Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University 2011, 61 (1): 47-54

Kayın, Göknar ve Göknar-Kayın Meşcerelerinde Yaprak Alan İndeksi ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Ömer Kara[1*], Mahmut Şentürk[2], İlyas Bolat[1], Kamil Çakıroğlu[1]

[1]Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekoloji Abd.
[2] Ulus Orman İşletme Müd.

*Tel: 0378 2235142, Fax: 0378 2235066
E- posta: okara-61@hotmail.com

Kısa Özet

Yaprak alan indeksi (YAİ), fotosentez, intersepsiyon, evapotranspirasyon ve kirleticilerin depolanması gibi çok farklı süreçleri kontrol etmektedir. YAİ güneş ışınlarını bitkisel biyokütleye çeviren aktif yaprak yüzey alanının doğrudan bir ölçüsüdür. Bu nedenle YAİ önemli bir ekosistem karakteristiğidir ve birçok karasal ekosistemde, verimlilik ile sıkı ilişki içerisindedir. Bu araştırmada, yarıküresel fotoğraflar yardımıyla farklı meşcerelerdeki (kayın, göknar ve göknar-kayın) yaprak alan indeksi değerleri araştırılmıştır. Bunun yanı sıra, incelenen meşcere tiplerine ait bazı toprak özellikleri (tekstür, pH, organik C, toplam N, nem vb.) de belirlenmiştir. Yaprak alan indeksi değerleri; kayında 3.36 m^2 m^{-2}, göknarda 2.94 m^2 m^{-2} ve göknar-kayında 3.96 m^2 m^{-2} bulunmuş ve istatistiki olarak anlamlı fark göstermiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre; YAİ ile organik C, örnek alma anındaki nem ve pH arasında negatif ve anlamlı bir ilişki vardır. Araştırma sonuçları, aynı yetişme ortamı şartlarında, meşcere tipinin yaprak alan indeksi üzerinde etkili olduğunu ve böylece fotosentez, intersepsiyon, evaporasyon ve transpirasyon gibi süreçleri de değiştirdiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yaprak alan indeksi, YAİ, göknar, kayın

Relationships Between Soil Properties and Leaf Area Index in Beech, Fir and Fir-Beech Stands

Abstract

Leaf area index (LAI) control many ecophysiological processes such as photosynthesis, interception, evapotranspiration and deposition of atmospheric chemicals. LAI is a particularly important ecosystem characteristic, because it is a direct measure of the photosynthetically-active surface area which converts light energy into plant biomass. It should not be surprising that there is a strong relationship between leaf area index and productivity in many terrestrial ecosystems. In this research, leaf area index of different stands (beech, fir and fir-beech) were investigated using the hemispherical photographs. Some soil properties (e.g. texture, pH, organic C, total N and moisture) were also determined. The mean values for LAI were 3.36, 2.94 and 3.96 m^2 m^{-2} in the beech, fir and fir-beech stands, respectively. Statistical analyses imply that there is a significant difference ($p<0.05$) among the leaf area indexes of the tree stand types. LAI showed significant correlation with the soil organic C, moisture and pH. Based on our results, changes of stand type are likely to effects on leaf area index and thereby photosynthesis, interception, evaporation and transpiration process under the same ecological conditions.

Keywords: Leaf area index, LAI, fir, beech

Received: 27.12.2010; accepted: 03.01.2011

1. Giriş

Yaprak alan indeksi (YAİ); toprağın birim alanı (1 m^2) üzerindeki yaprakların bir yüzünün toplam alanını (m^2) ifade etmektedir. Yaprak alan indeksi, meşcere kapalılığının durumunu gösteren önemli bir parametredir. YAİ fotosentez, intersepsiyon, evapotranspirasyon ve kirleticilerin depolanması gibi çok farklı süreçleri kontrol etmektedir. YAİ ayrıca, karbon ve su dolaşımı, meşcere içine ulaşan ışık miktarı üzerinde etkili olduğundan verimliliğin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Waring, 1983; Bonan, 1993; Jose ve Gillespie, 1997).

Orman ekosistemlerinde, bitkilerle atmosfer arasındaki madde ve enerji değişimini anlamak için ölçülen değişkenlerden biri de yaprak alan indeksidir. Birçok çalışmada; yaprak alan indeksi ile verimlilik (Vose ve Allen, 1988), net üretim (Gholz, 1982), atmosferik kimyasalların depolanması, evapotranspirasyon (Swank ve ark., 1988) ve su dengesi (Grier ve Running, 1977) arasında ilişkiler olduğu belirtilmektedir.

YAİ ile yetişme ortamının su dengesi (Gholz, 1982; Long ve Smith, 1990; Burton ve ark., 1991) ve alınabilir besin elementleri (Gower ve ark., 1992) arasında ilişki bulunmaktadır. Yüksek YAİ değerleri ortamın verimliliğinin iyi olduğunu göstermektedir (Vose ve Allen, 1988).

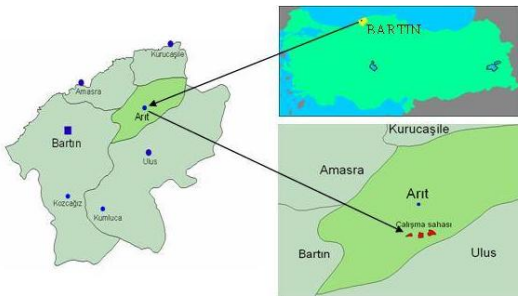
YAİ önemli bir ekosistem karakteristiğidir ve bir çok karasal ekosistemde verimlilikle sıkı ilişki içerisindedir. Kurak ekosistemlerde düşük yağışa bağlı olarak hem YAİ hem de ekosistem verimliliği düşüktür. Yağışlı bölgelerde ise yüksek yaprak alanı ve buna bağlı olarak yüksek verimlilik olduğu belirtilmektedir. İklim ile yaprak alanı arasındaki ilişki; transpirasyon için kullanılabilir su miktarını sınırlandırmak bakımından önemlidir. Buna karşılık, meşcerenin tepe yapısı ve bitkilerin gölgeye dayanıklılığı ise yaprak yüzeyinin dikey dağılımını kontrol etme bakımından önem kazanmaktadır (Barnes ve ark., 1998).

Ülkemizde, mera ve tarım bitkilerinin yaprak alan indeksine ait birçok çalışma yapılmıştır (Erkovan ve ark., 2009; Müjdeci ve ark., 2005). Orman alanlarının yaprak alan indeksi değerleri ile ilgili çalışmalar ise oldukça az sayıdadır (Öztürk 2009). Bu nedenle, farklı meşcerelere ait YAİ değerlerinin belirlenmesi ve diğer yetişme ortamı özellikleri ile karşılıklı ilişkilerinin araştırılması oldukça önemlidir.

Bartın İli, Arıt Beldesi, Küredağları Milli Parkı tampon zonunda gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, farklı meşçerelerdeki (kayın, göknar ve göknar-kayın) yaprak alan indeksi ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemektir. Bunun için üç farklı meşçere tipinden 15 adet örnek alan seçilmiş ve toprak örnekleri alınmıştır. Ayrıca yaprak alan indeksini belirlemek için her örnek alandan 2 adet olmak üzere toplam 90 adet özel fotoğraf makinesi ile meşçere tepe çatısı fotoğrafları çekilmiştir. Böylece, mevkii (bakı, yükselti) ve anakaya özellikleri aynı olan çalışma alanında meşçere tipleri ile yaprak alan indeksi (YAİ) ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma alanı, ülkemizin Batı Karadeniz bölgesindeki Bartın ili Arıt beldesinde, 32°30' ve 32°40' doğu boylamları ile 41°39' ve 41°42' kuzey enlemleri arasında, serin-ılıman kuşakta yer almaktadır. Arıt beldesinin batısında Bartın, doğusunda Kastamonu illeri, güneyinde Ulus, kuzeyinde Amasra ile Kurucaşile ilçeleri bulunmaktadır (Şekil 1) (Figure 1).



Şekil 1. Araştırma alanının Türkiye üzerindeki konumu.
Figure 1. Location map of the research arae in Turkey.

Çalışma alanları ağaç türlerine göre saf kayın, saf göknar ve kayın-göknar karışık meşceresi şeklindedir. Meşcerelere ait özellikler Tablo 1'de (Table1) gösterilmiştir. Sıcaklık ve yağış değerleri Thornthwaite metoduna göre değerlendirildiğinde (Erinç, 1984; Çepel, 1995) Arıt'ın iklim tipi, çok nemli (A), orta sıcaklıkta (mezotermal) (B1'), yağış rejimine göre su açığı yok veya pek az olan (r) ve deniz iklimi altında (b3') bulunan bir iklimdir. Buna göre Arıt AB1'rb3' işaretleri ile gösterilen çok nemli, orta sıcaklıkta, su açığı yok veya pek az olan deniz iklimi altında bir iklim tipine sahiptir.

Tablo 1. Araştırma alanındaki meşcere özellikleri.
Table 1. Stand characteristics of the study area.

Çap Sınıfı Diameter class	Kayın (Beech)			Göknar (Fir)			Göknar-Kayın (Fir-Beech)		
	Ağaç Sayısı Number of trees	Göğüs Yüzeyi m^2/ha Basal area	Hacim m^3/ha Volume	Ağaç Sayısı Number of trees	Göğüs Yüzeyi m^2/ha Basal area	Hacim m^3/ha Volume	Ağaç Sayısı Number of trees	Göğüs Yüzeyi m^2/ha Basal area	Hacim m^3/ha Volume
I (8-19.9 cm)	149	2.77	14.2	128	1.93	9.5	100	1.52	7.5
II (20-35.9 cm)	105	7.17	56.1	122	7.86	66	150	8.93	70.4
III (36-51.9 cm)	77	10.45	97.4	116	17.49	192.5	67	10.22	112.3
IV (52-63.9 cm)	6	1.39	17	6	1.56	22.1	17	4.52	56.1
V (64-103.9 cm)				6	1.83	25.6	6	1.78	23.6
Toplam Total	337	21.78	184.8	378	30.68	315.7	340	26.98	269.9
Kapalılık Canopy closure	3 (0.7-1.0 sıkışık kapalı) Very dense			3 (0.7-1.0 sıkışık kapalı) Very dense			3 (0.7-1.0 sıkışık kapalı) Very dense		
Alanı (Ha) Area	13.5			31.0			25.5		

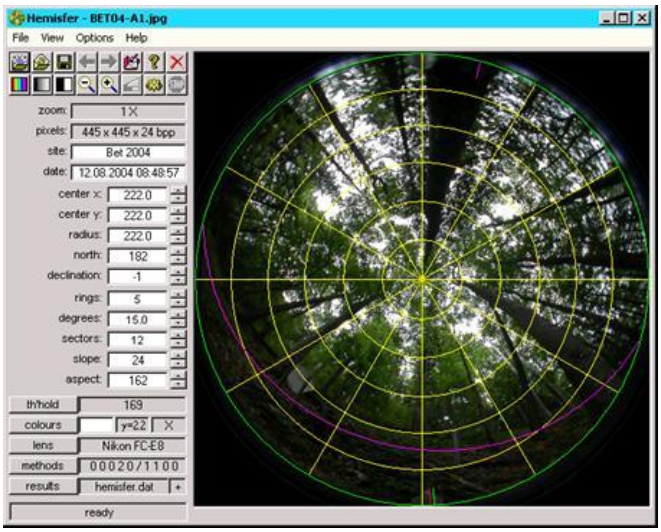
Çalışmanın materyal kısmını üst topraktan (0–5 cm) alınan toprak örnekleri oluşturmaktadır. Her çalışma alanından 15'er adet bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Örnek alma zamanındaki toprak örneklerinin % nem miktarları yaş toprak ağırlığı ile 105 ^{o}C'de kurutulmuş toprak ağırlığı arasındaki farkın kuru toprağın ağırlığına oranı ile bulunmuştur. Diğer analizler için toprak örnekleri hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuşlardır. Toprak örnekleri önce tartılarak hava kurusu hacim ağırlıkları bulunmuş daha sonra taş ve kökleri ayrılarak porselen havanlarda öğütülmüştür. Daha sonra öğütülen toprak örnekleri 2 mm'lik eleklerden geçirilmiştir. Yapılan bütün analizler iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Toprak örneklerinde kum, toz ve kil yüzdeleri hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1962), hacim ağırlığı; fırın kurusu ağırlıkların silindir örneğinin hacmine oranı ile, tane yoğunluğu; toprak su yer değiştirme esasına göre (Blake, 1965), gözenek hacmi; tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı arasındaki farktan (Çepel, 1985; Kantarcı, 2000), pH 1:2.5 oranındaki toprak-saf su süspansiyonunda cam elektrod yöntemine göre (Gülçur, 1974), Organik madde Walkley-Black metoduna göre (Black, 1965) ve Toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemine göre bulunmuştur (Kacar, 1995).

Şekil 2. Farklı meşcerelerde çekilen yarı küresel fotoğraflar.
Figure 2. Example of hemispherical photographs taken at different stands.

Yaprak alan indeksi değerlerini belirlemek için balık gözü (Sigma 8 mm Fisheye lens) takılı fotoğraf makinesi (Canon EOS 3 SLR) ve Konica 400 ASA film kullanılmıştır. Balık gözü sayesinde 180° lik alanı kapsayan yarıküresel fotoğraflar çekilmiştir (Şekil 2) (Figure 2).

Fotoğraflar örnek alanların merkezinde, yaklaşık 1.5 m yükseklikten ve aşağıdan meşcere tepe çatısına doğru çekilmiştir. Ayrıca, doğrudan güneş ışınlarının geldiği zamanlarda fotoğraf çekilmemesine özen gösterilmiştir. Daha sonra negatif filmler Minolta Dimage Scan Elite II tarayıcı kullanılarak dijital ortama atılmıştır. Dijital ortama atılan yarı küresel fotoğraflar Hemisfer 1.41 yazılım programı

kullanılarak analiz edilmiştir (Schleppi ve ark., 2007; Kara ve ark., 2008) (Şekil 3) (Figure 3). Böylece, fotoğrafı çekilen meşcerelerin yaprak alan indeksi (YAİ); toprağın birim alanı (1 m^2) üzerindeki yaprakların bir yüzünün toplam alanı (m^2) olarak bulunmuştur. Kayın, göknar ve göknar-kayın meşcerelerinin her birinden 30 olmak üzere toplam 90 fotoğraf incelenmiştir.



Şekil 3. Yarı küresel fotoğraflar Hemisfer yazılım programı kullanılarak değerlendirildi.
Figure 3. The hemispherical photographs were analyzed using the Hemisfer software.

Meşcere tiplerine göre toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yaprak alan indeksleri açısından fark olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda aralarında fark çıkan ($P<0.05$) meşcere tiplerinden farklı olanların belirlemesi amacıyla S-N-K (Student-Newman-Keuls) testi uygulanmıştır. Ayrıca, yaprak alan indeksi ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması için korelasyon analizi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

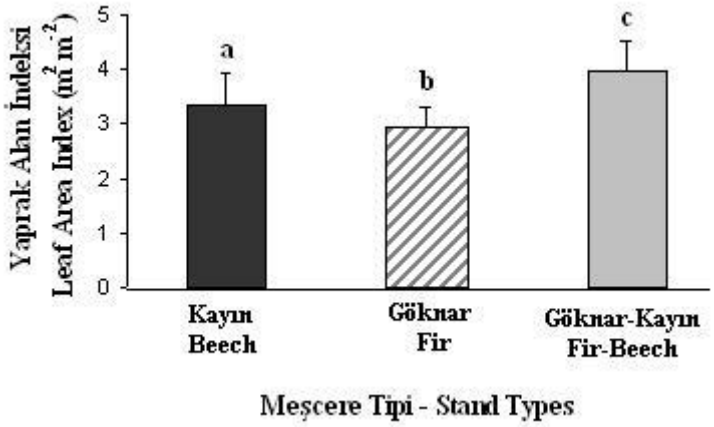
Meşcere tiplerine ait toprak özelliklerinden pH ve organik karbon değerleri istatistiki olarak anlamlı fark göstermiştir (Tablo 2) (Table 2). İncelenen topraklar, kayın ve göknar-kayın meşcerelerinde orta derecede asit, göknar meşceresinde hafif asit karakter göstermektedir. Göknar meşceresindeki toprakların reaksiyonu (pH=6.66) (Tablo 2) diğerlerinden biraz daha yüksektir. Bu durum orman ağaçlarının toprak üzerinde meydana getirdiği ölü örtünün bileşimi ile ilgili olabilir. Göknar ibrelerinin Ca^{++} içeriği diğer ağaç türlerinden daha yüksektir (Kantarcı, 1979). Nitekim göknar ibrelerinin dökülmesiyle oluşan ölü örtünün ayrışması topraktan alınan Ca^{++} katyonlarının tekrar üst toprağa dönmesini ve böylece toprak reaksiyonunun fazla asitleşmesini önlemektedir.

Örnek alanlardan alınan toprakların organik C içerikleri en yüksek göknar meşceresinde, en düşük kayın meşceresinde ölçülmüştür (Tablo 2) (Table 2). Göknar topraklarının organik C içeriği, kayın ve göknar-kayın meşceresinden istatistiksel ($p<0.05$) olarak anlamlı oranda yüksektir. Organik C içeriğinin farklı çıkması ormanların tür bileşimi ve toprak tekstürü ile ilgili olabilir. Ağaç türünün, ölü örtü kalitesini (kimyasal bileşimini) ve meşcere içine ulaşan ışık miktarını değiştirdiği ve böylece organik maddenin ayrışma hızını ve üst toprakların organik C içeriğini etkilediği söylenebilir. Diğer taraftan, ortalama kil miktarı istatistiki olarak farklı olmamakla birlikte göknar meşceresinde (% 38.58) daha yüksektir (Tablo 2) (Table 2). Nitekim yapılan araştırmalarda toprakların kil miktarının organik C miktarı üzerinde çok etkili olduğu ve yüksek kil içeriğine sahip toprakların yüksek organik C içerdikleri ifade edilmektedir. Çünkü protein molekülleri kil minerallerinin yüzeylerinde absorbe edilirler ve böylelikle ayrışmaya karşı dayanıklılık gösterirler (Foth, 1984; Brady, 1990). Yani organik maddenin bu şekilde yavaş yavaş ayrışması sonucunda organik C'un toprakta birikmesi gerçekleşir. Diğer bir çalışmada toprakların kil içeriği ile organik madde (organik C) arasında pozitif bir ilişki olduğu bildirilmektedir (Coyne ve Thompson, 2006).

Tablo 2. Farklı meşcere tiplerinde belirlenen bazı toprak özellikleri.
Table 2. Soil properties in the different stands.

Toprak Özellikleri (Soil Properties)	Meşcere Tipleri (Stand types)		
	Kayın (Beech)	Göknar (Fir)	Göknar-Kayın (Fir-Beech)
Kum (%) Sand (%)	44.96	42.36	42.03
Toz (%) Silt (%)	20.55	19.04	22.94
Kil (%) Clay (%)	34.48	38.58	35.01
Toprak türü Soil texture	Balçıklı Kil	Balçıklı Kil	Balçıklı Kil
Hacim ağırlığı (g cm^{-3}) Bulk density (g cm^{-3})	1.04	1.02	1.09
Tane yoğunluğu (g cm^{-3}) Particle density (g cm^{-3})	2.39	2.29	2.43
Gözenek Hacmi (%) Porosity (%)	56.41	55.55	55.03
Toprak nemi (%) Soil moisture (%)	25.39a	35.48b	28.86a
pH (H_2O)	5.62a	6.66b	5.84a
Organik Karbon (%C) Organic carbon (%C)	4.29a	6.09b	4.51a
Toplam Azot (%N) Total nitrogen (%N)	0.24	0.31	0.27

Yaprak alan indeksi değerleri; kayın meşceresinde 3.36 m^2 m^{-2}, göknar meşceresinde 2.94 m^2 m^{-2} ve göknar-kayın meşceresinde 3.96 m^2 m^{-2} bulunmuştur. Meşcerelerin YAİ değerleri arasındaki fark % 5 önem düzeyinde anlamlı çıkmıştır (Şekil 4) (Figure 4).



Şekil 4. Yaprak alan indekslerinin farklı meşcere tipine göre değişimi. YAI değerleri en yüksek göknar-kayında en düşük göknarda bulunmuştur. Farklı harfler P<0.05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir.
Figure 4. Variation in the leaf area index of different stands. LAI values was highest in the fir-beech stand and lowest in the fir stand. Significant differences (P<0.05) are indicated by different letters above bars.

Karışık meşcerede belirlenen YAİ değerlerinin diğerlerine göre anlamlı oranda yüksek oluşu bu meşcere tipinde düşey kapalılığın daha yüksek olması ile açıklanabilir. Nitekim yapılan çalışmalarda, YAİ değerinin aynı ağaç türünün farklı meşcereleri arasında da önemli farklar gösterdiğini ortaya koymaktadır. Örneğin 45–50 yaşlarında, hektarda 422 ağaç

bulunan ve göğüs yüzeyi kesit alanı 20.7 m^2 h^{-1} olan bir sarıçam meşceresinde YAİ değeri 2.09 m^2 m^{-2} ölçülmüştür. Buna karşılık 80–85 yaşlarında, hektarda 379 ağaç bulunan ve göğüs yüzeyi kesit alanı 24.8 m^2 h^{-1} olan bir sarıçam meşceresinde ise bu değer 1.48 m^2 m^{-2} ye düşmüştür (Soudani ve ark., 2002). Yaprak alan indeksi değerleri ekosistemler arasında büyük değişkenlik göstermektedir. Kurak alanlarda bu değer 1 m^2 m^{-2} nin altına düşerken, bazı ibreli ormanlarda 20 m^2 m^{-2} nin üzerine çıkmaktadır (Kozlowski ve ark., 1991). Meşcere tiplerine göre yaprak alan indeks değerlerinde ortaya çıkan bu farklılığın diğer bir sebebi de ağaç türlerinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Bouriaud ve ark. (2003) farklı meşcerelerde (meşe, huş, kayın ve gürgen) yaptıkları çalışmada yaprak alan indeks değerlerinin 2.9 ile 8.1 m^2 m^{-2} arasında değiştiğini ifade etmektedirler. Çalışma sonucunda elde edilen yaprak alan indeksi değerleri literatürde belirtilen aralık (1-20 m^2 m^{-2}) içerisinde yer almaktadır. Yaprak alan indeksi aynı ekosistem içinde bile özellikle su ve toprak verimliliği gibi yetişme ortamı farklılıklarına göre önemli oranda değişim göstermektedir.

Kayın, göknar ve göknar-kayın meşcerelerine ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile yaprak alan indeksi arasındaki ikili ilişkileri ortaya çıkarmak için basit korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre YAİ ile organik C ($p< 0.05$, $r = - 0.27$), örnek alma anındaki nem ($p< 0.05$, $r = - 0.18$) ve aktüel pH ($p< 0.01$, $r = -0.26$) arasında negatif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur.

İbreli ve karışık meşcerelerde yapılan çeşitli araştırmalar, yaprak alan indeksi ile iklim ve toprak özellikleri arasında kuvvetli ilişkiler olduğunu göstermektedir (Nemani ve Running, 1989; Gholz, 1982; Fassnacht ve Gover, 1997; Hoff ve Rambal, 2003). Araştırma alanında, YAİ değerleri yükseldiğinde toprakların organik C ve nem içeriği azalmakta, toprak reaksiyonu ise asitleşmektedir. Bu durum, yüksek YAİ değerlerine sahip kayın ve kayın-göknar meşcerelerinde organik madde ayrışmasının azaldığını ve buna bağlı toprakların organik madde içeriğinin düştüğünü göstermektedir. Tanaka ve Hashimato (2006) tarafından yapılan bir çalışmada YAİ indeksi ile organik madde ayrışması arasında anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada, yüksek yaprak alanına sahip meşcerelerde organik madde ayrışmasının yavaşladığı belirtilmektedir. Çalışma kapsamında incelenen göknar toprakları diğerlerine göre anlamlı oranda daha yüksek nem içeriğine sahiptir (Tablo 2) (Table 2). Bu sonuç yaprak yüzey alanı düşük olan göknar meşceresinde transpirasyon ve intersepsiyonla meydana gelen su kaybının daha az olması ile açıklanabilir. Çünkü yaprak yüzeyi ne kadar çok ise transpirasyon ve intersepsiyon o derece artar ve buna bağlı olarak toprakların nem içeriği düşer. Çeşitli araştırmalar, yaprak yüzey alanının yetişme ortamının su dengesini etkilediğini, YAİ değeri yüksek olan ormanlarda transpirasyon yoluyla topraktan olan su kaybının arttığını ve toprakların nem içeriğinin azaldığını vurgulamaktadır (Tanaka ve Hashimato, 2006; Swank ve ark., 1988).

4. Sonuçlar

Aynı iklim bölgesindeki meşcerelerde yapılan bu araştırma sonuçları, toprak özellikleri ile yaprak alan indeksi arasında karşılıklı bir ilişki olduğunu göstermektedir. YAI değerlerine göre meşcere içine ulaşan ışık ve sıcaklığın değişmesi ölü örtü ayrışmasını ve buna bağlı olarak toprakların organik madde içeriğini ve pH değerlerini değiştirmektedir. Ayrıca yaprak alanının toprak-bitki-su ilişkilerini etkilediği söylenebilir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, zaman ve maliyet bakımından uygun olan yarıküresel fotoğraf tekniğiyle, farklı meşcerelere ait yaprak alanlarının tespit edilebileceğini göstermektedir. Ancak diğer yöntemlerle (uydu görüntüleri, LAI-2000 cihazı vb.) birlikte karşılaştırılarak kalibrasyonunun yapılması faydalı olacaktır.

Kaynaklar

Barnes, B.V., D.R. Zak, S.R. Denton and S.H. Spurr, 1998. Forest Ecology. 4 th ed. John Wiley and Sons, New York, pp 774.

Black, C.A., 1965. Methods of Soil Analysis: Part I Physical and Mineralogical Properties, Part II Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Madison Wisconsin USA.

Blake, G.R., 1965. Particle density. In: Klute A (ed), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, 371–373.

Bonan, G.B., 1993. Importance of leaf area index and forest type when estimating photosynthesis in Boreal forest. *Remote Sensing of Environment.* 43: 303-314.

Bouriaud, O., K. Soudani and N. Breda, 2003. Leaf area index from litter collection: impact of specific leaf area

variability within a beech stand. *Canadian Journal Remote Sensing of Environment*. 29(3): 371-380.

Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*. 54: 464–465

Brady, N.C., 1990. The Nature and Properties of Soils. 10th Ed. New York: Macmillan, 621 pp.

Burton, A. J., K.S. Pregitzer and D.D. Reed, 1991. Leaf area and foliar biomass relationships in northern hardwood forests located along an 800 km acid deposition gradient. *Forest Science*. 37(4): 1011-1059.

Coyne, M.S. and J.A. Thompson, 2006. Fundamental Soil Science. Delmar Learning, Clifton Park, New York, 403 pp.

Çepel, N., 1985. Toprak Fiziği. İ.Ü Yayın No: 3313, O.F Yayın No. 374, İstanbul, 288 s.

Erinç, S., 1984. Klimatoloji ve Metodları. İÜ Yayın No. 3278, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayın No. 2, İstanbul.

Erkovan, H.İ, M.K. Güllap, M. Daşcı and A. Koç, 2009. Changes in leaf area index, forage quality and above-ground biomass in grazed and ungrazed rangelands of Eastern Anatolia Region. *Ankara Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi*. 15(3): 217-223.

Fassnacht, K.S. and S.T. Gower, 1997. Interrelationships among the edaphic and stand characteristics, leaf area index, and aboveground net primary production of upland forest ecosystems in North Central Wisconsin. *Canadian Journal of Forest Research*. 27: 1058-1067.

Foth, H.D., 1984. Fundamentals of Soil Science. 7th Ed. John Wiley and Sons, New York, 420 pp.

Gholz, H. L., 1982. Environmental limits on aboveground net primary production, leaf area and biomass in vegetation zones of the Pacific Northwest. *Ecology*. 53: 469-481.

Gower, S. T., K.A. Vogt and C.C. Grier, 1992. Carbon dynamics of Rocky Mountain Douglas-fir: influence of water and nutrient availability. *Ecology Monograph*. 62: 43-65.

Grier, C.C. and S.W. Running, 1977. Leaf area of mature northwestern coniferous forests: relation to water balance. *Ecology*. 58: 893-899.

Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, Kutulmuş Matbaası, İ.Ü. Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No. 201, İstanbul, 225 s.

Hoff, C. and S. Rambal, 2003. An examination of the interaction between climate, soil and leaf area index in a Quercus ilex ecosystem. Annals of Forest Science. 60:153-161.

Jose, S. and A.R. Gillespie, 1997. Leaf area-productivity relationships natural disturbances. Among mixed-species hardwood forest communities of the central hardwood region. *Forest Science*. 43(1): 56-64.

Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara, 705 s.

Kantarcı, M.D., 1979. Aladağ kütlesinin (Bolu) kuzey aklanındaki uludağ göknarı ormanlarında yükselti iklim kuşaklarına göre bazı ölü örtü ve toprak özelliklerinin analitik olarak araştırılması. İ.Ü Yayın No. 2634, Orman Fakültesi Yayın No. 274, İstanbul, 220 s.

Kantarcı, M.D., 2000. Toprak İlmi. İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.

Kara, Ö., İ. Bolat, K. Çakıroğlu and M. Öztürk, 2008. Plant canopy effects on litter accumulation and soil microbial biomass in two temperate forests. *Biology and Fertility of Soils*. 45(2): 193-198.

Kozlowski, T.T., P.J. Kramer and S.G. Pallardy, 1991. The Physiological Ecology of Woody Plants. Academic Press, New York, 657 pp.

Long, J.N. and F.W. Smith, 1990. Determinant of stemwood production in *Pinus contorta* var. *latifolia* forest: the influence of site quality and stands tructure. *Journal Applied Ecology*. 27: 847-856.

Müjdeci, M., A. Sarıyev and V. Polat, 2005. Buğdayın (*Triticum aestivum* L.) gelişme dönemleri ve yaprak alan indeksinin matematiksel modellenmesi. *Ankara Üniversitesi,Tarım Bilimleri Dergisi*. 11(3): 278-282.

Nemani, R.R and S.W. Running, 1989. Testing a theoretical climate-soil-leaf area hydrologic equilibrium oh forest using satellite data and ecosystem simulation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 44: 245-260.

Öztürk, M., 2009. An integrated land use-hydrological model for the Bartin spring watershed. Ph. D. Thesis. Boğaziçi University, Institute of Environmental Sciences, İstanbul, 196p.

Schleppi, P., M. Conedera, I. Sedivy and A. Thimonier, 2007. Correcting non-linearity and slope effects in the estimation of the leaf area index of forests from hemispherical photographs. *Agricultural and Forest Meteorology*. 144: 236-242.

Soudani, K., J. Trautmann and J.M.N. Walter, 2002. Leaf area index and canopy stratification in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *International Journal of Remote Sensing.* 23: 3605-3618.

Swank, W.T., L.T. Swift and J.E. Douglass, 1988. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions, and national disturbances. *Forest hydrology and ecology at Coweeta*, ed. W.T. Swank and D.A. Crossley, 297-312.

Tanaka, K. and S. Hashimoto, 2006. Plant canopy effects on soil thermal and hydrological properties and soil respiration. *Ecological Modelling*. 96: 32-34

Vose J.M. and H.L. Allen, 1988. Leaf area, stemwood growth, and nutrition relationships in loblolly pine. *Forest Science*. 34: 547-563.

Waring, R.H., 1983. Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area. *Advanced Ecology Research*. 13: 327-354.