

MINNESOTA'DA AYNI TOPRAK TİPİ ÜZERİNDE BULUNAN KAVAK, ÇAM ve LÂDİN MEŞCERELERİNDE BİYOKÜTLE ve BESİN MADDELERİNİN DAĞILIMI¹

David H. ALBAN
Donald A. PERALA
Bryce E. SCHLAEGEL

Kısa Özet

Bitki ve toprak örnekleri, Kuzey Central Minnesota'daki çok ince kumlu balçık topraklar üzerinde bulunan 40 yaşındaki birbirine komşu *Pinus resinosa* Ait., *Pinus banksiana* Lamb., *Picea glauca* (Moench.) Voss ve *Populus tremuloides* Michx., *P. grandidentata* Michx. meşcerelerinden alınmıştır. Total ağaç biyokütle miktarı en fazla *Pinus resinosa* Ait. türünde bulunmuştur. Bunu kavak, ladin ve *Pinus banksiana* Lamb. türleri izlemektedir. Ağaçlardaki besin maddelerinin ağırlıkları (N, P, K, Ca, Mg) ise en fazla kavak türlerinde bulunmuştur. Bunu genellikle ladin, *Pinus resinosa* Ait. ve *Pinus banksiana* Lamb. türleri izlemektedir. Yüksek oranlardaki biyokütle ve besin maddeleri özellikle kavak kabukları ile ladinin iğne yaprakları ve dallarında bulunmuştur. Alt tabakadaki biyokütlenin, vejetasyon-toprak kompleksine ait total organik maddedeki payı % 1,2'den az olmasına karşın, besin maddeleri için bu oran % 5'e kadar çıkmaktadır. Üst topraktaki değiştirilebilir Ca, kavak ve ladin meşcereleri altında, çam meşcerelerine oranla çok daha az miktardadır. Ağaç türlerinin üzerinde yetiştiği toprak özellikleri bakımından, 36 cm'lik toprak derinliğinden daha aşağıda önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Ağaçların toprak üstü kısımlarının tamamen hasat edilmesi sonucu, yalnızca gövdelerin çıkarılmasına oranla yetiştirme ortamından üç katına kadar daha fazla besin maddesi götürülmüş olacaktır.

G İ R İ Ő

Odun ve lif ürününün arttırılması modern ormancılığın ana amaçlarından biridir. Ürün; aralama, gübreleme, genetik bakımdan üstün meşcerelerin seçimi, yetiştirme ortamına uy-

1 Bu yazı «Biomass and nutrient distribution in aspen, pine, and spruce stands on the same soil type in Minnesota) ismi ile Canadian Journal of Forestry Research 8 : 290-299'da yayımlanmış ve İ.Ü. Orman Fakültesi Toprak İmni ve Ekoloji Bilim Dalı Araştırma Görevlisi M. Öner KARAÖZ tarafından dilimize çevrilmiştir.

David H. ALBAN, Donald A. PERALA, Bryce E. SCHLAEGEL 1978, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, Grand Rapids, MN, U.S.A. 55744.

gun ağaç türlerinin kullanılması ve tüm ağaçtan yararlanma ile arttırılabilir. Bu uygulamaların hepsi yetiştirme ortamını etkileyebilir. Bir türün verimindeki artış, yetiştirme ortamındaki besin maddesi tüketiminin artmasına neden olacaktır. Bu da, yetiştirme ortamının verimliliğini değiştirebilmektedir.

Odun hasadı sonucu azalan besin maddelerinin potansiyel miktarını bulmak için, Minnesota'da aynı toprak üzerinde yetişen dört orman tipindeki biyokütle ve besin maddeleri dağılımı incelenmiştir.

Bu çalışmada, «total ağaç» terimi, kökleri ile birlikte tüm bir ağacı, «ağacın toprak üstü kısmı» terimi ise 15 cm'lik kütük yüksekliğinden yukarıda kalan ağaç bölümünü ifade etmektedir.

Araştırma Alanı

Araştırma alanı, ABD'de Kuzey Central Minnesota'daki Pike Bay Deneme Ormanı içindedir. (47° 20' N, 94° 30' W). Bu bölgede kışları soğuk (ortalama ocak ayı sıcaklığı —14°C) ve yazları serin (ortalama temmuz ayı sıcaklığı 20°C) olan karasal bir iklim hakimdir. Yıllık yağış 61 cm'dir (yağışın yarısı vejetasyon devresinde düşer). Toprak, kireçli buzul yığıntısı üzerinde gelişmiş, çok ince kumlu balçık türünde Warba olarak sınıflandırılmaktadır (Typic Eutroboralf. SOIL SURVEY STAFF 1975). C-horizonunun üst kısmındaki toprak iyi geçirimli ve reaksiyonu orta derecede asittir (pH 5-6).

Topraklar, hafif bir girinti çıkıntıya sahip buzul yığıntı ovası üzerinde gelişmiş ve araştırma alanının tamamında morfolojik olarak aynıdır. Genel bir toprak tanıtımı şu şekilde yapılabilir :

01	3 - 1,5 cm,	şekilleri belirgin, ayrışmamış yaprak, sürgün, kozalak vd. artıklarla tanımlanabilir.
02	1,5 - 0 cm,	iyi ayrışmış organik artıklar.
A21	0 - 5 cm,	koyu gri çok ince kumlu balçık, kökler pek sık
A22	5 - 36 cm,	gri-kahverengi, balçıklı çok ince kum, kökler orta sıklıkta.
A ve B	36 - 61 cm,	üst ve alt horizonlara benzerlik gösteren geçit horizonu, kökler çok seyrek.
B2	61 - 70 cm,	koyu kahverengi killi balçık, blok strüktürlü.
B3	70 - 104 cm,	kahverengi balçık.
C	104 - 107 +cm.	yeşil kahverengi balçık, kireç taşı tabakası

Tahribe uğramayan ortamlarda vejetasyonu. akçaağaç (*Acer saccharum* Marsh.) ve ihlamur (*Tilia americana* L.) oluşturmaktadır. (KITTREDGE 1934). Genellikle bulunan çalı ve otlar. *Viburnum rafinesquianum* Schult., *Pinus virginiana* L., *Corylus cornuta* Marsh., *C. americana* Walt., *Cornus rugosa* Lam., *C. stolonifera* Michx., *C. alternifolia* L., *Smilacina racemosa* (L.) Desf., *Streptopus roseus* Michx., *Maianthemum canadense* Desf., *Thalictrum dioicum* L., *Aster macrophyllus* L., *Carex* sp. türleridir.

Araştırma alanında, 1923 yılından önce *Pinus strobus* L., 1929 - 1930 yıllarında kavak (*Populus tremuloides* Michx.) ve karışık yapraklı ağaç türleri, 1932 - 1933 yıllarında da yakacak odun üretimi yapılmıştır. 1933 yılı ilkbaharında yaklaşık 8 ha'lık bir alan artıklardan temizlenmiş ve birbirine bitişik 0,4 ha büyüklüğünde *Pinus resinosa* Ait., *Pinus banksiana* Lamb. ve *Picea glauca* (Moench.) Voss plantasyonları kurulmuştur. Dikim yapılmamış bir kontrol alanı içinde kütük sürgününden gelişmiş tam kapalı bir kavak meşceresi oluşmuştur. İğne yapraklı fidanlar (2-0 yaşlı), otlardan temizlenmiş alanlara 1x1,5 m aralık-mesafede dikilmişler ve iğne yapraklı türlerle kurulan plantasyonlarda ilk birkaç yıl için ot mücadelesi gerekmiştir. Bu çalışma, 0,4 ha'lık iki *Pinus resinosa* Ait. ve *Picea glauca* (Moench.) Voss ve 0,4 ha'lık birer kavak ve *Pinus banksiana* Lamb. plantasyonunu kapsamaktadır. İğne yapraklı ağaç türleri hemen hemen saf meşcereler halindedir. Ancak kavak meşceresine, diğer bazı ağaç türleri karışmıştır (başlıca *Acer saccharum*, *A. rubrum* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh.). Bu yapraklı ağaç türleri küçük tepe sınıfları içine girmektedir, bundan dolayı göğüs yüzeyi ve hacimleri de küçüktür (Tablo 1). Minnesota'da yetiştirme ortamı indeks değerleri, kavak ve ladin türleri için yaklaşık olarak orta, *Pinus resinosa* Ait. ve *P. banksiana* Lamb. türleri için ise iyidir. Bu meşcerelerin gövde odunu ağırlıkları ve hacimleri daha önce incelenip belirlenmiştir (SCHLAEGEL 1975).

Dört türün yaşları ve kerestelik gövde büyüklükleri, normal olarak selüloz odunu elde etme işlemleri için yeterliydi. Ancak herhangi bir çalışma yapılmamıştır. *Pinus resinosa* Ait. ve *Picea glauca* (Moench.) Voss ağaçları, eğer kerestelik tomruk elde etmek için yetiştirilecekse, meşcerelerin yaşları bu amaç için biraz geçmiştir. İlk ticarî amaçlı aralama işlemlerine de başlanabilir.

Tablo 1.
Meşcere özellikleri

Meşcere	Hektardaki ağaç sayısı	Ort. boy m.	Göğüs yük. kabuklu çap cm	Göğüs yüzeyi m ² /ha	Kabuksuz gövde hacmi m ³ /ha	Yetiştirme ortamı indeksi değeri (50 yaşında) m.
Kavak						
Kavak	1334	20,3	18	34,7	286	22,9
Diğer türler	1655	11,0	7	7,0	39	—
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss	2187	14,4	15	41,1	256	18,3
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	1780	17,6	19	51,9	408	20,7
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	1580	18,4	17	35,1	263	21,3

Metodlar

Üst Tabakada Uygulanan İşlemler

Bu çalışmada, üst tabaka olarak, göğüs yüksekliğindeki çapları 3,8 cm'den kalın olan ağaçlar ele alınmıştır. Dikimden 40 yıl sonra, 1973 yılı ilkbaharında 0,4 ha'lık plantasyon-

ların herbirinde 80'er m²'lik 10 deneme alanı alınmıştır. Deneme alanlarında, üst tabakada bulunan her ağacın göğüs yüksekliğindeki çapları ölçülmüştür. Kesit örnekleri almak için her türden on tane ağaç seçilmiştir. (Bu amaçla her deneme alanından tüm çap sınıflarını temsil edecek şekilde bir ağaç rastgele örnekleme ile seçilmiştir). Örnek ağaç kesildikten sonra (toprak seviyesinden 15 cm yükseklikten) boyu ölçülmüş, 1,2 m'lik gövde seksiyonlarına ayrılmış ve arazide tartılarak taze ağırlıklar bulunmuştur. Seksiyonlar üzerindeki dallar kesilmiş ve tartılarak taze ağırlıkları belirlenmiştir. Her seksiyondan 3 cm kalınlığında bir kesit ile rastgele seçilmiş bir dal alınarak plastik torbalara yerleştirilmiş ve aynı gün laboratuvara taşınmıştır.

Laboratuvarda, kesitler üzerindeki kabuk, odundan ayrılmış ve her öge tartılarak taze ağırlıkları bulunmuştur. Örnekler, 100°C'de 48 saat kurutulmuş ve tekrar tartılmıştır. Arazide taze ağırlığı belirlenmiş bulunan her seksiyonun, kabuk ve odun kısmının fırında kuru ağırlığını (mutlak kuru) hesaplayabilmek için nem içeriği ve kabuk/odun oranından yararlanılmıştır. Tüm ağaca ilişkin gövde odunu ve kabuğunun ağırlıkları, her seksiyon için ayrı ayrı bulunmuş değerlerin toplanmasıyla hesaplanmıştır.

Dal örnekleri laboratuvarda yaş olarak tartılmış, 70°C'de fırın kurusu hale getirilmiş, yaprakları el ile ayrılmış ve tekrar kurutulmuştur. Arazide taze ağırlıkları belirlenmiş bulunan dalların, yaprak ve dal kısımlarının fırında kuru ağırlığını (mutlak kuru) hesaplayabilmek için nem içeriği ve yaprak/dal oranı kullanılmıştır.

Her türden alınan 10 örnek ağaca göre, besin maddelerinin veya fırın kurusu biyokütle ağırlıklarının ağacın çap ve boy değerleri ile ilişkiye getirilmesi için regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Denklemlerin formu aşağıda görüldüğü gibidir :

$$\log_e (\text{ağırlık}) = a + b (\log_e (D^2H))$$

Denklemden «D» göğüs yüksekliğindeki ağaç çapı (cm), «H» ise, her türden 10 örnek ağaç seçilerek geliştirilen boy-çap denklemine göre hesaplanan tahmini ağaç boyudur (metre). Her tür için 24 denklem vardır : Dört değişken (yaprak, dal, gövde odunu ve gövde kabuğu), fırın kurusu ağırlıklar ve beş besin maddesi (N, P, K, Ca ve Mg). Logaritmadan doğan hata için denklemler düzeltilmiştir (BASKERVILLE 1972). R² değerleri genellikle 0.90'dan büyük, ortalama standart sapma ise % 10'dan küçüktür. Denklemler, her ağaçta ölçülen çap ve boy-çap denkleminde tahmin edilen boy değerleri için çözümlenmiştir. Ağacın besin maddelerinin veya biyokütlesinin (ağaç öğelerine göre) ortalama ağırlığı hesaplanmış ve belli bir alandaki ağırlıkları elde etmek için hektardaki ağaç sayısı ile çarpılmıştır.

Bu tahminlerdeki varyans, (1) no.lu denklemdeki, boy-çap denklemindeki ve hektardaki ağaç sayısındaki varyansları hesaba katmaktadır. Varyansın kare kökü standart sapmayı verir (Tablo 2). Varyansın hesaplanmasında kullanılan program, regresyon ile çift örnekleme programının¹ değiştirilmiş bir şeklidir (COCHRAN 1963).

Her türden, ayrıca, ortalama gövde hacmine sahip iki ağaç 1974'ün ağustos ayında kesilmiş ve 5 mm'den kalın tüm kökler el ile çıkarılmıştır. Tüm kök sistemi (15 cm'lik kütük

1) Margaret Martin : Bazı biyokütle çalışmalarında çift örnekleme kullanılması sonucu ortaya çıkan varyanslar (Baskı için hazırlanıyor).

Tablo 2a.

Üst ve alt tabakadaki vejetasyon ile topraklardaki organik madde (ton/ha) ve besin maddeleri (kg/ha) (parantez içindeki rakamlar standart hata değerleridir.)^{a)}

Meşcere	Üst tabakadaki vejetasyon				
	Yaprak	Dallar	Gövde kabuğu	Gövde odunu	Kök + kütük
Organik madde					
Kavak	3,6(0,3)	16,6(3,3)	27,6(2,8)	119(13)	38(6)
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss	17,4(1,8)	34,6(5,1)	10,8(1,0)	88(8)	34(7)
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	13,8(0,9)	25,2(2,3)	13,4(0,7)	147(7)	44(1)
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	5,5(0,9)	23,4(2,7)	12,4(1,0)	106(8)	28(2)
Azot					
Kavak	87(10)	82(15)	115(12)	84(9)	89(2)
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss	153(15)	127(17)	43(5)	59(6)	67(15)
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	131(9)	60(5)	42(2)	113(6)	75(4)
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	65(10)	76(8)	33(4)	85(7)	37(2)
Fosfor					
Kavak	9,0(0,6)	11,3(2,5)	16,4(1,8)	9,8(1,1)	20(2,0)
<i>Picea glauca</i> (Maench.) Voss	27,0(2,5)	17,2(1,9)	8,2(0,8)	5,0(0,7)	7(2,2)
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	18,7(1,3)	7,8(0,7)	6,4(0,5)	8,9(0,4)	8(0,5)
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	7,7(1,2)	7,7(0,8)	4,7(0,5)	4,6(0,4)	5(0,1)

a) Topraklar, alt tabaka, kökler.kütük ve kavak yaprağı için standart hata örnek sayısının karekökü ile bölünen standart sapma değeridir. Üst tabakadaki öğelerin kalanları için standart hata değeri regresyon teknikleri ile çift örnekleme kullanılarak hesaplanmıştır (Bak. Metodlar). Toplam değerler için standart hatayı hesaplamak, öğeler arasındaki kovaryansın büyüklüğü bilinmediğinden olanaksızdır.

b) Toplam değerler alt tabakanın kök sistemini ve ince ağaç köklerini içermemektedir

Tablo 2a'dan devam

Meşcere	Üst tabakadaki vejetasyon				
	Yaprak	Dallar	Gövde kabuğu	Gövde odunu	Kök + kütük
Potasyum					
Kavak	47(6)	42(8)	86(60)	112(14)	80(8)
Picea glauca (Moench.) Voss	86(10)	80(10)	31(4)	32(4)	25(9)
Pinus resinosa Ait.	59(5)	32(3)	16(1)	68(4)	30(1)
Pinus banksiana Lamb.	20(3)	25(3)	12(1)	40(4)	22(1)
Kalsiyum					
Kavak	37(8)	215(45)	435(39)	171(18)	216(59)
Picea glauca (Moench.) Voss	256(29)	217(34)	161(14)	85(7)	90(8)
Pinus resinosa Ait.	42(4)	64(9)	70(6)	115(5)	44(5)
Pinus banksiana Lamb.	20(3)	51(6)	56(4)	72(6)	42(1)
Magnezyum					
Kavak	6,0(0,6)	12,4(3,1)	20,5(2,4)	18,7(2,2)	18(3)
Picea glauca (Moench.) Voss	13,3(1,6)	13,4(1,6)	7,3(0,8)	6,3(0,7)	6(1)
Pinus resinosa Ait.	14,4(0,7)	8,9(1,2)	8,3(0,6)	25,9(1,7)	14(1)
Pinus banksiana Lamb.	5,6(0,8)	9,9(1,0)	5,7(0,6)	16,5(1,3)	8(1)

Tablo 2b.

Üst ve alt tabakadaki vejetasyon ile topraklardaki organik madde (ton/ha) ve besin maddeleri (kg/ha) (parantez içindeki rakamlar standart hata değerleridir) ^{a)}

Meşcere	Toprak					Toplam ^{b)}
	Alt tabakadaki vejetasyon		Orman ölü örtüsü	Mineral toprak		
	Otlar	Çalılar		0-10 cm	10-36 cm	
Organik madde						
Kavak	0,09(0,01)	3,1(1,1)	27(1,1)	35(1,6)	15(0,7)	285
Picea glauca (Moench.) Voss	0,02(0,01)	0,1(0,1)	33(0,9)	49(4,3)	22(0,8)	289
Pinus resinosa Ait.	0,03(0,01)	4,4(1,1)	30(1,7)	58(5,9)	20(0,8)	356
Pinus banksiana Lamb.	0,04(0,01)	2,9(1,0)	33(1,4)	48(2,0)	19(0,7)	278
Azot						
Kavak	1,8(0,20)	13(4,4)	667(32)	1313(47)	745(28)	3197
Picea glauca (Moench.) Voss	0,3(0,21)	1(0,6)	752(35)	1608(119)	934(25)	3744
Pinus resinosa Ait.	0,5(0,07)	26(6,6)	538(38)	1894(126)	856(22)	3735
Pinus banksiana Lamb.	0,8(0,15)	16(5,1)	689(29)	1502(60)	810(23)	3314
Fosfor						
Kavak	0,2(0,03)	1,4(0,4)	60(3,6)	26(2,7)	60(3,5)	214
Picea glauca (Moench.) Voss	0,1(0,03)	0,2(0,1)	61(4,1)	21(2,0)	47(5,2)	194
Pinus resinosa Ait.	0,1(0,01)	3,6(1,0)	40(2,7)	24(2,8)	54(6,6)	172
Pinus banksiana Lamb.	0,1(0,02)	1,8(0,5)	51(4,6)	24(1,3)	47(2,7)	154

Tablo 2b'den devam

M e ş ç e r e	Alt tabakadaki vejetasyon		T o p r a k			Toplam ^{b)}
	Otlar	Çalılar	Orman ölü örtüsü	Mineral toprak		
				0-10 cm	10-36 cm	
Potasyum						
Kavak	2,4(0,29)	7,1(2,2)	78(4,3)	102(4)	192(8)	748
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss	0,4(0,22)	0,5(0,3)	76(4,5)	104(6)	195(9)	630
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	0,7(0,17)	29,2(1,6)	62(3,1)	112(7)	191(22)	600
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	0,9(0,20)	8,2(2,2)	68(7,6)	94(2)	187(9)	477
Kalsiyum						
Kavak	1,1(0,20)	22(5,7)	1081(58)	1195(103)	1448(77)	4821
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss	0,2(0,13)	1(0,8)	1398(61)	1451(131)	1357(52)	5016
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	0,3(0,08)	44(12)	660(46)	2187(194)	1716(109)	4942
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	0,4(0,07)	27(8,3)	770(95)	2080(114)	1722(74)	4840
Magnezyum						
Kavak	0,2(0,04)	4,1(3,0)	89(5)	91(5)	175(10)	435
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss	0,1(0,04)	0,2(0,1)	77(5)	136(10)	202(13)	462
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	0,1(0,02)	4,2(1,3)	65(4)	138(8)	190(21)	469
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	0,1(0,01)	2,2(0,7)	81(10)	134(4)	188(10)	451

kısmı dahil) toprak parçacıklarının uzaklaştırılması için destile su ile hafifçe yıkanmış, fırında kurutulduktan sonra (70°C'de) tartılmıştır.

Toprak üstü bölümlerinin biyokütle tahminini yapmak için, 10 ağaç örneği alındığında kavak ağaçları üzerinde yaprak olmadığı için ağustos ayında kök örneği alınan iki kavak ağacının tüm yaprakları el ile koparılmış, fırında kurutulduktan (70°C'de) sonra tartılmıştır. Her ne kadar kavak yaprağı örnekleri az ise de, yaprak ağırlıkları literatürde verilen değerlere uymaktadır. Kavak türünün yaprak ağırlığı, ağacın, toplam toprak üstü bölümünün ağırlığının % 2,2'sini oluşturmaktadır. Bu değer Alberta, Ontario ve Wisconsin'deki doğal kavak meşcerelerinde yapılan araştırmalarda bulunan % 2,2, % 1,6 ve % 2,4 değerlerine uymaktadır (PETERSON et al. 1970; POLLARD 1972, ZAVITOVSKI 1971).

Alt Tabakada Uygulanan İşlemler

Her orman tipi içinde 1972 yılı eylül ayı başlarında, sistematik olarak 4 m²'lik daire şeklinde on deneme alanı alınmıştır. Göğüs yüksekliğindeki çapları < 3,8 cm olan tüm canlı vejetasyon toprak seviyesinden kesilmiş ve çalı (çalılar, yapraklı türlere ait fidan ve sırıklar) ile ot tabakasındaki oğeler ayrılmıştır. Çalı tabakası arazide tartılmış ve her deneme alanını temsil eden gövdelerden alınan alt örnekler laboratuvarında kuru ağırlığının bulunması (70°C'de) ve besin maddeleri içeriğinin tayini için torbalar içine yerleştirilmiştir. Tüm otsu vejetasyon, aynı işlemlerin uygulanması amacıyla paketlenmiştir. Arazide taze ağırlıkları tespit edilmiş bulunan çalı tabakasından alınan alt örneğin, deneme alanındaki kuru ağırlığını belirlemek için taze ve fırın kuru ağırlık oranı kullanılmıştır. Ot tabakasından alınan örnekler kurutulmuş (70°C'de) ve tartılmıştır. Alt tabakadaki türlerden kök örneği alınmamıştır.

Topraklar

Her 0,4 ha'lık alanda (Pinus resinosa Ait. ve Picea glauca (Moench.) Voss için iki tane, kavak ve Pinus banksiana Lamb. için birer tane) 930 cm² büyüklüğündeki 20 örnekleme alanından ölü örtü örneği alınmış ve her örnekleme alanından alınan beş örnek birleştirilmiştir. Ölü örtü örneklerinin alındığı yerlerde, 0-10 cm, 10-25 cm, 25-36 cm ve 36-61 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Örnekleme alanlarındaki beş yerden alınan mineral toprak örnekleri, analizlerde kullanılmak üzere karıştırılmıştır. Ayrıca her tür altında, iki derin profil açılmıştır. Profillerin tanıtımı yapılmış ve yaklaşık 2 m derinliğe kadar olan horizonlardan toprak örnekleri alınmıştır.

Kimyasal Analizler

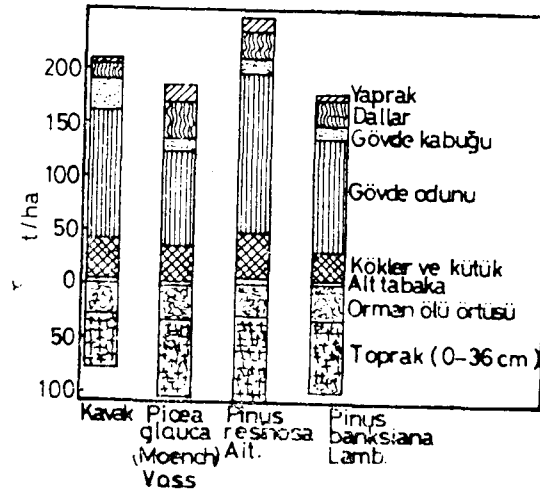
Ağaç oğeleri, çalı, ot tabakalarına ve ölü örtüye ait örnekler 20 mesh'lik elekten geçirilmiştir. Örneklerdeki azot miktarı makro Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (BREMNER 1965). Ağaç oğeleri kül haline getirilmiş (500°C'de) ve P, Ca, Mg, K miktarı emisyon spektroskopisi ile tayin edilmiştir. Alt tabakadan alınan bitki ve meşcere altından alınan ölü örtü örnekleri kül haline getirilmiş, Ca, Mg, K tayini için atomik absorpsiyon cihazı kullanılmış, P ise molibdofosforik mavisi kalorimetrik metodu ile analiz edilmiştir (JACKSON 1958).

Mineral toprak örnekleri hava kuru hale getirilmiş ve 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. 2 mm'den büyük materyal tartılmış ve atılmıştır. Mineral topraktaki Ca, Mg ve K, IN NH₄OAc ile ekstrakte edilmiş ve miktarları atomik absorpsiyon cihazı ile belirlenmiştir.

P, 0,002 N H₂SO₄ ile ekstrakte edilmiş ve molibdfosforik mavisi kalorimetrik metodu ile tayin edilmiştir. Mineral topraktaki organik maddenin total karbon (C) içeriği (elektrikli fırın ile, ALLISON et al. 1965), dönüştürme faktörü olan 1,7 ile bulunmuştur (BROADBENT 1965). Ölü örtüdeki organik madde miktarı, total fırın kurusu ağırlığından, kül miktarı çıkarılarak elde edilmiştir.

SONUÇLAR

Ağaçlar, ölçülen total organik maddenin 2/3 ile 3/4'ünü içermektedir (Şekil 1). Bu meşcerelerdeki biyokütle miktarının, ılıman orman zonunda bulunan (ART and MARKS 1971; OVERTON 1962) çam ve ladin, Minnesota'da (BRAY and DUDKIEWICZ 1963) ve Wisconsin'deki (BOYLE and EK 1972) kavak meşcereleri ile karşılaştırıldığında benzer olduğu görülmektedir. Total ağaç biyokütlesi, Pinus resinosa Ait. türünde en büyüktür, bunu kavak, ladin ve Pinus banksiana Lamb. türleri izlemektedir. Gövde odunu ve kök biyoküt-



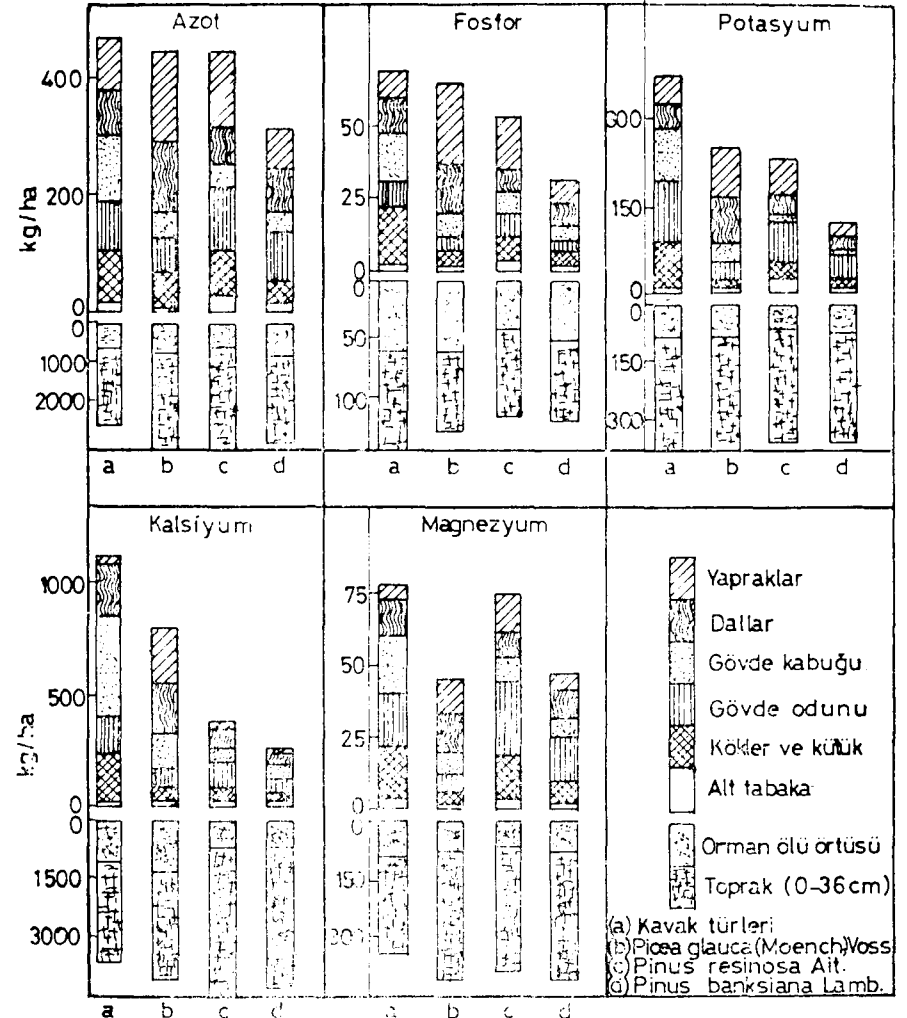
Şekil 1. Organik madde dağılımı.

lesi türlere göre benzerlik göstermektedir (Tablo 2). Dal ve ibre ağırlıkları ladinde en fazla olmasına karşın, gövde kabuğu ağırlığı kavak'ta diğer türlere oranla daha fazladır. Bu şekildeki sık meşcerelerde alt tabakanın total biyokütle katkıları küçüktür. Topraktaki organik madde içeriği kavak meşceresi altında en düşüktür. İngiltere'de yapılan benzeri karşılaştırmalar (fakat farklı ağaç türleri ile) ladin tepe biyokütlesinin diğer türler içinde en fazla olduğunu ve iğne yapraklı meşcerelerin aynı yaşta ki yapraklı ağaç meşcerelerine oranla genellikle daha fazla biyokütleyle sahip olduğunu göstermektedir (OVERTON 1965).

Organik madde daha çok yaşayan vejetasyonda, besin maddeleri ise toprakta biriktirmektedir (Şekil 2). N, Ca, Mg'un sadece % 6-23'ü, P ve K'un ise sadece % 21-50'si vejetasyonda bulunmuştur. Çalı ve otsu bitki tabakaları yüksek besin maddesi kaynağının daha

büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Böyle olmasına karşın alt tabakadaki vejetasyon, her besin maddesini yalnızca çok küçük yüzdelerde içermektedir.

Besin maddeleri içeriği bakımından türler arasında önemli farklılıklar vardır. Kavak, diğer türler arasında besin maddelerinin herbirini en fazla miktarda, Pinus banksiana Lamb. ise en az miktarda içeren türlerdir (Şekil 2). Pinus resinosa Ait. hektarda en fazla biyokütle miktarına sahip olmasına karşın, kavak veya Picea glauca (Moench.) Voss'a oranla genellikle daha az miktarda besin maddesi içermektedir. Bu durum, Pinus banksiana Lamb. dokularında besin maddelerinin düşük konsantrasyonlarda olduğunu yansıtmaktadır. Tür-



Şekil 2. Vejetasyon ve topraklarda besin maddesi dağılımı.

ler arasındaki farklılık sadece içerdikleri besin maddelerinin total miktarlarında değil, aynı zamanda bunların ağaç organlarına dağılımında da sözkonusu olmaktadır. Lâdin diğer türlere oranla dal ve ibrelerinde daha yüksek miktarda besin maddesi içerir. Buna karşın kavakta ise besin maddeleri kabuk kısmında daha yüksek oranlarda bulunmaktadır. Bu ilişki biyokütle miktarları için benzerdir, burada önemle belirtilmesinin nedeni, besin maddesinin kavak türünün kabuğunda, lâdin'in ibre ve dallarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmasıdır. Ağacın toprak üstü kısmında bulunan besin maddelerinin yaklaşık olarak yarısı gövdede, bu miktarın da yarısı odun kısmında ve diğer yarısı da kabuk kısmında bulunmaktadır. Böylece ağacın toprak üstü kısımlarındaki besin maddelerinin yaklaşık olarak sadece 1/4'i gövde odunu içindedir.

Toprak organik maddesi ve besin maddeleri, ölü örtü ile mineral toprağın 10 cm'lik yüzey kısmında toplanmışlardır. Ağaç türlerinin üzerinde yetiştikleri toprağın özellikleri arasında, organik madde, N ve Ca içerdikleri bakımından önemli farklılıklar vardır. Farklılıklar, ölü örtüde ve 0-10 cm'lik derinlikteki mineral toprak tabakasında en fazladır ve derinliğin artması ile bu farklılıklar azalmaktadır. 25-36 cm'lik toprak derinliğinde türlere göre gözlenen bazı farklılıklar önemlidir, 36 cm'den aşağıya doğru önemli bir farklılık görülmektedir. Bu durum, plantasyonlar kurulduğunda türlerin üzerine dikildiği topraklar arasında önemli farklar olmadığı kanısını doğrulamaktadır.

Tartışma

Eğer bu meşcereler tamamen hasat edilirse, besin maddeleri kavak ve lâdin yetiştirme ortamlarından, çam yetiştirme ortamına oranla daha fazla götürülmüş olur ve ağaçların toprak üstü kısımları tamamen hasat edilirse, yalnızca gövde kısmının hasat edilmesine oranla yaklaşık iki kat daha fazla besin maddesi alandan uzaklaştırılmış olacaktır (Tablo 2). Kavak meşceresinde bu şekilde yapılan üretim sonucu, Wisconsin'de aynı yaşta ve aynı biyokütle miktarına sahip kavak meşceresi yapraksız olduğu sırada yapılan ticarî (çap sırası 12,7 cm) bir kesime oranla yaklaşık iki kat daha fazla besin maddesi alandan uzaklaştırılmış olur (BOYLE and EK 1972). Pinus resinosa Ait. ve Picea glauca (Moench.) Voss meşcerelerinde, ağaçların toprak üstü kısımlarının hasat edilmesiyle alandan uzaklaştırılan besin maddesi miktarı, daha zayıf yetiştirme ortamlarında yetişen Ontario'daki Pinus banksiana Lamb. (MORRISON 1973), New York'taki Pinus resinosa Ait. (JURGENSEN and LEAF 1965, MADGWICH et al. 1970) ve Quebec'teki lâdin-gökmar (WEETMAN and WEBBER 1972) meşcerelerinden yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlardan biraz daha fazladır.

Besin maddelerinin uzaklaştırılmasının yetiştirme ortamının verimliliği üzerindeki etkisi, güvenilir olarak, sadece daha sonra aynı yetiştirme ortamında yetiştirilen meşcerelerin büyümesi ile ilgili ölçümlerin yapılmasıyla öğrenilebilir. Çeşitli araştırmalarda, orman alanlarından besin maddelerinin uzaklaştırılması ile, daha sonra alana dikilen ağaçların büyümesinde azalmanın meydana gelmesinde çeşitli nedenlerin bulunduğu ifade edilmiştir (LUTZ and CHANDLER 1946). Kuzey Amerika'nın doğusundaki kumlu toprakların, geçmişte tarımsal amaçlarla kullanılması, burada kurulan Pinus resinosa Ait. plantasyonlarının zayıf bir gelişme göstermesi sonucunu ortaya çıkarmıştır, bu durum K gübrelemesi ile düzeltilmiştir (LEAF et al. 1975; WITTWER et al. 1975). Avrupa'daki verimsiz topraklar üzerinde yetişen ve yüksek oranlarda total besin maddesi içeren vejetasyonun uzaklaştırılması, burada daha sonra kurulan meşcerelerde büyümenin azalması sonucunu ortaya çıkarmıştır (RENNIE 1957) ve benzer verim düşüşleri Afrika'nın birçok yerinde de olasıdır (NYE and GREENLAND 1960). Avustralya ve Yeni Zelanda'da ikinci rotasyon Pinus radiata

(D. Don) meşcerelerinde, çok kere ilk rotasyona oranla daha düşük ürünler elde edilmiş (KEEVES 1966, WHYTE 1973) ve bazı durumlarda bunun azot noksanlığından ileri geldiği görülmüştür (STONE and WILL 1965). Ayrıca, çok kere ağaçların büyümesinde önemli rolü olan besin maddesinin yetiştirme ortamına verilmesi, birçok yetiştirme ortamında belirli besin maddelerinin, hasattan önce bile kısmen az olduğunu göstermektedir (TENNESSEE VALLEY AUTHORITY 1968). Entansif orman işletmeciliğinin aralamalar, kısa idare süreleri (rotasyonlar) kullanma ve tüm ağaçtan yararlanma gibi faaliyetlerinden dolayı, yetiştirme ortamında önemli oranda besin maddesi tüketimine rastlanma oranının artacağı beklenebilir.

Uzun süreli büyüme ölçmeleri yapıldığında yetiştirme ortamındaki değişimleri tahmin etmek için çok kere kullanılan iki metod vardır. Bunlar : (1) Toprakta bulunan besin maddeleri konsantrasyonları ile, alandan uzaklaştırılan besin maddeleri miktarları arasında ilişki kurmak, (2) Ormanın besin maddesi alımı ile, elde edilen ürün miktarının devamlılığını sağlamak için gübrelenmesi gereken ürünlerin besin maddesi alımının karşılaştırılmasıdır.

Bir ağacın toprak üstü kısmının hasat edilmesi ile uzaklaştırılacak topraktaki mineral besin maddesi yüzdesi tablo 3'de görülmektedir. Bu hesaplamada 0-36 cm derinlikteki toprak kullanılmıştır; köklerin bu derinlikten daha aşağıda az sayıda bulunması nedeniyle,

Tablo 3.

0-36 cm'lik toprak tabakasındaki besin maddelerinin yüzdesi olarak ağacın total toprak üstü kısmındaki besin maddeleri miktarı^{a)}

Besin elementi	Kavak	Picea glauca (Moench.) Voss	Pinus resinosa Ait.	Pinus banksiana Lamb.
N	18	15	13	10
P	54	34	54	35
K	98	77	58	35
Ca	32	26	7	5
Mg	22	12	18	12

a) Toprak P'ü seyreltilmiş H₂SO₄ ile, toprak Ca, Mg, K'ü NH₄OAc ile ekstrakte edilmiş ve N Kjeldahl metodu ile belirlenmiş total toprak N'ünü ifade etmektedir.

daha aşağıdaki mineral toprak kısmı hesaplara sokulmamıştır. Topraktaki besin maddelerinin miktarı kesin değildir ve zaman ile değiştirilebilir. Örneğin toprak N'ü fiksasyon ile arttırılabilir (BARTHOLOMEW and CLARK 1965) ve pH gibi toprak koşulları değiştirilirse diğer besin maddelerinin konsantrasyonları değişebilir (PEARSON and ADAMS 1967). Topraktaki besin maddesi konsantrasyonları, ağaç tarafından alınan besin maddesi miktarının, toprağın verdiği kadar daha fazla olması durumunda da değişebilir (HEIBERG et al. 1959). Bununla beraber ağaç türleri ve toprakların karşılaştırılması için tablo 3'deki veriler kul-

lanılabilir. Türler arasındaki farklılıklar açıktır. Üretim sonucunda götürülen besin maddeleri yüzdesi en az *Pinus banksiana* Lamb. türünde, en fazla ise kavak türündedir. Besin maddelerindeki farklılıklar da belirgindir. Yetiştirme ortamından uzaklaştırılan P ve K yüzde-leri, diğer besin maddelerinden daha fazladır. Bu durum, sözkonusu besin maddelerinin potansiyel durumunda bir azalma olacağını göstermektedir, fakat aynı zamanda bu, topraktaki daha az çözünebilir formlardan serbest kalan P ve K oranına bağlı olacaktır. Orman topraklarındaki besin maddelerinin çözünebilirliği oranları hakkındaki bilgilerimiz sınırlıdır. Bu durumda, bir yetiştirme ortamından uzaklaştırılan besin maddeleri için anlamlı açıklamalar yapmak güçtür.

Üst tabakada ortalama yıllık besin maddesi birikimi Ca hariç, tarımsal ürünlerdeki ve orman fidanlıklarındaki besin maddesi birikiminden çok azdır (Tablo 4). Tarım bitkilerinden elde edilen yüksek ürünün yalnızca, yetiştirme ortamına, besin maddeleri verilmesi ile sağlanabileceğini belirtmek gerekir. Uzun süreli çalışmalar, eğer besin maddeleri verilmezse, buğday ve mısır ürününün bir acer'de 10-20 bushel olarak sabit kaldığını göstermiştir (1 buhsel/acre = 36, 37 dm²/0,405 ha) MILLER and HUDELSON 1921; RUSSEL 1961; UNIVERSITY OF ILLIONIS 1960). Eğer buğday ve mısır ürününün, tablo 4'de verilen besin maddesi alımı değerleri, uzun süreli-besin maddesi verilmeyen bir sisteme uygun şekilde dönüştürülürse, bu çalışmadaki kavak ağaçlarının, tarım ürünlerinden daha fazla Ca, yaklaşık aynı miktarda K, yarısı kadar N ve Mg ve 1/4'ü kadar P aldığını buluruz. En verimli topraklar daima tarımsal amaçlar için kullanılır. Daha zayıf olanlar ise ormanlara bırakılır. Ağacın tamamının veya toprak üstü kısmının hasat çalışmaları, yetiştirme ortamındaki besin maddelerinin, özellikle Ca'un azalmasına neden olur. RENNIE (1955) Avrupa'daki orman ağaçlarının fazla miktarda Ca aldığını belirtmiş ve İngiltere'deki calluna toprakları üzerinde bulunan *Pinus sylvestris* (L.) meşcereleri tarafından toprak Ca'un uzaklaştırılmasının sonraki rotasyonda ağaç büyümesinin azalmasına neden olduğunu ifade etmiştir.

Hasat ile besin maddelerinin uzaklaştırılması sonucu toprağın fakirleşip fakirleşmeyeceği, bu kayıpların, yağış, minerallerin ayrışması ve N fiksasyonu gibi besin maddeleri girdileri ile dengelenip dengelenemeyeceğine bağlıdır. Ilıman bölgelerde yağış ile besin maddesi girdileri değişkendir (WEETMAN and WEBBER 1972). Ancak besin maddesi girdileri, tablo 4'de gösterildiği gibi genellikle ağaçta biriken miktarlarla aynı büyüklüktedir. Bununla beraber, büyüme mevsiminin dışında düşen yağış ile toprağa ulaşan besin maddeleri sızıntı suyu ile yitirilebilir. Washington'da (COLE et al. 1967), New Hampshire'de (LIKENS et al 1970, HOBBIIE and LIKENS 1973) ve Minnesota'daki (TIMMONS et al. 1977, WERRY and TIMMONS 1977) olgun orman ekosistemlerinde yağış ile besin maddesi girdisi ve kök zonundan aşağılara gidişi ölçülmüştür (Tablo 5). Bu sistemlerde, sızıntı suyu ile ortamdaki uzaklaştırılan Ca ve Mg miktarı yağış suları ile ortama girenlerden daha fazladır, buna karşın N ve P kaybı daha azdır (Tablo 5). Denitrifikasyon ile meydana gelen N kaybının miktarı bilinmemektedir. Potasyum, iki yetiştirme ortamında net bir azalma ve birinde ise bir miktar artış göstermektedir. Sızıntı suyu ile yitirilen katyonların bir bölümü, ayrışma sonucu ortaya çıkanlar ile tekrar dengelenir. Johnson et. al. (1968), kaba bir tahminle Ca, Mg ve K için sırasıyla 8 kg/ha/yıl, 8 kg/ha/yıl ve 4 kg/ha/yıl değerlerini bulmuştur. Toprakta uzun süre içinde meydana gelen değişimler sonucunda, ılıman zondaki alanlarda temel katyonlar toprak sisteminden yıkanır. Bunun tersine, N içeriği atmosferik fiksasyon nedeniyle önemli oranda artabilir (NUTMAN 1965, JENSEN 1965) ve yıkanma oranının, diğer besin maddelerine göre daha az olması nedeniyle P yüzdesi de yükselebilir.

Kalsiyum, birçok tarımsal ürünlerle karşılaştırıldığında, büyük oranlarda birikmesi nedeniyle orman ekosistemlerinde temel bir besin maddesi olarak görünmektedir. Kavak ve

Tablo 4.

Toprak üstü vejetasyonda yıllık ortalama besin maddesi birikimi (kg/ha/yıl)

Türler	Yaş	Yetiştirme ortamı kalitesi (a)	Besin elementleri					Kaynaklar
			N	P	K	Ca	Mg	
Kavak	40	22,9	9,2	1,2	7,2	21,4	1,4	Bu çalışma
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss	40	18,3	9,6	1,4	5,7	18,0	1,0	Bu çalışma
<i>Pinus resinosa</i> Ait.	40	20,7	8,6	1,0	4,4	7,3	1,4	Bu çalışma
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	40	21,3	6,5	0,6	2,4	5,0	0,9	Bu çalışma
Kavak	47	22,9	4,4	0,5	2,3	9,4	0,9	BOYLE and EK 1972
<i>Pinus banksiana</i> Lamb.	30	18,3-19,8	6,5	0,5	3,2	4,2	0,7	MORRISON 1973
Orman fidanlığı	1-3	—	50,0	0,7	25,0	15,0	—	STOECKELER and ARNEMAN 1960
Buğday (tane)	1	40	50	11	13	1	6	FOTH and TURK 1972
Mısır (tane)	1	150	135	23	33	16	20	FOTH and TURK 1972

a) Yetiştirme ortamı kalitesi, ağaçlar için 50 yaşındaki yetiştirme ortamı indeksi değeri (metre), tarım ürün-

leri için bushels/acre'dir (1 bushel/acre = 36, 37 dm³/0,405 ha).

Tablo 5.

Atmosferik olaylarla orman ekosistemine besin maddesi girdileri ve yıkanma ile meydana gelen kayıplar (kg/ha/yıl)

Besin elementi	Washington a)		New Hampsire b)		Minnesota c)	
	Atmosferden eklenen	Yıkanma ile eksilen	Atmosferden eklenen	Yıkanma ile eksilen	Atmosferden eklenen	Yıkanma ile eksilen
N	1,1	0,6	7,8	3,0	6,3	2,2
P	—	—	0,1	0,02	0,49	0,26
K	0,8	1,0	0,8	2,4	3,9	3,3
Ca	2,8	4,5	3,0	12,2	4,8	6,5
Mg	—	—	0,8	3,4	1,3	1,9

a) COLE et al. 1967.

b) LIKENS et al. 1970; HOBBIIE and LIKENS 1973.

c) TIMMONS et al. 1977; VERRY and TIMMONS 1977.

lâdin türleri, çam türlerine oranla, bitkisel kütlesi içinde daha fazla, yüzey topraklarında ise daha az Ca içerirler (Tablo 2). Kavak ve lâdin meşcereleri altındaki toprakta, düşük Ca konsantrasyonları, pH değerlerinin düşük olmasına neden olur. Bu durum toprağın reaksiyonu ve bazı besin maddelerinin kullanılabilirliği üzerinde etkili olabilir. Orman ürünlerinin, tarımsal ürünlere oranla daha fazla miktarda Ca aldığı gerçeği, mikro besin maddelerinin bazılarının da ormanlar tarafından büyük miktarlarda kullanılabileceğini görmek için, bu besin maddeleri üzerinde çalışmalar yapmak gerektiği fikrini vermektedir. Orman topraklarının mikro besin maddesi konsantrasyonları hakkındaki bilgilerimiz azdır.

Ağaç türlerinin besin maddelerine olan gereksinimleri kadar, orman ekosistemlerindeki fiksasyon oranları, ayrışma miktarı ve organik madde mineralizasyonu hakkındaki bilgilerimiz henüz tamamlanmamıştır, bu nedenle odun hasadı sonucu besin maddelerinin götürülmesinin yetiştirme ortamına olan etkisi hakkındaki tartışmalar bu aşamada yapılamaz. Bununla beraber, bu çalışmada ele alınan dört ağaç türünde biriken besin maddelerinin miktar ve dağılımında farklılıkların bulunduğu ve bu farklılıkların anlamlı olduğu hakkında elde edilen sonuçlar açıktır. Ayrıca, ağacın toprak üstü kısmının tamamen uzaklaştırılması sonucu, yetiştirme ortamından sadece gövde odununun uzaklaştırılmasına oranla 2-11 kat daha fazla (ağaç türü ve besin maddesine bağlı olarak) miktarda besin maddesi götürüleceği de açıktır. Belirli bir gövde odunu miktarıyla ilişkili olarak yaprak, dal ve kabuk miktarı kontrollü bir dikim aralığı uygulanması ile azaltılabilir. (SINGER and HUTNIK 1966, STIELI 1966). Dikim aralıklarının uygun bir şekilde düzenlenmesi ile ürüne zarar vermeksizin besin maddesi kaybını azaltmak olanaklar içinde olabilir.

Orman işletmecilerinin ürünü arttırma amacı ile yaptıkları daha entansif ormancılık çalışmaları sonucu, çok kere, besin maddelerinde bir azalma sözkonusu olabilecektir. Bu nedenle, farklı yetiştirme ortamlarının besin maddesi sağlama potansiyelini hesaplayabilmek için çok sayıda araştırma yapmaya gereksinim vardır. Ürün miktarı ya gübreleme ile arttırılabilir ya da yetiştirme ortamının doğal potansiyelini dengede tutacak tür seçimi, yararlanma derecesi, uygun rotasyon uzunluğunun kullanılması ve diğer orman amenajmanı seçenekleri önerilebilir.

Teşekkürler

Bu çalışmada kullanılan meşcerelerin kurulmasındaki çalışmalarını için Hardy L. SHIRLEY'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

ALLISON, L. A., BOLLEN, W. B., and MOODIE, C. D., 1965. Total carbon. In *Methods of soil analysis. Part 2. Edited by C. A. BLACK. Agronomy, 9 : 1346-1378.*

ART, H. W., and MARKS, P. L., 1971. Summary table of biomass and net annual primary production in forest ecosystems of the world. In *XV Int. Union For. Res. Organ. Congr. Proc. Forest biomass studies. Edited by H. E. YOUNG. pp. 1-32.*

BARTHOLOMEW, W. V., and CLARK, F. E. (Editors), 1965. Soil nitrogen. *Agronomy, 10.*

BASKERVILLE, G. L., 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Can. J. For. Res. 2 : 49-53.*

BOYLE, J. R., and EK, A. R., 1972. An evaluation of some effects of bole and branch pulpwood harvesting on site macronutrients. *Can. J. For. Res. 2 : 407-412.*

BRAY, J. R., and DUDKIEWICZ, L. A., 1963. The composition, biomass and productivity of two *Populus* forests. *Bull. Torrey Bot. Club, 90 : 298-308.*

BREMNER, J. M., 1965. Total nitrogen: regular macrokjeldahl method. In *Methods of soil analysis. Part 2. Edited by C.A. BLACK. Agronomy, 9 : 1162-1164.*

BROADBENT, F. E., 1965. Organic matter. In *Methods of soil analysis. Part 2. Edited by C.A. BLACK. Agronomy, 9 : 1397-1400.*

COCHRAN, W. G., 1963. *Sampling techniques. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York.*

COLE, D. W., GESSEL, S. P., and DICE, S. F., 1967. Distribution and cycling of nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium in a second-growth Douglas fir ecosystem. In *Primary productivity and mineral cycling in natural ecosystems. Symp. Proc. Edited by H. E. YOUNG, pp. 198-232.*

FOTH, H. D., and TURK, L. M., 1972. *Fundamentals of soil sciences. 5th ed. John Wiley and Sons, New York.*

- HEIBERG, S. O., LEYTON, L., and LOEWENSTEIN, H., 1959. Influence of potassium fertilizer level on red pine planted at various spacings on a potassium-deficient site. *For. Sci.* 5 : 142-153.
- HOBBIE, J. E., and LIKENS, G. E., 1973. Output of phosphorus, dissolved organic carbon, and fine particulate carbon from Hubbard Brook Watersheds. *Limnol. Oceanogr.* 18 : 734-742.
- JACKSON, M.L., 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- JENSEN, H.L., 1965. Nonsymbiotic nitrogen fixation. In *soil nitrogen*. Edited by W. V. BARTHOLOMEW and F. E. CLARK. *Agronomy*, 10 : 436-480.
- JOHNSON, N. M., LIKENS, G. E., BORMANN, F.H., and PIERCE, R. S., 1968. Rate of chemical weathering of silicate minerals in New Hampshire. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32 : 531-545.
- JURGENSEN, M.F., and LEAF, A. L., 1965. Soil moisture-fertility interactions related to growth and nutrient uptake of red pine. *Soil. Soc. Am. Proc.* 29 : 294-299.
- KEEVES, A., 1966. Some evidence of the loss of productivity with successive rotation in *P. radiata* in southeast of South Australia. *Aust. For.* 30 : 51-63.
- KITTREDGE, J., 1934. Evidence of the rate of forest succession on Star Island, Minnesota. *Ecology*, 15 : 24-35.
- LEAF, A.L., LEONARD, R.E., WITTEWER, R.F., BICKELHAUPT, D.H., 1975. Four-year growth response of plantation red pine to potash fertilization and irrigation in New York. *For. Sci.* 21 : 89-96.
- LIKENS, G.E., BORMANN, F.H., JOHNSON, N.M., FISHER, D.W., and PIERCE, R.S., 1970. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook Watershed ecosystem. *Ecol. Monogr.* 40 : 23-47.
- LUTZ, H.J., and CHANDLER, JR. R.F., 1946 : *Forest soils*, John Wiley and Sons, New York.
- MADGWICK, H.A.I., WHITE, E.H., XYDIAS, G.K., and LEAF, A.L., 1970. Biomass of *Pinus resinosa* in relation to potassium nutrition. *For. Sci.* 16 : 154-159.
- MILLER, M.F., and HUDELSON, R.R., 1921. Thirty years of field experiments with crop rotation, manure, and fertilizers. *Univ. Mo., Coll. Agric., Agric. Exp. Stn., Bull.* 182.
- MORRISON, I.K., 1973. Distribution of elements in aerial components of several natural jack pine stands in northern Ontario. *Can. J. For. Res.* 3 : 170-179.
- NUTMAN, P.S., 1965. Symbiotic nitrogen fixation. In *soil nitrogen* Edited by W. V. BARTHOLOMEW and CLARK, F.E., *Agronomy*, 10 : 360-383.
- NYE, P.H., and GREENLAND, D.J., 1960. The soil under shifting cultivation. *Commonw. Bur. Soils Tech. Commun.* 47.
- OVINGTON, J.D., 1956. The form, weights and productivity of tree species grown in close stands. *New Phytol.* 55 : 289-304.

- OVINGTON, J. D., 1962. *Quantitative ecology and the woodland ecosystems concept*. Edited by J. B. CRAGG. *Adv. Ecol. Res.* 1 : 103-192.
- PEARSON, R.W., and ADAMS, F. (Editors), 1967. *Soil acidity and liming*. *Agronomy*, 12.
- PETERSON, E.B., CHAN, Y.H., and CRAGG, J.B., 1970. Aboveground standing crop, leaf area, and caloric value in an aspen clone near Calgary, Alberta, *Can. J. Bot.* 48 : 1459-1469.
- POLLARD, D.F.W., 1972. Aboveground dry matter production in three stands of trembling aspen. *Can. J. For. Res.* 2 : 27-33.
- RENNIE, P.J., 1955. The uptake of nutrients by mature forest growth. *Plant Soil*, 7 : 49-95.
- RENNIE, P.J., 1957. Uptake of nutrients by timber forest and its importance to timber production in Britain. *Q.J. For.* 51 : 101-115.
- RUSSELL, E. W., 1961. *Soil conditions and plant growth*. 9th ed. John Wiley and Sons, New York.
- SCHLAEGEL, B.E., 1975. Yields of four 40-year-old northern conifers and aspen in adjacent stands. *Can. J. For. Res.* 5 : 278-280.
- SIMONSON, R.W., 1970. Loss of nutrient elements during soil formation. In *Nutrient mobility in soils: accumulation and losses*. Edited by ENGELSTAD, O.P. *Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ.* 4 : 21-45.
- SINGER, F.P., and HUTNIK, R.J., 1966. Accumulation of organic matter in red pine and Norway spruce plantations at various spacings. *Penn. State Univ. Res. Briefs*, 1 : 22-28.
- SOIL SURVEY STAFF, 1975. *Soil taxonomy. A basic soil classification for making and interpreting soil surveys*. U.S. Dep. Agric. Soil Conserv. Serv. *Agric. Handb.* 436.
- STIELL, W.M., 1966. Red pine crown development in relation to spacing. *Can. Dep. For. Publ. No.* 1145.
- STOECKELER, J. H., and ARNEMANN, H.F., 1960. Fertilizers in forestry. *Adv. Agron.* 12 : 127-195.
- STONE, E.L., and WILL, G.M., 1965. Nitrogen deficiency of second generation radiata pine in New Zealand. In 2nd N. Am. For. Soils Conf. *Proc.* Edited by C. T. YOUNGBERG. pp. 117-139.
- TENNESSE VALLEY AUTHORITY, 1968. *Forest fertilization-theory and practice*. *Natl. Fert. Dev. Cent., Muscle Shoals, Alabama*.
- TIMMONS, D.R., VERRY, E.S., BURWELL, R.E., and HOLT, R.F., 1977. Nutrient transport in surface runoff and interflow from an aspen-birch forest. *J. Environ. Qual.* 6 : 188-192.
- UNIVERSITY OF ILLINOIS, 1960. *The morrow plots*. *Dep. Agron. Coll. Agric. Circ.* 777 (Plus 1965 supplement).

VERRY, E.S., and TIMMONS, D.R., 1977. *Precipitation nutrients in the open and under two forests in Minnesota. Can. J. For. Res.* 7 : 112-119.

WEETMAN, G.F., and WEEBER, B., 1972. *The influence of wood harvesting on the nutrient status of two spruce stands. Can. J. For. Res.* 2 : 351-369.

WHYTE, A.G.D., 1973. *Productivity of first and second crops of Pinus radiata on the Moutere gravel soils of Nelson. N.Z.J. For.* 18 : 87-103.

WITWER, R.F., LEAF, A.L., and BICKELHAUPT, D.H., 1975. *Biomass and chemical composition of fertilized and/or irrigated Pinus resinosa Ait. Plantations. Plant Soil*, 42 : 629-651.

ZAVITKOVSKI, J., 1971. *Dry weight and leaf area of aspen trees in northern Wisconsin. In XV. Int. Union For. Res. Organ. Congr. Proc. Forest biomass studies. Edited by H.E. YOUNG, pp. 193-205.*