Sci*4(1):96–98.
- Mohamed-Yasseen, Y., Barringer, S., Splittstoesser, W. and Costanza, S. 1994. The role of seed coats in seed viability. *Bot. Rev.*, 60:426–439.
- Rout, S., Beura, S., Khare, N., Patra, S.S. and Nayak, S. 2017. Effect of seed pre-treatment with different concentrations of gibberellic acid (GA₃) on seed germination and seedling growth of *Cassia fistula* L. *J Med Plants Stud* 5(6): 135-138.
- Shen-Miller, J., Mudgett, M.B., Schopf, J.W., Clarke, S. and Berger, R. 1995. Exceptional seed longevity and robust growth: ancient Sacred Lotus from China. *Am. J. Bot.*, 82:1367–1380.
- Singh, D.P., Hooda, M.S. and Bonner, F.T. 1991. An evaluation of scarification methods for seeds of two leguminous trees. *New Forest* 5 (2): 139-145.
- Torbert, J.L., Burger, J.A. and Probert, T. 1995. Evaluation of techniques to improve white pine establishment on an Appalachian mine soil. *Journal of Environmental Quality*, 24: 869-873.
- Turna, İ. ve Turna, H. 2000. Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Orjinlerinde Fidan Kalite Sınıflarının Belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 1(1):18-26. ISSN: 2146-1880
- Waldron, J.D., Lafon, C.W., Coulson, R.N., Cairns, D.M., Tchakerian, M.D., Birt, A. and Klepzig, K.D. 2007. Simulating the impacts of southern pine beetle and fire on the dynamics of xerophytic pine landscapes in the southern Appalachians. *Appl. Veg. Sci.* 10:53–64.
- Willis, C.G., Baskin, C.C., Baskin, J.M., Auld, J.R., Lawrence Venable, D., Cavender-Bares, J., Donohue, K., Rubio de Casas, R. 2014. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. *New Phytol.* 203:300–309.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M. and Kaya, N. 2016. Determination of the Effect of Drought Stress on the Seed Germination in Some Plant Species. *Water Stress in Plants*. Chapter 3: InTech Open, pp. 43-62.
- Youssef, S., Lahcen, O. and Abdelaziz, A. 2012. Breaking seed dormancy in *Cupressus atlantica* Gaussen, an endemic and threatened coniferous tree in Morocco. *Journal of Forestry Research*, 23(3), 385–390.
- Zelevnik, J.D. and Skousen, J.G. 1996. Land reclamation: survival of three tree species on old reclaimed surface mines in Ohio. *Journal of Environmental Quality*, 25:1429-1435.