



Doğu Kayını Meşcerelerinde Aralamanın Yaprak Alan İndeksine Etkisi

Ali Kemal ÖZBAYRAM

Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 81600, DÜZCE

Öz

Aralama, ormanların işletilmesinde kullanılan en önemli silvikültürel müdahalelerden biridir. Aralamalardaki genel amaç meşcere sıklığı ve kapalılığını kalıcı şekilde kırmadan kaliteli ve kalın çaplı gövdeye sahip bireylerin üretilmesidir. Meşcere kapalılığı ve sıklığı üzerinde etkili olan aralamalar meşcerenin yaprak alan indeksi (YAI)'nde etkileyebilmektedir. YAI meşcere sağlığı, verimlilik, intersepsiyon, transpirasyon, solunum ve net üretim gibi birçok orman ekosistem sürecinin anlaşılmasında anahtar rol oynamaktadır. Bu çalışmanın amacı Düzce yöresindeki iki ayrı saf doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde uygulanan üç farklı aralama şiddetinin YAI'ne etkisini araştırmaktır. Aralama öncesi meşceredeki birey sayısı 1371-3072 adet ha⁻¹, ortalama göğüs çapı 10-14 cm ve göğüs yüzeyi (GY) 25.2-29.6 m² ha⁻¹'dir. Aralama ile GY'nin %0'ı (kontrol), %27'si (mutedil) ve %40'ı (kuvvetli) meşcereden çıkartılmıştır. Aralama öncesinde ve aralama sonrası denemelerin her parselinde beş farklı noktada yerden ağaçların tepesine doğru yarı küresel dijital fotoğraflar çekildi. Dijital fotoğraflar HemiView V2.1 (Delta-T Device, İngiltere) paket programında analiz edilerek YAI değerleri elde edildi. Aralama öncesi YAI 3.37-5.14 m² m⁻² arasında değişmektedir. Kuvvetli işlemde aralamayla önemli ölçüde azalan YAI, aralamadan 3-4 yıl sonra başlangıç değerine ulaştı. Sonuç olarak, aralama şiddetine göre azalan YAI, yağışa da bağlı olarak, kısa süre içerisinde eski değerine ulaşabilmektedir. Bu sonuç, kalan ağaçların daha fazla tepe tacı yayması ve yaprak üretmesiyle açıklanabilir.

Anahtar Kelimeler: Aralama, doğu kayını, *Fagus orientalis* Lipsky, yaprak alan indeksi, yarı küresel fotoğraflar.

The influence of thinning on the leaf area index of pure oriental beech stands

Abstract

Thinning is one of the most important silvicultural interventions used in forestry operations. The general purpose of thinning is to produce high-quality individuals with thick trunks without permanently disrupting the density and closure of the stands. Thinning that influences the frequency pattern of the trees and stand density can therefore affect the leaf area index (LAI) of the stand. The LAI plays a key role in the understanding of the ecosystem processes of many forests, e.g., in the areas of health, productivity, interception, transpiration, respiration and net production. The aim of this study is to investigate the effects of different thinning intensities on the LAI in two pure oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Düzce. Before the thinning, the number of trees in the stands was 1371–3072 ha⁻¹, the average diameter at breast height was 10–14 cm and the basal area was 25.2–29.6 m² ha⁻¹. With the thinning, 0% (control), 27% (moderate) and 40% (heavy) of the basal area were removed. Hemispherical digital photographs were taken at five different locations in each parcel before and after the thinning. In order to obtain the LAI values, the digital images were analyzed via the HemiView V2.1 (Delta-T Device, UK) package program. It was determined that the pre-thinning LAI had changed by between 3.37 and 5.14 m² m⁻². The LAI, having declined considerably with the heavy thinning intensity, attained its initial value uninterrupted 3-4 years later. As a result, according to the intensity of the thinning, the beech stands were able to regain their initial LAI values in a short period of time, depending on the precipitation. This result can be explained by the fact that the remaining tree crowns expanded and produced more leaves.

Keywords: *Fagus orientalis* Lipsky, Leaf area index, oriental beech, thinning, hemispherical digital photographs.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Ali Kemal ÖZBAYRAM (Dr.); Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 81600, Düzce-Türkiye. Tel: +90 (380) 542 1137, Fax: +90 (380) 542 1136, E-mail: alikemalozbayram@duzce.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5922-1751

Geliş (Received) : 27.06.2018
Kabul (Accepted) : 11.09.2018
Basım (Published) : 15.12.2018

1. Giriş

Meşcere yetiştirmede en önemli bakım tedbirlerinden biri aralama olup, ağaç türüne ve yetişme ortamı özelliklerine göre zamanında ve düzenli olarak yapılacak bakımlar kaliteli ve kalın çaplı odun ürünü üretimi için kullanılabilir en önemli silvikültürel araçtır (Çiçek vd., 2007; Çiçek vd., 2013). Nitekim Saatçioğlu (1971) en önemli bakım tedbirinin aralama olduğunu ifade etmektedir. Spiecker (2000) aşırı gövde sıklığı ve gövde ayrılmasından kaynaklanan artım kayıplarını en aza indirmek ve ormanların canlılığını ve çeşitliliği korumak için aralama müdahalelerinin zorunlu olduğunu bildirmektedir. Diğer yandan; yetişme ortamı, ağaç türü ve meşcere kuruluş özelliklerine bağlı olarak, farklı şiddetlerde uygulanacak aralamalar, meşcere kuruluşu ve gelişimi yanında ağaçların biçimi ve gelişimi ile meşcere sağlığı, toprak özellikleri ve meşcerenin gelecekteki gençleştirme koşulları üzerine büyük ölçüde etkili olduğu ifade edilmektedir (Odabaşı vd., 2004).

Aralama meşcere sıklığını/sıkışıklığını ve ona bağlı olarak rekabeti (ışık, su ve besin maddesi) düşürmek için yapılır. Bazı bireylerin sahadan uzaklaştırılması sonucunda kalan bireylerin rekabet gücünü artırmış olur. Yüksek meşcere sıklıklarında birçok ağacın yaşama gücü azalır ve ara ve alt tabakaya iner, zamanla öterek meşcereden ayrılır. Aralama bu ağaçları ölmeden değerlendirir ve toplam meşcere üretimini artırır. Aralamalar sayesinde meşceredeki ağaç sayısının azaltılmasıyla birlikte kalan ağaçlar tepe ve kök gelişimi için daha fazla alan bulurlar, çap artımı hızlanır ve ağaçlar kullanılabilir bir büyüklüğe/çapa daha kısa sürede ulaşır (Nyland, 1996; Savill vd., 1997; Smith vd., 1997). Bir ağaç, etrafındaki rekabetçilerin uzaklaştırılmasıyla serbest bırakılırsa, büyümedeki herhangi bir ani artış/hızlanma öncelikle kökler tarafından sağlanan ilave su ve besin maddelerinden kaynaklanır. Tepenin genişlemesi ve yaprak miktarının artmasına bağlı olarak ortaya çıkacak büyüme artışı ise zamana bağlıdır (Smith vd., 1997).

Meşcere kapalılığının yaprak içeriği, yaprak alan indeksi (YAI, $m^2 m^{-2}$) ile sayısal hale getirilmektedir (Cutini vd., 1998). Meşcere yapısı genellikle ağaçtaki yaprakların yatay ve dikey dizilişleriyle resmedilmektedir. Farklı aralama şekilleri farklı tepe yapısı ve pozisyondaki (sosyal konum) bireylerin çıkarılmasına neden olduğu için (Smith vd., 1997), meşcere yapısının (strüktürünün) değerlendirilmesi silvikültür açısından önemlidir. Çünkü farklı tepe pozisyonlarındaki yapraklar meşcere içerisine giren ve yansıtılan ışığı etkileyebilmektedir. Büyüme, gövde üzerindeki yaprakların yayılımından ve bu gövdelerin dağılımından ortaya çıkan boşluktan etkilenmektedir (Assmann, 1970; O'Hara, 1989; DeRose, 2004).

YAI değerinin genel olarak 0.01 ile 47.0 $m^2 m^{-2}$ arasında değiştiği (Asner vd., 2003), kurak mıntikalarda 1.0 $m^2 m^{-2}$ 'nin altına inerken, bazı ormanlarda ise 20.0 $m^2 m^{-2}$ 'nin üzerine çıkabildiği belirtilmektedir (Kozłowski vd., 1991). Ülkemizde yapılan YAI çalışmalarına bakılırsa; doğu kayını meşcerelerinde 2.44-4.86 $m^2 m^{-2}$ (Kara vd., 2011), Kızılcım meşceresinde 0.77-2.56 $m^2 m^{-2}$, karaçam meşceresinde 0.78-4.66 $m^2 m^{-2}$ arasında değiştiği belirtilmektedir (Özbayram vd., 2015).

Aralama, orman ekosistemi içerisinde çoğu süreçlerin (ışık, intersepsiyon, toplam üretim, transpirasyon, solunum vb. gibi) anlaşılmasında anahtar rol oynayan YAI'yi önemli şekilde etkileyebilmektedir (Bréda vd., 1995; Cutini, 1996; Davi vd., 2008). Aralamalarla bazı ağaçların meşcereden uzaklaştırılması meşcerenin fotosentez yüzey alanının ciddi anlamda düşürülmesi olarak görülebilir. Fakat bu yolla yaprak veya fotosentez alanı çabucak geri kazanılabilir (Örn; Misson vd., 2005; Rytter ve Werner, 2007; Çiçek vd., 2010). Çiçek vd. (2010) dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia*) plantasyonlarında yaptıkları çalışmada YAI değerinin yaklaşık 3.0 $m^2 m^{-2}$ civarında olduğunu, aralama ile azalan YAI değerinin iki yıl sonra aralama öncesi değere ulaştığını belirttiktedirler. Diğer bir çalışmada ise aralama yapılmış ve yapılmamış üç farklı türün (*Quercus cerris*, *Castanea sativa* ve *Fagus sylvatica*) YAI değerinin 1.8-5.8 $m^2 m^{-2}$ arasında değiştiği ve aralamanın tüm türlerde YAI değerini düşürdüğünü ifade etmişlerdir (Cutini vd., 1998). Misson vd. (2005) Kuzey Amerika'daki *Pinus ponderosa* meşceresinde aralama ile YAI değerinin % 34 azalma gösterdiğini ancak, aralanan meşcerenin YAI'inin kontrole göre hızlı bir şekilde artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Aralanan meşcerelerde ağaçların kısa süreli çap artımları birim alandaki yaprak alanının artmasıyla açıklanabilmektedir (Brix, 1983; Pothier ve Margolis, 1991). Birçok çalışmada YAI ile verimlilik (Vose ve Allen, 1988) ve net üretim (Gholz, 1982) arasında ilişkiler olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle orman ekosistemlerinde aralama şiddetine bağlı olarak YAI değişiminin ve aralama sonrası YAI ile büyüme ilişkisinin incelenmesi önemlidir.

Türkiye'de yapraklı türler içerisinde doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) 1.6 mil. hektar yayılış alanı ve servet miktarı ile ilk sırada yer almaktadır. Doğü kayınının yayılış alanının yaklaşık yarısı (~800 bin ha.) Batı Karadeniz bölgesinde yer almaktadır. Türkiye'de doğü kayınında aralamayı konu alan bilimsel düzeyde, yeterli olmasa da, birkaç çalışma bulunmaktadır (Umut vd., 2000; Tüfekçioğlu vd., 2005; Özbayram, 2014; Güner vd., 2017).

Ancak doğu kayınında aralama ile meşçere YAI değişimine ilişkin çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı doğu kayınında aralama şiddetinin YAI değerine etkisini ve müdahale şiddetine göre müdahaleyi izleyen yıllarda YAI değişimini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

Deneme Sahasının Tanıtımı

Bu çalışma iki farklı saf doğu kayını meşçeresinde kurulan denemelerde gerçekleştirilmiştir. Sazköy denemesi; Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Darıyeri Orman İşletme Şefliğinin 100 No.lu bölmesinde kuruldu (40° 45.54' K, 31° 17.02' D, 620 m). Saha kuzey bakiya sahip olup, yaklaşık % 18 eğimlidir. Amenajman planı verilerine göre 2. bonitette yer alan sahanın aralama öncesi ortalama yaşı 43'dür. Denemede doğu kayını ile karışıma münferit olarak ve yaklaşık % 1 oranında meşe türleri (*Quercus* sp.), gürgen (*Carpinus betulus*) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*) girmektedir. Meşçere altında yoğun olarak mor çiçekli orman gülü (*Rhododendron ponticum*) ve münferit olarak çobanpüskülü (*İlex colcica*) yer almaktadır. Denemede mutlak toprak derinliği 120 cm'den fazla olup, fizyolojik derinlik ise 100 cm'yi geçmemektedir. Toprak türü hafif kilden ağır kile kadar değişmekte olup, toprak çok az taşlıdır. Toprak reaksiyonu 5.2-7.3 arasında değişmektedir. Sahaya 2009-2013 yılları arasında düşen yıllık toplam yağış miktarı 975 mm, ortalama sıcaklık 12.4 °C'dir. Vejetasyon dönemi Nisan-Ekim ayları arasında gerçekleşmekte, bu dönemde ortalama 531 mm yağış düşmektedir (Özbayram, 2014).

Düverdüzü denemesi ise Düzce Orman İşletme Müdürlüğü, Konuralp Orman İşletme Şefliğinin 72 numaralı bölmesinde kurulmuştur (40° 55.73' K, 31° 05.56' D, 495 m). Batı bakıda yer alan sahanın ortalama eğimi %18 civarındadır. Amenajman planı verilerine göre 3. bonitetteki meşçerenin aralama öncesi yaşı 33 civarındadır. Meşçerede karışıma münferit olarak % 5 meşe türleri (*Quercus* sp.), % 1'in altında olmak üzere Avrupa gürgeni (*Carpinus betulus*) ve Anadolu kestanesi (*Castanea sativa*) girmektedir. Meşçere altında diri örtü yok denecek kadar az olmakla birlikte, yer yer kümeler halinde mor çiçekli orman gülü (*Rhododendron ponticum*) bulunmaktadır. Toprağın mutlak ve fizyolojik toprak derinliği 120 cm'den fazladır. Toprağın türü hafif killi olup, taşsızdır. Toprak reaksiyonu 5.4-5.6 arasında değişkenlik göstermektedir. Sahaya 2009-2013 yılları arası düşen yıllık toplam yağışı 929 mm, ortalama sıcaklık 13.2 °C'dir. Sahada vejetasyon dönemi Nisan-Ekim ayları arasında gerçekleşmekte, bu dönemde 498 mm yağış görülmektedir. Araştırma süresi içerisinde (2009-2013) ortalama meteorolojik verilerine göre Thornthwaite iklim diyagramında Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında su noksanı görülmektedir (Özbayram, 2014).

Metot

İki sahada da denemeler rastlantı bloklarına göre üç tekrarlı olarak kuruldu. Parsel büyüklüğü 0.16 ha (40x40 m) alındı ve işlemler tüm parselde uygulandı. Ancak, parsel kenarlarındaki 7,5 m'lik şeritler izolasyon şeridi kabul edildi. Böylece her parselin ortasında kalan 0.0625 ha alan (25x25 m) ölçüm amacıyla kullanıldı. Blokların ve parsellerin araziye aplikasyonundan sonra her parseldeki ağaçlar numaralandırıldı ve göğüs yükseklikleri (1.30 m) işaretlendi. Aralama uygulanacak parsellerde yapılacak işlemlere göre çıkarılacak ağaçlar işaretlendi. Müdahale şiddetinin belirlenmesinde göğüs yüzeyi (GY) esas alındı. Deneme sahalarındaki kontrol parsellerinde müdahale uygulanmazken, mutedil parselinde GY'nin % 27'si, kuvvetli aralanan parselde ise GY'nin % 40'ı yüksek aralama ile meşçereden çıkartıldı (Özbayram, 2014).

YAI aralama öncesi ve aralama sonrasında her yıl, yaprak alanının maksimum olduğu dönemde (Temmuz-Eylül) ölçüldü. Aralama öncesi her parselde 5 farklı noktada YAI ölçümü için kazıklar çakıldı. Kazıkların biri parselin merkezinde, diğerleri merkezin 5'er m kuzeyinde, doğusunda, güneyinde ve batısında yer alacak şekilde tesis edilmiştir. Her yıl kazıkların bulunduğu ölçüm noktalarında beş farklı pozlama telafisinde (+0.7,+0.3, 0, -0.3, -0.7) yerden ağaçların tepesine doğru yarı küresel dijital fotoğraflar çekildi. Çekimlerde 183° görüş alanına sahip yarı küresel (balıkgözü) lens takılı fotoğraf makinesi (Nikon Coolpix 8400, Japonya) kullanıldı. Kamera ve lens üç ayak (tripod) üzerine kendinden terazili montaj düzeneği ile yerleştirildi.

Fotoğraflar her zaman lensin en üst kısmı yerden 1.5 m yüksekte ve manyetik kuzeye yönlendirilmiş şekilde çekildi. Fotoğraf çekimleri yaprak ve boşluklar arasındaki belirginliğin yüksek olduğu ve direkt güneş ışığının objekteye vurmadığı zamanlarda (kapalı günlerde, sabah veya akşam saatlerinde) yapıldı. Bir deneme sahasında toplamda 225 fotoğraf (9 parsel x 25 fotoğraf parsel⁻¹) olmak üzere Sazköy ve Düverdüzü deneme sahaslarının toplamında 450 dijital fotoğraf her yıl için çekildi. Parseldeki her ölçüm noktasında elde edilen beş farklı fotoğraftan, yaprak-gökyüzü arasındaki farklılığın en belirgin olanı seçildi. Böylelikle her yıl için analiz amacıyla 50 yarı-küresel fotoğraf seçildi. Seçilen dijital fotoğraflar HemiView V2.1 (Delta-T Device, İngiltere) paket

programında analiz edilerek YAİ değerleri elde edildi.

İstatistiki Analiz

Aralama öncesi ve aralamadan sonraki yıllarda işlemler arasında YAİ değeri bakımından fark olup olmadığı deneme desenine uygun varyans analizleri (ANOVA) ile test edildi. YAİ değerlerinin yıllar arasındaki farklılığını belirlemek için “tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi” (repeated measure ANOVA) uygulandı. Analizde Çoklu Değişken Testler içerisinde “Sphericity Assumed” testine göre yıllar arasında YAİ farkına bakıldı. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testi (Fisher’s Least Significant Difference test) kullanıldı. Diğer taraftan, işlemler bazında yılların ikili karşılaştırılmasında eşleştirilmiş t-testi (Paired samples t-test) kullanıldı. İstatistik analizler IBM-SPSS Ver.21 istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Aralama Öncesi YAİ Değerleri

Sazköy ve Düverdüzü denemelerinde, aralama öncesi YAİ $3.37 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile $5.14 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ arasında değişkenlik göstermiştir. YAİ değeri ortalama olarak Sazköy denemesinde $4.05 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ iken, Düverdüzü denemesinde ise $3.74 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ olarak bulundu (Tablo 1). Ulaşılan bu değerler literatürdeki optik metotlar ile elde edilmiş YAİ değerleri ile örtüşmektedir. Küresel ölçekte YAİ değerinin 0.01 ile $47.0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ arasında değiştiği (Asner vd., 2003), kurak mıntikalarda $1.0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'nin altına düşebildiği ve bazı ibrelili ormanlarda ise $20.0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'nin üzerine çıktığı (Kozłowski vd., 1991) belirtilmektedir. YAİ değerinin Bartın yöresi doğu kayını meşcerelerinde yapılan bir çalışmada 2.44 - $4.86 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ arasında olduğu (Kara vd., 2011), Almanya’da Avrupa kayını meşcerelerinde $5.10 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ölçüldüğü (Holst vd., 2004), İtalya’da aralanmamış Avrupa kayını meşcerelerinde ise 4.04 - $5.80 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ arasında değiştiği bildirilmektedir (Cutini vd., 1998). Bartın yöresinde yapılan çalışmada elde edilen YAİ değerinin bu çalışmada belirlenenen düşük olması, söz konusu çalışmadaki meşcerelerin ağaç sayısı (337 adet ha^{-1}) ve GY’nin ($21.78 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) daha düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Tablo 1. Aralama öncesi YAİ değerlerinin karşılaştırılması.

Deneme Sahası	İşlem	Ortalama YAİ ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$)	Standart Sapma ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$)	Minimum ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$)	Maksimum ($\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$)
Sazköy (2009)	Kontrol	4.03 ab*	0.50	3.53	4.53
	Mutedil	3.59 a	0.30	3.37	3.94
	Kuvvetli	4.51 b	0.63	3.89	5.14
	Ortalama	4.05	0.59	3.37	5.14
Düverdüzü (2010)	Kontrol	3.60 a	0.18	3.41	3.78
	Mutedil	3.73 b	0.21	3.52	3.94
	Kuvvetli	3.89 c	0.19	3.71	4.08
	Ortalama	3.74	0.21	3.41	4.08
Genel	Kontrol	3.81 ab	0.41	3.41	4.53
	Mutedil	3.66 a	0.25	3.37	3.94
	Kuvvetli	4.20 b	0.54	3.71	5.14
	Ortalama	3.89	0.46	3.37	5.14

* Her deneme içinde sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar farksızdır.

Sazköy ve Düverdüzü denemelerinde aralama öncesi YAİ değerlerinin işlemlere göre değişimine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre; aralama öncesi YAİ değerleri açısından işlemler arasında fark vardır ($P < 0,05$; Tablo 1). Aralama öncesi işlemler arasındaki bu farklılıklar YAİ değerinin çok değişken olduğunu gösterebilir. Çünkü denemelerde işlem parselleri aralama öncesi benzer ağaç sayısı ve GY değerlerine sahip olmasına karşın (Düverdüzü hariç, Tablo 1) YAİ bakımından önemli farklılıklar söz konusudur. Nitekim Soudani vd. (2002) YAİ değerinin aynı ağaç türünün farklı meşcerelerinde değişebildiğini belirtmektedir.

Aralamanın YAİ'ye Etkisi

Aralanan meşcerelerde, aralamanın şiddetine bağlı olarak YAİ değerinde azalma olduğu görülmüştür ($P < 0,05$). Sazköy denemesinde YAİ değeri aralama öncesi yıla kıyasla mutedil işleminde % 29 oranında azalırken, kuvvetli işleminde % 48 azaldığı tespit edildi. Düverdüzü denemesinde ise aralama ile YAİ değerinde mutedil işleminde % 21, kuvvetli işleminde % 31 azalma oldu. Ancak her iki denemede de mutedil işlemlerdeki aralama öncesine göre

azalış istatistiki olarak anlamlı değildir. Bununla birlikte, istatistiki olarak anlamlı olmamakla birlikte, Sazköy denemesi kontrol işleminde YAI azalırken (% 24), Düverdüzü denemesi kontrol işleminde YAI (% 15) artış göstermiştir. Her iki denemenin ortalamasına göre kıyaslandığında, aralama sonrası YAI değerleri mutedil ve kuvvetli işlemlerde birbirine benzer ve kontrolden daha düşüktür ($P < 0,05$; Tablo 2).

Tablo 2. Aralama sonrası YAI değerlerinin karşılaştırılması.

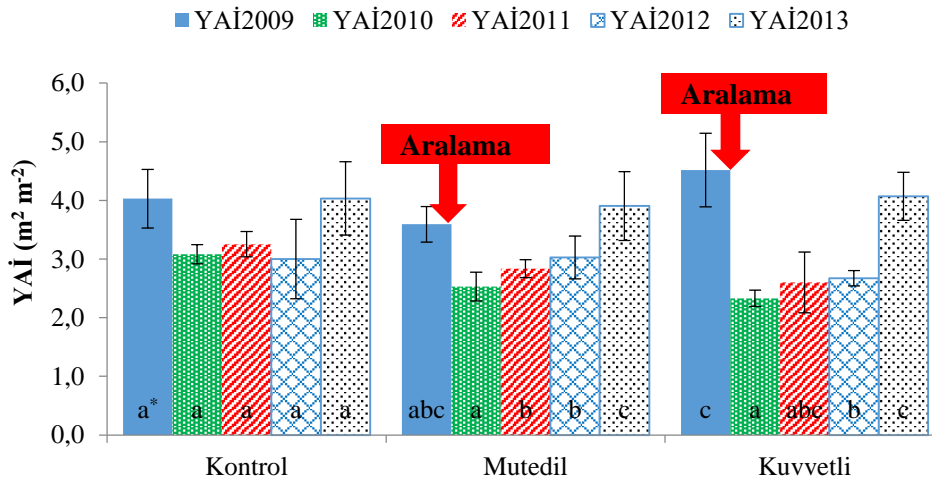
Deneme Sahası	İşlem	Ortalama YAI ($m^2 m^{-2}$)	Standart Sapma ($m^2 m^{-2}$)	Minimum ($m^2 m^{-2}$)	Maksimum ($m^2 m^{-2}$)
Sazköy (2009)	Kontrol	3.08 b ¹	0.16	2.90	3.21
	Mutedil	2.53 a	0.25	2.37	2.81
	Kuvvetli	2.33 a	0.14	2.21	2.48
	Ortalama	2.65	0.38	2.21	3.21
Düverdüzü (2010)	Kontrol	4.15 c	0.36	3.80	4.51
	Mutedil	2.95 b	0.19	2.76	3.14
	Kuvvetli	2.69 a	0.21	2.48	2.90
	Ortalama	3.26	0.71	2.48	4.51
Genel	Kontrol	3.62 b	0.64	2.90	4.51
	Mutedil	2.74 a	0.30	2.37	3.14
	Kuvvetli	2.51 a	0.25	2.21	2.90
	Ortalama	2.96	0.64	2.21	4.51

* Her deneme içinde sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar farksızdır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, aralamalar ile YAI mutedil işleminde % 25 oranında kuvvetli işleminde ise % 39 oranında azalmıştır. Benzer sonuçlar diğer bazı çalışmalarda da (Cutini vd., 1998; Misson vd., 2005; Davi vd., 2008) bulunmuştur. YAI değerinde meydana gelen bu azalmanın, aralamalar sonucunda meşcere ağaç sayısı ve GY'deki azalmadan kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim Avrupa kayınında YAI ile ağaç sayısı ve GY arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur (Le Dantec vd., 2000; Davi vd., 2008). Le Dantec vd. (2000) Avrupa kayını için hektarda 1000 ağaç'a kadar; ağaç sayısı arttıkça YAI değerinin arttığını, daha sonra ise sabit seyrettiğini bildirmektedir. Ancak Bréda ve diğ. (1995) aralama sonrası yıllarda meşcere sıklığı ile YAI ilişkisinin değişebilir olduğunu bildirmektedir.

Aralamadan Sonrası YAI'nin Zamansal Değişimi

Sazköy denemesi kontrol işleminde YAI'nin yıllara göre değişimi istatistiki olarak önemli bulunmazken ($P > 0,05$), mutedil ve şiddetli işlemlerde ise önemli bulunmuştur ($P < 0,05$; Şekil 1). Sazköy denemesi kontrol işleminde 2009 yılına ($4,03 m^2 m^{-2}$) nazaran 2010, 2011, 2012 yıllarında (ortalama $3,11 m^2 m^{-2}$) YAI değerinde azalma olsa da, bu istatistiki olarak anlamlı bulunmadı ($P > 0,05$).



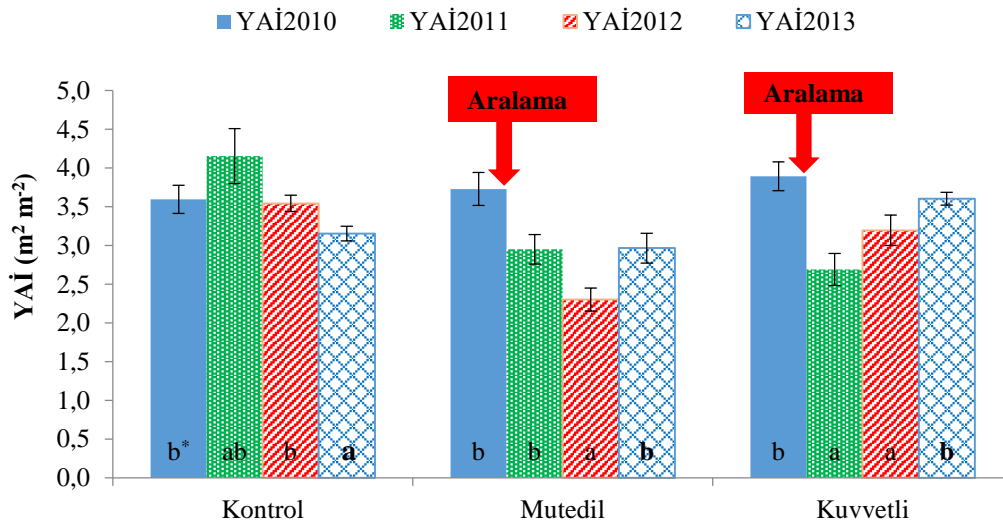
Hata çubukları standart sapmayı göstermektedir.

*Her işlem içerisinde aynı harfle gösterilen sütunlar istatistiki olarak benzerdir ($p > 0,05$)

Şekil 1. Sazköy denemesinde YAI'nin işlemlere ve yıllara göre değişimi.

YAI'nin 2013 yılındaki değeri ($4.05 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) ise 2009 yılındaki değerine oldukça yakındır. Sazköy denemesi mutedil işlemlerde aralama sonrası düşüş gösteren YAI değeri giderek artış gösterdi ve 2013 yılında aralama öncesine ulaştı. Ancak, bu düşüş ve yükselişler aralama öncesi YAI değeri ile önemli farklılık göstermemektedir. Kuvvetli işlemlerde ise aralamayla birlikte aralama sonrası yılda yaklaşık yarı yarıya azalan YAI, sonraki 3 yılda artarak 2013 yılında aralama öncesi YAI değerine ulaşmıştır (Şekil 1).

Düverdüzü denemesinde ise YAI değerleri tüm işlemlerde yıllara göre anlamlı şekilde farklılık göstermiştir ($P<0.05$; Şekil 2). Düverdüzü denemesi kontrol işleminde YAI değeri aralama sonrası ilk iki yıl (2011 ve 2012 yılları) aralama öncesiyle benzer değeri izlerken, 2013 yılında ilk üç yıldan daha düşük bir değer göstermiştir ($P<0.05$). Düverdüzü denemesi mutedil işlemlerde, aralamayı izleyen yılda (2011) düşüş olmakla birlikte, bu düşüş aralama öncesine göre farksızdır. Ancak, 2012 yılı YAI değeri ilk iki yıldan düşük gerçekleşti. YAI değeri 2013 yılında aralama öncesi değere ulaştı. İstatistik fark olmamakla birlikte, aralamayı izleyen yıllarda aralama öncesi YAI değerine ulaşamadığı dikkat çekmektedir. Düverdüzü denemesi kuvvetli işlemlerde ise aralamadan sonra (2011 yılı) önemli oranda düşen YAI değeri izleyen yıllarında artış göstererek 2013 yılında aralama öncesi değerine ulaşmıştır ($P<0.05$; Şekil 2).



Hata çubukları standart sapmayı göstermektedir.

*Her işlem içerisinde aynı harfle gösterilen sütunlar istatistik olarak benzerdir ($p>0.05$)

Şekil 2. Düverdüzü denemesinde YAI'nin işlemlere ve yıllara göre değişimi.

Her iki denemede mutedil işlemlerdeki YAI aralamasının etkisiyle istatistik olarak değişmemiştir. Ancak kuvvetli aralanan meşcereler aralamasının etkisiyle YAI değerinde azalma olmuştur. Kuvvetli işlemlerdeki YAI Düverdüzü denemesinde 3 yıl sonra, Sazköy denemesinde ise 4 yıl sonra aralama öncesi YAI değerlerine ulaşmıştır. Denemelerdeki bu farkın nedeni; aralamayla YAI değerinin Düverdüzü'ne (% 31 azalma) göre Sazköy'de (% 48 azalma) daha fazla azalması olabilir. Genel bir ifadeyle, her iki deneme sahasında müdahale edilen meşcerelerde aralamayla azalan YAI değeri, takip eden yıllar içinde hızlı şekilde artarak 2013 yılında başlangıçtaki YAI değerini yakalamıştır. Bu, aralanan meşcerelerdeki bireylerin kontrole göre daha iyi tepe geliştirmesiyle (veya yapraklanmasıyla) açıklanabilir. Nitekim Misson vd. (2005) aralamayla YAI değerinin düştüğünü, ancak aralama sonrası YAI hızlı şekilde arttığını bildirmiştir. Rytter ve Werner (2007) dokuz farklı yapraklı türde yaptığı çalışmada aralanan meşcerelerde tepe genişlemesinin daha hızlı olduğunu belirtmiştir. Buna benzer olarak, Dar yapraklı dişbudakta aralamadan sonraki ilk yılda işlemler arasında YAI değerleri farklı iken, aralamadan 2 yıl sonra tüm işlemler arasındaki fark kapanmıştır (Çiçek vd., 2010). Aussenac ve Granier (1988), aralamadan sonraki ilk 3 yılda yaprak kütlelerinde hızlı şekilde iyileşme olduğunu bildirmektedir.

Sazköy denemesi kontrol işleminde YAI değeri yıllar boyunca değişmezken Düverdüzü denemesinde YAI değeri değişkenlik gösterdi. Özellikle 2013 yılında kontrol işlemindeki YAI değeri bir önceki yıla göre Sazköy'de artarken, Düverdüzü'nde azaldı. Bunun nedeni 2013 yılının kurak geçmesi yanında Düverdüzü denemesinin Sazköy'e göre güneşli bakıda yer almasından ve daha fazla su açığı görülmesinden kaynaklanıyor olabilir. Çünkü YAI iklim değişimine karşı duyarlı olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Gholz, 1982; Maass vd., 1995; Frazer vd., 2000). Maass vd. (1995) en yüksek YAI değerini nemli dönemde, en düşük YAI değerini ise kurak dönemde ölçüldüğünü belirtmişlerdir. Düverdüzü denemesindeki kontrol işleminde 2013 yılındaki azalış, mutedil ve

kuvvetli işlemlerinde yoktur. Aksine aralanan işlemlerde aynı yılda YAI değerinde artış söz konusudur. Bu kuraklıktan aralanan meşcerelerin kontrole göre daha az etkilendiğini gösterebilir. Çünkü topraktaki su aralanan meşcerelerde daha az birey tarafından kullanıldığından, kalan bireyler daha uzun süre zarfında (özellikle kurak yaz döneminde) bu kaynaktan yararlanılabilmektedir. Birçok çalışma da yıllık aynı yağışı almasına rağmen, aralanan meşcerelerdeki nispi yararlanabilir su miktarı kontrolden daha yüksek olduğu ve böylece kontrol sahasında aralanan meşcereden daha erken topraktaki su kıtlığıyla karşılaşabildiğini belirtilmektedir (Aussenac ve Granier, 1988; Stogsdili vd., 1992; Bréda vd., 1995). Çünkü YAI dinamik bir parametredir ve günden güne (genellikle mevsimsel olarak), yıldan yıla değişebilmektedir (Welles, 1990).

4. Sonuç ve Öneriler

Aralama öncesi belirlenen YAI değerleri 3.37 ile 5.14 m² m⁻² arasında değişmektedir. Aralama şiddetine bağlı olarak, aralamayı izleyen ilk yıl aralama öncesine kıyasla YAI değerinde kuvvetli işlem parsellerinde % 39 ve mutedil işlem parsellerinde % 25 kadar düşüş gerçekleşmiştir. YAI değerlerinde meydana gelen bu azalmalar uygulanan aralama şiddetleriyle birebir paralellik göstermektedir. Nitekim tüm sahaların ortalamasına göre mutedil işlemde % 26 ve kuvvetli işlemde % 38 oranında müdahale yapıldığı görülmektedir. Aralamayla birlikte YAI'de meydana gelen bu azalmalar, Düverdüzü denemesinde müdahaleden 3 yıl sonra, Sazköy denemesinde ise 4 yıl sonra kapanmıştır. Sonuç olarak, saf doğu kayını meşceresinde % 40 varan oranda uygulanan aralamalar ile azalan YAI, yağışa da bağlı olarak, 3-4 yıl gibi kısa süre içerisinde başlangıç değerine ulaşabilmektedir. Bu aralama sonrası kalan kayın ağaçlarının daha fazla tepe yayması ve yaprak üretmesiyle açıklanabilir.

Bu çalışmada ölçülen YAI değerleri farklı yetiştirme ortamlardaki doğu kayını meşcerelerinde farklılıklar gösterebilir. Bu bağlamda farklı kayın meşcerelerinde elde edilecek YAI değerleri ile bu değerler kıyaslanabilir. Diğer taraftan, yarı-küresel fotoğraflar ile elde edilen YAI değeri, uydu görüntüsü (Günlü vd., 2017) ve yapay sınır ağı (Ercanlı vd., 2018) gibi farklı metotlarla elde edilecek YAI değerleri ile karşılaştırılabilir. Böylece doğu kayını meşcerelerinin YAI değerleri ve aralamalar ile değişimi konusunda daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabilir. Ayrıca, sonraki çalışmalarda aralamayla değişen YAI'ine bağlı olarak meşcerenin bazı dinamiklerinde (toprak özellikleri, ayrışma, diri ve ölü örtü gelişimi vs.) meydana gelebilecek değişikliklerin değerlendirilmesi önerilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma doktora tezinden üretilmiştir. Doktora tezini 2012.02.HD.054 No.lu proje ile destekleyen Düzce Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğüne ve Tez danışmanlığını yürüten Prof. Dr. Emrah Çiçek hocama teşekkür ederim.

Kaynaklar

- **Asner GP, Scurlock JMO and A Hicke J (2003).** Global synthesis of leaf area index observations: implications for ecological and remote sensing studies. *Global Ecology and Biogeography* 12(3): 191-205.
- **Assmann E (1970).** Principles of forest yield study. Pergamon Press, Oxford.
- **Aussenac G and Granier A (1988).** Effects of thinning on water stress and growth in Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research* 18(1): 100-105.
- **Bréda N, Granier A and Aussenac G (1995).** Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Tree Physiology* 15(5): 295-306.
- **Brix H (1983).** Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Douglas-fir: relative contribution of foliage quantity and efficiency. *Canadian Journal of Forest Research* 13(1): 167-175.
- **Cutini A (1996).** The influence of drought and thinning on leaf area index estimates from canopy transmittance method. *Annals of Forest Science* 53(2-3): 595-603.
- **Cutini A, Matteucci G and Mugnozza GS (1998).** Estimation of leaf area index with the Li-Cor LAI 2000 in deciduous forests. *Forest Ecology and Management* 105(1-3): 55-65.
- **Çiçek E, Yılmaz F, Özbayram AK, Efe M, Yılmaz M and Usta A (2013).** Effects of thinning intensity on the growth of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa*) plantations. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37:97-104.
- **Çiçek E, Yılmaz F, Yılmaz M. and Çetin B (2007).** Aralamanın Dar Yapraklı Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantasyonlarında çap ve göğüs yüzeyi gelişimine etkisi: Bir yıllık sonuçlar. *DÜ Ormanlık Dergisi* 3(1): 90-99.

- **Çiçek E, Yılmaz M, Yılmaz F and Usta A (2010)**. Aralamanın dar yapraklı dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantasyonlarında büyüme ve bazı toprak özelliklerine etkisi. TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, Ankara.
- **Davi H, Baret F, Huc R and Dufrêne E (2008)**. Effect of thinning on LAI variance in heterogeneous forests. *Forest Ecology and Management* 256(5): 890-899.
- **DeRose RJ (2004)**. Leaf area indeks-relative density relationships in even-aged *Abies balsama-Picea rubens* stands in Maine. The Graduate School, The University of Maine.
- **Ercanlı İ, Günlü A, Şenyurt M and Keleş S (2018)**. Artificial neural network models predicting the leaf area index: a case study in pure even-aged Crimean pine forests from Turkey. *Forest Ecosystems* 5(1): 29.
- **Frazer GW, Trofymow JA and Lertzman KP (2000)**. Canopy openness and leaf area in chronosequences of coastal temperate rainforests. *Canadian Journal of Forest Research* 30(2): 239-256.
- **Gholz HL (1982)**. Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest. *Ecology* 53:469-481.
- **Güner S, Tüfekçioğlu A and Çelik N (2017)** Effects of thinning, liming, and nitrogen application on the growth of a young orientalis beech (*Fagus orientalis* Lipsky) forest stand. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 26 (11): 6727-6733.
- **Günlü A, Keleş S, Ercanlı İ and Şenyurt M (2017)**. Estimation of leaf area index using WorldView-2 and Aster satellite image: a case study from Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 189(11): 538.
- **Holst T, Hauser S, Kirchgassner A, Matzarakis A, Mayer H and Schindler D (2004)**. Measuring and modelling plant area index in beech stands. *International journal of biometeorology* 48(4): 192-201.
- **Kara Ö, Şentürk M, Bolat İ and Çakıroğlu K (2011)**. Kayın, Gökmar ve Gökmar-Kayın meşcerelerinde Yaprak Alan İndeksi ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University* 61(1): 47-54.
- **Kozłowski T, Kramer P and Pallardy S (1991)**. The physiological ecology of woody plants. Academic Press.
- **Le Dantec V, Dufrêne E and Saugier B (2000)**. Interannual and spatial variation in maximum leaf area index of temperate deciduous stands. *Forest Ecology and Management* 134(1-3): 71-81.
- **Maass J, Vose JM, Swank WT and Martínez-Yrizar A (1995)**. Seasonal changes of leaf area index (LAI) in a tropical deciduous forest in west Mexico. *Forest Ecology and Management* 74(1): 171-180.
- **Misson L, Tang J, Xu McKay M and Goldstein A (2005)**. Influences of recovery from clear-cut, climate variability, and thinning on the carbon balance of a young ponderosa pine plantation. *Agricultural and Forest Meteorology* 130(3-4): 207-222.
- **Nyland RD (1996)**. Silviculture: concepts and applications. The McGraw-Hill Companies, USA, United State of America.
- **O'Hara KL (1989)**. Stand growth efficiency in a Douglas fir thinning trial. *Forestry* 62(4): 409-418.
- **Odabaşı T, Çalışkan A and Bozkuş HF (2004)**. Orman Bakımı. İÜ Orman Fakültesi, İstanbul.
- **Özbayram AK (2014)**. Düzce yöresindeki doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde aralama şiddetinin büyüme etkisi D.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- **Özbayram AK, Çiçek E and Yılmaz F (2015)**. Kızılçam ve Karaçam meşcerelerinde yaprak alanı indeksi (YAI) ile bazı meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 15(1): 78-85.
- **Pothier D and Margolis A (1991)**. Analysis of growth and light interception of balsam fir and white birch saplings following precommercial thinning. *Annales des Sciences Forestieres* 48(2): 123-132.
- **Rytter L and Werner M (2007)**. Influence of early thinning in broadleaved stands on development of remaining stems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22(3): 198-210.
- **Saatçioğlu F (1971)**. Orman Bakımı: Meşcere yetiştirmesine ait tedbirler. İÜ. Orman Fakültesi, İstanbul.
- **Savill P, Evans J, Auclair D and Falck J (1997)**. Plantation silviculture in Europe. Oxford University Press, NewYork.
- **Smith DM, Larson BC, Kelty MJ and Ashton PMS (1997)**. The practice of silviculture: Applied forest ecology. Wiley, Newyork.
- **Soudani K, Trautmann J and Walter JM (2002)**. Leaf area index and canopy stratification in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *International Journal of Remote Sensing* 23(18): 3605-3618.
- **Spiecker H (2000)**. Growth of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) under changing environmental conditions in Europe. In, Vol. 33, European Forest Institute. European Forest Institute Proceedings.
- **Stogsdili WR, Wittwer RF, Hennessey TC and Dougherty PM (1992)**. Water use in thinned loblolly pine plantations. *Forest Ecology and Management* 50(3-4): 233-245.

- **Tüfekçioğlu A, Güner S and Tilki F (2005).** Thinning effects on production, root biomass and some soil properties in a young oriental beech stand in Artvin, Turkey. *Journal of Environmental Biology* 26(1): 91-95.
- **Umut B, Düncar M and Çelik O (2000).** Sırlıklik çağındaki kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) mesceresinin bakımı üzerine araştırmalar. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten 2741-23.
- **Vose JM and Allen HL (1988).** Leaf Area, Stemwood Growth, and Nutrition Relationships in Loblolly Pine. *Forest Science* 34(3): 547-563.
- **Welles JM (1990).** Some indirect methods of estimating canopy structure. *Remote Sensing Reviews* 5(1): 31-43.