

TİPİK ORMAN YETİŞME BÖLGELERİNDE SARIÇAM VE KIZILÇAM MEŞCERELERİNİN BOY ARTIMI İLE İĞNE YAPRAKLARINDAKİ BESİN MADDESİ DÜZEYLERİ ARASINDA İLİŞKİLER

Doç. Dr. Münir DÜNDAR '
Prof. Dr. Necmettin ÇEPEL '

Kısa Özet

Bu çalışma ile ülkemizin yerli ağaç türlerinden sarıçam ve kızılçamın önemli yetişme bölgelerinde, ağaçların iğne yapraklarındaki besin maddeleri konsantrasyon düzeyleri ile meşcerelerin bir gelişim ölçüsü olarak kabul edilen boy artımı arasında ne tür ilişkiler olduğu araştırılmış ve sözkonusu ilişkiler çeşitli istatistik yöntemlerle ortaya konmaya çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

Ülkemizin önemli sarıçam orman yetişme bölgeleri ile Antalya kızılçam orman yetişme bölgesi'nde daha önce yapmış olduğumuz iki çalışmada, bu iki ağaç türünün boy artımını etkileyen edafik ve fizyografik faktörler incelenmişti (ZECH ve ÇEPEL 1972; ÇEPEL, DÜNDAR ve GÜNEL 1977). Bu amaçla 187 sarıçam ve 92 kızılçam meşceresinin önemli toprak ve reliyef özellikleri, arazi ve laboratuvar çalışmaları ile belirlenmiş, elde edilen veriler çeşitli istatistik yöntemlerle (basit ve çoğul regresyon, faktör, diskriminant ve temel öğeler analizleri) kontrol edilerek, sarıçam meşcerelerinde boy artımının %65-79'unun, kızılçam meşcerelerinde de %79-94'ünün araştırılan toprak ve reliyef özellikleri ile açıklanabileceği ortaya konmuştu.

Dış ülkelerde yapılan birçok çalışmalarda ise meşcerelerin gelişim ölçülerinden biri olarak kabul edilen üst boyu belirlemede iğne yapraklardaki besin maddesi düzeylerine ait bazı parametrelerden yararlanılabileceği ifade edilmektedir. Bu amaçla, bazı ağaç türleri için yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, boy artımı ile iğne yapraklardaki bazı besin maddeleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur (LEYTON 1956; WEHRMANN 1959, 1963; STREBEL 1960-1961; ZÖTTL und KENNEL 1963; HEINSDORF 1964; ZÖTTL und VELASCO 1966; KREUTZER 1967; LAATSCH 1967; REHFUESS 1967, 1968a, 1968b; FORST 1979). Bu araştırmalar orman ağaçlarının beslenme durumları konusunda değerli bil-

İ.Ü. Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı

giler vermekte, ayrıca bu çalışmalar için gerekli araştırma materyali olan iğne yaprak örneklerinin sağlanması, toprak örneklerine göre daha az zaman ve emek harcanmasıyla gerçekleştirilebilmektedir.

Yukarıda açıklanan yararlarından dolayı ve bu konudaki bilgi eksikliğinin giderilmesi amacıyla, ülkemizin tipik yetişme bölgelerindeki sarıçam ve kızılçam ormanlarında beslenme ile boy gelişimi arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak için iki araştırma yapılmıştır (DÜNDAR 1978; ÇEPEL ve ZECH 1982). Bu iki çalışmadan elde edilen sonuçlar hakkında özet bilgi verilmesi, bu yazımın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmamızda, özellikle şu sorulara yanıt verilmeye çalışılacaktır :

(1). İğne yapraklardaki besin maddeleri konsantrasyonları ile meşcere üst boyu arasında istatistik yöntemlerle açıklanabilecek ilişkiler var mıdır?

(2). Her iki ağaç türüne ait meşcerelerin belirli yaşlarda sahip olacağı üst boyu tahmin için kullanılacak beslenme ilişkilerine ve edafik faktörlere ait parametrelerden hangisiyle daha duyarlı sonuçlar alınabilir?

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma materyali olan 6-7 aylık iğne yapraklar, sarıçam orman yetişme bölgelerinden örnekleme yolu ile seçilen 215, Antalya kızılçam orman yetişme bölgesinden seçilen 92 meşcereden elde edilmiştir. Örnek alınan meşcerelerin ortalama üst boyu ve yaşı da belirlenmiştir.

İğne yapraklarda, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, B, Zn gibi besin maddeleri (sarıçamlar için bunların dışında Na ve Al) klasik yöntemlere göre analiz edilerek belirlenmiştir.

İğne yapraklardaki besin maddesi konsantrasyonları (100 gram iğne yaprağın içerdiği miktarlar) ve besin maddesi miktarları (100 veya 1000 iğne yaprağın besin maddesi miktarı) ile meşcere üst boyu arasındaki ilişkiler, basit ve çoğul regresyon analizleri (sarıçam için ayrıca faktör analizleri) ile ortaya konmaya çalışılmıştır (DÜNDAR 1978; ÇEPEL ve ZECH 1982). Araştırma alanlarının ekolojik özellikleri hakkında ve diğer hususlarda ayrıntılı bilgi, bundan önceki yayınlarımızda verilmiştir (ZECH ve ÇEPEL 1972; ÇEPEL, DÜNDAR ve GÜNEL 1977; DÜNDAR 1978).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Elde edilen bulgular kızılçam ve sarıçam meşcereleri için ayrı ayrı açıklanacaktır.

3.1. Kızılçam Meşcerelerinin Üst Boyu ile İğne Yapraklardaki Besin Maddeleri Arasındaki İlişkiler

Kızılçam ormanlarından alınan iğne yapraklar Düzlerçamı, Bük, Bucak, Kaş-Lengüme orman yetişme yörelerine ait olup sonuçlar bu dört orman yetişme yöresi için değerlendirilmiştir (ÇEPEL ve ZECH 1982).

Basit regresyon analizlerinden elde edilen sonuçlara göre yalnız Düzlerçamı kızılçam orman yetişme yöresi ile (n=45), tüm araştırma alanları (n=92) için anlamlı bazı ilişkiler bulunmuştur. Bu ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları çizelge 1'de birarada görülmektedir.

Çizelge 1. Kızılçam meşcerelerinin iğne yapraklarındaki besin maddeleri ile meşcere üst boyu (H_{050}) arasındaki anlamlı ilişkileri gösteren Lasit korelasyon katsayıları

Tabelle 1. Signifikante einfache Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen den Nährelementen in den Nadeln und H_{050} von Pinus brutia-Beständen

Besin maddeleri Nährelemente	Düzlerçamı Wuchsbezierk von Düzlerçamı n = 45	Tüm Araştırma Bölgesi Gesamt n = 92
% N	0,407**	0,343***
% P	0,335*	n.s.
% K	n.s.	n.s.
% Ca	-0,609***	-0,493***
% Mg	-0,440**	-0,368***
mg N ¹	0,600***	0,370***
mg P	0,632**	0,306**
mg Ca	-0,335*	-0,300**
γ Fe	0,319*	0,329**
ppm Fe	n.s.	0,210*
ppm Cu	0,419**	0,391***
ppm Mn	n.s.	-0,257*
ppm Zn	n.s.	-0,251*
ppm B	n.s.	-0,266*

1) Çizelgede mg ve γ (10⁻⁶ gram) olarak verilen değerler 100 iğne yaprağın içerdiği besin maddesi miktarlarını, ötekiler ise mutlak kuru maddede belirlenen besin maddesi konsantrasyonlarını ifade etmektedir.

Bu çizelgedeki basit korelasyon katsayılarının önemli derecede yüksek olmadığı görülmektedir. Fakat özellikle azot ve fosforla boy gelişimi arasında anlamlı ilişkiler bulunması, iyi gelişen meşcerelerin azot, fosfor ve humus bakımından zengin, derin ve serin topraklarda yetişmekte olduğunu göstermektedir. Böyle bir ilişkinin olduğu daha önce yapılmış bulunan bir çalışmada, nicel araştırma sonuçlarına dayanılarak çizilen grafiklerde açık olarak görülmektedir (ÇEPEL und ZECH 1982).

Bu araştırmamızda basit regresyon analizlerinden elde edilen sonuçlara göre, iğne yapraklardaki kalsiyum ve magnezyum miktarı ile boy artımı arasında anlamlı, ancak negatif bir ilişki bulunmaktadır. Bu sonuç, boy artımı düşük olan meşcerelerin kalsiyum ve magnezyumla iyi beslendikleri şeklinde yorumlanabilir. Çelişkili gibi görünen bu durum, arazi gözlemlerimize göre şu şekilde açıklanabilir: Toprağın sıg olduğu yerlerde, karbonat bakımından zengin materyal köklerin sık yayıldığı üst horizonlara kadar çıkmıştır. Bu nedenle kalker ve dolomitik kalker özelliklerini taşıyan bu materyalden kızılçamlar, bol miktarda kalsiyum ve magnezyum alabilmektedirler. Öte yandan sıg olan bu topraklarda minimumda bulunan, bu bölge için artım üzerinde çok etkili bir faktör olan su boy artımını düşürmektedir. Böylece ağaçlar kalsiyum ve magnezyumla iyi beslendikleri halde, kötü bir gelişim göstermektedirler.

Çoğul regresyon analizleri ise yalnız Düzlerçamı yöresi için sıkı ve anlamlı ilişkiler göstermektedir. Gerçekten Düzlerçamı için oldukça yüksek bir çoğul korelasyon katsayısı ($R=0,808$) ve belirleme katsayısı ($R^2=0,654$) bulunmuştur. Fakat tüm araştırılan meşcereler birarada hesaba sokulduğunda bu değerler oldukça düşük bulunmuştur ($R=0,662$; $R^2=0,44$).

Çoğul regresyon analizlerinden elde edilen sonuçlara göre Düzlerçamı orman yetişme yöresindeki meşcerelerin (n=45) boy artımının % 65'i, Antalya orman yetişme bölgesindeki meşcerelerin (n=92) boy artımının yalnız % 44'ü çoğul regresyon denklemlerindeki besin maddelerinin değişimi ile açıklanabilecektir. Düzlerçamı yöresi ile Antalya Bölgesi arasında bu farkın ortaya çıkması doğaldır. Çünkü Düzlerçamı orman yetişme yöresindeki örneklem meşcereleri iklim ve reliyef bakımından oldukça homogen karaktere sahip bir alana yayılmışlardır. Tüm araştırma alanları ise (n=92) milyonlarca hektar genişliğinde, iklimatik ve fizyografik özellikler bakımından heterogen olan bir bölgede bulunmaktadır. Buralarda gelişimi etkileyen birçok faktörler (vejetasyon süresinden, reliyef ve anamateryale kadar) çok farklılık arz etmektedir. Bunlar kadar önemli bir başka husus da, bu bölgede 5-6 aylık bir kurak devrede artım duraklamasının meydana gelmesi ve kuraklık etkisinin iğne yaprak analizleri ile tam olarak kavranamamasıdır.

Yukarıda açıklanan ilişkiler üzerinde rol oynayan besin maddelerinin sayısı da oldukça fazladır. Bu husus, aşağıda verilmiş bulunan çoğul regresyon denklemlerinde açıkça görülmektedir (ÇEPEL und ZECH 1982).

(1) Düzlerçamı orman yetişme yöresi için çoğul regresyon denklemi

$$H_{050} = 24,36 - 146,5 \% P - 23,43 \% K + 76,99 \% Ca + 0,32 \text{ ppm Fe} \\ - 0,24 \text{ ppm Mn} + 17,40 \text{ mg P} + 1,90 \text{ mg K} - 8,73 \text{ mg Ca} \\ - 0,035 \gamma \text{ Fe} + 0,022 \gamma \text{ Mn}$$

(2) Tüm orman yetişme yöreleri için çoğul regresyon denklemi

$$H_{050} = 22,17 + 13,51 \% K + 45,42 \% Ca - 6,21 \% Mg + 0,03 \text{ ppm Fe} - 0,16 \text{ ppm Mn} \\ + 1,96 \text{ N/P} - 10,69 \text{ N/K} + 7,97 \text{ mg P} - 5,61 \text{ mg Ca} + 0,012 \gamma \text{ Mn}$$

Bu denklemlerde, % ve ppm konsantrasyon değerlerinin yanısıra verilen mg ve γ değerleri 100 iğne yapraktaki miktarları göstermektedir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere, iğne yapraklardaki besin maddeleri ile meşcere üst boyu arasında anlamlı ilişkiler gösteren basit korelasyon katsayıları

bulunmuştur; fakat bunlar çok sıkı ilişkiler gösterecek düzeyde değildir. Çoğul regresyon analizleri, yalnız Düzlerçamı orman yetiştirme yöresi için oldukça sıkı ilişkileri gösteren sonuçlar vermiştir. Bu duruma göre beslenme ile meşcere üst boyu arasındaki ilişkiler, edafik ve fizyografik faktörlerle meşcere üst boyu arasındaki ilişkilerden daha gevşek bulunmuştur. Gerçekten, iğne yapraklardaki besin maddesi düzeyleri ile toprak ve reliyef özellikleri esas alınarak tüm deneme alanları için yapılan çoğul regresyon analizlerinden, bu iki faktörler grubuna göre elde edilen belirleme katsayıları arasında büyük farklar olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü açıklanan ilişkiler için iğne yapraklardaki besin maddelerine ait belirleme katsayısı $R^2 = 0,44$ olduğu halde, edafik ve fizyografik faktörlerin çeşitli kombinasyonlarına göre bu değer, $R^2 = 0,74 - 0,94$ arasında bulunmuştur (ZECH ve ÇEPEL 1972, s. 61 - 68 ile karşılaştırınız).

3.2. Sarıçam Meşcerelerinin Üst Boyu ile İğne Yapraklardaki Besin Maddeleri Arasındaki İlişkiler

Sarıçam meşcerelerinin beslenme ile boy artımı arasındaki ilişkileri belirleyebilmek için yapılan istatistik analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

3.2.1. Basit Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Sarıçam meşcerelerinin 100 yaşındaki meşcere üst boyu ile iğne yapraklardaki besin maddeleri arasındaki karşılıklı ilişkileri gösteren önemli basit korelasyon katsayıları toplu olarak verilmiştir (Çizelge 2). Çizelgedeki değerlerden anlaşılacağı üzere, sarıçam meşcerelerinin üst boyu ile sıkı ilişki gösteren besin maddeleri N, P, K, Zn ve Cu dur.

Artım, bir besin maddesinden çok, öteki besin maddelerinin de birlikte etkisi altındadır. Bu nedenle daha yeterli bilgi sahibi olmak için başka istatistik analizlerin sonuçlarını da gözönünde bulundurmak; örneğin, çoğul regresyon ve faktör analizi bulguları üzerinde de durmak gerekir.

3.2.2. Çoğul Regresyon Analizlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Çoğul regresyon analizleri, araştırılan dört orman yetiştirme bölgesi için ayrı ayrı ve tümü için yapılmıştır. Elde edilen çoğul regresyon denklemleri içinden, en küçük standart sapmayı veren ve olanaklar ölçüsünde az değişken sayısına sahip olanlar seçilerek, bunlar çizelge 3'de gösterilmiştir. Bu çizelgenin incelenmesinden şu sonuçlar çıkarılabilir:

(1) Regresyon denklemlerine giren değişkenlerin kombinasyonu orman yetiştirme bölgelerine göre değişmektedir. Başka bir ifade ile boy artımı üzerinde etkili olan besin maddeleri Karadeniz, Karadenizardı, Doğu Anadolu ve İç Anadolu sarıçam yetiştirme bölgelerinde farklılık arz etmektedir. Örneğin Doğu Anadolu bölgesi için elde edilen çoğul regresyon denkleminde makro besin maddelerinden hiçbirisi yer almamıştır. Bu denklem, aynı zamanda dört bölge içinde en küçük standart sapmayı (H_{100} için $s_{y,x} = 2,16$ m) vermektedir.

(2) Araştırılan besin maddeleri içinde özellikle fosfor ve azotun, bazı bölgelerde boy artımı üzerindeki etkisinin çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır Karadenizardı, İç Anadolu

Çizelge 2.

Sarıçam meşcerelerinin iğne yapraklarındaki besin maddeleri ile meşcere üst boyu (H_{100}) arasındaki anlamlı ilişkileri gösteren basit korelasyon katsayıları.

Tabelle 2.

Signifikante einfache Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen den Nährlementen in den Nadeln und H_{100} von Pinus silvestris-Beständen

Besin maddeleri Nährlemente	Sarıçam Orman Yetiştirme Bölgeleri Wuchsgebiete von Pinus silvestris				
	Karadeniz Schwarzmeer n = 46	Karadenizardı Schwarzmeer-Hinterland n = 108	İç Anadolu Inneranatolien n = 33	Doğu Anadolu Ostanatolien n = 28	Tüm Gesamt n = 215
N	0,323 ^x	0,428 ^{xxx}	0,634 ^{xxx}	0,494 ^{xx}	0,475 ^{xxx}
P	n.s.	0,606 ^{xxx}	0,493 ^{xx}	n.s.	0,408 ^{xxx}
K	-0,395 ^x	-0,210 ^x	-0,455 ^{xx}	n.s.	-0,406 ^{xxx}
Ca	0,373 ^x	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mg	n.s.	0,189 ^x	n.s.	0,465 ^x	0,224 ^x
Na	n.s.	0,291 ^{xx}	-0,448 ^{xx}	0,632 ^{xx}	0,134 ^x
Al	n.s.	n.s.	0,620 ^{xx}	-0,550 ^{xx}	n.s.
Fe	0,655 ^{xxx}	0,236 ^x	n.s.	n.s.	0,241 ^{xx}
Mn	n.s.	n.s.	n.s.	-0,476 ^x	n.s.
Zn	0,367 ^x	0,465 ^{xxx}	n.s.	n.s.	0,459 ^{xxx}
Cu	n.s.	0,389 ^{xxx}	n.s.	0,620 ^{xx}	0,282 ^{xxx}
B	n.s.	0,301 ^{xx}	n.s.	n.s.	-0,215 ^x

Bölgesi ve tüm araştırma alanlarında bu etki açıkça görülmektedir. Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinde ise mikro besin maddeleri etkisinin çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Aşağıdaki bulgular bu yargıyı kanıtlamaktadır.

Araştırma Bölgesi	Denkleme giren faktör sayısı	Belirleme katsayısı R^2	Etkili besin maddesi ve buna ait belirleme katsayısı R^2
Karadenizardı	3	0,47	P : 0,32
İç Anadolu	5	0,74	N : 0,40
Tüm	5	0,39	N : 0,23
Karadeniz	3	0,48	Fe : 0,30
Doğu Anadolu	4	0,63	Al : 0,30

Bu sayısal değerlerden anlaşılacağı üzere, her bölge için belirli bir besin maddesi tek başına, beslenme ilişkilerine bağlı olarak meydana gelen boy artımı değişiminin (R^2) yarısından çoğunu etkisi altında bulundurmaktadır. Örneğin İç Anadolu sarıçam yetişme bölgesinde boy artımının % 74'ünü etkisi altında bulunduran 5 besin maddesinden biri olan azot'un boy değişimini açıklamadaki payı tek başına % 40'dır.

(3) Araştırılan besin maddelerinden kalsiyum, magnezyum ve mangan hiçbir denkleme girmemiştir. Hernekadar bu sonuç, basit regresyon analizlerine ait bulguları doğrulamakta ise de (Çizelge 2 ile karşılaştırdığımız), yalnız basit korelasyon katsayılarına dayanarak olayı açıklama yine de yeterli olmamaktadır. Artım ile iğne yapraklardaki kalsiyum arasında bu şekilde bir bulgu *Abies alba* Mill. için de belirlenmiştir (REHFUESS 1968 b). Kalsiyum beslenmesi bakımından oldukça yüksek isteklere sahip bu ağaç türünde böyle bir sonucun açıklanmasının güç olduğuna işaret edilmekte ve bazı yorumlarda bulunulmaktadır. Örneğin, basit korelasyon ile kalsiyum ve potasyum arasında antagonistik bir ilişki bu-

Çizelge 3. Sarıçam meşcerelerinin üst boyunu belirlemede tercih edilen regresyon denklemleri

Tabelle 3. Die multiplen Regressionsgleichungen nach der Elimination (Dünder 1978)

Bölge Gebiet	Değişken sayısı Zahl der Variablen	Standart hata $S_{y \cdot x}$	R^2	Regresyon denklemi Regressionsgleichung
Karadeniz Schwarzmeer	3	3,44	0,48	$H_{100} = -4,21 + 151,05 (Zn) + 5,94 (kül) + 74,60 (Fe)$
Kaadenizardı Schwarzmeer-Hinterland	3	2,91	0,47	$H_{100} = 10,92 + 86,77 (Zn) + 10,26 (P) - 1,48 (K)$
İç Anadolu Inneranatolien	5	2,99	0,74	$H_{100} = 18,65 - 250,54 (B) + 1,81 (N) + 3,07 (Si) - 314,03 (Na) - 2,23 (K)$
Doğu Anadolu Ostanatolien	4	2,16	0,63	$H_{100} = 18,85 + 1410,73 (Cu) + 46,88 (Na) - 18,77 (Fe) - 20,06 (Al)$
Tüm Gesamt	5	3,64	0,39	$H_{100} = 10,24 + 58,96 (Zn) + 558,45 (Cu) + 0,83 (N) + 3,40 (P) - 1,42 (K)$

Regresyon denklemlerinden yararlanılarak yapılacak meşcere üst boyu hesaplarında, Zn, Fe, B, Na, Al, Cu değerleri ppm (milyonda bir), öteki besin maddeleri de % olarak denklemlerdeki yerlerine konmalıdır. Örnek : Zn = 7 ppm, fosfor % 0,10 ise denklemde (Zn) = 0,000007, (P) = 0,0010 olarak hesaba sokulmalıdır.

lunduğu, bu nedenle bu ilişkinin potasyumla temsil edilebileceği, hatta magnezyum için de aynı durumun geçerli olabileceği ayrıntıları ile açıklanmaktadır (REHFUESS 1968 b). Öte yandan, aynı çalışmada bitkinin metabolizma olayı için az miktarda kalsiyuma gereksinim duyduğu ve asimilasyon organlarında kalsiyumun az veya çok pasif olarak biriktiği ifade edilmektedir. Makro element olmasına karşın bitki yaşamında az miktarlarına gereksinim duyulması, belki artım ile bu besin maddesi arasındaki gevşek ilişkinin nedenlerinden biri olabilir.

Çoğul regresyon analizlerinden elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirilirse şu yargıya varılabilir: Sarıçamlara ait meşcere üst boyunun iğne yapraklardaki besin maddesi düzeylerine dayanarak hesaplanması veya bonitet tahmini için bir yaklaşımda bulunulması olanakları sınırlıdır. Çünkü yapılan bu çalışmada yalnız İç ve Doğu Anadolu için önemli bir ilişki ($R^2 = 0,74$ ve $0,63$) bulunulmuştur. Fakat elde edilen sonuçlar, aynı alanlarda, toprak ve reliyef özellikleri ile meşcere üst boyu arasındaki ilişkileri belirleme amacı ile yapılan araştırma bulgularına kıyasla daha sıkı ilişkiler göstermektedir (Çizelge 4). Fakat bu sıkı ilişkinin yalnız çoğul regresyon analizlerine ait bulgular için geçerli olduğunu vurgulamak gerekir. Çünkü faktör analizlerine ait bulgular aksi yöndedir. Bu husus, bundan sonraki bölümde ayrıntıları ile açıklanmıştır.

Çizelge 4. Farklı iki ekolojik faktörler grubunun sarıçam meşcere üst boyu üzerindeki etkilerini gösteren çoğul regresyon belirleme katsayıları

Tabelle 4. Multiples Bestimmtheitsmass nach zwei verschiedenen Faktoren-gruppen für die Beziehung H_{100} von *Pinus silvestris*-Beständen

Orman yetişme Bölgeleri Wuchsgebiete	Edafik ve fizyografik faktörler Edaphische und physiographische Faktoren R^2	iğne yapraklardaki besin maddeleri Nährelemente in Nadel-TS R^2
Karadeniz Schwarzmeer	0,46	0,48
Karadenizardı Schwarzmeer-Hinterland	0,43	0,47
İç Anadolu Inneranatolien	0,68	0,74
Doğu Anadolu Ostanatolien	0,52	0,63
Tüm Gesamt	0,31	0,39

3.2.3. Faktör Analizi Sonuçları

Bu araştırmada mescere üst boyunu etkileyen ve beslenme ile ilişkili bulunan 15 tane faktör incelenmiştir. Çok sayıdaki bu değişkenleri ortak faktör olarak kavramak ve açıklamak için «faktör analizi» yapılmıştır. Bu amaçla bilgisayardan yararlanılmış, bilgisayarın verilerine dayanarak ortak faktör sayısı belirlenmiş, faktör yükleri ve ortak varyanslar hesaplanmış ve sonra da bu bulgular yorumlanmıştır. Konu oldukça özel bilgileri içerdiğinden, elde edilen bulgular hakkında yapılan açıklamaların kolayca anlaşılabilmesi için, özellikle kullanılacak terimler hakkında ön bilgiler verilmesi uygun bulunmuştur. Bu amaçla KALIPSIZ (1981)'dan geniş ölçüde yararlanılmıştır. Anlama kolaylığını sağlama bakımından da bulgularımızdan bir kısmını içeren bir çizelge örnek olarak verilmiştir (Çizelge 5). Açıklamalar bu çizelgeden somut örnekler verilerek yapılmıştır.

Faktör analizlerinde çok sayıdaki değişkenleri belirli kümeler halinde gruplaştırmak esastır. Bir gruba giren değişken öbür gruba da girebilir. Bu grupların herbirine «Ortak faktör» ismi verilmektedir (Çizelge 5'te F_1, F_2, F_3, F_4, F_5). Bu çizelgede görüleceği üzere her ortak faktör birçok değişkenleri içermektedir. Bu değişkenlerden herbirinin, içinde bulunduğu «ortak faktör» e etki derecesi için bir ölçü kabul edilmiştir. Basit korelasyon katsayısı ile eşdeğer olarak kabul edilebilen bu ölçü değerine «faktör yükü» veya «faktör ağırlığı» denmektedir. Örneğin, 5 no. lu çizelgede azot değişkeninin, F_1 - ortak faktörü içindeki faktör yükü 0,73, F_4 - içindeki faktör yükü ise $-0,33$ 'tür. Faktör yükünün (veya ağırlığının) ± 30 ' dan küçük olması halinde, önemli ilişki göstermediği için, bu değerler çizelgeye geçirilmemektedir (Çizelge 5'te ufak çizgi konan yerler bunu ifade etmektedir).

Örnek olarak verilen 5 no.lu çizelgede, ortak faktör sütununda, H_{100} karşısında bulunan değerler (0,34, $-0,66$, 0,15 gibi) o ortak faktör ile H_{100} arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları anlamını taşımaktadır. Bunların kareleri alınır, herbirine ait bulunan değere «ortak varyans» denmektedir ($0,34^2 = 0,12$, $0,66^2 = 0,43$ gibi). Tüm ortak varyansların toplamından elde edilen değere de «ortaklık ölçüsü» = (Communalität) ismi verilmektedir. Örnek olarak verilen çizelge 5'te ortak varyans sıra ile (0,12), (0,43), (0,02), (0,04), (0,13) olup «ortaklık ölçüsü» de «0,74» tür. Belirli bir F faktörüne ait faktör yükleri karelerinin toplamı, bu faktörün varyansa katılma miktarını (özgün değer) vermektedir. Özgün değerlerin toplamı ortaklık ölçüleri toplamına (10,84) eşit olmaktadır. Buna kalan varyansların (5,17) eklenmesi ile, tüm varyans bulunabilmektedir ($10,84 + 5,17 = 16,01$). Buradan tüm varyansın ortak faktörler aracılığı ile $10,84 : 16,01 = 0,68$ oranında açıklanabildiği görülmektedir. Bu değer, çoğul regresyon analizlerinden elde edilen belirleme katsayısının (R^2) eşdeğeridir.

Faktör analizinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için «Faktör analizi yorumlanması»nın yapılması gerekir. Bu işlemin amacı, çok sayıdaki değişkeni, birkaç ortak faktör halinde ifade edebilmektir. Faktör analizi sonuçlarının yorumlanması belirli ölçülere ve ilkelere göre yapılmaktadır (ayrıntılı bilgi için KALIPSIZ 1981, s. 491'e bakınız).

Araştırmamızda bilgisayardan elde edilen faktör analizi sonuçları, 4 sarıçam yetiştirme bölgesi ve araştırma alanlarının tümü için olmak üzere 5 çizelgede biraraya getirilmiştir. Bunlardan yalnız Doğu Anadolu Bölgesi için olan bir örnek olarak verilmiştir (Çizelge 5). Sözkonusu 5 çizelgedeki bilgiler yukarıda değinilen ilkelere göre yorumlanarak, sonuçlar bir çizelgede toplanmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 5. Doğu Anadolu sarıçam yetiştirme bölgesine ait faktör analizi sonuçları
Tabelle 5. Ergebnis einer Faktorenanalyse von Pinus silvestris- für das Wuchsgebiet von Ost Anatolien

Değişkenler Variablen	Ortak Faktörler (Faktoren)					Ortaklık ölçüsü Kommunalität	Kalan varyans Restvarianz
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5		
H_{100} iğne yaprak ağırlığı (1000 Nadelg.)	0,34	-0,66	0,15	-0,20	0,36	0,74	0,26
Kül (Asche)	0,44	-0,43	—	—	-0,31	0,63	0,37
Si	0,87	—	—	—	—	0,90	0,10
N	0,70	—	—	—	—	0,55	0,45
P	0,73	—	—	0,33	—	0,74	0,26
K	0,82	—	—	—	—	0,69	0,31
Ca	0,70	—	-0,36	—	0,35	0,79	0,21
Mg	—	0,34	0,48	—	—	0,36	0,64
Na	0,40	—	0,81	—	—	0,82	0,18
Al	—	—	—	—	0,47	0,23	0,77
Fe	—	0,89	—	—	—	0,83	0,17
Mn	—	0,85	—	0,80	—	0,73	0,27
Zn	0,73	—	—	—	—	0,80	0,20
Cu	0,83	—	—	—	0,34	0,65	0,35
B	0,60	—	—	0,37	—	0,82	0,18
Özgün değer (varyansa katılma miktarı) Eigenwert	5,05	2,51	1,34	1,11	0,82	10,84	5,17
Yığılmalı varyans oranı Kum. Anteil an Gesamtvarianz	0,32	0,48	0,56	0,63	0,68		

Çizelge 6. Meşcere üst boyu (H_{100}) için faktör analizlerine ait bulgulardan seçilen ve ağırlığı yüksek olan ortak faktörler
Tabelle 6. Die extrahierten Faktoren nach Faktorenanalyse

Yetiştirme Bölgeleri Wuchsgebiete	Ortak faktörler extrahierten Faktoren						Ortaklık ölçüsü Kommuna- lität	Çoğul regresyon analizi sonuçları ile karşılaştırma Vergleich mit multip. Regressionanaly.	
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆		R ²	Denkleme giren değişkenler Variablen
Karadeniz Schwarzmeer	Fe	Cu	Na	Mn	P	K	0,67	0,48	Fe, Zn, kül
Karadenizardı Schwarzmeer- Hinterland	P	Al	Ca	Na	K	—	0,55	0,47	P, Zn, K
İç Anadolu Inneranatolien	K	N	Ca	Si	Zn	—	0,69	0,74	K, N, Si, Na, B
Doğu Anadolu Ost Anatolien	Cu	Al	Mg	Fe	Na	—	0,68	0,63	Cu, Al, Fe, Na
Tüm araştırma bölgesi Gesamt Versuchsgebiet	Al	N,P	K	Ca	Na	Mg	0,57	0,39	N, P, K, Zn, Cu

Bu çizelgenin incelenmesinden şu sonuçlar çıkartılabilir :

(1) Faktör analizleri ile elde edilen sonuçlar, sarıçam meşcerelerinin boy artımını etkileyen değişkenlerin ve etki derecelerinin yetiştirme bölgelerine göre değiştiğini göstermektedir. İlginç olan husus, mikro besin maddelerinin tüm bölgelerde ortak değişken olarak görünmesidir. Bu, özellikle Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri için tipiktir. Bu bölgelerden Karadeniz'in bol yağışlı, Doğu Anadolu'nun düşük sıcaklığa sahip olduğu düşünülürse, Fe ve Al- gibi mikro besin maddelerinin bu bölgelerde boy artımı üzerinde önemli derecede etkili olmasının, toprak reaksiyonu ile ilgili olabileceği sonucuna varılır.

Yetiştirme bölgelerine göre besin maddelerinin boy artımı üzerindeki etkileri, yani ortaklık ölçüsü 0,55 - 0,69 arasında değişmektedir. Tüm araştırma bölgeleri için bu değer 0,57 olarak bulunmuştur. Ortaklık ölçüsünün düşüklüğü milyonlarca hektar genişliğindeki araştırma bölgesinde özellikle iklimik faktörlerin çok heterogen olmasından ileri gelmektedir.

(2) İğne yapraklardaki besin maddeleri ile sarıçam meşcerelerinin boy artımını açıklayabilme hususunda faktör analizleri ve çoğul regresyon analizlerine ait sonuçlar birbirinden farklı bulunmuştur. Gerçekten, çizelgedeki ortaklık ölçüsünü gösteren değerlerin, çoğul korelasyon katsayılarından oldukça yüksek oldukları görülmektedir. Bu durum, yeni ortak faktörler bularak boy artımını daha iyi açıklayabilme olanağının sözkonusu olabileceğine işaret etmektedir.

(3) Çizelgedeki ilginç bir sonuç da faktör analizine giren değişkenlerin, çoğul regresyon analizlerine giren faktörlerle benzerlik göstermesidir. Örneğin Doğu Anadolu Bölgesi için 4 değişken (Cu, Al, Fe, Na) hem faktör analizlerinde, hem de çoğul regresyon analizlerinde ortak faktörler olarak görünmektedir.

(4) Meşcere üst boyunu etkileyen beslenme durumu (iğne yapraklardaki besin maddesi düzeyleri) ile edafik ve fizyografik faktörlere ait faktör analizi sonuçları karşılaştırılırsa toprak özelliklerine ait parametrelerin, meşcere üst boyu değişimi üzerindeki toplu etkiye katılma oranının daha yüksek düzeylerde olduğu kolayca anlaşılır (Çizelge 7).

Çizelgede toprak özellikleri için hesaba sokulan parametreler tüm toprak profiline ait rezerve değerleridir (ÇEPEL, DÜNDAR ve GÜNEL 1977, s. 106 ve 119 ile karşılaştırmız). Bu sonuçlar, sarıçam meşcerelerinin üst boyunun toprak özelliklerine göre duyarlı bir şekilde belirlenebileceğini göstermektedir.

4. ÖZET VE SONUÇ

Bu araştırma yazısında, sarıçam ve kızılçam meşcerelerinin ekolojisi üzerine yaptığımız iki araştırma, beslenme ile boy artımı ilişkileri bakımından değerlendirilmiştir. Bu amaçla, iğne yapraklardaki besin maddeleri içerikleri ile meşcere üst boyu arasındaki bağıntılar çeşitli istatistik uygulamalar ile ortaya konmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu iki ağaç türüne ait meşcerelerin belirli yaşlarda sahip olabileceği üst boyu tahmin için kullanılacak parametrelerin neler olabileceği üzerinde durulmuştur. Bu parametrelerden beslenme ilişkileri ile toprak özelliklerine ait olanlar karşılaştırılarak hangileri ile daha duyarlı sonuçlar elde edilebileceği ortaya konmuştur. Araştırma materyalini örnekleme yolu ile alınan 215 sarıçam ve 92 kızılçam meşceresinden sağlanan iğne yaprak örnekleri oluşturmuştur.

Çizelge 7. Edafik faktörler ve iğne yapraklardaki besin maddesi düzeylerinin, meşcere üst boyunun değişimi üzerindeki etki derecelerinin karşılaştırılması

Tabelle 7. Vergleich der Auswirkungen von edaphischen- und nadelanalytischen Kenngrößen über die Variation H_{100} von Pinus silvestris-Beständen

Yetiştirme Bölgesi Wuchsgebiet	Değişkenler (Variablen)			
	Toprak özellikleri edaphische Kenngrößen		İğne yapraklardaki besin maddeleri Nadelanalytische Kenngrößen	
	R ²	Ortaklık ölçüsü Kommuna- lität	R ²	Ortaklık ölçüsü Kommuna- lität
Karadeniz Schwarzmeer	0,43	0,66	0,48	0,67
Doğu Anadolu Ost Anatolien	0,37	0,75	0,63	0,68
İç Anadolu Inneranatolien	0,78	0,79	0,74	0,69
Tüm Araştırma Bölgeleri Gesamt Versuchsgebiet	0,39	0,65	0,39	0,57

Bu iğne yapraklarda N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, B, Zn, Na ve Al gibi besin maddeleri belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir :

(1) İğne yapraklardaki besin maddesi düzeyleri ile meşcere üst boyu arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Homogen yetiştirme ortamı koşullarında kızılçam meşcerelerinin boy artımının % 65'inin iğne yapraklardaki besin maddeleri ile açıklanabileceği, heterogen koşullarda bunun % 44'e kadar düştüğü belirlenmiştir. Sarıçam meşcereleri için bu değerlerin % 39-74 arasında değiştiği ortaya çıkmıştır.

(2) Çoğul regresyon analizleri, faktör analizlerine kıyasla mevcut ilişkileri daha düşük düzeyde açıklayabilmektedir. Örneğin iğne yapraklardaki besin maddelerine göre sarıçam meşcerelerinin boy artımı, çoğul regresyon analizleri ile % 39-74 arasında açıklanabildiği halde, faktör analizi sonuçlarına göre bu değer % 55-69'dur (Çizelge 6).

(3) Meşcere üst boyu üzerinde etkili olan besin maddeleri, orman yetiştirme bölgelerine göre değişmektedir. Örneğin sarıçam orman yetiştirme bölgelerinde Doğu Anadolu için mikro besin maddeleri (Fe, Cu, Al) etkili olduğu halde, İç Anadolu için azot büyük bir önem taşımaktadır.

(4) Belirli yaşlarda meşcere üst boyunu tahmin edebilme amacıyla faktör analizleri ile belirlenen parametrelerden toprak özelliklerine ait olanlar, besin maddelerine ilişkin olanlara kıyasla daha duyarlı sonuçlar vermiştir. Başka bir ifade ile, faktör analizleri ile bulunan ve toprak özelliklerine ait olan parametrelerin, meşcere üst boyu değişimi üzerindeki toplu etkiye katılma oranının daha yüksek düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Çoğul regresyon analizleri ile bulunan parametrelere göre bu şekilde kesin bir yargıya varma olanağı yoktur (Çizelge 7).

(5) Bulgular hakkında buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere, belirli yaştaki meşcere üst boyunu tahmin etmedeki başarı derecesi üzerinde, araştırılan ekolojik faktörlerin türü ile birlikte, seçilecek istatistik yöntemin de etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

BEZIEHUNGEN ZWISCHEN DEM HÖHENWACHTUM UND DEN NÄHRELEMENTGEHALTE DER NADELN VON PINUS SILVESTRIS— UND PINUS BRUTIA— BESTÄNDEN TYPISCHER WUCHSGEBIETE

Doç. Dr. Münir DÜNDAR
Prof. Dr. Necmettin ÇEPEL

Abstract

Diese Arbeit untersucht die Beziehungen zwischen der Ernährungslage und der Wuchsleistung der Hartkiefernbestände im Bereich von Antalya und der Gemeinkiefern in vier Wuchsgebieten in der Türkei und versucht herauszustellen, ob die nadelanalytischen Kennwerte oder die edaphisch-physiographischen Faktoren engere Beziehungen zu der Wuchsleistung zeigen.

Zusammenfassung

In früheren Arbeiten hatten wir die Zusammenhänge zwischen der Wuchsleistung und den entscheidenden Standortfaktoren für Pinus brutia im Bereich der Oberforstdirektion Antalya und für Pinus silvestris in verschiedenen Wuchsgebieten in der Türkei untersucht. Mit Hilfe der statistischen Rechenverfahren konnten für Pinus silvestris 67-78 %, für Pinus brutia sogar 79-94 % der Wuchsleistungsvariation erklärt werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeiten gaben den Anlass, auch den Ernährungszustand dieser Kiefernarten zu untersuchen. Aus diesem Grunde haben wir geprüft, ob zwischen dem Höhenwachstum und dem Ernährungszustand der Pinus silvestris— und Pinus brutia— Beständen korrelative Zusammenhänge vorliegen. Hier werden die Ergebnisse oben erwähnten zwei Arbeiten erörtert, die sich mit der Wuchsleistung und der Ernährungslage von Pinus silvestris und Pinus brutia befassen.

Uns interessieren im folgenden besonders zwei Fragen:

(1). Bestehen gesicherte Zusammenhänge zwischen den Nährelementkonzentrationen in den Nadeln und dem Höhenwachstum von Pinus silvestris— und Pinus brutia— Beständen in verschiedenen Wuchsgebieten?

(2). Ob die edaphisch— physiographischen oder nadelanalytischen Kennwerte die Wuchsleistung der Bestände besser widerspiegeln.

Die Untersuchungen wurden in vier Wuchsgebieten von Pinus silvestris, nämlich im Schwarzmeer, im Schwarzmeer-Hinterland, in Inneranatolien und in Ostanatolien; von Pinus brutia im Wuchsgebiet Antalya durchgeführt, wo insgesamt bei der ersten Baumart 215 und bei der zweiten 92 Probeflächen gewählt worden sind. In den Probeflächen wur-

den das Alter und der Bestandesoberhöhe gemessen und aus den 5 bis 7 Bäumen, die am Ende der Vegetationsperiode gefällt worden sind, Nadelproben geerntet. In den Nadelproben wurden die Elemente N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, B, Zn (für Pinus silvestris noch dazu Na und Al) bestimmt.

Um Beziehungen zwischen dem Höhenwachstum und den Nährelementkonzentrationen in den Nadeln bestimmen zu können, wurden statistische Rechenverfahren, wie einfache und multiple Regressionsanalyse (für Pinus silvestris auch Faktorenanalyse) angewandt.

Im folgenden werden die Ergebnisse für Pinus brutia und Pinus silvestris getrennt erörtert.

Beziehungen Zwischen dem Höhenwachstum und den Nährelementkonzentrationen der Nadeln von Pinus brutia- Beständen.

Die Untersuchungen wurden in Antalya in vier Wuchsbezirke d.h. in Düzlerçamı, Bük, Bucak und Kaş-Lengüme durchgeführt und für die genannten Wuchsbezirke ausgewertet. Die Ergebnisse der einfachen Regressionsanalysen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt. Wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen, sind die einfachen Korrelationskoeffizienten nicht sehr hoch, doch dieses Ergebnis ist verständlich, denn die korrelativen Zusammenhänge lassen sich nach Çepel, Zech (1982) auf folgende ökologischen Beziehungen zurückführen:

a. Gutwüchsige, besser mit N,P,K und Fe versorgte Pinus brutia- Bestände stocken auf den humus-, stickstoff-, phosphor- und kaliumreicheren, tiefgründigeren und damit frischeren Standorten mit niedrigerem pH.

b. Schlechtwüchsige Hartkiefern dagegen enthalten in ihren Nadeln viel Ca und Mg, weil sie überwiegend auf flachgründigen, bis zum Oberboden hin carbonatreichen Standorten wachsen, Tabelle 1 zeigt, dass die Nadelparameter N, P, Fe und Cu positiv gesicherte Zusammenhänge mit $H_{0,50}$ ergeben; die entsprechenden negativen Korrelationen betreffen die Variablen Ca, Mg, Mn, Zn und B.

Die multiple Regressionsanalyse ergibt für Düzlerçamı einen multiplen Korrelationskoeffizienten von $R = 0,808$ und ein Bestimmtheitsmass von $B = 0,654$; das bedeutet, dass 65 % der Variation von $H_{0,50}$ lassen sich als Folge der Variation folgender Nadelparameter erklären: P, K, Ca, Fe und Mn. Die entsprechende Korrelationsgleichung lautet:

$$H_{0,50} = 24,36 - 146,5 \% P - 23,43 \% K + 76,99 \% Ca + 0,32 \text{ ppm Fe} - 0,24 \text{ ppm Mn} + 17,40 \text{ mg P} + 1,90 \text{ mg K} - 8,73 \text{ mg Ca} - 0,035 \gamma \text{ Fe} + 0,022 \gamma \text{ Mn.}$$

Wenn man alle 92 Probeflächen im Wuchsgebiet Antalya berücksichtigt, beträgt der multiple Korrelationskoeffizient (R) 0,662 und das multiple Bestimmtheitsmass (B) 0,44. Im Gegensatz zu Düzlerçamı können somit bei Berücksichtigung sämtlicher 92 Probeflächen aller vier Wuchsbezirke nur noch 44 % der Wuchsleistungsvariation erklärt werden. Die entsprechende Regressionsgleichung lautet:

$$H_{0,50} = 22,17 - 13,51 \% K + 45,42 \% Ca - 6,21 \% Mg + 0,03 \text{ ppm Fe} - 0,16 \text{ ppm Mn} + 1,96 \text{ N/P} - 10,69 \text{ N/K} + 7,97 \text{ mg P} - 5,61 \text{ mg Ca} + 0,012 \gamma \text{ Mn.}$$

Diese Ergebnisse, besonders diejenige für das gesamt Wuchsgebiet von Antalya sind

nicht befriedigend; weil der Prozentsatz der erklärten Wuchsleistungsvariation sehr niedrig ist.

Das ist aber verständlich, denn unsere 92 Probeflächen sind auf einer Gesamtfläche von 2,2 Millionen Hektar mehr oder weniger reliefierten Landes verteilt. Die Höhenlage der Probeflächen schwankt zwischen 150 m und 1150 m ü.NN, wodurch allein die Länge der Vegetationsperiode erheblichen Einfluss auf das Wachstum der Bäume hat. Innerhalb ökologisch homogener Raumeinheiten (z.B. Wuchsbezirk Düzlerçamı) ist bei entsprechend hoher Anzahl von Probeflächen deshalb mit statistisch strafferen Beziehungen zu rechnen. Ausserdem darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass unter den mediterranen Bedingungen mit einer langen Sommertrockenheit zu rechnen ist, die die Wuchsleistung wesentlich beeinflusst und nadelanalytisch quantitativ nicht befriedigend zu erfassen ist. Deshalb erklärt die Variation der ermittelten Nadelkenngrössen nur 65 bzw. 44 % der Wuchsleistungsvariation. Im Gegensatz dazu erlauben die Boden-, Klima- und Reliefeigenschaften eine Erklärung von 79 bis 94 % der $H_{0.50}$ Variation. Dieses deutlich bessere Ergebnis wird in entscheidendem Masse bedingt durch den Faktor «nutzbare Wasserspeicherleistung des intensiv durchwurzelter Bodenraumes» (Çepel und Zech 1982).

Beziehungen zwischen dem Höhenwachstum und den Nährelementkonzentrationen der Nadeln von *Pinus silvestris*-Beständen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können wie folgt zusammengefasst werden:

Die signifikante Korrelationskoeffizienten der einfachen Regressionsanalysen für einzelne Gebiete und für das gesamte Versuchsgebiet sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Wie eng die Korrelation zwischen den N-Konzentrationen der Nadeln und der Wuchsleistung ist, geht aus der erwähnten Tabelle hervor. Auch der P-Gehalt der Nadeln sind, unter Ausnahme vom Schwarzmeer-Gebiet und Ostanatolien mit der Bestandesoberhöhe positiv korreliert. Weitere Nadelkennwerte die eine enge Korrelation mit der Wuchsleistung zeigen, sind K, Zn und Cu-Gehalte, wobei K-Gehalte der Nadeln eine negative Beziehung zu der Bestandesoberhöhe aufweisen.

Wenn wir die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalysen betrachten, zeigt es sich, dass im Schwarzmeer-Gebiet 54 %, im Schwarzmeer-Hinterland 51 %, in Inneranatolien 79 %, in Ostanatolien 63 % und im gesamten Versuchsgebiet 40 % der Wuchsleistungsvariation als Folge der Nährelementgehalte in den Nadeln erklärt werden kann. Auch hier zeigen alle Regressionsgleichungen ein negatives Bestimmungsgewicht der K-Spiegelwerte zu dem Wachstum von *Pinus silvestris*. Somit wird das Ergebnis der einfachen Regressionsanalyse bestätigt. Wir haben die unwesentlichen Variablen eliminiert und für einzelne Gebiete Regressionsgleichungen erhalten, die der Tabelle 3 zu entnehmen sind. Die Elimination ermöglicht die Ausschaltung ein Teil der Variablen, dennoch erklären die verbleibenden Variablen noch immer einen grossen Teil der Wuchsleistungsvariation. Die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse zeigen, dass dieses Rechenverfahren für die Berechnung von $H_{1.00}$ nach den Nadelkennwerten beschränkt aussagekräftig ist, weil diese Analyse nur für Inneranatolien einen relativ hohen Korrelationskoeffizienten von $R = 0,86$ und ein Bestimmtheitsmass von $B = 0,74$ zeigt. Die Ergebnisse mit den Nadelkennwerten bedeuten immerhin einen höheren Signifikanzniveau als die Ergebnisse mit den edaphisch-physiographischen Faktoren (Tabelle 4).

Die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse dürften mit Vorsicht interpretiert werden, weil zwischen den vorgegebenen unabhängigen Variablen zahlreiche Interkorrelationen bestehen. Im Gegensatz dazu gestatten die multivariate Analysen, mit beliebig interkorrelierter Grössen zu rechnen. Eines dieser Verfahren ist die Faktorenanalyse. Sinn und Zweck der Faktorenanalyse ist es, einige wenige Faktoren herauszustellen, die in der Vielzahl der interkorrelierten x- und y-Variablen wirksam sind. Faktoren sind nicht messbare, rechnerische Grössen, die voneinander unabhängig sind. Sie stehen in linearem Zusammenhang mit den ursprünglichen Variablen und werden als «Variable höherer Ordnung» aufgefasst (vgl. : Zech und Çepel 1972). Die Identifizierung der Faktoren geschieht anhand der Ladungen, welche ein Mass für die Intensität der linearen Beziehungen zwischen Variablen und Faktoren sind, vergleichbar mit den einfachen Korrelationskoeffizienten. Sie können positiv und negativ sein und schwanken von 0 bis 1. Nach Literaturangaben erreichen nur solche Ladungen eine bestimmte «Erheblichkeit, die über $\pm 0,30$ liegen (Zech und Çepel 1972). Zu erwähnen sind noch die Kommunalität und die Restvarianz die ganz rechts in der Tabelle stehen (Tabelle 5). Die Kommunalität sagt aus, in welchem Mass die Variation einer Variablen durch alle errechneten Faktoren erklärt wird, wobei die Restvarianz ein Mass für die unerklärte Variation ist.

Die Faktorenanalyse wurde für vier Wuchsgebiete und für das gesamte Versuchsgebiet durchgeführt, die Ergebnisse für Ostanatolien als Muster in der Tabelle 5 angegeben, die Ergebnisse für vier Wuchsgebiete und für das gesamte Versuchsgebiet in der Tabelle 6 zusammengestellt. Danach lassen sich im Schwarzmeer Gebiet 6, im Schwarzmeer-Hinterland, in Inneranatolien, sowie in Ostanatolien 5 und im gesamten Versuchsgebiet 6 Faktoren herauschälen, die zusammen in der Reihenfolge 67, 55, 69, 68 und 57 % der Gesamtvariation erklären (Tabelle 6). Wie diese Werte zeigen, ist es uns nur teilweise gelungen, die von 16 Variablen gekennzeichnete Gesamtvariation in Faktoren auszudrücken.

Wenn die Ergebnisse zwischen den Nährelementgehalte der Nadeln und der Wuchsleistung der Bestände mit den Ergebnissen der edaphischen und physiographischen Faktoren und der Wuchsleistung verglichen werden, stellt sich heraus, dass die Ergebnisse mit den letztgenannten Parametern bessere Aussagen erlauben (Tabelle 7).

KAYNAKLAR

ÇEPEL, N., DÜNDAR, M. ve GÜNEL, A., 1977. Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi İle Bazı Edafik ve Fizyografik Etkenler Arasındaki İlişkiler. TÜBİTAK Yayınları, No. 354, TOAG Seri No. 65, Ankara.

ÇEPEL, N. und ZECH, W., 1982. Ernährungszustand und Wuchsleistung von *Pinus brutia*-Beständen in Südanatolien. Forstw. Cbl. 4, 260-273.

DÜNDAR, M., 1978. Türkiye'nin Çeşitli Yetiştirme Bölgelerindeki Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) Ormanlarının İğne Yapraklarındaki Besin Maddeleri İçerikleri İle Boy Artımı Arasındaki İlişkiler. TÜBİTAK-TOAG, Proje No. 272.

FOERST, K., 1979 : Standort, Wuchsleistung und Ernährungszustand älterer bayerischer Bestände der grünen Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var *menziesii*). Diss. Universität München.

HEINSDORF, D., 1964. Über die Zusammenhänge des Nährstoffgehaltes in Böden und Nadeln und des Wachstums von Kiefernkulturen auf grundwasserfernen Sanden. *Archiv f. Forstwesen* 13, 865.

KALIPSIZ, A., 1981. İstatistik Yöntemler. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 294, İstanbul.

LAATSCH, W., 1967. Beziehungen zwischen Standort, Ernährungszustand und Wuchsleistung von Kiefernaufforstungen im Mittelmeergebiet *Forstw. Cbl.* 86, 69 - 81.

LEYTON, L., 1956. The relationship between the growth and mineral composition of the foliage of Japanese Larch. *Plant and Soil* VII, 167.

REHFUESS, K.E., 1967. Standort und Ernährungszustand von Tannenbeständen (*Abies alba* Mill.) in der südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft. *Forstw. Cbl.* 86, 321 - 348.

REHFUESS, K. E., 1968a. Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand und der Wuchsleistung südwestdeutscher Tannenbestände (*Abies alba* Mill.) *Forstw. Cbl.* 87, 36 - 58.

REHFUESS, K. E., 1968b. Zusammenhänge zwischen dem Ernährungszustand und der Bonität nordbayerischer Tannenbestände (*Abies alba* Mill.) *Forstw. Cbl.* 87, 257 - 320.

STREBEL, O., 1960. Mineralstoffernährung und Wuchsleistung von Fichtenbeständen (*Picea abies*) in Bayern. *Forstw. Cbl.* 79, 17.

STREBEL, O., 1961. Nadelanalytische Untersuchungen an Fichten-Altbeständen sehr guter Wuchsleistung im bayerischen Alpenvorland. *Forstw. Cbl.* 80, 344.

WEHRMANN, J., 1959. Mineralstoffernährung von Kiefernbeständen (*Pinus silvestris*) in Bayern. *Forstw. Cbl.* 78, 129.

WEHRMANN, J., 1963. Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft. *Landwirtschaft. Forschung* 16, 130.

ZECH, W., ÇEPEL, N., 1972. Güney Anadolu'daki Bazı *Pinus brutia* meşcerelerinin Gelişimi İle Toprak ve Reliyef Özellikleri Arasındaki İlişkiler. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 191, İstanbul.

ZÖTTL, H., und KENNEL, R., 1963. Ernährungszustand und Wachstum von Fichten-Altbeständen nach Ammoniakgas- und Stickstoffsaldüngung. *Forstw. Cbl.* 82, 76.

ZÖTTL, H., und VELASCO, F., 1966. The state of nutrition and growth of different afforestations of the genus *Pinus* in Spain. *Anal. de Edafologia y Agrobiologia* XXV, 5/6, 249 - 268.