

Gördes zeolitli (klinoptilolit) tüflerinin mineralojisi ve bitki yetiştirme ortamında kullanımı

A. Cihat Kütük
Mahmut Yüksel
Sonay Sözüdoğru
Ferda Öner
İsrafil Kayabalı

A.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara
 A.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara
 A.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara
 MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi, Ankara
 MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi, Ankara

Bu çalışmada Gördes zeolitli tüflerinin mineralojik özellikleri ile sera koşullarında yetiştirilen fasulye ve şeker pancarında bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla bölgeyi temsil edecek şekilde alınan zeolit örnekleri M.T.A. Genel Müdürlüğü cevher zenginleştirme tesislerinde 1-2 mm ile 7-10 mm irilikte sınıflandırılmış ve mineralojik özellikleri incelenmiştir. %70'in üzerinde zeolit içerdiği belirlenen bu tüfler üzerinde ısı kararlılık deneyleri ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışmaları yapılmıştır. X-RD (tüm kayaç) çözümlenmeleri, ısı kararlılık testleri ve SEM çalışmaları sonucu bu zeolitlerin klinoptilolit olduğu ve başka tür zeolit içermediği saptanmıştır. Isı kararlılık deneyleri bu zeolitlerin 700 °C'ye kadar kararlı kalabildiklerini göstermiştir. SEM çalışmaları ile zeolitleşmenin volkan camını direkt olarak yerinde alterasyonu ile oluştuğu belirlenmiştir. İstenilen tane iriliğinde sınıflandırılan zeolit A.Ü.Z.F. Toprak Bölümünde gerçekleştirilen sera deneylerinde killi tın tekstürlü deneme toprağıyla belirli oranlarda karıştırılarak bitki yetiştirme ortamına uygulanmıştır.

Serada Kick - Brown saksılarında yetiştirilen şeker pancarı ve fasulye bitkilerinin yetiştirme ortamına hacim esasına göre yüzde 0.5, 10 ve 15 oranlarında ince (1-2 mm) ve kaba (7-100 mm) fraksiyonlu zeolit karıştırılmıştır. Ayrıca temel gübreleme olarak kontrol dışın-

daki tüm saksılara NH_4NO_3 'tan 50 µg/g azot, KH_2PO_4 'tan 60 µg/g fosfor ve 75 µg/g potasyum ekimden önce uygulanmıştır.

Fasulye bitkisinden elde edilen ürünün yaş ve kuru ağırlığı ile toprak üstü aksamın kuru ağırlığı üzerine farklı oran ve fraksiyonlardaki zeolit etkisi istatistiki yönden önemli bulunmuştur. Bu etki; ürün yaş ağırlığında kaba fraksiyonlu zeolit %5 uygulamasında belirgin olmuştur. Şeker pancarı bitkisinden elde edilen ürünün yaş ve kuru ağırlığı ile toprak üstü aksamının kuru ağırlığı üzerine farklı oranlarda uygulanan zeolit etkisi önemli bulunmuştur.

Şeker pancarı ve fasulye bitkisinden elde edilen ürünün toplam azot kapsamı üzerine artan zeolit dozlarının ince ve kaba fraksiyonunun etkileri önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur. Yetiştirme ortamına farklı oran ve fraksiyonlarda uygulanan zeolit toprakta çözünebilir bor kapsamına etkisi, fasulye bitkisinin yetiştirme ortamında etkisiz bulunmuş, şeker pancarında önemli bulunmasına karşın belirtilen sınır değerler arasında olduğu görülmüştür.

Bitki yetiştirildikten sonra topraktan ayrılan klinoptilolitli tüfler üzerinde tekrar SEM çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, klinoptilolitlerin bitki yetiştirilmesi sırasında herhangi bir mineralojik değişikliğe uğramadığı, bununla birlikte volkan camında killeşme şeklinde bir alterasyon başladığı belirlenmiştir.

Giriş

Gördes ve çevresinde yeralan beyaz renkli, tabakalı ve zeolit içeren tüfler; kül akması (ash flow) şeklindeki volkanik faaliyetin Neojen yaşlı gölssel havzaya taşınması ve çökmesi ile oluşmuşlardır. Asidik (riyolitik) bileşimli olan kül akması tüfleri (ash flow tuffs) gölssel alanda bazik bir ortamda altere olarak zeolitleşmişlerdir. Volkanik cam / kristal oranının oldukça büyük olması, alterasyonun ve aynı zamanda zeolitleşmenin miktarını yükseltmiştir.

Esenli (1992) ve Öner (1993) tarafından mineralojik dağılımları incelenmiş zeolitli tüfler mineral içeriği esas alınarak iki sektöre ayrılmıştır.

1- Doğu Sektörü: Ortalama % 70 - 90 arasında klinoptilolit minerali içeren bu sektöre ait tüfler az miktarda kuvars, feldspat, biyotit ve volkan camı içermektedir. Ayrıca çok çok az miktarda demiroksit (hematit) minerali de içerebilmektedir. Gerek Esenli ve gerek bu çalışmada yapılan ısı kararlılık çalışmaları ile zeolitli tüflerin ana minerali olan klinoptilolitlerin Na'lu olduğu ve 750°C ye kadar kararlı kalabildiği belirlenmiştir. Bunların kristal boyutları çok küçük olup optik mikroskopta saptanması mümkün değildir. Bunun dışında az miktardaki kuvars (0.3 - 0.7 mm.), feldspat, biyotit (0.1 - 0.5) ve hematit (0.1 - 0.8 mm.) minerallerinin de parajeneze girdiği belirlenmiştir.

2- Batı Sektörü: Doğu sektörü ile aynı zeolit mineralini (klinoptilolit) içermektedir. Doğu sektöründen ayrılabilen en önemli özelliği bunların daha fazla simektit türü kil minerali içermesidir. Diğer aksesuar mineraller benzer oranlarda bulunmaktadır. Doğu sektörü tüfleri gibi mineral tane boyları da genelde aynıdır.

Gördes zeolitli tüfleri Esenli (1992) tarafından ilk olarak "Alt Tüf Birimi" olarak tanımlanmıştır. Bu tüfler Neojen yaşlı Gördes Gölü'nün orta kesimlerinde çökelmiştir (Şekil 1). Göl, Gördes kuzeyinde yeralan (Güneşli - Kobaklar) volkanik faaliyetin eksplozif evresinin ürünü olan ignimbritlerle kesilmiş ve o dönemde bir çukurluk olan bu gölün tabanı ignimbritlerle kaplanmıştır. Genelde zeolitik alterasyona maruz kalan bu malzeme istifte bir stratigrafik düzey oluşturmaktadır. Alt tüf birimi havzada yaklaşık 150 km²'lik alan içinde 5 - 90 m arasında değişen bir kalınlıkla yayılmaktadır. Kuzeyden güneye doğru kalınlıkları azalan bu tüfler, Batı Anadolu'da örnekleri görülen (Bigadiç - Balıkesir, Kestelek - Bursa) diğer yataklanmalar gibi ekonomik oluşum sergilemektedir.

Günümüzdeki bitki yetiştirme ortamlarında kullanılan peat, torf gibi materyallerin oldukça pahalı olması

ve rezervlerinin özellikle ülkemizde sınırlı düzeyde bulunması, ideal bitki yetiştirme ortamı olarak nitelenen bu materyallerinin yerine sap, saman, talaş, yaprak kompostu gibi bitkisel atıklarla birlikte perlit, volkanik tüf, kum, sentetik köpükler vb. bitki yetiştirme ve düzenleme materyallerinin de kullanımını gündeme getirmiştir. Ancak organik kökenli substartların ömürlerinin kısıtlılığı ve bulaşma riskinin yüksek oluşu, diğer materyallerin ise pahalı ve yetersiz fiziksel özellikler göstermesi yeni ortam ve karışımlara yönelmenin başlıca nedenini oluşturmaktadır. Bu yüzden ülkemizde 45.8 milyar ton (Büyükakyol, 1988) gibi oldukça yaygın rezervi olan zeolit tarımsal amaçlı kullanım olanaklarının araştırılması son yıllarda üzerinde durulan konulardan biri olmuştur.

Zeolitlerin taşıdıkları çeşitli özelliklerinden dolayı tarımda değişik alanlarda kullanılabileceği ifade edilmektedir. Burriesci ve diğ. (1984), zeolit ıspanak üretiminde su ve gübre yarıyışlılığını artırıp kolaylaştırdığını, Rivero - Gonzales ve Rodriguez - Fuentes (1988) hidroponik ortamda doğal zeolitte yetiştirilen domates bitkisinde verimin yanısıra su ve gübre ekonomisi yönünden olumlu sonuçlar alındığını saptamışlardır.

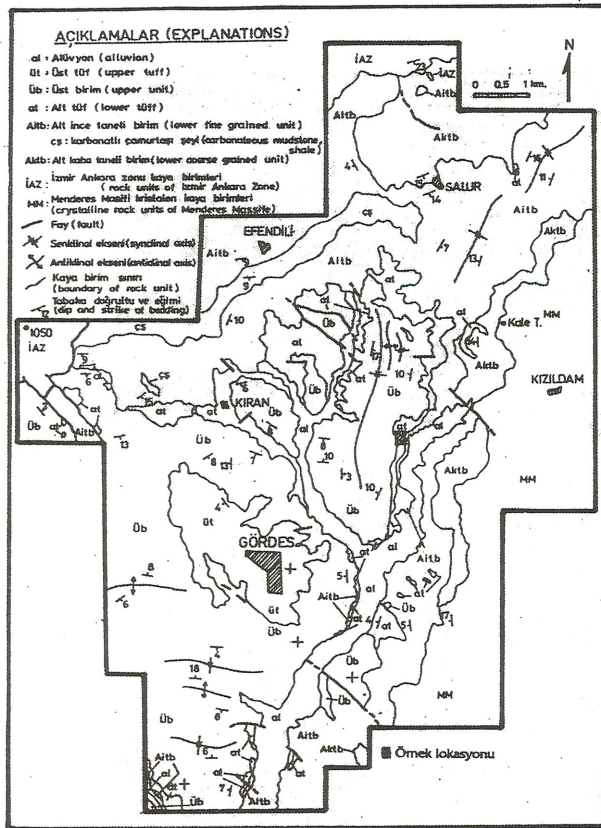
İstenilen tane iriliğinde oldukça kolay sınıflandırılması ve yetiştirme ortamına elverişli fiziksel özellikler kazandırması gibi nitelikleri olan zeolit tarımda kullanım olanaklarının araştırılması bu açıdan büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada; genelde borat yataklanmaları ile oluşumları nedeniyle yüksek bor içeren diğer zeolit yataklanmalarının (örneğin Bigadiç - Balıkesir, Gündoğdu, 1982) aksine; havzada bor yataklanması olmaması ve bunların çok düşük oranda bor içermeleri nedeniyle Gördes (Manisa) doğu sektöründe ekonomik yataklanma sunan zeolitli tüfler seçilmiş ve mineralojik özellikleri belirlenerek bitki yetiştirme ortamında kullanım olanakları araştırılmıştır.

Materyal ve Metod

Zeolit örneğinin alınması ve çözümlemeye hazırlanması

Araştırmada; bölgede en kalın ve en yüksek zeolit (klinoptilolit) içeren Dedeçam Tepeden (Şekil 1) yaklaşık 250 m'lik zon temsil edecek şekilde 500 - 600 kg'lık örnekleme yapılmıştır. Daha sonra bu örnekler Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü çevher zenginleştirme tesislerinde kırma - öğütme ve eleme işlemleri (Kayabalı vd. 1996) ile değişik fraksiyonlara ayrılmıştır.



Şekil 1. Gördes ve çevresinin jeoloji haritası (Esenli, 1992'den alınmıştır).

Fraksiyonlarına ayrılan örneklerin mineralojik özelliklerinin belirlenmesi için X - RD çözümlmeleri, ısı kararlılık testleri ve SEM (Scanning Electron Microscope) çalışmaları yapılmıştır.

X - RD çözümlmeleri Rigaku marka X - ışınları Difraktometresinde yapılmıştır. Analiz şartları aşağıda verilmiştir.

Anod: Cu, Filtre: Ni, Gerilim: 40kV, Akım: 30mA,

Örneklerin zeolit cinsinin tayini için uygulanan ısı kararlılık testi Minato ve Nishimura (1994) nın önerdiği yöntemle yapılmıştır. Bu yöntemde cam üzerine sıvı pudra halindeki örnekler 200 - 800°C arasında 100'er derece aralıklı olarak fırında 4'er saat bekletilmiş ve desikatörde soğutulduktan sonra X - RD çekimleri yapılmıştır. Bunların d (020) şiddet değerleri ölçülmüş ve ısı kararlılık değerleri hesaplanmıştır.

Ayrıca örneklerde gerek mineralojinin korelasyonu ve gerekse örneklerin içinde miktar olarak çok az olup X - RD ile saptanamayan eriyonit gibi insan sağlığına zararlı (kanserojen) zeolit minerallerinin bulunup / bulunmadığı SEM çalışmaları ile denetlenmiştir.

Deneme toprağının alınması ve çözümlemeye hazırlanması

Denemede kullanılan toprak; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü deneme tarlasından Kacar (1994) tarafından bildirilen ilkelere uygun olarak 0 - 20 cm derinlikten alınmıştır. Hava kuru ağırlığa gelene kadar kurutulan ve 4 mm'lik elekten elenen toprağın yaklaşık 1 kg'ı laboratuvar çözümlemeleri için ayrılmış geri kalanı sera denemesinde kullanılmıştır. Deneme toprağı ve zeolit in bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Zeolit ve Deneme Toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

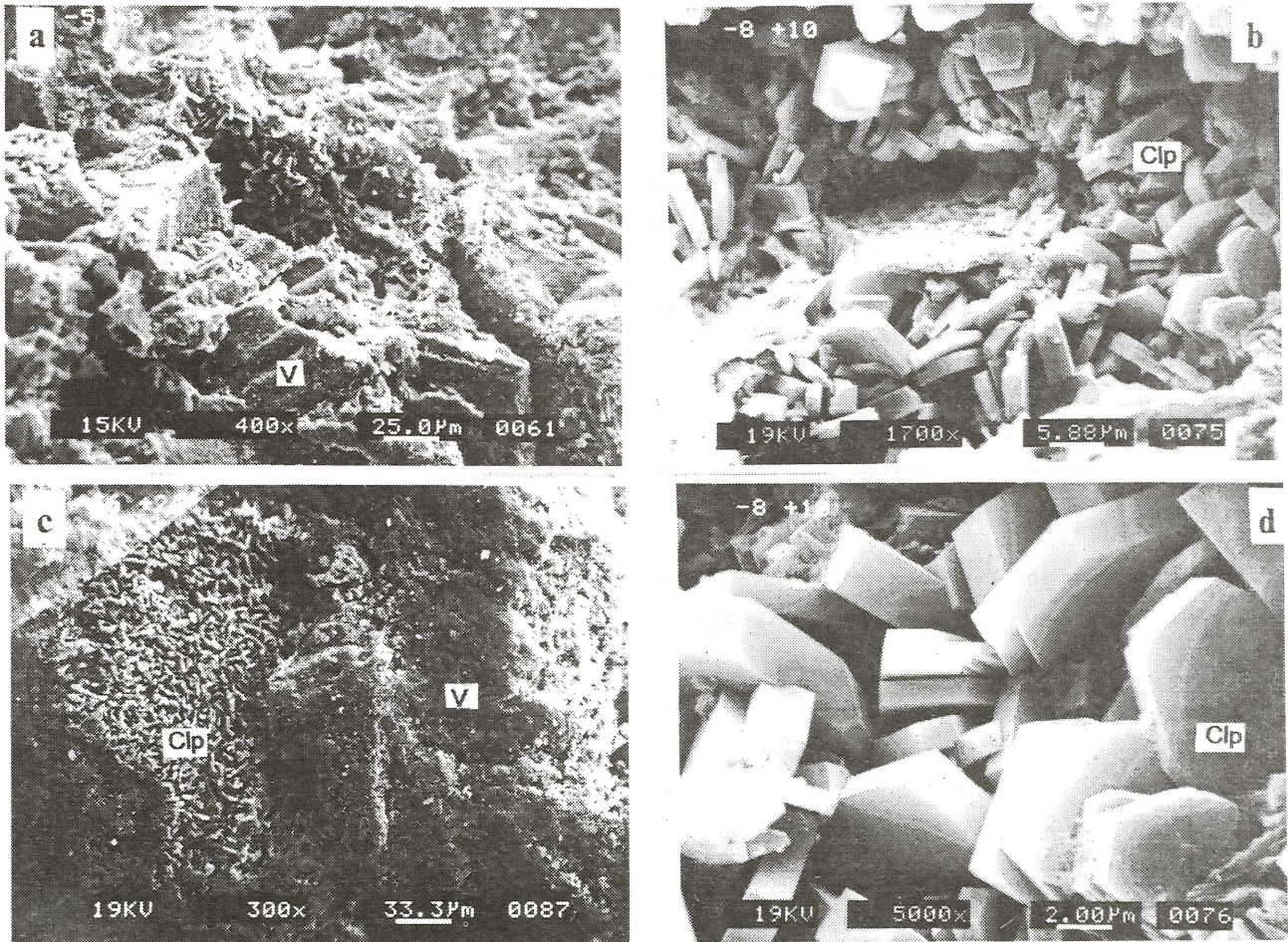
MATERİYAL	ORGANİK MADDE%	SATURASYON EKSTRAKTINDA		KİREÇ	KDK	ÇÖZÜNELİR BOR	TEKSTÜR
		pH (1:2.5)	EC 25°C mmhos/cm	%	mg/10g	µg/g	
Zeolit							
İnce	0.27	7.80	0.180	-	18.48	0.26	-
Kaba		7.48	0.100	-	17.39	0.19	-
Toprak	1.24	7.84	0.172	5.12	13.59	0.94	killi tın

Sera Denemesi

Jenny ve diğ. (1950) tarafından gerçekleştirilen yöntem esas alınarak tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak Toprak Bölümü serasında gerçekleştirilen denemede; 8 litre hava kuru toprak konulmuş Kick - Brown saksılarına zeolit, hacimsel olarak %0, %5, %10 ve %15 oranlarında karıştırılmıştır. Saksılara üç adet bodur tip (Sazova) fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ile beş adet şeker pancarı (*Beta vulgaris* saccharifera) tohumu ekilip, çıkış sonrasında bire seyreltilmiştir.

Temel gübreleme olarak kontrol dışındaki saksılara NH_4NO_3 'tan 50 $\mu\text{g/g}$ azot, KH_2PO_4 'tan 60 $\mu\text{g/g}$ fosfor ve 75 $\mu\text{g/g}$ potasyum ekimden önce çözelti halinde uygulanmış ve kuruduktan sonra toprakla iyice karıştırılmıştır. Deneme süresince saksılar hergün tartılarak su düzeyi tarla kapasitesinde tutulmuş, 16 haftalık gelişim süresi sonunda bitkiler hasat edilmiştir. Fasulye bitkisinin gövde kısmı toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiş, ürün belirli aralıklarda, toplanma büyüklüğüne eriştiğinde elle toplanmıştır. Şeker pancarı bitkisinin toprak üstü aksamı baş kısmından kesilmek suretiyle hasat edildikten sonra toprak içinde kalan kök (yumru) kısmı zedelenmeden çıkarılıp, basınçlı su ile toprak ve çamuru temizlenmiştir.

Deneme toprağında tekstür hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951), organik madde Walkley - Black yöntemiyle (U.S. Salinity Staff Lab, 1954), 1:2.5 toprak su süspansiyonunda pH, cam elektrotlu pH metre kullanılarak U.S. Salinity Lab. Staff'a (1954)'e göre, elektriksel iletkenlik (EC) 1:2.5 toprak - su ekstraktında U.S. Salinity Lab. Staff'a (1954) göre Wheatstone köprüsü ile, katyon değişim kapasitesi (KDK) U.S. Salinity Lab.



Şekil 2. Gördes Zeolitli Tüflerinin (-5 +8), (-8 +10), (-16 +24) mesh fraksiyonlarının SEM Fotoğrafları; a ve d: Tüflerin genel görüntüsü, b ve c: Klinoptilolit tabletleri. (B: Biyotit, Clp: Klinoptilolit, V: Volkan camı).

Staff'a (1954) göre, % kireç Scheibler kalsimetresi kullanılarak Çağlar'a (1958) göre, çözünabilir bor Azometin - H yöntemiyle (John ve diğ., 1975), bitki örneklerinde toplam azot Kacar'a (1972) göre belirlenmiştir.

Bulgular ve tartışma

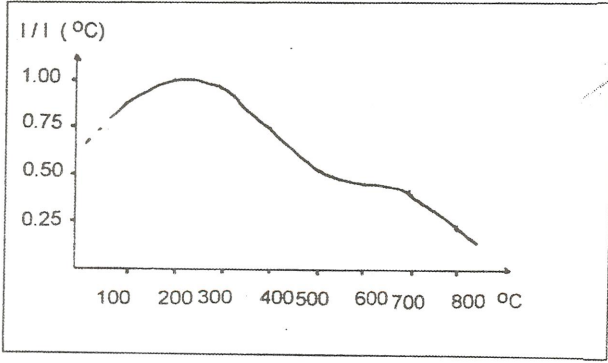
Zeolitte yapılan X - RD çözümlemeleri sonucunda Gündoğdu (1982)'nin önerdiği yarı kantitatif mineral oranları metodu uygulanmış ve % 80 - 85 oranında Klinoptilolit, % 5 - 10 Kil (Simektit) ve % 5 - 10 oranında da diğer mineraller (Feldspat +Q+Opal CT) belirlenmiştir (Şekil 4). Şekil 2b-c verilen SEM fotoğraflarından da görüldüğü üzere Klinoptilolitler genelde 5 - 6 mikron boyutunda tabletler şeklinde volkan camının alterasyonu ile oluşmaktadır. Şekil 2a-d'de kayacın tamamı kristallenmiş olup, volkan camı genelde transformasyonunu tamamlanmış olarak görülmektedir. Öte yandan Esenli (1992) tarafından da belirlenmiş olmakla birlikte, bu çalışma için alınan temsili örneğin de ısıl kararlılık çalışması yapılmıştır. Buna göre, Minato ve

Nishimura (1994) tarafından önerilen metodla yapılan ısıl kararlılık çalışmasındaki değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 3'de verilen diyagramda görüldüğü gibi ısıl kararlılık değerleri 300°C ye kadar nispi olarak artmıştır. Bu artış örnekteki az miktardaki kilin yıkılması ile oluşan yanıltıcı bir artıştır. Sonuç olarak 700 - 750°C ye kadar halen yapısını koruyan (Şekil 4) bu zeolit türünün K - Klinoptilolit olduğu bu verilerle ortaya konulmuştur (Çizelge 3).

Gördes zeolitli tüflerinden bu çalışma için alınmış temsili örnek ile ve Esenli (1992) tarafından aynı lokas-

Çizelge 2. Çalışılan örneğin ısıl kararlılık değerleri.

1200°C/1100°C	1300°C/1100°C	1400°C/1100°C	1500°C/1100°C	1600°C/1100°C
1.01	0.98	0.75	0.53	0.72
1700°C/1100°C	1800°C/1100°C	Polimorfizm	Sonuç	
0.42	0.20	A	Klinoptilolit	



Şekil 3. Zeolitli tüflerin ısı kararlılık diyagramı.

Çizelge 3. Gördes zeolitli tüfünün kimyasal analiz sonuçları.

	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	%CaO	%MgO	%Na ₂ O	%K ₂ O	%H ₂ O	Bppm
		3	3			O			
Bu çalışma	71.29	13.55	1.15	1.96	0.70	0.60	3.50	5.90	10
Esenli (1992)	67.83	11.63	0.94	2.35	1.59	0.28	1.59	7.36	?

yondan alınan örneğin kimyasal analiz değerleri karşılaştırılmalı olarak Çizelge 3'de verilmiştir.

Zeolitin bitki yetiştirme ortamında kullanım olanağını belirlemek amacı ile serada yürütülen çalışma neticesinde şeker pancarı ve fasulye bitkilerinden elde edilen ürün kuru ağırlıkları üzerine değişik oranlarda toprağa karıştırılan zeolitin etkisi istatistiki yönden % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4'de gösterildiği gibi yapılan duncan testi sonucunda şeker pancarının ürün yaş ağırlığında uygulamalar arasında genelde önemli bir farklılık belirlenemezken, kuru ağırlıklar karşılaştırıldığında; kontrol ve NPK + % 0 (Zeolit uygulanmamış) uygulamasına göre ince zeolitin farklı dozlarının uygulanmasıyla elde edilen ürün kuru ağırlıkları arasında önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Şeker pancarında, toprak üstü aksamın kuru ağırlığına etkileri bakımından uygulanan zeolit doz ve fraksiyonları arasında genel olarak önemli bir farklılık belirlenmemiş ancak kontrole oranla bu farklılıklar önemli çıkmıştır (Çizelge 4). Kontrole göre belirlenen artışların yetiştirme ortamına zeolitin yanı sıra temel gübrelerle verilen bitki besinlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Smith ve diğ. (1973) şeker pancarı veriminin toprağa verilen azotlu gübre ile arttığını, Şiray (1968) Ankara şartlarında sulu şekerpancarı tarımında kullanılan azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübrelerin verimi arttırdığını saptamışlardır.

Farklı fraksiyon ve dozlarda zeolit uygulanarak yetiştirilen fasulye bitkisinin ürün yaş ve kuru ağırlıkları ile toprak üstü aksamının kuru ağırlıklarına ilişkin ortalamalar duncan testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 4. Yetiştirme ortamına farklı fraksiyon ve dozlarda zeolit uygulanarak yetiştirilen şeker pancarı bitkisinin ürün yaş ve kuru ağırlıkları ile toprak üstü aksamı kuru ağırlıklarına ilişkin ortalamaların duncan testi ile karşılaştırılması.

Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	ÜRÜN		TOPRAK ÜSTÜ AKSAM
		Yaş Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	72.89B	24.94E	16.40B
	NPK+%0	78.35A	33.75D	24.22A
	NPK+%5	78.79A	44.97AB	21.12AB
	NPK+%10	79.23A	46.95AB	20.45AB
	NPK+%15	79.03A	44.04AB	20.82AB
KABA (7-10 mm)	KONTROL	77.84A	28.76DE	17.45B
	NPK+%0	78.59A	44.79AB	25.30A
	NPK+%5	79.49A	50.79A	20.92AB
	NPK+%10	78.70A	41.78BC	23.44A
	NPK+%15	78.49A	35.70CD	20.66AB

LSD%1=4.15

LSD%1=7.62

LSD%1=4.81

Çizelge 5. Yetiştirme ortamına farklı fraksiyon ve dozlarda zeolit uygulanarak yetiştirilen fasulye bitkisinin ürün yaş ve kuru ağırlıkları ile toprak üstü aksamının kuru ağırlıklarına ilişkin ortalamaların duncan testi ile karşılaştırılması.

Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	ÜRÜN		TOPRAK ÜSTÜ AKSAM
		Yaş Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)	Kuru Ağırlığı (g/saksı)
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	45.57D	7.94D	28.27E
	NPK+%0	61.55CD	13.11B	42.95BC
	NPK+%5	58.52CD	11.98BC	44.12BC
	NPK+%10	75.49BC	12.71BC	38.35CD
	NPK+%15	69.31C	10.16CD	49.77AB
KABA (7-10 mm)	KONTROL	63.42CD	12.36BC	29.85DE
	NPK+%0	95.05B	11.27BC	57.15A
	NPK+%5	126.20A	16.65A	57.19A
	NPK+%10	93.56B	12.55BC	58.24A
	NPK+%15	71.14C	10.92BC	49.90AB

LSD%1=21.37

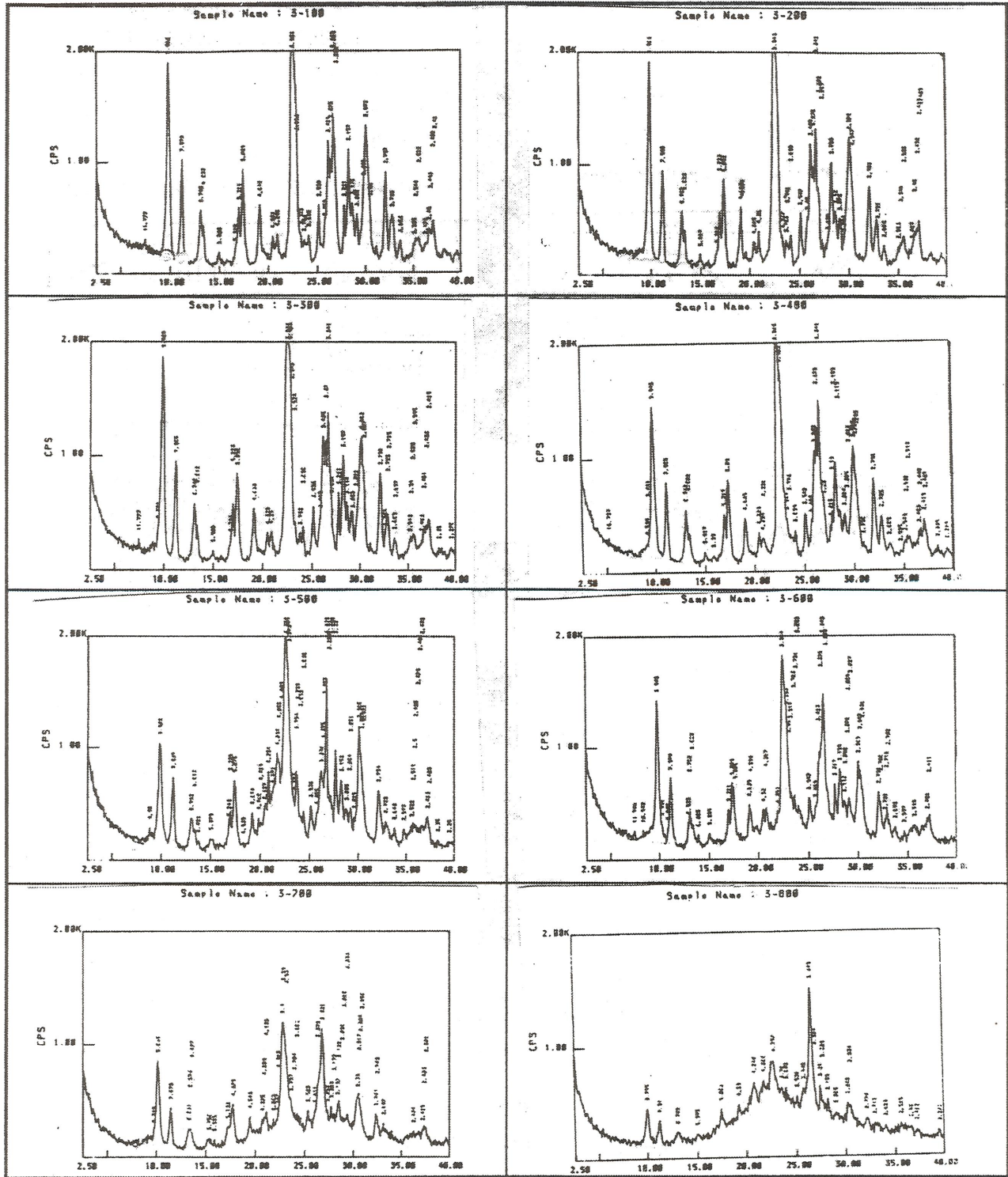
LSD%1=2.44

LSD%1=8.81

Çizelgenin incelenmesinden fasulye bitkisinden elde edilen ürün yaş ağırlığı üzerine kaba fraksiyonu NPK+%5 zeolit uygulamasının, kontrol ve NPK+%0 (zeolit uygulanmamış) uygulamasına göre önemli etki de bulunduğu anlaşılmaktadır. Benzer etki ürün kuru ağırlığında da görülmektedir. Bu durum zeolitin toprağın fiziksel özellikleri üzerine olumlu etkisinin (Baldar and Whitting, 1968; Ming and Dixon, 1986) yanı sıra bitki besinlerinin yarıyışlılığını arttırmış olmasıyla açıklanabilir. Nitekim Burriesci ve diğ. (1984), zeolitin ıspanak üretiminde su ve bitki besinleri yarıyışlılığını arttırıp, çıkışı kolaylaştırdığını saptamışlardır.

Breck (1979), değişik bitkilere farklı oranlarda uygulanan zeolitin kontrole oranla ürün miktarında önemli artışlara neden olduğunu belirlemiş ve bu artışın toprağa 1 ton/da zeolit uygulanarak yetiştirilen patlıcan (%55) ve havuç (%63)'ta diğer ürünlere göre daha fazla olduğunu rapor etmiştir.

Şeker pancarı ve fasulye bitkilerinden elde edilen ürünün toplam azot kapsamına ilişkin değerler Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelgeden şeker pancarı ve fasulye bitkilerinden elde edilen ürünün azot kapsamı üzerine artan zeolit dozları ile ince ve kaba fraksiyonlarının et-



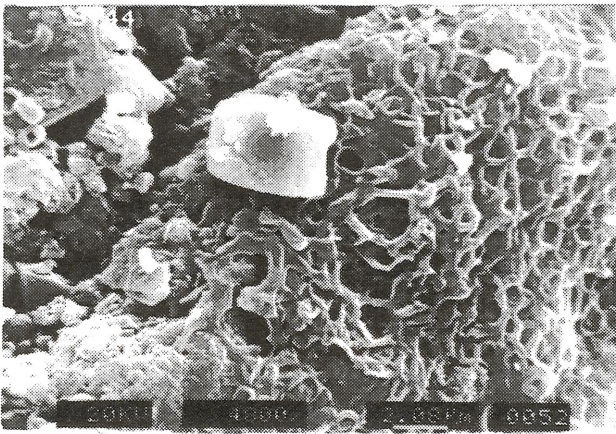
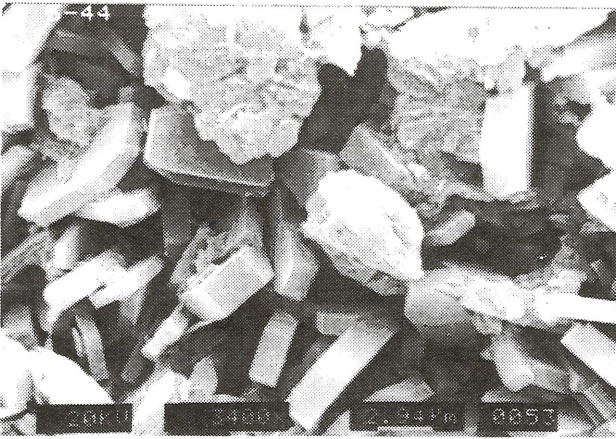
Şekil 4. Zeolitli tüflerin 100-800 °C arasında X-RD'de çekilmiş ısıtılabilirlik difraktogramları.

Çizelge 6. Farklı fraksiyon ve dozlarda uygulanan zeolitin şeker pancarı ve fasulye bitkisi ürününün toplam azot kapsamı-na ilişkin ortalamalarının duncan testi ile karşılaştırılması.

Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	TOPLAM AZOT %	
		Şeker Pancarı ürün(g/saksı)	Fasulye ürün(g/saksı)
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	3.69CD	3.71E
	NPK+%0	3.76CD	4.16DE
	NPK+%5	5.09AB	4.79BCD
	NPK+%10	4.34BCD	4.60CD
	NPK+%15	4.31BCD	5.25ABC
KABA (7-10 mm)	KONTROL	3.47B	4.84BCD
	NPK+%0	4.54BC	5.59A
	NPK+%5	4.66BC	5.32AB
	NPK+%10	4.50BCD	5.76A
	NPK+%15	5.76A	4.85BCD

LSD%1=0.95

LSD%1=0.64



Şekil 5. Bitki yetiştirildikten sonra klinoptilolitli tüflerin SEM görüntüleri.

kilerinin önemli olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan duncan testi sonucunda şeker pancarında NPK+%5 ince fraksiyonlu zeolit uygulamasının, kaba fraksiyonda da NPK+%15 zeolit uygulamasının kontrol ve NPK+%0 uygulamasına oranla ürünün azot kapsamını önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. Diğer taraftan fasulye bitkisi ürününde NPK+%15 ince fraksiyonlu zeolit uy-

Çizelge 7. Şeker pancarının yetiştirme ortamının çözünebilir bor kapsamına ilişkin bor kapsamına ilişkin ortalamaların duncan testi ile karşılaştırılması.

Fraksiyon	Zeolit Dozları V/V	Çözünebilir Bor µg/g
İNCE (1-2 mm)	KONTROL	0.79C
	NPK+%0	1.30ABC
	NPK+%5	1.76A
	NPK+%10	1.50AB
	NPK+%15	0.82C
KABA (7-10 mm)	KONTROL	0.91C
	NPK+%0	1.00BC
	NPK+%5	0.89C
	NPK+%10	0.94C
	NPK+%15	1.59A

LSD%1=0.50

gulaması da azot kapsamını artırmış, kaba fraksiyonlu zeolit uygulamalarının ürünün azot kapsamı üzerine etkileri ise kontrolle karşılaştırıldığında NPK+%15 zeolit uygulaması dışında önemli bulunmuştur.

Deneme toprağının çözünebilir bor (B) kapsamı 0.94 µg/g, araştırmada kullanılan Gördes zeolitli (klinoptilolit) tütünün ince fraksiyonunun 0.26 µg/g ve kaba fraksiyonunda 0.19 µg/g olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Bu veriler topraklar için bildirilen 0.4 - 5 µg/g B değerleri arasında olup herhangi bir toksiklik yaratmayacak düzeydedir (Gupta, 1979).

Çözünebilir bor kapsamı yönünden şeker pancarı bitkisinin yetiştirme ortamından alınan zeolit - toprak karışımları arasında farklılıkları belirlenirken, fasulye bitkisinin yetiştirme ortamında istatistiki yönden önemli bir fark saptanmamıştır. Şeker pancarının yetiştirme ortamının çözünebilir bor kapsamına ilişkin ortalamalar duncan testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Çizelge 7'de gösterilmiştir. Kontrol ve NPK+%0 uygulamasına (zeolit uygulanmamış) oranla; NPK+%15 kaba zeolit uygulamasında çözünebilir bor kapsamı farklılık göstermesine karşın topraklar için bildirilen sınır değerler arasındadır.

Özkan vd. (1992) tarafından Bigadiç klinoptilolitli tüflerinin zirai amaçlı kullanım olanaklarının belirlenmesiyle ilgili yapılan çalışma sonucunda ise; tane boyu derecesine bağlı olarak 50 - 62 µg/g arasında suda çözünebilir bor içeren klinoptilolit, yetiştirilen bitkiler üzerine içerdiği yüksek bor nedeniyle toksik etki yaptığı ve bu şekliyle tarımsal amaçlı kullanımının mümkün olmadığı belirlenmiştir.

Bu çalışmalar sonucunda klinoptilolitli tüflerin bitki yetiştirilmesinden sonra herhangi bir değişmeye maruz kalıp kalmadığını araştırmak amacıyla topraktan ayrılan örnekler üzerinde tekrar SEM çalışması yapılmıştır. Şekil 5a'da görüldüğü gibi klinoptilolitlerde herhan-

gi bir morfolojik bozunma gözlenmemektedir. Şekil 5B'de ise klinoptilolitlerin etrafında hamur olarak bulunan volkanik camın kısmen bozunmaya başladığı ve killeşmeye benzer oluşumların geliştiği görülmektedir. Klinoptilolitlerin toprak ortamında bozunmaması bitki için gerekli iyon alışverişinin sürekliliğini sağlaması açısından önemlidir.

Araştırmadan elde edilen bulgular Gördes zeolitli tüflerinin bitki yetiştirme ortamında kullanılabileceğini göstermiştir. Gördes ve çevresinde geniş rezerv alanı bulunan ve işletilmesi fazla emek ve harcama gerektirmeyen zeolitli tarımda yoğun olarak, bitki yetiştirme ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin düzenlenmesinde, kullanılmasının ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacağı kuşkusuzdur.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma MTA Genel Müdürlüğü'nce yürütülen Teknolojik Araştırmalarla ilgili Bilimsel Etütler (Zeolitli Tüflerin Jeolojik, Mineralojik, Kimyasal incelemesi ve Sanayide Kullanılabilirliklerinin Araştırılması Projesi) kapsamında MTA - MAT Dairesi ve A.Ü.Z.F. Toprak Bölümü araştırmacıları tarafından gerçekleştirilmiştir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Balder, N.A. and Whitting, L.D., 1968, Occurrence and synthesis of soil zeolites. SSSAP, 32: 235 - 238.
- Bouyoucos, G.J., 1951, A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. Agron. J. 43: 434 - 437.
- Breck, D.W., 1979, The properties and application of zeolites. The city university, London, April, 18th - 20th.
- Burriesci, N., Valante, S., Ottana, R., Cimino, G. and Zipelli, C., 1984, Utilization of zeolites, in spinach growing. Zeolites, 4: 5 - 8.
- Büyükkayol, M., 1988, Doğal Zeolitler Etibank Bülteni, 108 - 109: 30 - 32, Ankara.
- Çağlar, K.Ö., 1958, Toprak İlimi, Ank. Üniv., Zir. Fak. Yay., Ankara, 258 s.
- Esenli, F., 1992, Gördes çevresindeki Neojen serileri ve zeolitleşmenin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi: Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gupta, U.C., 1979, Boron nutrition of crops. Adv. Agron. 31, 273 - 307.
- Gündoğdu, M.N., 1982, Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi: H.Ü. doktora tezi, 386 s.
- John, M.K., Ghuah, H.H. and Neufeld, J.H., 1975, Application of improved azotomethine - H method to the determination of boron in soils and plants. Anal. Lett. 8: 559 - 568.
- Jenny, H.J., Valamis, J. and Martin, W.E., 1950, Greenhouse assay of California soils. Hilgardia, 20: 1 - 8.
- Kacar, B., 1972, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki Analizleri, A.Ü.Z.F. Yayınları 453. Uygulama Kılavuzu 155. A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Kacar, B., 1994, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. A.Ü.Z.F. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3. S. 705. Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Kayabalı, K., Albayrak, M., Okabe, K., Terzi, E., Gürpınar, E., 1996, Bentonit ile ıslah edilmiş Doğal zeolitli katı atık sahalarında astar malzemesi olarak kullanılabilirliği. 49. Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özetleri, 5, 8 Ankara.
- Ming, M.G. and Dixon, J.B., 1987, Quantative determination of clinoptilolite in soil by a cation exchange capacity method. Clays and Clay Minerals, 35(6): 463 - 468.
- Minato, H. and Nishimura, T., 1994, X - Ray Powder Diffractometry with Heat Treatment. Natural zeolites and its utilization. Edited by No. 111, Committee, JSPS.
- Öner, F., 1993, Neojen yaşlı gölsel volkano - sedimanter Gördes ve Demirci Basenleri'nde Sedimentasyon - Mineralizasyon ilişkileri, Menderes Masifi Maden Aramaları Projesi, Brifing ve Seminerler - 2, MTA, Ankara (yayınlanmamış).
- Özkan, İ., Ataman, Y., Ünver, İ., Çaycı, G. ve Öztürk, 1992, Bigadiç klinoptilolitli tüflerinin zirai amaçlı kullanım olanaklarının belirlenmesi (Zeolit Değerlendirme Etüdü), ETİBANK, Ankara.
- Rivero - Gonzales, L.A. and Rodriguez - Fuentes, 1988, Cuban experience with the use of natural zeolite substrates in soilless culture, Proc. Intern. Congress on Soilless Culture, ISSC, 405 - 416, Wageningen, Netherlands.
- Smith, J., Douglas, C.L. and Le Baron, M.J., 1973, Influence of straw application rate plowing dates and nitrogen applications on yield and chemical composition of sugar beets. Agron., J. 65: 797 - 800.
- Şiray, A., 1968, Ankara şartlarında sular şeker pancarı ziraatinde kullanılacak ticaret gübrelerinin çeşit ve miktarları üzerine bir araştırma T.Ş.F.A.Ş. yayınları: 163.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali soils. USDA, Handbook, 60, 160 p.