

OREGON VE WASHINGTON'DAKİ MELEZ MEŞCERELERİNİN BONİTET ENDEKSİ, BOY BÜYÜMESİ, NORMAL HASILATI VE AĞAÇ SERVETİ¹⁾

P.H. COCHRAN²⁾

Kısa Özet

Oregon ve Washington'daki aynı yaşlı melez meşcerelerinin m³ cinsinden hasılatı Idaho ve Montana'daki melez meşcerelerinin hasılatına yakındır. Bonitet göstergesi, 0,2 acre'lık deneme alanlarında boyları 50-110 feet arasında değişen ve 1,30 m.'deki yaşı 50 olan en uzun ağaçların boylarından elde edilmiştir. Bu değerler, 50 yaşındaki dominant ve kodominant ağaçların ortalama boyuna bağlı olarak 30 feet'den 90 feet'e kadar olan bonitet göstergesiyle aynı değere sahiptir. Ağaçlar piyasa isteklerine uygun boyutlara ulaşıncaya kadar göğüs yüzeyinin % 45 ile % 75 arasında muhafaza edilmesi önerilir.

GİRİŞ

Batı melezi (*Larix occidentalis* Nutt.), Oregon ve Washington'un Cascade Bölgesi'nin doğusundaki karışık iğne yapraklı ormanlarda bulunan önemli bir ağaç türüdür.

Melez, Washington'daki Cascade ve Oregon'un kuzeyindeki doğu yamaçları boyunca, Oregon'daki Ochoco Dağları'nda, Washington'un güneydoğusu ve Oregon'un kuzeydoğusundaki Wallowa ve Mavi Dağlarda ve Washington'un kuzeydoğusundaki Okanogan Highland'de yetişmektedir. Melez saf olarak veya Douglas Göknaarı (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco), Büyük Sahil Göknaarı (*Abies grandis* (Dougl. ex D. Don) Lindl.), Engelman Lâdini (*Picea engelmannii* Parry ex Engelm.), Lodgepole Çamı (*Pinus cocorta* Dougl. ex Loud.) ve Batı Sarıçamı (*Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws) ile karışım yapan bir türdür.

Son yıllarda kuzeybatıdaki melezlerde *Coleophora laricella* (Hubner) görülmeye başlamıştır. Şu anda bazı doğal ve sonradan gelip yerleşen parazitler *Coleophora laricella*'yı kontrol altında tutmuş gibi görünmektedir.

Melez kolaylıkla yetiştirilebilir ve hızlı büyüme özelliğine sahiptir. Muhtemelen gelecek 10 yıl içinde *Coleophora Laricella*'nın kontrol altına alınmasıyla melez, Oregon ve Washngiton'daki ormanlarda en önemli türlerden biri olacaktır.

Batı Melezi konusunda yapılan araştırmaların çoğu Montana ve Idaho'da gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalardan çoğunun özeti Teknik Bülten 1520'de yer almıştır (Schmidt and others 1976).

Bu araştırma, Oregon ve Washginton'daki doğal meşcerelerden toplanan verilerden aynı yaşlı melez meşcereleri için elde edilen bonitet göstergesi ve boylanma eğrilerini göstermektedir. Bonitet göstergesi değerlerinin Teknik Bülten 1520'deki değerlere uygulanabilmesi için gerekli denklemler verilmiştir. Teknik Bülten 1520'de yer alan meşcereler içinnormal göğüs yüzeyi ve hacmi veren denklemleri Oregon ve Washington'da kullanmak uygun görünmektedir. bu uygunluğun denemesi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak aynıyaşlı melez meşcerelerinin amenajman planlarının düzenlenmesinde kullanılmak üzere dikili ağaç servetine ait eğriler verilmiştir.

BONİTET GÖSTERGESİ VE BOYLANMA EĞRİLERİ

Bonitet göstergesi eğrileri orman alanının potansiyel verimliliğini göstermek için kullanılır. Bonitet göstergesi eğrileri göğüs yüksekliğindeki yaşı 50 olan en uzun ağacın boyunu göstermektedir. Boylanma eğrileri, verilen bonitet sınıfındaki en uzun ağaçların ortalama boy büyümesini göstermektedir. Boylanma eğrileri, verilen bonitet sınıfındaki en uzun ağaçların ortalama boy büyümesini göstermektedir. Boylanma eğrileri, hasılat tablosunun hazırlanmasında kullanılmakta fakat ölçülen boy ve yaşlara göre bonitet göstergesi istenen doğrulukta saptanamamaktadır (Curtis and others 1974).

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Araştırmada kullanılan yöntemin esasları Cochran (1979 b) tarafından açıklanmış ve Barrett (1978) ve Dahms (1975) tarafından kullanılan yöntemlere benzemektedir. Yöntemin temeli Curtis and others (1974) tarafından önerilmiş ve bir örneği ekte verilmiştir.

Standart yaş 50 olarak alınmıştır (ağacın 1.30 daki yaşı). Burada, bonitet göstergesi 0,2 acre'lik deneme alanındaki yaşı 50 olan (1,30 daki) en uzun ağacın boyu olarak tanımlanmıştır. Eğrilerin elde edilmesinde Oregon'daki 18 ve Washington'daki 5 deneme alanına ait gövde analizi verileri kullanılmıştır. İçinde duglas göknaarı ve büyük sahil göknaarı bulunan deneme alanlarından bazıları daha önceki çalışmalarda (Cochran 1979 a, 1979 b, 1979 c) deneme alanı olarak kullanılmıştır. 0,2 acre'lik her deneme alanında duglas göknaarı ve büyük sahil göknaarının boyuna eşit veya onlardan daha uzun en az bir adet batı melezi bulunmaktadır. Dominant durumdaki bu melezlere ait gövde analizlerinin incelenmesi sonucunda, meşcere hayatı boyunca melezin bu dominantlığını sürdürdüğü görülmüştür. Eğrilerin elde edilmesinde kullanılan deneme alanlarının çoğunda en az üç adet dominant durumda melez bulunmaktadır ve 0,2 acre'lik deneme alanlarının bazıları saf veya saf yakın melez meşcerelerinden seçilerek alınmıştır. Bonitet göstergesi ve boylanma eğrilerinin elde edilmesi için seçilen deneme alanlarının özellikleri Cochran tarafından (1979 b)'de verilmiştir. Özet olarak bu deneme alanları aynıyaşlı ve müdahale görmemiş kapalı ve tam kapalı durumdaki meşcerelerden seçilmiştir. Baskı altında bulunan ağaçların sayısı çok az ve ağaçlar arasın-

1) Bu yazı "Site index, height growth, normal yields, and stocking levels for larch in Oregon and Washington" ismi ile Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station tarafından Mayıs 1985'te PNW-424 No'lu Research Note olarak yayınlanmıştır ve İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Amenajmanı Bilim Dalı Araştırma Görevlisi Ahmet YEŞİL tarafından dilimize çevrilmiştir.

2) P.H. COCHRAN Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, 1027 N.W. Trenton Avenue, Bend, Oregon 97701'deki Silvikültür Laboratuvarı'nda Toprak uzmanıdır.

da dominant ağaçların boy büyümesini azaltacak bir mücadele gözlenmemiştir. Dominant ağaçlar da ne dar yıllık halka oluşumuna, ne de tepe hasarını gösteren bir bulguya rastlanmamıştır. Gövde analizlerinde belirlenen boy büyümesindeki ani düşüşlerden dolayı bazı deneme alanları araştırmaya dahil edilmemiştir. Örnekler alınırken tesbit edilemeyen fakat daha sonra gövde analizlerinin incelenmesiyle ortaya çıkan boy büyümesindeki ani duraklama nedeniyle bu deneme alanları kabul edilmemiştir.

Her deneme alanında en fazla 5 adet melez ağacı kesilerek 1 foot, 4.5 feet (göğüs yüksekliği), 10 feet'te ve daha sonra da 10 foot'luk aralıklarla gövde seksiyonlara ayrılmıştır. Her seksiyondaki yıllık halkalar sayılarak uygun yükseklikler için kaydedilmiştir. Her deneme alanında kesilerek seksiyonlara ayrılan ağaçların göğüs yaşının bir fonksiyonu olarak milimetrik kağıt üzerine boy gelişimini ve bir ağacın her yaşta dominant durumda olup olmadığını görmek için hepsinin grafikleri aynı grafik kağıdı üzerine çizilmiştir. Maksimum boya ulaşmış yaşlı ağaçlardaki değişikliklere duglas göknarı ve gümüşü göknar veya büyük sahil göknarı (Cochran 1979 b, 1979 c) ve aynı zamanda lodgepole çamında (Dahms 1963) rastlanmış fakat bu araştırmada böyle değişiklikler sadece birdeneme alanındaki melezlerde görülmüştür. Bütün ağaçlara ait boylanma eğrileri elle çizilmiştir. Her deneme alanında, on yıllık yaş aralığındaki en yüksek noktalar bonitet göstergesinin ve boylanma eğrilerinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Her deneme alanının bonitet göstergesi, göğüs yüksekliğindeki yaşı 50 olan en uzun ağacın boy değeridir. Bu değer, her deneme alanı için göğüs yüksekliğindeki yaşa ve boya göre çizilen grafikten alınmıştır.

SONUÇLAR

Deneme alanlarının hangi bonitet göstergesine sahip olduğu aşağıdaki çizelgede görülmektedir:

Deneme alanı sayısı	Bonitet göstergesi (feet)
1	48-59
5	60-69
5	70-79
7	80-89
4	90-99
1	100-110

Bonitet göstergesi ortalaması 78,1 feet'tir. Göğüs yüksekliğindeki yaşı 100'ü aşan deneme alanı sayısı az olduğu için eğrilerin göğüs yüksekliğindeki yaşı 100 veya daha az olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 1).

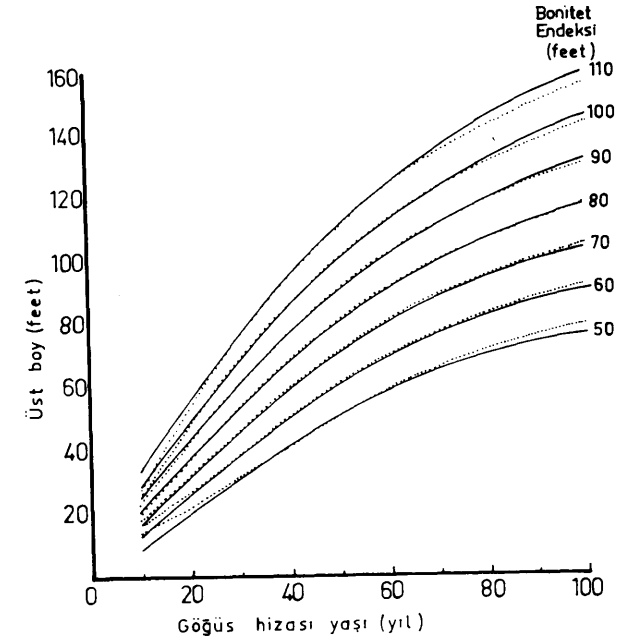
Bonitet Göstergesinin Tahmini

Meşcere bonitet göstergesinin tahmini için aşağıda verilen işlem sırasının izlenmesi gerekmektedir.

A- Aşağıdaki özelliklere sahip uygun deneme alanları seçilir.

- (1) Aynıyaşlı olmalı (Meşcere tek tabakalı olmalı ve daha önceki meşcereden arta kalan bir şey bulunmamalıdır).
- (2) Baskı altında büyümemiş olmalı ve tepe hasarı bulunmamalıdır.

B- Önceden şekli belirlenen 0,2 acre'lık deneme alanının sınırları işaretlenir.



Şekil No: 1
Melez için bonitet göstergesi (kesiksiz çizgiler) ve boylanma eğrileri (noktalı çizgiler).

- C- Deneme alanındaki en uzun üç ağacın boyları ölçülür.
- D- Bu ağaçların göğüs hizası yaşını saptamak için artım kalemleri alınır.
- E- Her ağacın bonitet göstergesi değerini saptamak için göğüs hizasındaki yaşı ve boyu kullanılır.
- (1) Kaba bir tahmin için Şekil 1'deki bonitet göstergesi eğrileri kullanılır.
- (2) Bonitet göstergesi = 4,5 feet+a+b (boy-4.5 feet). (1)
1 nolu eşitliği çözmek için Tablo 1'deki uygun a ve b değerlerini kullanarak daha hassas bir tahmin yapılabilir.
- (3) Ek'te verilen uygun eşitliklerden biri hesap makinası yardımıyla çözülebilir.
- F- Saptanan üç değerden en yüksek olanı deneme alanı için bonitet gösterge değeri olarak kaydedilir.

Batı melezi kadar Duglas göknarı ve Büyük sahil göknarı bulunan aynı yaşlı meşcerelerden alınacak deneme alanları için türler dikkate alınmaksızın en uzun 3-5 ağaç örnek olarak alınmalıdır. Duglas göknarı ve Büyük sahil göknarının bonitet göstergeleri Cochran tarafından (1979 b, ve 1979 c)'de açıklandığı şekilde saptanmalıdır. Deneme alanlarının bonitet göstergesi, türler dikkate alınmadan saptanan en yüksek bonitet göstergesidir. Ağaç türlerine göre eğrilerin şeklinin farklı olmasına rağmen aynı yetişme ortamında göğüs yüksekliğindeki yaşı 50 olan üç ağaç türünde muhtemelen önemli bir fark bulunmamaktadır.

Tablo: 1 - Melez için Bonitet Göstergesinin Hesaplanmasında Kullanılan a ve b Değerleri ⁽¹⁾

	0		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
10	35.486	2.475	32.952	2.393	30.505	2.314	28.486	2.238	26.432	2.166	24.583	2.097	22.88	2.031	21.311	1.968	19.867	1.907	18.539	1.85
20	17.317	1.795	16.193	1.743	15.158	1.693	14.204	1.646	13.323	1.601	12.508	1.558	11.752	1.517	11.049	1.479	10.392	1.442	9.776	1.408
30	9.194	1.375	8.644	1.344	8.119	1.314	7.616	1.287	7.131	1.261	6.660	1.236	6.201	1.213	5.751	1.191	5.307	1.170	4.868	1.151
40	4.431	1.132	3.996	1.115	3.560	1.099	3.124	1.083	2.687	1.069	2.248	1.056	1.043	1.807	1.365	1.031	.920	1.020	.475	1.010
50	0	1.00	-.417	.990	-.862	.981	-1.305	.973	-1.745	.965	-2.181	.958	-2.612	.951	-3.036	.949	-3.452	.938	-3.859	.931
60	-4.256	.925	-4.641	.920	-5.013	.914	-5.371	.909	-5.713	.904	-6.039	.898	-6.347	.893	-6.637	.888	-6.907	.883	-7.156	.878
70	-7.384	.874	-7.590	.869	-7.775	.864	-7.936	.859	-8.074	.854	-8.199	.849	-8.282	.844	-8.352	.839	-8.399	.834	-8.425	.829
80	-8.429	.823	-8.413	.818	-8.377	.813	-8.323	.807	-8.253	.802	-8.167	.797	-8.067	.791	-7.956	.786	-7.836	.780	-7.708	.775
90	-7.576	.770	-7.441	.764	-7.308	.759	-7.179	.754	-7.057	.749	-6.849	.744	-6.849	.740	-6.772	.735	-6.717	.731	-6.690	.727
100	-6.695	.723																		

(1) Bonitet göstergesini tesbit etmek için örnek ağacın göğüs yaşındaki uygun a ve b değeri seçilir. Bu değerler Bonitet Göstergesi-4.5 feet=a+b (Boy- 4.5 feet) eşitliğindeki yerlerine koyulur. Örneğin ağacımızın göğüs yüksekliğindeki yaşı 48 ve boyu 60 feet olsun, bu durumda formüldeki yerine koyarsak S-4.5 = 0.920+1.020 (60-4.5) olacak ve bonitet endeksi 62.0 feet olarak bulunacaktır.

Aynı deneme alanında 50 yaşında olan üç türün boy büyümesindeki farklılıklar, ya daha genç ağaçların yapmış olduğu baskıdan veya bazı ağaçlarda meydana gelen tepe hasarları sonucu ortaya çıkmış olabilir.

Oregon ve Washington'da Batı melezine ait bonitet gösterge değerlerinin alt sınırı 50 feet olarak alınmıştır. Tahmin yöntemi daha düşük bonitet göstergesi veriyorsa bunun nedeni ya geçmişte meydana gelen tepe hasarı veya meşcere sıklığının yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Bu durum muhtemelen boy büyümesini azaltmıştır. En yüksek bonitet göstergeleri bölgenin büyük kısmında 110 feet'i aşmamaktadır.

Melez'in Bülten 1520'de verilen eğrilerle olan ilişkisi

Bülten 1520'deki (Schmidt and Others 1976) bonitet göstergesine ait eğriler için göğüs yüksekliklerindeki 50 yaş yerine 0,30 daki 50 yaş kullanılmıştır. Aynı zamanda bu bültendeki bonitet göstergesinde kullanılan boy, 0,2 acre'lık deneme alanındaki en uzun ağacın boyu da değildir. Oradaki boylar dominant ve kodominant ağaçların ortalama boyudur. Göğüs yüksekliğindeki yaşı tesbit etmek 0,30'daki yaşı tesbit etmekten daha kolaydır. 0,2 acre'lık deneme alanındaki en uzun tek ağaçların boyunu tesbit etmek, dominant ve kodominant ağaçların ortalama boylarını tesbit etmekten daha kolaydır. Ayrıca dominant ve kodominant ağaçların sayısı zamanla değişir. Bu yüzden gövde analizlerinden elde edilen bonitet göstergesi eğrileri, eğrilerde gösterilen maksimum yaştan daha genç olan dominant ve kodominant ağaçlara bağlı olarak elde edilecek bonitet göstergesi tesbitinde iyi bir sonuç vermeyecektir.

Bülten 1520'de değişken olarak yaş kullanılan eşitliklerde kütük yaşı (0,30) veya toplam yaş (A1) kullanılmıştır. Oregon ve Washington'daki bonitet gösterge değerleri (S) 54'ten 100 feet'e kadar sıralanmış, aynı yaşlı melez meşcerelerinin 10 deneme alanında en azından 5 dominant ve 5 kodominant ağacın kütük yaşı, ağacın dip kısmı kazılarak, ağaç dipten kesilerek ve yıllık halkaları sayılarak tesbit edilmiştir. Göğüs yüksekliğindeki yaş (A)da yıllık halkaların sayılmasıyla tesbit edil-

miştir. Dominant ve Kodominant ağaçlar için, 1,30 m.'ye ulaşması için gerekli olan ortalama yıl sayısı:

$$A1-A = 13.8 - 0.066 (S), \quad (2)$$

$$R^2 : 0.31'dir ve standart hata: 1.7 yıldır.$$

Bülten 1520, 30 - 80 arasındaki bonitet göstergesi değerlerini vermektedir. Oysa, 1970 yılında hazırlanan 1. Bölge (Kuzey Bölgesi) Ormanlık Hizmet Elkitabı, 30 - 90 feet arasındaki bonitet göstergesi değerlerini vermektedir.

Eğer 1. Bölgedeki 30 - 90 feet arasındaki bonitet göstergesi değerlerini (S1), Oregon - Washington verileri için tesbit edilen 50 - 110 feet arasındaki bonitet göstergesi değerleri (S)'ne eşit olduğunu varsaydıgımızda,

$$S - S1 + 20 \quad (3)$$

olur.

Bu varsayımın denenebilmesi için, eğrilerin elde edilmesinde kullanılan orijinal verilere ait bazı özet bilgiler Bülten 1520'den alınmıştır. Bu özetlerde kütük yaşı, bonitet göstergesi S1, her deneme alanı için 1 inç'lik çap kademelerindeki ağaç sayıları ve bu ağaçların ortalama boyları bulunmaktadır. En uzun melez ağaçlarının yer aldığı 86 deneme alanı seçilmiştir. Bu deneme alanlarındaki yaşlar 15-114 ve S1 değerleri 24-84 feet arasında yer almaktadır. Sonra her deneme alanı için 3 No'lu eşitlik yardımıyla S değeri hesaplanmış ve daha sonra 4.5 feet (1.30 m.)deki yaş, 2 No'lu eşitlik yardımıyla saptanmıştır. En uzun ağacın yaşı ile "Ekler" bölümünde verilen uygun bir eşitlik yardımıyla bonitet göstergesi hesaplanmıştır. Daha sonra S ile ifade edilen bu bonitet göstergesi, deneme alanı için verilen ve S ile ifade edilen bonitet göstergesiyle ilişkiye getirilmiştir. Sonuç:

$$\hat{S} = 1.058 (s1) + 17.93 \quad (4)$$

$$R^2: 0.81 ve standart hata: 7.5 feet'tir.$$

(3) No'lu denklem yardımıyla saptanan S ile S (\hat{S}_3) değeri arasındaki fark karelerin toplamı 86 deneme alanı için hesaplanmıştır. Bu fark kareleri toplamı ile (4) No'lu denklem yardımıyla elde edilen ve SS_4 sembolüyle gösterilen fark kareleri toplamı ortak hipotezi test etmek için kullanılmıştır:

$$F = ((SS_3 - SS_4) / 2) / (SS_4 / 84).$$

2 ve 84 serbestlik derecelerinde F = 0.2 olarak hesaplanmış ve böylece (3) No'lu denklem geçerli olarak kabul edilmiştir.

Normal Göğüs Yüzevi ve Hacim Denklemleri

Bülten 1520'de (Schmidt and Others 1976) verilen normal göğüs yüzevi ve hacim denklemlerinin doğruluğunu tesbit etmek için, Oregon ve Washington'daki melez meşcerelerinden gerekli verileri elde etmek için en az 0.2 acre'lık deneme alanlarından veya prizma noktalarından 154 adet örnek alınmıştır. 154 örneğin 116 tanesi aynı yaşlı 32 melez meşceresinden ve geri kalan diğer örnekler ise 2 acre'dan küçük aynı yaşlı melez meşcerelerinden seçilmiştir. Bütün deneme alanlarında, göğüs yüzeyinin en az % 60'ını melezler oluşturmaktadır. Her deneme alanında en uzun 3-5 ağacın boyu ve göğüs yaşı ölçülerek, bu ağaçlara ait bonitet göstergesi ek'te verilen uygun denk-

lem yardımıyla hesaplanmıştır. Bu şekilde elde edilen en uzun boy değeri deneme alanının bonitet göstergesi olarak saptanmıştır. Her deneme alanında en az üç adet dominant ve kodominant ağacın göğüs yaşları saptanıp ortalamaları alınarak elde edilen bu değer deneme alanının göğüs yüksekliğindeki yaşı olarak kullanılmıştır.

Deneme alanlarındaki bütün ağaçların çapları (D) ölçülmüş ancak her deneme alanında en az 15 ağacın çapı ölçülürken optik dendrometre kullanılmıştır. Dendrometre ile ölçülen ağaçların toplam kabuklu hacimleri (V), STX programından yararlanılarak hesaplanmıştır (Grosenbaugh 1964). $\ln V = a + b \ln D + C (\ln D)^2$ şeklindeki denklem her deneme alanı için saptanmış ve geri kalan diğer ağaçların hacimlerinin saptanmasında kullanılmıştır.

Prizma noktalarında sayılan her ağacın çapı ve boyu ölçülmüştür. Boy (H) ve göğüs çapına (D) göre hacmi (V) veren denklemler daha önceki çalışmamızdan (Cochran 1979a) aynen alınmıştır:

Türler	Denklemler	Ağaç Sayıları	R ²	Standart Hata
Larix accidentalis	$\ln V = -6.9499 + 1.6782 \ln D + 1.3287 \ln H$	133	0.994	0.096
Pseudotsuga menziesii	$\ln V = -5.8785 + 1.8357 \ln D + 1.0279 \ln H$	210	.997	.098
Abies grandis	$\ln V = -6.1860 + 1.7533 \ln D + 1.1684 \ln H$	202	.998	.096
Picea engelmannii	$\ln V = -5.77345 - 1.8507 \ln D + 1.0182 \ln H$	50	.998	.083
Pinus monticola	$\ln V = -6.1498 + 1.7048 \ln D + 1.1769 \ln H$	22	.995	.087
Pinus ponderosa	$\ln V = -6.0336 + 1.8715 \ln D + 1.0166 \ln H$	137	.996	.109
Pinus contorta	$\ln V = -5.4821 + 1.9249 \ln D + 0.9139 \ln H$	67	.989	.120

Bu denklemlerde yer alan \ln sembolü doğal logaritmayı V sembolü ile Smalian formülüne göre foot-küp cinsinden kabuklu hacmi ifade etmektedir. Bir acre'daki ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacim ve göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (D_g) her deneme alanı için saptanmıştır.

Toplam yaş (A1) göğüs yüksekliğindeki yaşa (A) ve Bülten 1520'deki bonitet göstergesi (S1) burada sunulan bonitet endeksine (S) dönüştürülmüştür. Her acre için feet-kare olarak normal göğüs yüzeyi ve Bülten 1520'de foot-küp olarak verilen toplam hacmin hesaplanmasında kullanılan denklemler

$$\ln BA = 5.2459 - 25.5667 / (A - 0.066 S + 13.8) + 0.008543 (S - 20) \quad (5)$$

$$\ln V = -7.03317 - 72.1299 / (A - 0.066 S + 13.8) - 3.07121 \ln (S - 20) + 2.38666 \ln (100 N) - 0.36349 (\ln 100 N) \quad (6)$$

dir. Yukarıdaki denklemlerde yer alan

$$N = \frac{\text{Gerçek göğüs yüzeyi}}{\text{eşitlik (5) deki normal göğüs yüzeyi}} \quad \text{dir.} \quad (7)$$

Yukarıda verilen denklemler 154 deneme alanının her birindeki göğüs yüzeyi ve hacmi hesaplamak için kullanılmıştır. Hesaplanan göğüs yüzeyleri gerçek göğüs yüzeyleri ile karşılaştırılmıştır. Hesaplanan hacimler ya lokal hacim denklemleri yardımıyla her deneme alanı için saptanan hacimlerle veya $\ln D$ ve $\ln H$ 'nin bağımsız değişken olarak kullanıldığı denklemler yardımıyla her deneme alanı için saptanan hacimlerle karşılaştırılmıştır. Lokal hacim denklemi veya D ve H yardımıyla bulunan bu hacimler gerçek hacimler olarak kullanılmıştır. 154 deneme alanına ait bonitet göstergesi 49.6 feetten 111 feet'e kadar sıralanmaktadır. Göğüs yüksekliğindeki yaşlar 14'ten 146'ya ve denklem (7)'deki N'ler ise 0.38'den 1.81'e kadar sıralanmaktadır.

Sonuç ve Tartışma

5 No'lu denklemin kullanılmasıyla 154 deneme alanı için göğüs yüzeyleri ortalamasında % 25.1'lik fazlalıkla karşılaşılmıştır. Gerçek ve hesaplanan ortalama göğüs yüzeyleri arasındaki fark % 33.8 olarak saptanmıştır. Göğüs yüzeyleri arasındaki bu farklar

$$\frac{\text{Gerçek Değer} + \text{Hesaplanan Değer}}{\text{Gerçek Değer}} \times 100$$

şeklinde verilen denklem yardımıyla hesaplanmıştır. Gerçek ve hesaplanan göğüs yüzeyleri arasındaki yüzde farkları bonitet göstergesi ve yaşla ilişkiye getiren regresyon analizi $R^2 = 0.14$ ve F_2 :

$$151 = 1.07 \text{ değerlerini vermiştir. } F = \frac{(\hat{Y} - Y)^2}{(Y_i - \bar{Y})} : \frac{n - k}{k - 2} \quad \text{olduğu bilinmektedir.}$$

$$N = \frac{154 \text{ ağacın gerçek göğüs yüzeyi}}{5 \text{ no'lu denklemden elde edilen normal göğüs yüzeyi}} = 0,87 \text{ olarak}$$

bulunmuştur.

154 deneme alanındaki gerçek hacim değerlerinin ortalaması 4.741 ft³/acre ve 6 no'lu eşitlik yardımıyla hesaplanan ortalama değer 4.500 ft³/acre olarak saptanmıştır. Hesaplanan değerler gerçek değerden ortalama % 4,3 daha düşük bulunmuştur. Gerçek ve hesaplanan değerler arasındaki ortalama fark % 11.2 olarak hesaplanmıştır. Bu farklılıklar bonitet göstergesinden kaynaklanmaktadır. Regresyon analizi, gerçek ve hesaplanan hacimler arasındaki yüzde farkları bonitet göstergesi ile ilişkiye getiren denklemin $R^2 = 0.087$ ve F_1 ; 152 = 14.5 değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu verilerin incelenmesi, melezin dışındaki türlerin yüzdesinin söz konusu deneme alanları için artan bonitet göstergesi değerleriyle birlikte arttığını göstermiştir.

Türler dikkate alınmadan tüm ağaçların hacimleri melez için verilen hacim denkleminde yararlanılarak hesaplandığında 154 deneme alanı için ortalama hacim 4.504 ft³/acre olarak bulunmuştur. Bu değer 6 no'lu denklem yardımıyla hesaplanan hacimlerden % 0.5 daha büyük bulunmuştur. Gerçek ve hesaplanan değerler arasındaki ortalama fark % 9.9'dur. Yüzde olarak verilen bu farklar ile bonitet göstergesi, yaş veya normal dağılım arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Gerçek ve hesaplanan hacimler arasındaki yüzde farkları S, A ve normal göğüs yüzeyi oranı (N) ile ilişkiye getiren regresyon analizi $R^2 = 0.03$ ve F_3 ; 150 = 1,6 değerlerine sahip bir denklem vermiştir.

Göğüs yüzeyinin hesaplanmasında elde edilen sonuçlar, Oregon ve Washington'dan alınan örneklerin çoğunluğunun Bülten 1520'deki normal değerlerden daha düşük sıklık derecelerine sa-

hip olduğunu göstermektedir. Bonitet göstergesi ve yaşla birlikte gerçek ve hesaplanan değerler arasında bir ilişkinin bulunmaması, Bülten 1520'de verilen normal göğüs yüzeyi denkleminin veya onun değişik bir şekli olan 5 no'lu denklemin Oregon ve Washington'da kullanılmaya uygun olduğunu göstermektedir. Hacmin hesaplanmasında kullanılan 6 no'lu denklem sıklığı hesaba katmaktadır. Bu denklemin kullanılması sonucunda hacmin beklenenden az olarak hesaplanması, deneme alanlarında hacmin hesaplanmasında kullanılan tek ağaç hacim denkleminde kaynaklanmaktadır. Bu denklemler diğer türlerde aynı çap ve aynı boy değerleri için melez denkleminin verdiği sonuçtan daha yüksek hacim değerleri vermiştir. Melez hacim denklemleri ve 6 no'lu denkleme göre hesaplanan değerler arasındaki küçük farklılıklar, 6 no'lu denklemin Oregon ve Washington'daki mezellerin toplam hacimlerinin hesaplanmasında kullanılabilceğini göstermektedir.

Hacim Eğrileri

1. Bölgedeki Orman İşletmesince, normal göğüs yüzeyinin % 45'inin ormanda bırakılacak şekilde aralama yapılması ve bir sonraki dönemde yapılacak kesimden önce, meşcere gelişmesinin normal göğüs yüzeyinin % 75'ine ulaşmasını sağlayacak önlemlerin alınması önerilmektedir. Meşcere baskısı ve bu yüzden meydana gelen doğl gövde ayrılmaları, yapacak odun üretecek olan yetişme ortamının mevcut potansiyelini azaltacağı için bu durumlardan kaçınılması da önerilmektedir. Bu varsayımın doğrulanabilmesi için ağaç serveti ile ilgili araştırmaların incelenmesi gerekmektedir.

Bir acre'daki ağaç sayısını (T/A) göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (Dg), bonitet göstergesi (S) ve göğüs yaşı (A) ile ilişkiye getiren regresyon analizleri yapılarak normal meşcereler için ağaç boyutlu, acre'daki ağaç sayısı ve acre'daki göğüs yüzeyi arasındaki ilişki elde edilmiştir. Regresyon analizi aynı zamanda göeüs yaşını, bonitet göstergesi, kareli orta çap ($\bar{d}_k = d_i^2/n$) ve dikili hacim göstergesi (N)'in bir fonksiyonu olarak saptamakta kullanılmıştır.

Hem yaş ve hem de bonitet göstergesinin kareli orta çapta olduğu gibi bir acre'daki ağaç sayısı ile aralarında önemli bir ilişki vardır:

$$\ln (T/A) = 10.001 - 1.7301 \ln Dg. \quad (8)$$

$$\ln (T/A) = 9.1273 - 1.74643 \ln Dg + 0,20978 \ln S. \quad (9)$$

$$\ln (T/A) = 6.73066 - 1.98897 \ln Dg + 0,5556 \ln S + 0,34049 \ln A \quad (10)$$

8, 9 ve 10 no'lu denklemlerin hata varyansı ve R^2 değerleri aşağıda gösterilmiştir.

Denklem	Hata varyansı	R2
8	0,00887	0,983
9	0,00702	0,986
10	0,00101	0,998

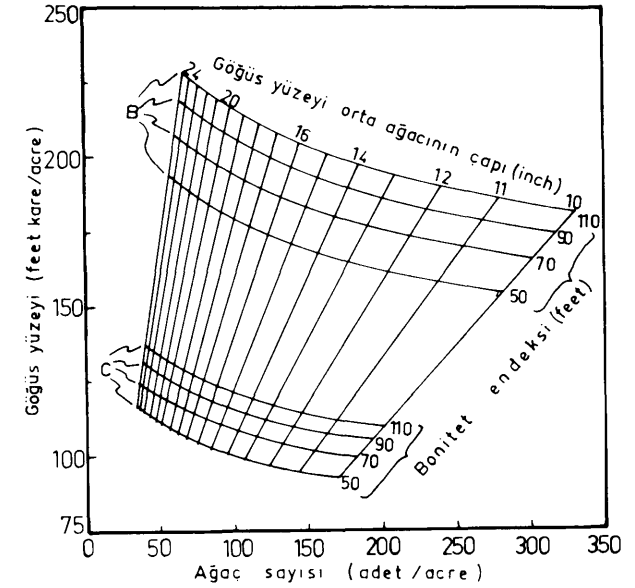
A, Dg ve S ile

$$\ln A = 7,0389 - 1,01552 \ln S - 0,71232 \ln Dg \quad (11)$$

denkleminde ilişkiye getirilmiştir. $R^2 = 0,69$ ve hata varyansı = 0,05188 olarak saptanmıştır.

Ağaç servetine ait doğal logaritmanın ilave edilmesi hata varyansını azaltarak 0,05166'ya düşürmüştür. Bu yüzden bağımsız değişken olarak $\ln N$ 'in ilave edilmesi uygun bulunmamıştır.

10 ve 11 no'lu denklemler yardımıyla ağaç servetine ait eğriler çizilmiştir (Şekil 2). Bu eğriler bonitet göstergesinin, aralama çağına ulaşmış düzenli melez meşcerelerinin bir acre'daki ağaç sayıları ve göğüs yüzeyi üzerindeki etkisini göstermektedir.



Şekil No: 2

Melez için ağaç serveti eğrileri. "B" ile gösterilen çizgiler normal ağaç servetinin % 75'ini göstermektedir. "C" ile gösterilen çizgiler normal ağaç servetinin % 45'ini göstermektedir. Aralama yapılabilmesi için meşcereler B seviyesinde bulunmalıdır. Meşcerelere alçak aralama uygulanmalı ve ağaç serveti C seviyesine kadar azaltılmalıdır.

Bonitet göstergesi ve boy büyüme eğrileri deneme alanlarının tamamından elde edilen verilere göre saptanan ortalama boy büyüme eğrisinden çıkarılmıştır. Daha sonra istenen bonitet göstergesi, her yaşta boy ile bonitet göstergesi arasında bulunan doğrusal ilişki yardımıyla saptanmıştır. Boy büyüme eğrileri ve bonitet göstergesi eğrileri

$$S - 4.5 \text{ feet} = a + b (H - 4.5 \text{ feet}) \text{ ve}$$

$H - 4.5 \text{ feet} = a_1 + b_1 (S - 4.5 \text{ feet})$ denkleminin standart yaş hariç diğer yaşlar için farklı ve b değerlerine sahip olduğundan birbirinden farklıdır.

Bonitet Göstergesi Eğrilerinin Düzenlenmesi

1- Onar yıllık yaş basamaklarındaki en uzun ağaç boyu (H), elle çizilen grafiklerden okunarak her deneme alanı için $S - 4.5 \text{ feet} = a + b (H - 4.5 \text{ feet})$ denkleminde yerine konulmuştur. Bu işlemler sonucu elde edilen hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

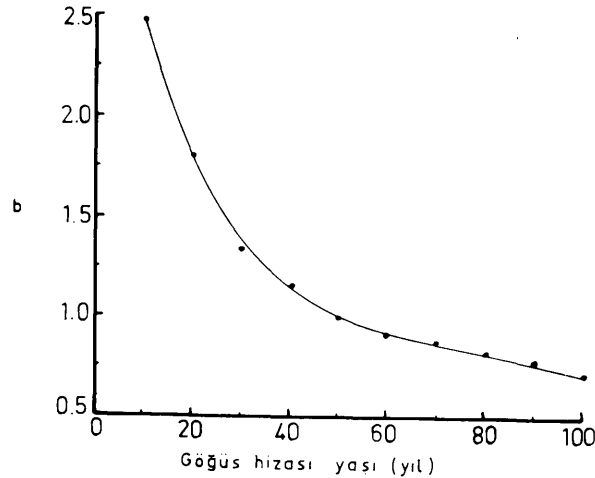
Yaş (Yıl)	a	b	R ²	Standart Hata	Örnek Sayısı
10	34.9375	2.4723	0.66	7.54	23
20	17.1072	1.8104	.81	5.66	23
30	11.0280	1.3345	.93	3.35	23
40	2.7235	1.1336	.98	1.6	23
50	0	1.0	1.0	0	23
60	-2.8567	.9091	.98	1.78	23
70	-8.0847	.8777	.96	2.58	23
80	-8.9310	.8184	.95	2.91	18
90	-12.0663	.7821	.94	3.08	11
100	-9.9663	.7215	.92	3.77	9

Göğüs yaşı 100 olan dokuz deneme alanının bonitet göstergeleri 48, 62, 70, 78, 78, 82, 83, 86, 8 ve 87,4 feet'tir.

2- b'nin onar yıllık yaş basamaklarındaki değerleri göğüs yaşına (A) göre

$$\hat{b} = 3.51412 - 0.125483 A + 0.0023559 A^2 - 0.00002028 A^3 + 0.000000064782 A^4$$

denklemden yararlanılarak dengelenmiştir (Şekil 3).



Şekil No: 3

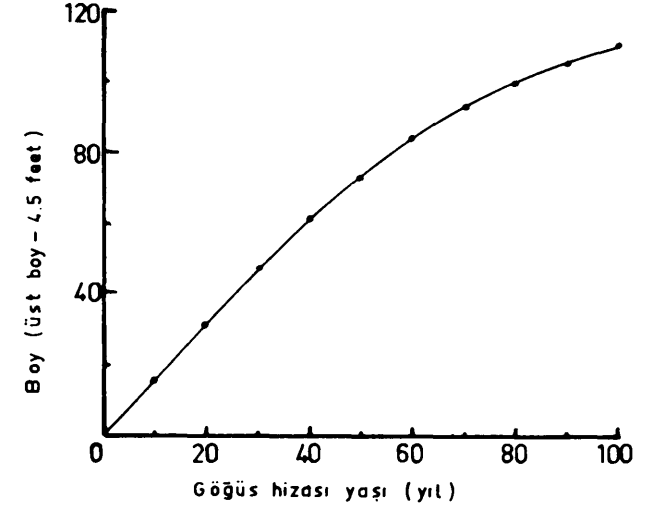
S - 4.5 feet = a + b (H - 4.5 feet) denkleminde yer alan b değerleri. Noktalar gerçek b değerlerini göstermektedir. Noktaların arasından geçen eğri

$$\hat{b} = 3.51412 - 0.125483 A + 0.0023559 A^2 - 0.00002028 A^3 + 0.000000064782 A^4$$

denklemine göre çizilmiştir.

Bu denklemin standart hatası = 0,0183 foot ve R² = 0,9998 olarak saptanmıştır. b değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

3- Standart hatası = 0,11 ve R² = 0,999 olan aşağıdaki denklem, yaşın bir fonksiyonu olarak onar yıllık yaş basamaklarındaki ortalama boyları (H) ifade etmektedir (Şekil 4).



Şekil No: 4

Bonitet göstergesi ve boy büyüme eğrilerinin elde edilmesinde kullanılan en uzun ağaçların ortalama boylarının yaşa göre gelişimi. Noktalar, 4.5 feet çıkarıldığındaki gerçek değerleri ifade etmektedir. Noktaların üzerinden geçen eğrinin denklemi

$$H - 4.5 \text{ feet} = 1.46897 A + 0.0092466 A^2 - 0.00023957 A^3 + 0.000001122 A^4$$

şeklinde. Bu denklemden yer alan boy, deneme alanında göğüs yaşının bir fonksiyonu şeklinde en uzun ağaçların ortalama boyu olarak alınmıştır.

$$\hat{H} - 4.5 \text{ feet} = 1.46897 A + 0.0092466 A^2 - 0.00023957 A^3 + 0.000001122 A^4$$

Denklemden yer alan \hat{H} , \hat{H} 'nin hesaplanan değeridir. 70 yaşından sonra örnek sayısı gittikçe azalmakta ve ortalama bonitet göstergesinde az bir farklılık meydana gelmektedir.

4- Dengelenmiş b değerleri ve H değerleri yardımıyla

$$\hat{a} - \hat{S} - 4.5 - b (\hat{H} - 4.5)$$

denklemden a değerleri hesaplanmıştır. bu "a" değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

5- S - 4.5 feet = a + b (H - 4.5 feet) denklemindeki a, b ve H'in yerine kullanılan değerler, göğüs yaşı ve boyun bir fonksiyonu olarak bonitet göstergesinin hesaplanmasında kullanılan son denklemi vermektedir (Şekil 1).

$$S = 78.07 + (H-4.5) (3.51412 - 0.125483 A + 0.0023559 A^2 - 0.00002028 A^3 + 0.000000064782 A^4) - (3.51412 - 0.125483 A + 0.0023559 A^2 - 0.00002028 A^3 + 0.000000064782 A^4) (1.46897 A + 0.0092466 A^2 - 0.00023957 A^3 + 0.0000011122 A^4).$$

Boy Büyüme Eğrilerinin Düzenlenmesi

1- Her deneme alanın bonitet göstergeleri

$$H - 4.5 = a_1 + b_1 (S - 4.5)$$

denklemleri yardımıyla onar yıllık yaş basamaklarındaki en uzun boy değerleriyle ilişkiye getirilmiş ve aşağıdaki hesaplar elde edilmiştir.

Yaş (Yıl)	a_1	b_1	R^2	Standart Hata	Örnek Sayısı
10	-4.1042	0.2682	0.66	2.48	23
20	-1.7242	.4473	.81	2.81	23
30	-4.5870	.6994	.93	2.43	23
40	1.3808	.8464	.98	1.36	23
50	0	1.0	1.0	0	23
60	4.6559	1.0794	.98	1.94	23
70	12.5292	1.0942	.96	2.89	23
80	15.6530	1.1563	.95	3.46	18
90	20.8149	1.2022	.94	3.82	11
100	21.2321	1.281	.92	5.03	9

2- Yukarıda verilen b_1 değerleri

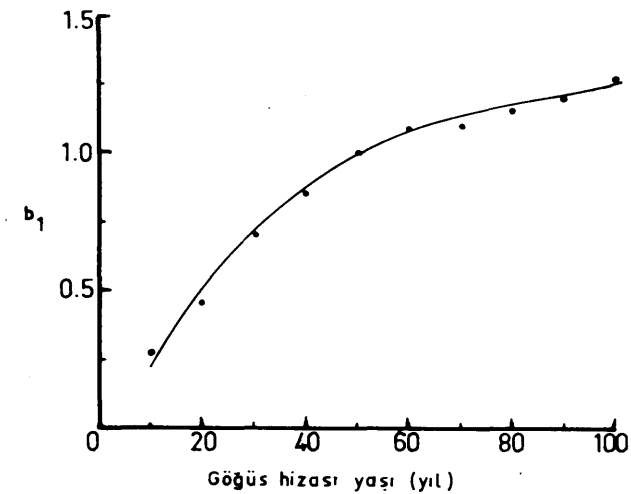
$$\hat{b}_1 = -0.125128 + 0.036636 A - 0.0004278 A^2 + 0.0000017039 A^3$$

denklemleri yardımıyla dengelenmiştir (Şekil 5).

Standart hata = 0.017 foot ve $R^2 = 0.9909$ olarak saptanmıştır.

3- $H - 4.5 = a_1 + b_1 (S - 4.5)$ denklemindeki a_1 , b_1 ve H değerleri yerlerine konulmasıyla bonitet göstergesi ve yaşın bir fonksiyonu halinde boy değerini veren son denklem elde edilmiştir.

$$H = 4.5 + 1.46897 A + 0.0092466 A^2 + 0.00023957 A^3 + 0.0000011122 A^4 + (S - 4.5) (-0.12528 + 0.039636 A - 0.0004278 A^2 + 0.0000017039 A^3) - (7357) (-0.12528 + 0.039636 A - 0.0004278 A^2 + 0.0000017039 A^3).$$



Şekil No: 5

$H - 4.5$ feet = $a_1 + b_1 (S - 4.5)$ denkleminde yer alan b_1 değerlerinin yaşa göre gelişimi. Noktalar gerçek b_1 değerlerini göstermektedir. Noktalar arasında geçen eğrinin denklemi

$$\hat{b}_1 = -0.125128 + 0.036636 A - 0.0004278 A^2 + 0.00023957 A^3 \text{ şeklindedir.}$$

Özet

Bir acre'daki göğüs yüzeyi ve hacim ile bonitet göstergesi ve göğüs yaşının ölçülen ve hesaplanan değerleri arasında önemli bir ilişkinin bulunmayışı ile ortaya çıkan sonuçlar maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır:

1- Normal göğüs yüzeyi ve ağaç servetinin hesaplanması için Bülten 1520'de (Schmidt and others 1976) verilen denklemler Oregon ve Washington'daki melez meşcerelerinde kullanılabilir.

2- Bu araştırmada saptandığı şekilde göğüs yaşı 100'e kadar olan bonitet gösterge değerleri Bülten 1520'de verilen bonitet gösterge değerlerine çevrilebilir.

3- Dip yaşı göğüs yaşı ile ilişkiye getiren denklem uygun bulunmuştur.

4- Bülten 1520'de verilen melez hacim ve hasılatı ile ilgili diğer bazı tablolar, denklemler ve grafikler Oregon ve Washington'daki melezler için kullanılabilir. Gerekliğinde dip yaştan göğüs yaşına ve Bülten 1520'deki bonitet göstergelerinden burada verilen bonitet göstergelerine geçiş kolaylıkla yapılabilir.

Metrik Eşitlikler

1 acre = 0,405 hektar

1 foot = 0,3048 metre

1 foot² / acre = 0,229568 m²/ha.

1 ağaç / acre = 2,47 ağaç/ha.

1 foot³ / acre = 0,069962 m³/ha.

KAYNAKLAR

BARRETT, JAMES W. *Height growth and site Index curves for managed, even-aged stands of ponderosa pine in the Pacific Northwest. Res. Pap. PNW-232. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station; 1978. 14 p.*

COCHRAN, P.H. *Gross yields for even-aged stands of Douglas-fir and white or grand fir east of the Cascades in Oregon and Washington. Res. Pap. PNW-263. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station; 1979a. 17 p.*

COCHRAN, P.H. *Site index and height growth curves for managed, even-aged stands of Douglas-fir east of the Cascades in Oregon and Washington. Res. Pap. PNW-251. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station; 1979b. 16 p.*

COCHRAN, P.H. *Site index and height growth curves for managed, even-aged stands of white or grand fir east of the Cascades in Oregon and Washington. Res. Pap. PNW-252. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station; 1979c. 13 p.*

CURTIS, ROBERT O.; DeMARS, DONALD J.; HERMAN, FRANCIS R. *Which dependent variable in site index-height-age regressions? Forest Science. 20 (1): 74-87; 1974.*

DAHMS, WALTER G. *Correction for a possible bias in developing site index curves from sectioned tree data. Journal of Forestry. 61 (1): 25-27; 1963.*

DAHMS, WALTER G. *Gross yield of central Oregon Lodgepole pine. In: Management of lodgepole pine ecosystems symposium proceedings; Baumgartner, David M., ed. Pullman, WA: Washington State University Cooperative Extension Service; 1975: 208-232.*

GROSENBAUGH, L.R. *STX-FORTRAN 4 program for estimates of tree populations from 3P sample-tree-measurements. Res. Pap. PSW-13, Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station; 1964. 49 p.*

SCHMIDT, WYMAN C.; SHEARER, RAYMOND C.; ROE, AUTHUR L. *Ecology and silviculture of western larch forest. Tech. Bull. 1520. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service; 1976. 96 p.*