

GÖRDES KLİNOPTİLOLİTİNİN
DOĞAL VE NH₄ FORMLARININ
DOMATES YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIMI

Ayberk YILMAZ
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilimdalı
Aralık 2005

USAGE OF
NATURAL AND AMMONIUMED FORMS OF
GÖRDES CLINOPTILOLİTE
FOR BREEDİNG TOMATO

Ayberk YILMAZ
MASTER OF SCIENCE THESIS

Graduate School of Natural and Applied Science
Physics Program
DECEMBER 2005

GÖRDES KLİNOPTİLOLİTİNİN
DOĞAL VE NH₄ FORMLARININ
DOMATES YETİŞTİRTİCİLİĞİNDE KULLANIMI

Ayberk YILMAZ

Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Fizik Anabilim Dalı
Katıhal Fiziği Bilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman Yrd. Doç. Dr. Tevfik ÜNALDI

ARALIK 2005

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Ayberk YILMAZ' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “GÖRDES KLİNOPTİLOLİTİNİN DOĞAL VE NH₄ FORMLARININ DOMATES YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIMI” başlıklı bu çalışma jürimizce, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Yrd. Doç. Dr. Tevfik ÜNALDI

Üye : Prof. Dr. Önder ORHUN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet PEKER

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Tevfik ÜNALDI' ya, deneysel çalışma sırasında gerek bilgileri ile gerekse sağladığı imkanlarla teze katkısı bulunan Sivrihisar İlçe Tarım Müdürü Erhan ULUTÜRK' e , deneyde kullandığım klinoptilolitleri gönderen Enli Madencilik Şirket' ine, mesleğimi yerine getirirken yüksek lisans çalışmalarımda bana her türlü imkanı sağlayan Hasan KARACALAR İlköğretim Okulu Müdürü Nihayet ÖZÇELİK' e , benden manevi desteğini eksik etmeyen eşim Zahide YILMAZ' a teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Zeolitler, alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip sulu alümina silikatları olarak tanımlanır.

Zeolitler üç temel özellikleriyle karakterize olurlar; moleküler eleme, iyon değiştirme ve adsorbsiyon. Bu üç özellik çok değişik kullanım alanları için zeolitleri uygun madde haline getirmektedir.

Bilinen 150 tür zeolit mineralinden en çok rastlanılardan biriside doğal bir zeolit türü olan klinoptilolittir. Klinoptilolit, zeolitler sınıflandırılmasında h landitler arasına girer ve en kullanılabilir zeolit çeşididir.

Zeolitlerin bir çok kullanım alanı vardır. Bunlardan biride tarımda toprak verimini arttırıcı madde olarak uygulanmasıdır.

Bu çalışmada, tarımda klinoptilolitlerin toprak verimini arttırıcı madde olarak kullanılmasına ait deneyler gerçekleştirilmiş ve bu deneyler sonucunda elde edilenler verilmiştir. Çalışma sonucunda klinoptilolitinin tüm formlarının toprak verimini arttırdığı bulunmuştur.

ABSTRACT

Zeolites are defined as crystalline hydro aluminosilicates, which has alkali and earth alkali elements.

Zeolites are characterized by three features: molecular elimination, ion exchange and adsorption. These three features make zeolites proper material for various usage areas.

One of the most common zeolite types among 150 known zeolite mineral types is clinoptilolite, which is a natural one. Clinoptilolite is among heulandites under zeolite classification and is the most practical zeolite type.

There are various usage areas of zeolite one of which is that it is applied as earth productivity increasing substance in agriculture.

In this study, experiments regarding the usage of clinoptilolite as a substance to increase soil productivity in agriculture are performed and the findings of the experiments are presented. It is found that all clinoptilolite forms increase soil productivity.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. TOPRAK	2
2.1 Toprağın Genel Özelliği ve İçeriği	2
2.2 Topraklarda Bitki Besin Elementleri ve Bitkilerin İhtiyacı	7
2.2.1 Bitki gelişmesi için gerekli olan elementler	7
2.2.1.1 Havada ve sudan alınan esas elementleri	8
2.2.1.2 Topraktan alınan esas elementler	8
2.2.2 Makro Elementler	9
2.2.2.1 Nitrojen	9
2.2.2.2 Fosfor	11
2.2.2.3 Potasyum	12
2.2.2.4 Kalsiyum	13
2.2.2.5 Magnezyum	13
2.2.2.6 Kükürt	14
2.2.3 Mikro elementler ve minör elementler	15
2.2.3.1 Bor	15
2.2.3.2 Demir	15
2.2.3.3 Manganez	15
2.2.3.4 Bakır	16
2.2.3.5 Çinko	16
2.2.3.6 Molibden	16
2.2.3.7 Klor	17
2.3 Bitki Besin Maddelerin Alımı	17
2.3.1 Toprak çözeltilisi	17
2.3.2 Topraklarda katyon ve anyonların adsorpsiyonları	19
2.3.2.1 Katyon adsorpsiyonu ve değişimi	19
2.3.2.2 Anyon adsorpsiyonu ve değişimi	22
BÖLÜM 3. ZEOLİTLER	24
3.1 Tarihçe	24
3.2 Fiziksel Özellikleri	24
3.3 Kullanım Alanları	27
3.3.1 Tarım ve hayvancılık	27
3.3.1.1 Gübreleme ve toprak hazırlanması	27
3.3.1.2 Tarımsal mücadele	28

3.3.1.3 Toprak kirliliğinin kontrolü	28
3.3.1.4 Besicilik	28
3.3.1.5 Organik atıkların muamelesi	28
3.3.1.6 Su kültürü	29

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.2 Kirlilik kontrolü	29
3.3.2.1 Radyoaktif atıkların temizlenmesi	29
3.3.2.2 Atık suların temizlenmesi	29
3.3.2.3 Baca gazlarının temizlenmesi	30
3.3.2.4 Petrol sızıntılarının temizlenmesi	30
3.3.2.5 Oksijen üretimi	30
3.3.2.6 Çöp deponi alanları	30
3.3.3 Enerji	31
3.3.3.1 Kömürden enerji eldesi	31
3.3.3.2 Doğal gazların saflaştırılması	31
3.3.3.3 Güneş enerjisinden faydalanma	31
3.3.3.4 Petrol ürünleri üretimi	32
3.3.4 Madencilik ve metalürji	32
3.3.4.1 Maden yataklarının aranması	32
3.3.4.2 Metalürji	32
3.3.5 Diğer kullanım alanları	33
3.3.5.1 Kağıt Endüstrisi	33
3.3.5.2 İnşaat Sektörü	33
3.3.5.3 Sağlık Sektörü	33
3.3.5.4 Deterjan Sektörü	34
3.4 Klinoptilolit	34
BÖLÜM 4. İYON DEĞİŞİMİ	38
4.1 İyon Değişimi Hakkında	38
4.2 İyon Değişimi İşlemleri	41
4.2.1 Batch yöntemi	41
4.2.2 Kolon işlemi	42
4.3 İyon Değişimi Kapasitesi	43
4.3.1 Toplam katyon değişimi kapasitesinin tayini	43
4.3.2 Etkin katyon değişimi kapasitesinin tayini	44
4.4 İyon Değiştirici Olarak Zeolitler.....	45
4.4.1 İyon değişimi dengesi	46
4.4.2 Seçicilik ve iyon eleme	46
4.5 Zeolitlerde İyon Değişiminin Uygulamaları	47
BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMA	49
5.1 Doğal Klinoptilolit İyon Değişim Formlarının Hazırlanması	49
5.2 Ekim Ortamının Hazırlanması	49
5.2.1 Sera toprağının özellikleri	49
5.2.2 Sera toprağının hazırlanması	49
5.2.3 Seranın dikime hazırlanması ve dikim işlemi	50

5.2.4 Fide bakım işlemleri	50
----------------------------------	----

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5.3 Boy ve Sayı Kontrolleri	53
5.4 Ürün Kütleleri	58
5.5 Kök İncelemesi	61
5.6 Gelişimleri Sırasında Ürünlerin Fotoğrafları	67
SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	71
KAYNAKLAR	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Topraklarda ortalama ağırlık ve hacim dağılımı	6
Şekil 2.2 (a) Kaolinit kil kristallerinin şematik gösterilişi.....	20
(b) Montmorillonit kristalinin yapısının şematik gösterilişi	
Şekil 2.3 Çözeltilerde Ca^{+} konsantrasyonunun artmasıyla Ca^{+2} un	21
adsorpsiyonu ve K^{+} desorpsiyonu arasındaki ilişki	
Şekil 3.1 Klinoptilolit mineralinin kristal ağ örgüsü	36
Şekil 3.2 Klinoptilolit mineralinin şematik görünümüleri	37
Şekil 5.1 20.07.2005 Tarihindeki verilere göre bitki boyları grafiği	57
Şekil 5.2 20.07.2005 Tarihindeki verilere göre domates sayıları grafiği	57
Şekil 5.3 16.08.2005 Tarihindeki verilere göre domates sayıları grafiği	60
Şekil 5.4 Sera ortamında 1.2.3. ve 4. kontrol bölgelerinin genel görüntüsü	60
Şekil 5.5 %50 Amonyumlu klinoptilolit + %50 toprak katkılı bitki kökü	61
Şekil 5.6 % 25 Amonyumlu klinoptilolit + % 75 toprak katkılı bitki kökü	61
Şekil 5.7 İyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkılı bitki kökü	61
Şekil 5.8 Gübrelili toprağa ekilmiş bitkinin kökü	61
Şekil 5.9 Sade toprağa ekilmiş bitkinin kökü	61
Şekil 5.10 Tüm fidelerden alınan birer örnek bitkilerin kökleri karşılaştırılması	62
Şekil 5.11 Sade toprağa ekilen bitki kökleri	63
Şekil 5.12 Gübrelili toprağa ekilen bitki kökleri	63
Şekil 5.13 % 25 oranında 0,5 N amonyum formülü klinoptilolit katkılı toprağa	64
ekilen bitki kökleri	
Şekil 5.14 İyon Değiştirilmemiş klinoptilolit katkılı toprağa ekilmiş bitki kökleri ..	64
Şekil 5.15 % 50 oranında 0.5 N amonyum formülü klinoptilolit katkılı	65
toprağa ekilmiş bitki kökleri	
Şekil 5.16 % 50 oranında 0.5 N amonyum formülü klinoptilolit katkılı	65
toprağa ekilmiş bitki kökü	
Şekil 5.17 Çalışmanın sonunda tüm fidelerden alınan birer örnek bitkilerin	66
kökleri karşılaştırılması	
Şekil 5.18 Dikimden 45 gün sonra seradan genel bir görüntü	67
Şekil 5.19 Dikimden 45 gün sonra % 50 oranında 0,5 N amonyumlu	67
klinoptilolit katkılı fide ile sade toprağa ekilen fidenin görüntüsü	
Şekil 5.20 Sera ortamında 1.2.3. ve 4. kontrol bölgelerinin genel görüntüsü	68
Şekil 5.21 Sera ortamında % 50 oranında 0,5 N amonyum katkılı bitkiler ve	68
iyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkılı bitkilerin karşılaştırılması	
Şekil 5.22 % 25 oranında 0,5 N Amonyumlu klinoptilolit ile beslenmiş	69
bitkinin görüntüsü	
Şekil 5.23 Dikimden 93 gün sonra seradan görüntü (20 ağustos)	69

Şekil 5.24 Dikimden 93 gün sonra %50 amonyumlu ve % 25 amonyumlu bitkilerin görüntüleri	70
Şekil 5.25 Dikimden 93 gün sonra % 25 amonyumlu bitkinin görüntüsü	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Litosferin ortalama kimyasal bileşimi	3
Çizelge 2.2 Litosferin yüzdesel mineral bileşimi	4
Çizelge 2.3 Topraklarda yoğun bulunan primer ve sekonder mineraller	4
Çizelge 2.4 Kimi minerallerin ayrışma ürünleri ile serbest kalan iyon ve iyon grupları	5
Çizelge 2.5 Esas bitki besin elementleri ve kaynakları	8
Çizelge 3.1 Zeolit minerallerinden başlıcalarının fiziksel özellikleri	25
Çizelge 3.2 Klinoptilolite ait bazı bilgiler	35
Çizelge 5.1 Sera ortamında fidelilerin dikim şeması	52
Çizelge 5.2 Belli zamanlarda domates sayısı	54
Çizelge 5.3 Belli zamanlarda bitki boyları	55
Çizelge 5.4 Dikimden 63 , 92 ve 152 gün sonra fidelerin boy ortalamaları	56
Çizelge 5.5 Dikimden 63, 92 ve 152 gün sonra ortalama ürün sayıları	56
Çizelge 5.6 Sera ortamının aylara göre ortalama sıcaklığı	58
Çizelge 5.7 Sera ortamının aylara göre ortalama nemi	58
Çizelge 5.8 Bitkilerden 92 gün sonra ve 152 gün sonra alınan 15 er domatesin kütleleri ve bir domates başına düşen kütle	59
Çizelge 5.9 Kontrol bölgelerinde bir bitkiden elde edilen ortalama ürün kütleleri ...	59

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Zeolit doğal alimüno silikat bileşiklerine verilen isimdir. İlk kez 1756 yılında İsveçli minerolog Fredrick Cronstedt tarafından bulunmuştur. Bu kristaller ısıtıldıklarında yapılarında bulunan suyun köpürmesinden dolayı Yunanca kaynayan taş anlamına gelen “zeolit” adı verilmiştir (Gotardi ve Galli, 1985).

İki yüzyıl boyunca zeolitler yerbilim açısından önemli olmayan mineraller olarak görülmüşlerdir. Zeolitler üzerine ilk deneysel çalışma 1857 yılında Domour tarafından yapılan zeolitlerin su atma tersinirliğinin incelenmesidir. 1858 yılında ise L.Eichorn, zeolitler üzerinde ilk iyon değiştirme özelliğini incelemiştir. 1896’da G. Fredel, susuzlaştırılmış zeolitler üzerinde gazların, alkolün ve bazı maddelerin adsorplandığını göstermiştir. L. Paulin ve W. H. Taylor tarafından zeolitin ilk kez X ışını tekniği kullanılarak kristal yapı tayini 1930’ da yapılmıştır (Dyer, 1988).

Kristal yapılarından kaynaklanan, kendilerine has özellikleri nedeni ile birçok sektörde zeolitlerin kullanılabileceği anlaşılmıştır. Geniş kullanım alanlarına sahip olmalarına rağmen doğada yeteri rezervlerinin bulunmaması bilim adamlarını yapay zeolit üretmeye yöneltmiştir. 1948 yılında ABD’de Union Carbide şirketi tarafından ilk yapay zeolit üretilmiştir (Lleri, 1978).

Doğal ya da yapay olsun zeolitler üç temel özellikleriyle karakterize olurlar: İyon değiştirme, adsorpsiyon ve moleküler elek. Bu üç özellik çok değişik kullanım alanları için zeolitleri uygun alternatif maddeler haline getirmektedir. Radyoaktif atıklar ve fabrika artığı sıvıların arıtılması, baca gazlarının temizlenmesi, deterjan üretimi, gübre kullanımı, yem katkı malzemesi bunlardan yalnızca birkaçıdır (Çalık ve Karadeniz, 1999).

Bu çalışmalarda, en yararlı doğal zeolitlerden olan klinoptilolit sera ortamında domates verimine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla amonyum ile iyon değiştirilmiş klinoptilolit ve sade klinoptilolit kullanılmıştır.

BÖLÜM 2. TOPRAK

2.1 Toprağın Genel Özelliği ve İçeriği

Topraklar, kaya artıkları, flora (bitki kökleri) ve faunadan (toprak canlıları) oluşan doğal varlıklar koleksiyonu olarak tanımlanırlar.

Topraklar katı yer kabuğunun (litosfer) yüzeyini örten (tabakalı) arazilerdir. Ziraatta temel üretim faktörüdür. Bu doğal öğeler belirli oranlarda mineral madde ve organik madde içerir. Temelde topraklar dünyayı çevreleyen dört ayrımlı tabaka olan atmosfer, hidrosfer, biyosfer ve litosferin birbiriyle girişim yaptıkları yerlerde oluşan doğal kaynaklardır. Farklı tabakaların girişimi sonucu oluşan bu yeni öge "toprak tabakası" veya "pedosfer*" olarak tanımlanır.

Topraklar dünya yüzeyini bir tabaka şeklinde örterler. Yer yüzeyi veya dünya yüzeyinden merkeze doğru olan ayrımlı tabakalar aşağıdaki şekliyle açıklanırlar.

1. LİTOSFER: Dünya yüzeyini oluşturur. Bileşimi başat düzeyde Si ve Al elementleri oluşturduğundan bu tabakaya Sial'da denir. Topraklar (pedosfer) bu tabakanın en üst bölümünde bulunurlar. Aşınmış ve ayrılmış bir tabakadır. Sial tabakası altındaki tabaka üzerinde bir buz kütleşi şeklinde yüzer. Yoğunluğu 2.5-3.0 gr/cm³ sınırlarında, kalınlığı ise 60 km'dir. Topraklar birkaç cm'den 100 m'ye kadar olan derinlikleriyle bu tabakanın üst yüzeyini örterler.

2. PİROSFER: Litosferin altındaki sıcaklık yaklaşık 2000°C civarındadır. Bu sıcaklık nedeni ile bu tabakadaki tüm maddeler ergimiş şekilde ortaya çıkar. Piroster tabakası yoğun sıvı konumundadır ve özgül ağırlığı 3.4-4.0 gr/cm³ dür. Bu tabaka sima olarak ta tanımlanır.

3. BARİSFER: Dünyanın çekirdeğini oluşturur ve özgül ağırlığı 11-12 gr/cm³ dür. Fizikteki merkezkaç yasasına göre ağır elementler bu tabakada yoğunlaşmıştır. Demir ve nikelin başatlığından dolayı bu tabaka Nife olarak ta isimlendirilir.

Litosferin bileşimi, kimyasal olarak Çizelge 2.1 deki toplam elementleri yüzdesel olarak içerir .

Topraklar litosferin aşınma ve ayrışma ürünleri olduklarından, bu değerler toprağın oluşum süreci ve çevrenin iklim koşullarına göre değişir.

Çizelge 2.1 Litosferin ortalama kimyasal bileşimi

Element	Ağırlık olarak (%)	Hacim olarak (%)	Element	Ağırlık olarak (%)
O	46,71	94,24	Ba	0,050
Si	27,69	0,51	Cl	0,045
Al	8,07	0,44	Cr	0,035
Fe	5,05	0,37	F	0,029
Ca	3,65	1,04	Zr	0,025
Na	2,75	1,21	Ni	0,019
K	2,58	1,88	Sr	0,018
Mg	2,08	0,28	Cu	0,010
Ti	0,62		U	0,008
H	0,14		Zn	0,004
P	0,13		Pb	0,002
C	0,094		Co	0,001
Mn	0,090		B	0,001
S	0,082			

Litosferin içerdiği mineraller genelde kayaların mineral bileşiminde bulunurlar ve bunlar doğal olarak oluşmuşlardır. Bu arada kaya ve taşların ayrışma ürünlerinin sentez ürünü olarak da oluşabilirler. Başka bir anlatımla primer (birincil) kökenli olabildikleri gibi sekonder (ikincil) kökenli de olabilirler. Litosferde dağılım gösteren minerallerin ortalama yüzdesel dağılımları Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Litosferin yüzdesel mineral bileşimi

Mineraller	%
Feldspatlar	58.0
Amfibol, Piroksen, Olivin	16.5
Kuvars	12.5
Mika	3.5
Fe-mineralleri	3.5
Kalsit	1.5
Kil mineralleri	1.0
Dolomit	0.1
Diğer mineraller	3.4

Toprakların %38'i mineral maddedir ve bu mineral maddeler birincil (primer) veya ikincil (sekonder) mineraller olabilir (Bkz.Çizelge 2.3). Mineraller; doğada, doğal şekilde bulunan, belirli fiziksel, kimyasal ve optik özellikleri içeren ve belli formülle gösterilen, civa hariç, katı şekillerde ortaya çıkan, doğal öğelerdir. Sekonder mineraller, primer minerallerin aşınma ve ayrışma ürünlerinin bir sentezidir. Ayrışma süreçleri boyunca primer mineraller sekonder minerallere doğru bir dönüşüm gösterir.

Çizelge 2.3 Topraklarda yoğun bulunan primer ve sekonder mineraller

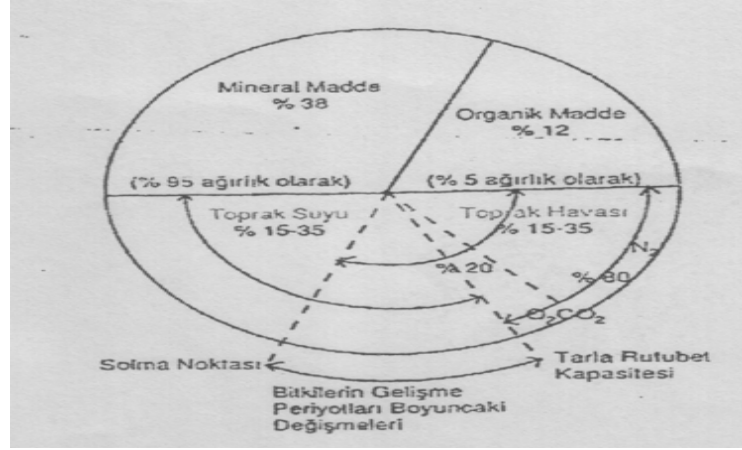
Primer (birincil) mineraller	Sekonder (ikincil) mineraller
Kuvars	Kalsit
Ortoklas	Dolomit
Plajioklas	Jips
Muskovit	Apatit
Biotit	Linonit
Hornblent	Hematit
Augit	Gibsit
Hipersten	Opel
Olivin vb.	Kalsedon
	Kil mineralleri vb.

Kayaların ve toprakların bileşiminde bulunan primer ve sekonder mineraller uygun koşullar altında ayrışarak başka minerallere ve amorf maddelere dönüşürken, içeriğindeki kimi elementler de iyon ve iyon grupları şeklinde serbest kalır ve bunlar da toprağın doğal verimliliğini oluşturur (Çizelge 2.4).

Topraklar, iki katı toprak ögesinden ibaret olup, bunlar iskelet ve plazmadır. İskelet bölümü mil ve daha büyük bağımsız mineral taneleri ile yapısı bozulmamış organik parçaları içerir. Plazma ve kil mineralleri, seski oksitler, (Fe, Ti, Al, Mn'ın – oksit ve hidroksitleri) ve humus (organik maddenin ayrışma ürünü) ibaret olup, bunlar hareket edebilir ve yoğunlaşabilirler.

Çizelge 2.4 Bazı minerallerin ayrışma ürünleri ile serbest kalan iyon ve iyon grupları

Mineraller	Mineral ayrışma ürünleri	Serbest kalan unsurlar
Amfibol	Kil mineraller, limonit,	K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+
Biolit	hematit	K^+ , Mg^{+2}
Muskovit	Kil mineraller, limonit,	K^+ , kolloidal SiO_2
Klorit	hematit	Mg^{+2} , Fe^{+2}
Olivin	Kil mineralleri, kuvars	Mg^{+2} , Fe^{+2}
Piroksen	Kil mineralleri	Mg^{+2} , Fe^{+2} , Ca^{+2}
Ortoklas (mikroklin)	Kil mineraller, limonit,	K^+ , kolloidal SiO_2
Kuvars	hematit	Az nicelikle kolloidal SiO_2
Kalsit	Kil mineraller, limonit,	Ca^{+2} , HCO_3^-
Jips	hematit	Ca^{+2} , SO_4^-
Pirit	Kil mineralleri, kuvars	Fe^{+2} , SO_4^-
	Sekonder kuvarsit	
	Kil mineralleri, tamamen ayrışma	
	Tamamen ayrışma	
	Limonit, hematit	



Şekil 2.1 Topraklarda ortalama ağırlık ve hacim dağılımları

Tarla rutubet kapasitesi ile solma noktası bitki için önem taşıyan iki terimdir.

Tarla rutubet kapasitesi; sulama ve yağmurların ardından yerçekimi ile gerçekleşen suyun hareketi durduktan sonra toprakta kalan su miktarıdır.

Solma noktası; ise bir toprakta yetişmekte olan bitkilerde devamlı solmanın başladığı anda (ki bitkiler nemli ve serin bir atmosferde eski durumlarına dönemezler) toprağın içerdiği suyun yüzde miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu, suyun toprakta bitki köklerinin olamayacağı kadar kuvvetle tutulduğunu gösterir.

Hacimsel olarak toprakların Şekil 2.1 de görüldüğü gibi %38'i mineral, %12'si organik maddedir ve organik maddenin temel kökeni bitkiler ile az miktarda ölü hayvan artıklarıdır. Toprağa düşen organik artıklar sayısız mikroorganizmaların hücumuna uğrar. Organik artıkların ayrışması sonucunda yapılarındaki maddelerden bir kısmı gaz haline geçerek uzaklaşır, bir kısmı üreyen mikroorganizmaların hücrelerinin yapısında kullanılır, diğer bir kısmı da yeni organik maddelere döner. Bu maddelerden en önemlisi humustur. Humus koyu renkli kolloidal yapıda bir maddedir.

Bitkisel ve hayvansal artıkların bünyelerini oluşturan maddelerden bazıları toprakta kolaylıkla ayrışır, bazıları ise ayrışmaya fazla direnç gösterir. Ayrışmaya fazla direnç gösteren maddelerden bir de lignindir. Bu madde toprakta proteinlerle birleşerek lignoproteinleri meydana getirmektedir. Humus geniş ölçüde lignin vs. protein komplekslerinden oluşmaktadır. Ayrıca yağlar, yağ asitleri ve amino asitleri içerir. Kompleks yapıda olan humus bileşikleri toprağın organik kolloidlerini oluştururlar.

Humus bileşikleri toprağın fiziksel ve kimyasal yapıları üzerinde önemli bir etki yaparlar. Toprağın su tutma kapasitesini arttırmaları, toprağın iyi bir yapı kazanmasını ve iyi havalanmasını sağlarlar.

Organik kolloidler katyon tutma ve değiştirme özelliği gösterirler, topraktaki bitki besin elementlerinin özellikle nitrojenin deposu görevini yaparlar.

Organik maddeler topraktaki azot (N) ve fosforun (P) temel kaynağını oluşturur.

Toprakların %25'i sudur ve bu su toprak boşluklarını doldurur. Sulama ve yağışlarla veya taban suyu yükselmeleri ile toprak boşlukları su ile dolar. Toprak suyu gerek toprak içinde serbest halde bulunan ve gerekse toprak zerrelerine belli yüzey kuvvetleriyle bağlı bulunan sudan oluşur. Toprak boşlukların içeriğindeki suyun bileşiminde değişik nitelikte suda çözünmüş tuzlar bulunur.

Toprakların hacimsel olarak %25'i havadır. Kurak iklim koşullarında toprak boşlukları tamamen hava ile doludur. Diğer koşullarda ise toprak suyu tarafından doldurulmamış toprak boşluklarında bulunur. Birleşimi atmosfer havasından karbondioksitçe 10 kez yoğun, azotça benzer seviyede, oksijence daha düşük içerik gösterir (Altınbaş, 2000; Ergene, 1987).

2.2 Topraklarda Bitki Besin Elementleri Ve Bitkilerin Besin Elementleri İhtiyacı

Bitkilerin büyümesi ve gelişmesi toprak, iklim faktörleri ve bitkinin genotipi ile ilgili özelliklere bağlıdır. Toprak ve iklim faktörlerine dış faktörler adı verilir. Dış faktörleri şöyle sıralayabiliriz: Hava, ışık, su, ısı, toprak ve bitki besin elementleri. Bitki gelişmesi yukarıda sayılan bu faktörlerin uygun bir denge halinde bulunmasına bağlıdır. Eğer bunlardan biri veya birkaçı diğerleri ile bitki gelişmesine uygun bir denge durumunda değilse, bitki gelişmesi geriler ve tamamen durur. Bu faktörler arasındaki uygunsuzluk bitki gelişimini engeller, insan dış faktörlerden hava, ışık veya ısıya müdahalede bulunamazken, iyi toprak işleme ve gübre kullanımıyla toprağa müdahale edebilir.

2.2.1 Bitki gelişmesi için gerekli olan elementler

Bitkilerin normal gelişmesi için bazı elementlere mutlak surette ihtiyaç vardır. Bitki gelişmesi için mutlaka gerekli olan bu elementlere esas bitki elementleri adı verilir. Bitki beslenmesinde şimdiye kadar 16 esas besin elementi saptanmıştır. Bu elementler alındıkları kaynak ve bitki tarafından kullanıldıkları miktarlara göre Çizelge 2.5'te sınıflandırılmıştır.

Çizelge 2.5 Esas bitki besin elementleri ve kaynakları

Nispeten fazla miktarda kullanılan esas bitki besin elementleri		Nispeten az miktarda kullanılan esas elementler	
Daha çok su ve havadan	Toprakta	Toprakta	
Karbon	Nitrojen	Demir	Bakır
Hidrojen	Kalsiyum Fosfor	Manganez	Çinko
Oksijen	Magnezyum Potasyum	Bor	Klor
	Kükürt	Molibden	

Bitki gelişmesi için mutlak gerekli olan elementler bitkilerin faydalanabileceği şekillerde ve bitki gelişmesine uygun konsantrasyonlarda bulunmalıdır. Ayrıca, toprakta çözülebilir durumda olan besin maddeleri arasında bitki ihtiyaçlarına uygun özel bir denge de bulunmalıdır.

Analizler bitki bünyesinde 16 temel elementin dışında 40 kadar elementin daha bulunabileceğini göstermiştir. Bu elementlerin bitki bünyesinde bulunması gerekli oldukları anlamına gelmez. Yalnızca toprakta fazla miktarda bulduklarını gösterir.

2.2.1.1 Havadan ve sudan alınan esas elementler

Bitkiler karbon ve hidrojenin büyük kısmını fotosentezle doğrudan doğruya havadan alırlar. Hidrojen doğrudan doğruya sudan alınır. Diğer bütün elementler de topraktan alınır.

Taze bitki dokularının %94-99,4'ü karbon, hidrojen ve oksijenden oluşmaktadır. Toprakta alınan bitki besin elementleri ancak bitki bünyesinde %0,5-6 oranında bulunmaktadır. Bununla beraber, topraktan alınan bitki besin elementlerinin noksanlığı bitki gelişmesini geriletir. Kuraklık, soğuk hava ve hastalıklar hariç bitki gelişmesi karbon, hidrojen ve oksijen noksanlığından ciddi surette zarar görmez. Bu yüzden bitki besin elementleri konusunda topraktan alınan on üç element üzerinde önemle durulmaktadır.

2.2.1.2 Toprakta alınan esas elementler

Toprakta alınan esas elementleri de iki gruba ayırarak incelemek mümkündür.

1) Makro elementler

Bitkiler tarafından topraktan alınan on üç elementten altısı kısmen daha fazla miktarlarda kullanılmaktadır. Bunlar nitrojen, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürttür. Bitkiler tarafından fazla miktarda kullanıldıkları için de "makro besin elementleri" adını alırlar. Bitki gelişmesi, ya bu elementlerin noksanlığı veya çok yavaş olarak bitkilere yararlı hale dönüşmeleri ya da diğer besin elementleri ile uygun bir denge oluşturamaları sebebiyle geriler veya gelişme mümkün olmaz.

Nitrojen, fosfor ve potasyum genel olarak gübrelerle sağlandığından bunlara "gübre elementleri", kalsiyum ve magnezyuma da "kireç elementleri" adı verilir.

2) Mikro elementler veya minör elementler

Demir, manganez, bakır, çinko, bor, molibden ve klor bitkiler tarafından çok az kullanılırlar. Bu yüzden de mikro elementler veya minör elementler adını alırlar. Bunlara "iz (trace) elementler" adı da verilir. Bunların mikro veya minör elementler olarak adlandırılması, bitki gelişmesinde makro elementlerden daha az önemli oldukları anlamına gelmez. Bunların yokluğu halinde de bitki gelişmesi geriler veya durur. Minör elementlerin bitki bünyesindeki fonksiyonları tamamen anlaşılmamış olmakla beraber, bitki gelişmesine ;

- a. Bitki dokularının yapısında yer almak suretiyle ;
- b. Katalizör olarak;
- c. Bitki bünyesinde oksidasyon-reduksiyon olaylarına etki yaparak;
- d. Bitkinin asit miktarını ayarlamaya yardım ederek;
- e. Diğer elementlerin bitki bünyesine girmesi üzerine etki yaparak;

etki etmektedir.

2.2.2 Makro elementler

2.2.2.1 Nitrojen

Nitrojen bitki beslenmesinde oldukça önemli bir elementtir. Nitrojen genellikle toprakta bitkilere faydalı bileşikler halinde az miktarda bulunur ve bitkiler tarafından fazla miktarlarda alınır ve topraktan yıkanma, erozyon ile kolayca uzaklaşır.

Fonksiyonları: Protein, amino grup asitler, enzimler, klorofil ile alkaloidlerin yapısına girer. Topraktaki normal miktarları toprak üstü bitki kısımların iyi gelişmesini sağlar. Fakat bu gelişme ancak uygun miktarda fosfor, potasyum ve diğer gerekli elementlerin bulunması halinde mümkün olabilir. Bu durumda, yapraklar ve gövdede büyüme devresinde de fazla nitrojenin bulunması, hızlı büyümeyi ve erken olgunlaşmayı sağlar.

Noksanlığında meydana gelen belirtiler Bütün bitki soluk sarı-yeşil bir renk alırken büyüme de yavaş olur. Kök sistemi küçük kalır. Olgunlaşmamış bitkilerde gövde de kısa olup az ürün verir. Üründe protein miktarı düşük olur.

Nitrojenin gereğinden fazla olması durumunda bitkisel büyüme fazladır. Mekanik zararlara ve hastalıklara elverişli gevşek ve sulu dokuların meydana gelmesine neden olur.

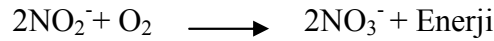
Toprakta bitkilere faydalı şekilleri: Topraktaki nitrojen başlıca NO_3 ve NH_4^+ iyonları halinde bitkiler tarafından alınabilir. Protein, amino asitleri ve diğer azotlu bileşiklerde organik halde nitrojen bulunur. Topraktaki nitrojenin kaynağı organik maddelerdir. Mikroorganizma faaliyetleri sonucu organik maddedeki nitrojen faydalı duruma geçer.

Mikroorganizmaların faaliyetleri ile bağımsız şekle dönüşen amonyum nitrifikasyon bakterileri olarak bilinen birtakım mikroorganizmalar için enerji

kaynağıdır. Nitrifikasyon amonyum (NH_4^+) halindeki nitrojenin nitratlara çevrilmesidir. Nitrifikasyon genel olarak birbirine bağlı iki aşamada meydana gelir. Birinci aşamada amonyum iyonu nitrosomonas ve nitrosokokkus adı verilen iki grup bakteri tarafından nitrite çevrilir. Bu aşamada meydana gelen tepkime şu şekilde formüle edilebilir:



İkinci aşamada nitrobakteriler adı verilen bakterilerin etkinliği ile nitrit nitrata dönüştürülür. Meydana gelen tepkime şu şekilde formüle edilebilir.



Nitrifikasyonda ara ürün olarak oluşan nitrit (NO_2^-) asit tepkimeli ortamlarda (pH 4-5) nitrik asit (NO) ile azot dioksit (NO_2) gazları haline dönüşür ve uçarak yiter.

Nitrifikasyonun yüksek düzeyde meydana geldiği yörelerde gaz şeklinde azot tükenmesi görülür.

Azot bitki besin maddelerinden gaz halinde yitenler içerisinde başta gelir. Allison (1955) yaptığı bir seri araştırmada gaz halinde uçarak net azot yitmesinin %15 civarında olduğunu saptamıştır.

2.2.2.2 Fosfor

Genel olarak, topraklarda toplam fosfor miktarı az olduğu gibi, bitkilere faydalı şekilleri de azdır. Bu yüzden gübrelerde en çok kullanılan elementlerden biri de fosfordur. Nitrojende olduğu gibi fosfor da yaşayan her hücrenin yapı maddesidir. Bu nedenle de bitki, hayvan ve insanların beslenmesinde öneme sahiptir.

Fonksiyonları: Fosfor nükleo proteinlerin birleşimine girer. Hücre bölünmesi, çiçek ve meyve oluşumunda önemli rol oynar. Protein ve yağların meydana gelmesine hizmet eder. Karbonhidratların şekil değiştirmesi (meselâ nişastanın şekere çevrilmesinde olduğu gibi) için gereklidir. Potasyumun bitkiler tarafından alınmasına

yardım eder. Fosforun en belirgin etkisi, kök sistemi üzerindedir Kök sisteminin İyi gelişmesi ve yayılmasını sağlayarak bitkinin topraktan faydalanma hacmini artırır. Fosfor bitkilerin olgunlaşmasını hızlandırır. Toprakta uygun miktarda fosforun bulunması halinde tohum oluşumu erken başlar ve bitki fosforun az olduğu yere nazaran daha erken olgunluğa erer. Fosfor tohum teşkili için mutlaka gereklidir. Bitkilerde iyi bir çiçek tohumlanması ve dölllenme sağlar. Genel olarak, fosfor bitkinin iyi gelişmesini sağlar, hastalık ve zararlılara direncini artırır.

Noksanlığında Meydana Gelen Belirtiler: Kök sistemi ve bitki hacimce küçük kalır ve ürün azalır. Olgunlaşma gecikir ve bitki donlardan zarar görebilir. Bu yüzden kalite düşer.

Fosfor gereğinden fazla olduğu zaman tahıl bitkilerinde ürünü azaltabilir. Bunun sebebi olgunlaşmayı hızlandırarak bitkisel büyümeyi azaltmasıdır.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekilleri: Fosfor bitkiler tarafından HPO_4^- ve H_2PO_4^- iyonları şeklinde alınır. Toprakta apatit şeklinde sekonder kalsiyum, demir ve alüminyum fosfatlar halinde bulunabilir. Ayrıca çözünebilir organik bileşikler ve phytin, nükleik asit ve organik bileşikler şeklinde de bulunabilirler. Ancak bitkilerin bu fosforlardan faydalanabilmeleri için bunların ayrışarak fosfat iyonlarına çevrilmesi gerekir.

2.2.2.3 Potasyum

Topraklarda toplam potasyum miktarı genellikle yüksektir. Fakat, bunun bitkilere faydalı şekilleri fazla olmayabilir.

Fonksiyonları: Potasyumun esas fonksiyonları tam olarak bilinmemekle beraber bitki bünyesinde hayatsal birçok fizyolojik olayların meydana gelmesine sebep olduğu kesindir. Potasyum, bütün metabolizma olaylarında ve özellikle diğer bazı elementlerin alınışında, solunumun ayarlanmasında ve muhtemelen enzimlerin aktivitesinde önemli rol oynamaktadır. Bitkilerde kök sisteminin gelişmesini artırır.

Potasyum elementine atfedilen en önemli fonksiyonlardan biri de karbonhidrat ve protein sentezine olan etkisidir. Potasyum nişasta, şeker vs. diğer karbonhidratların oluşmasında ve nişasta ile diğer maddelerin bitki içinde yer değiştirmesinde gereklidir.

Potasyumun klorofil, yağlar ve albuminoidlerin oluşumu için de gerekli olduğuna inanılmaktadır. Potasyum organik bileşikler içinde bileşimlerinde her zaman bulunmaz, fakat bunların teşkilinde lüzumlu olduğuna inanılmaktadır.

Potasyum bitkilerin hastalıklara dayanıklılıklarını arttırmaktadır. Genel bir kural olarak, yeter derecede potasyum alamayan bitkinin hastalıklara daha elverişli olduğu söylenebilir.

Noksanlığında Meydana Gelen Belirtiler: Toprakta potasyum eksikliği ürünün kalitesini düşürür.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekilleri: Potasyum toprak kolloidlerinden ve toprak çözüntisindeki sülfat, karbonat gibi potasyum tuzlarından potasyum iyonu şeklinde alınır.

Ayrıca toprakta feldispat ve mika gibi primer mineraller ile sekonder alüminyum silikat kileri ve özellikle illitin yapısında bulunur. Fakat bunlardan doğrudan doğruya faydalanılmaz. Bunların ayrışarak bitkiye faydalı duruma geçmesi gerekir.

2.2.2.4 Kalsiyum

Topraktaki kalsiyum çok değişik miktarlarda bulunur.

Fonksiyonları: Kalsiyumun bitki bünyesindeki fonksiyonları tam olarak bilinmemektedir. Diğer besin elementlerinin alınmasında, bitki ve toprakta bulunan toksit maddelerinin çökmesinde regülatör görevi yaptığı kabul edilmektedir. Ayrıca yaprak ve sapların dayanıklılığını artırır. Bitkinin sağlığı üzerine etki yapar.

Noksanlığında Meydana Gelen Belirtiler: Genel olarak, kalsiyum noksanlığı, bitkilerin uç kısımlarının parçalanmasına ve dağılması ile deforme olmasına sebep olur.

Toprakta kalsiyum noksanlığı toprağın asitleşmesine sebep olarak bitkinin büyümesini yavaşlatarak ürün ve kalitesini düşürür.

Toprakta gereğinden fazla bulunan kalsiyum ve özellikle CaCO_3 , demir, fosfor ve diğer bazı elementleri bitkilerin faydalanamayacağı şekle sokarak bu elementlerin noksanlığına sebep olur.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekilleri: Bitkiler kalsiyumunu kolloid kompleksler tarafından tutulmuş durumdaki değişebilir kalsiyum ve çözülebilir kalsiyum tuzlarından kalsiyum iyonları şeklinde alır

2.2.2.5 Magnezyum

Toprakta genellikle yeter derecede magnezyum bulunur.

Fonksiyonları: Klorofilin bileşiminde bulunur. Her klorofil molekülü bir magnezyum atomu içerir. Bunun için magnezyumsuz yeşil bitkileri düşünmek mümkün değildir. Magnezyum ayrıca fosforun bitkiler tarafından alınmasını hızlandırır. Ayrıca magnezyum tohumlarda bol miktarda bulunur. Bundan dolayı da yağ oluşumu için önemli kabul edilmektedir.

Noksanlığında Meydana gelen Belirtiler: Magnezyum klorofilin bir kısmı olduğu için magnezyum noksanlığı yaprakların renk kaybetmesi ve sararmasıyla sonuçlanır. Bazen bitkilerin erken yaprak dökmelemleri magnezyum noksanlığından ileri gelir. Magnezyum noksanlığında genel olarak bitkilerin kalitesinin düştüğü söylenebilir.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekilleri: Magnezyum bitkiler tarafından magnezyum katyonları şeklinde alınır. Toprakta çok sayıda magnezyum tuzları vardır. Magnezyum katyonları kil kolloidleri tarafından tutulur.

2.2.2.6 Kükürt

Kükürt topraklarda az miktarda bulunur. Bitkilerin topraklardan aldığı kükürdün büyük kısmı topraktan ayrılan organik maddelerden açığa çıkar. Ayrıca toprağa verilen gübrelerin birleşiminde doğal madde olarak bulunur. Yağmur suları ile de bir miktar kükürt toprağa geçer.

Fonksiyonları: Proteinlerin bileşiminde bulunur. Klorofil oluşması için gereklidir.

Noksanlığında Meydana Gelen Belirtiler: Büyüme yavaş ve ürün düşük olur. Ürünün protein miktarı düşer.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekilleri: Kükürt bitkiler tarafından SO_4^{2-} iyonları şeklinde alınır. Toprakta Ca, K, Mg vs. tuzları şeklindedir. Topraktaki organik maddelerin bileşiminde kükürt vardır.

2.2.3 Mikro elementler ve minör elementler

2.2.3.1 Bor

Toprakta az miktarda bulunur. Bitkiler tarafından az miktarlarda alınır.

Fonksiyonları: Birçok bitkilerin tepe tomurcuklarının uzaması ve baklagillerde modül oluşumu için gereklidir.

Noksanlığında Meydana Gelen Belirtiler: Ürün düşük olur.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekillen: Bitkiler borlu topraktan çoğunlukla borat iyonu (B_4O_7) şeklinde alınır. Borun fazla miktarı bitkilere zehir etkisi yapar.

2.2.3.2 Demir

Minör elementler arasında sayılmakla birlikte, litosferde en fazla bulunan elementler arasında dördüncü sırayı alır. Bununla beraber, bitkiler tarafından az miktarda alınır. Bitkilerin çoğunda demir, bor, manganez veya çinko gibi minör elementlerden azdır.

Fonksiyonları: Klorofil oluşumu için gereklidir.

Noksanlığında Meydana Gelen Belirtiler: Demir noksanlığında bitkilerin yapraklarında sararma (kloroz) görülür. Nitrojen ve magnezyum noksanlığı da yeşil kısımlarda sararmaya neden olabilir. Bu yüzden demir noksanlığından meydana gelen sararmaya demir klorozu denir.

Demir klorozu yapraklara veya doğrudan doğruya ferri sülfat $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$ vermek suretiyle önlenir.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekilleri: Demir bitkiler tarafından iki değerli demir katyonu (Fe^{+2}) şeklinde alınır. Topraklarda çözülebilir şekilde demir bulunduğu gibi çeşitli minerallerin bileşiminde de fazla miktarda demir vardır.

2.2.3.3 Manganez

Topraklarda çok değişik miktarlarda bulunur.

Fonksiyonları: Klorofil oluşumu için gereklidir.

Noksanlığında Görülen Belirtiler: Bitkilerin bodur kalmasına sebep olur. Bodurlukla birlikte bitkinin üst yapraklarında sararma görülür ve yaprak lekeli olur.

Topraklarda Bitkilere Faydalı Şekilleri: Manganez toprakta çözülebilir halde

bulunduğu gibi çeşitli minerallerin bileşiminde bulunur Bitkiler tarafından iki değerli manganez iyonu (Mn^{+2}) şeklinde alınır.

Toprakta gereğinden fazla bulunan manganez bitkilere zehir etkisi yapar ve demirin alınmasını güçleştirir.

2.2.3.4 Bakır

Bakır noksanlığı fazla organik madde içeren topraklarda ve özellikle yeni tarım altına alınan organik topraklarda görülür.

Fonksiyonları: Klorofil oluşumuna yardım eder. Noksanlığında sararma görülür ve büyüme yavaş olur.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekli: Bakır toprakta iki değerli bakır katyonu şeklinde (Cu^{+2}) alınır

Bakırın fazlası demirin alınmasını güçleştirir ve bitkilere zehir etkisi yapar.

2.2.3.5 Çinko

Fonksiyonları: Klorofil oluşumu ile ilgili olduğuna inanılmaktadır.

Noksanlığında Meydana Gelen Belirtiler: Bitkide yapraklar açık ten renginde ve soluk kahverengi bir renk alır.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekli: Çinko bitkiler tarafından iki değerli (Zn^{+2}) şeklinde alınır.

2.2.3.6 Molibden

Molibden mikro elementler arasında bitkiler tarafından en az alınanıdır.

Fonksiyonları: Bitkilerin köklerinde azot tespit eden bakterilerin faaliyetlerini artırır ve bunların yayılmasına yardım eder.

Toprakta Bitkilere Faydalı Şekilleri: Molibden bitkiler tarafından molibdot iyonu (MoO_4^{-2}) şeklinde alınır. Bitkilerdeki fazla molibden hayvanlara zararlıdır.

Molibden noksanlığını gidermek için bitkilere sodyum molibdat çözeltisi püskürtülür.

2.2.3.7 Klor

Klor 1954 yılında bitkiler için gerekli elementler listesine alınmıştır. Toprakta fazla bulunan bir elementtir. Birçok gübre de bol miktarda klor içerir.

Fonksiyonları ve eksikliğinde ortaya çıkan belirtiler tam anlaşılmamıştır. Klor bitkiler tarafından Cl⁻ iyonu şeklinde alınır.

Negatif elektrik yüke sahip olan Cl⁻ iyonu toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilmez. Bu yüzden toprakta kolayca yıkanarak gider. [Ergene, 1987; Kaçar,1984]

2.3 Bitki Besin Maddelerin Alımı

Toprakta yetişen bitkiler birkaç tanesi hariç gereksinim duydukları tüm mineral elementleri topraktan alırlar. Bitkiler mineral maddeleri toprak çözeltisinden çözülmüş halde bulunan ya da toprağın katı fazından edilmiş durumda tutulan mineral maddelerden alırlar. İlk araştırmacılar toprak çözeltisine bitkilerin mineral maddeleri adsorbe ettikleri bir kaynak olarak bakmışlardır. Bugün bile kimi araştırmacılar, bitkiler tarafından adsorbe edilmeden önce mineral maddelerin toprak çözeltisine geçmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Toprak çözeltisinde eksilen bitki besin maddeleri ise, organik maddenin parçalanması, ahır gübresinin veya yapay gübrelerin toprağa verilmeleri ya da toprağın katı fazından elementlerin çözeltiye geçişiyle tamamlanmaktadır.

Liebig gibi geçmişteki birkaç bilim adamı ile zamanımızın tüm bilim adamları toprağın kolloidal parçacıklarını, toprak çözeltisine besin maddelerini veren asal kaynak olarak bakmışlardır. Bu arada kimi araştırmacılar toprak kolloidlerini, bitkiler için doğrudan besin maddelerinin kaynağı olarak kabul etmişlerdir.

2.3.1 Toprak Çözeltisi

İçerisinde çözülmüş halde katı madde ve gaz bulunan toprak suyu genellikle "toprak çözeltisi" olarak tanımlanmaktadır. Kimi kaynaklarda toprak çözeltisi "içsel" ve "dışsal" olarak sınıflandırılmıştır. İçsel toprak çözeltisi, toprağın ince parçacıklarına yakından değinen ve içerisinde çözülmüş madde miktarı yönünden toprağın katı fazı ile denge halinde bulunan çözeltidir. Dışsal toprak çözeltisi göreceli olarak çok seyreltik

olan ve daha geniş kılcal boşluklarda bulunan çözeltilerdir. Günümüzde toprak çözeltisi denildiği zaman yer değiştirici bir madde ile işlem yapılmak suretiyle ya da bir sulandırma yöntemiyle elde olunan çözelti akla gelmektedir.

Toprak çözeltisinin kapsamı durağan değildir. İçsel ve dışsal toprak çözeltilerinin kapsamaları ayrımlı olduğu gibi toprağın değişik yerlerindeki toprak çözeltilerinin kapsamaları da ayrımlıdır. Bu toprağın mineral bölümünün ayrımlı karakter göstermesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin kireç taşı parçacıklarına ya da kalsiyumca zengin minerallere çok yakın değinen toprak çözeltisi başka katyonlara göre daha fazla kalsiyum kapsar. Aynı şekilde ortaklaşa mineral parçacıklarının hemen çevresinde bulunan toprak çözeltisi de görel olarak potasyum yönünden zengindir. Sürekli bitki yetiştirilmiş toprakta, toprak çözeltisinin toplam iyon konsantrasyonu görel olarak daha düşüktür. Nadasa bırakılma ile toprak çözeltisinde katyon ve anyon konsantrasyonları genellikle yüksek bulunmuştur. Mikroorganizmaların etkinlik durumu da toprak çözeltisinin kapsamını önemli ölçüde etkilemektedir.

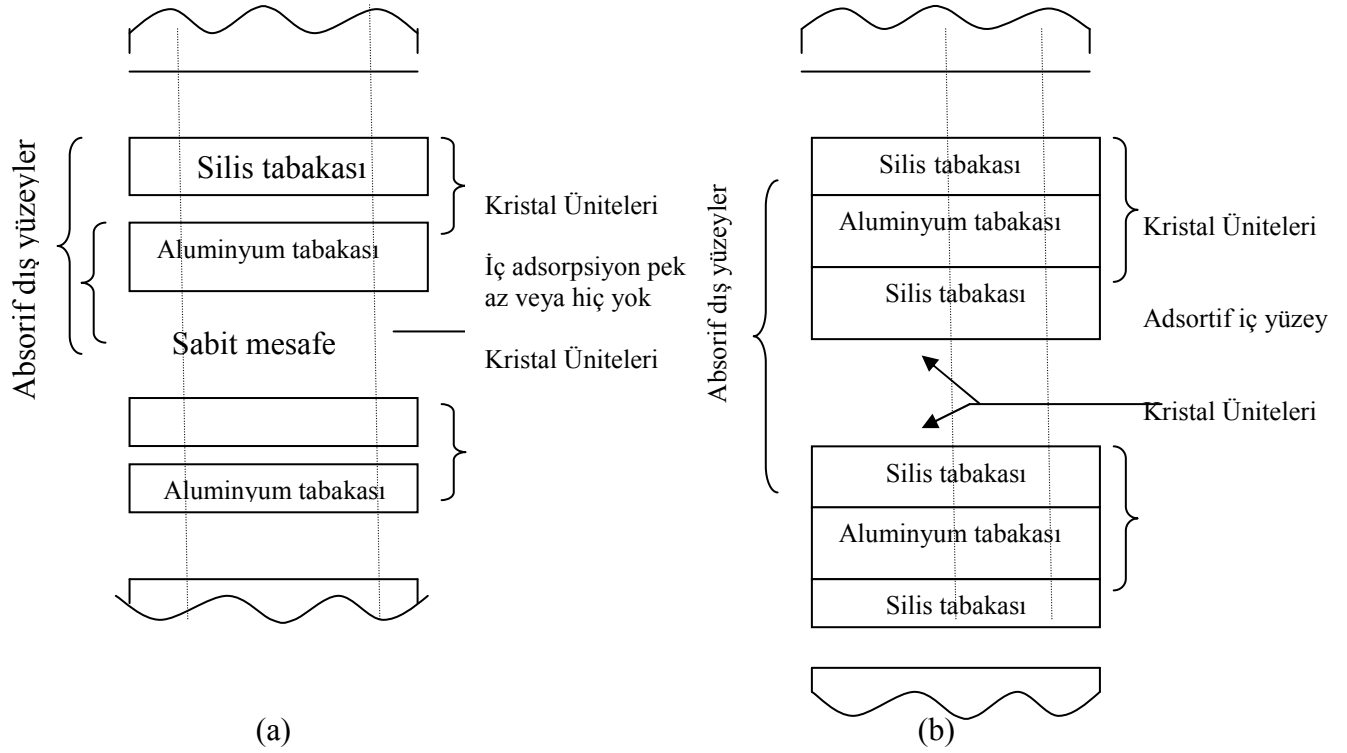
Bu örneklerden de anlaşılabilceği gibi toprak çözeltilerinin anyon ve katyon kapsamaları çeşitli elementlerin etkisi altında sürekli olarak değişmektedir. Yağmurun toprak çözeltisini sulandırmasına karşın buharlaşma (evaporasyon) toprak çözeltisinin konsantrasyonunu arttırmaktadır. Bu arada toprak çözeltisinde bulunan katyon ve anyonların oranlarının da değişmesine neden olmaktadır. Toprak içerisinde derinliğine ve genişliğine yayılma gösteren kökleri aracılığıyla bitkilerin gereksinim duydukları besin maddelerini almaları sonucu toprak çözeltisinde azalan besin maddeleri miktarının ise sürekli olarak eski haline getirilmesi gerekir.

Toprak çözeltisi ile toprağın katı fazı arasında yukarıda da belirtildiği gibi sürekli bir mineral madde alışverişi vardır. Toprak çözeltisinden mineral maddeler çeşitli yollarla azaldıkça, katı fazdan toprak çözeltisine verilmek suretiyle aradaki denge sürekli olarak korunur. Herhangi bir nedenle aradaki dengenin bozulması sonucu bitkilerde noksanlık belirtileri ortaya çıkar.

2.3.2 Topraklarda Katyon ve Anyonların Adsorpsiyonları ve Değişimleri

2.3.2.1 Katyon adsorpsiyonu ve değişimi

Kolloidal toprak parçacıkları fazlaca negatif elektrik yüküne sahiptir. Topraklarda kolloidal kesim, esas olarak kil parçacıklarından oluşmuştur. Fakat fazla miktarda organik madde de toprağın kolloidal kesiminin önemli bir parçasıdır. Toprağın kil parçacıkları belirli kristal yapıya sahip, kolloidal büyüklük sınırları içinde (1-1000 Å arasında) esas olarak alümino-silikatlardan oluşmuştur. Kil minerallerinin yüzeylerindeki negatif yük, kristal ünitelerindeki üç değerlikli Al katyonlarının iki değerlikli Si katyonlarıyla eş yer değiştirmesi sonucu oluşur. Kristal özelliklerine göre, toprakta genel olarak üç grup kil minerali bulunmuştur. Bunlar kaolinit, montmorillonit ve illit (veya hidratlanmış mika). Şekil 2.2' de kaolinit ve montmorillonit kristallerinin yapısı şematik olarak gösterilmiştir. (illitin yapısı montmorillonite benzer, ancak parçacıkların çapı nispeten daha büyüktür. Silis tabakasındaki silisin yüzde 15'i alüminyumla yer değiştirir. Kristal üniteleri arasındaki mesafe fazla genişleme göstermediğinden katyon adsorpsiyonu belirgin değildir)



Şekil 2.2 (a) Kaolinit kil kristallerinin şematik gösterilişi. Kristal ünitelerinin pek çoğu üst üste gelerek bir kaolinit kristalini meydana getirir. Her kristal ünitesi birbirine CO_2 atomu ile bağlı bulunan bir silis ve bir alüminyum tabakasının birleşmesiyle oluşmuştur.

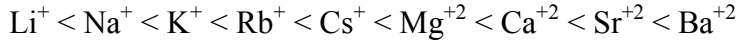
(b) Montmorillonit kristalinin yapısının şematik gösterilişi. Kristal üniteleri iki silis ve bir alüminyum tabakasının birleşmesiyle meydana gelmiştir.

Kolloidal kil parçacıklarında eksi yüklere katyonlar bağlanır ve kil parçacıkların yüzeylerinde adsorbe edilmekle kalmazlar, parçacıkların kristal üniteleri arasına da girerler. Topraklarda kil parçacıkları ile organik kökenli kolloidal parçacıklar üzerine mineral elementler Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ ve H^+ şeklinde bağlanırlar.

Kolloidal parçacıklar üzerinde adsorbe edilen katyonlarla başka katyonlarla yer değiştirebilir. Bu işlem toprağın katı ve sıvı fazı arasında cereyan eder ki buna “katyon değişimi” denir. Katyon değişimindeki güç, katyonların adsorpsiyon gücüne bağlıdır. Öyle ki birleşme değerleri arttıkça katyonların tutulma gücü artar. Örneğin üç değerlikli katyonlar iki değerlikli katyonlardan daha büyük güçle tutunur.

Zayıf bir şekilde tutulan iyonlarda adsorbe edilen katyonlar kolaylıkla yer değiştirirler. O nedenle belli bir katyonun yer değiştirme gücü bağlanma gücü bağlanma gücü ile yakından ilgilidir.

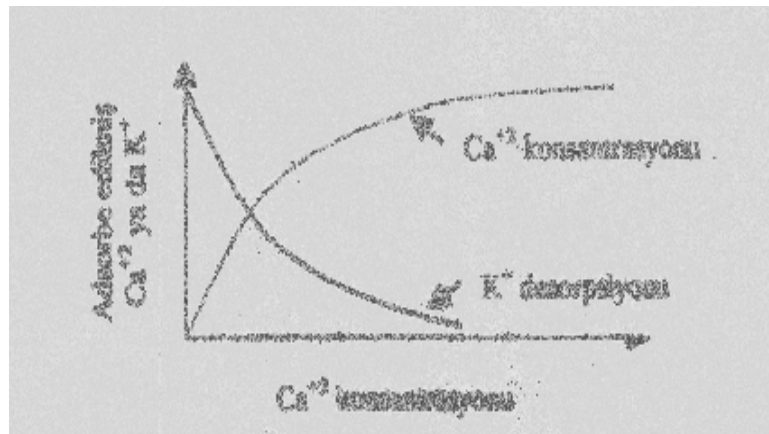
Yer değiştirme yönünden katyonlar Hofmeister tarafından şu şekilde sıralanmıştır:



(Yer değiştirme Güçlerine bağlı olarak artar ve hidrotasyon derecelerine bağlı olarak azalır).

Bir katyonun bir başka katyonla yer değiştirme gücü yalnızca ele alınan katyonların çeşidine değil iyonların yoğunluklarına ya da daha doğru olarak iyonların aktivitelerine bağlıdır.

Bir katyonun başka bir katyonla yer değiştirmesi üzerine artan katyon aktivitesinin etkisi basit bir sistemde örnek olarak gösterilebilir. Bu durum tek bir katyonla değişim alanları doldurmuş kolloidal parçacığın, yoğunluğu yüksek başka bir katyon içeren çözelti içerisine konulmasıyla gerçekleştirilebilir. Örneğin değişim alanları K^+ ile tamamen dolmuş bir kolloid, Ca^{+2} içeren bir çözeltiye konulursa Ca^{+2} , K^+ ile yer değiştirir ve K^+ 'un yerine Ca^+ adsorbe edilir. K^+ desorpsiyona uğrar. Böyle bir durumda Ca^{+2} 'un adsorpsiyonu ve K^+ desorpsiyonu Şekil 2.3'te şematik olarak gösterilmiştir. Çözeltide bağımsız Ca^{+2} 'nin yoğunluğu ya da aktivitesi arttıkça Ca^{+2} adsorpsiyonu da artar. Aktivite ile adsorpsiyon arasındaki ilişki gösterilen ilişki öteki tüm katyonların adsorpsiyon işlevlerinde de geçerlidir.



Şekil 2.3 Çözeltilerde Ca^{+2} konsantrasyonunun artmasıyla Ca^{+2} 'un adsorpsiyonu ve K^+ desorpsiyonu arasındaki ilişki

Toprakların katyon değiştirme özellikleri ölçüldüğünde sonuçlar 100 gram toprakta milieşdeğer olarak ifade edilir. Topraktaki organik maddenin 100 grama ait katyon değişimini kapasitesinin 250 me olduğu ortaya konulmuştur. Grim'e göre çeşitli kil minerallerinin 100 gramlarının katyon değiştirme kapasiteleri ise şoyledir.

Kaolinit	3-15 me
İlit	10-40 me
Vermikulit	100-150 me
Montmorlonit	80-150 me

Hidrate oksitlerinin (Fe, Al, Ti, Mn'n oksitleri) değişim kapasiteleri çok düşüktür. Kil minerallerinin her birinin katyon değiştirme kapasiteleri birbirinden farklı olduğu için, analiz ile kil parçacıklarının tayini toprakların değişim kapasiteleri hakkında doğru bir fikir vermeye yeterli değildir.

Ilıman bölge topraklarının çoğunda kil parçacıklarının katyon değiştirme kapasitesi 100 g için 50 me civarında bulunur. Bu şartlar altında her bir yüzde organik madde için katyon değiştirme kapasitesini 2 me ve her bir kil yüzdesi için de 0.5 me kabul edebiliriz. Buna göre %2 organik madde ve %24 kil içeren bir toprağın katyon değişim kapasitesi 16 me olur.

Toprakta bulunan kum ve şilt parçacıklarının katyon değiştirme kapasiteleri çok düşük olduğunda hesaba katılmayabilir (Kaçar, Ergene, 1987).

2.3.2.2 Anyon adsorpsiyonu ve değişimi

Topraklarda katyon değişiminin bitkilere besin maddeleri sağlamasındaki öneminin belirlenmesi ve geniş lde araştırılmış olmasına karşılık, kolloidler üzerinde anyon değişimine daha az önem verilmiştir. Anyon değişiminin katyon değişiminden çok daha küçük ölçülerde meydana geldiğine karar verilmiştir.

Her ne kadar normal koşullarda toprak kolloidleri negatif yüklü ise de kolloidal parçacıklar üzerinde anyonların adsorbe edildiği alanlar mevcuttur. Kolloidal parçacıkların pozitif edildiği az da olsa pozitif elektrik yüklü alanlar da bulunur. Böyle pozitif yüklü alanlar kil minerallerinin kenarlarında ve özellikle Fe ve Al sulu oksitlerinin yüzeylerinde yer alır. Anyonlardan Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$, NO_3^- , ve OH^- toprakta bulunan asal anyonlardır. $H_2PO_4^-$ anyonu hariç ötekileri topraktan kolayca yıkanarak gider. Fosfat ise çoğunlukla topraklarda ozeltiden tamamı ile adsorbe edilip

alınır. Bu durum önemli bir bitki besin maddesi olan fosforun yararlılığı açısından son derece önem taşımaktadır.

Toprakta bitkiye yararlı şekilde bulunan fosfatlar, kil minerallerinin, Fe ve Al'un sulu oksitlerinin, karbonhidratları ve hatta apatitlerin yüzeylerinde adsorbe edilir. Adsorbe edilen fosfatlar toprak çözeltisindeki fosfatlarla sürekli denge içerisinde (Ergene, 1987; Kaçar, 1984).

BÖLÜM 3. ZEOLİT

3.1 Tarihçe

Zeolit kelime olarak kaynayan taş anlamında olup, 1756 yılında İsveçli mineralog Fredrich Cronstedt tarafından bulunmuştur. Temel yapısını SiO_4 ve/veya AlO_4 oluşturur. Bu yapının en önemli özelliği, büyük oranda boşluk ve kanal içermesi; bu boşluk ve kanallarda yer alan suyu yüksek sıcaklıklarda yapı bozulmadan kaybedebilmesi; ve yapı içerisinde gevşek bağlı olarak değiştirilebilir özellikte bulunan katyonlara sahip olmasıdır. Bu nedenlerle adsorbsiyon, iyon değişimi ve dehidrasyon uygulamalarında başarıyla kullanılır.

Bugün tarım ve hayvancılık, kirlilik kontrolü, enerji uygulamaları, madencilik-metalürji gibi alanlarda kullanılan 40'tan fazla doğal ve 150'den fazla yapay zeolit türü bilinmektedir.

3.2 Fiziksel Özellikleri

Bazı zeolit çeşitlerinin formülleri, yüzdece boşluklu kısımları, ana kanallarının serbest açıklıkları, iyon değiştirme kapasiteleri, özgül ağırlıkları ve çerçeve yoğunlukları gibi özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Zeolit Minerallerinden Başlıcalarının Fiziksel Özellikleri

İsim	Formül	Boşluk Kısım (%)	Ana Kanalların Serbest Açıklıkları (A)	Isıl Kararlılık	İyon Değiştirme Kapasitesi (meq/g)	Özgül Ağırlık	Çerçeve Yoğunluğu (g/cc)	Açıklamalar
Analsim	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{16}\text{O}_{96}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	18	2.6	Yüksek	4.54	2.24-2.29	1.85	Sedimenter Kayaçlarda Bulunur
Şabazit	$\text{Ca}_2[(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_8] \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	47	3.7x4.2	“	3.84	2.05-2.10	1.45	“
Klinoptilolit	$(\text{Na}_3 \cdot \text{K}_3)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	34	3.9x5.4	“	2.16	2.16	-	“
Erionit	$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{K})_9(\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$	35	3.6x5.2	“	3.12	2.02- 2.08	1.51	“
Fojasit	$\text{Na}_{58}(\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	47	7.4	“	3.39	-	1.27	“
Ferrierit	$(\text{Na}_2\text{Mg}_2)(\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}) \cdot 18\text{H}_2\text{O}$	28	4.3x5.5	“	2.33	-	-	“

Hölandit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	39	4.0x5.5 4.4x7.2 4.1x4.7	Düşük	2.91	2.18	1.69	“
Lamontit	$\text{Ca}_4(\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	34	4.6x6.3	Düşük	4.25	2.20-2.30	-	“
Mordenit	$\text{Na}_8(\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	28	2.9x5.7 6.7x7.0	Yüksek	2.29	2.12-2.15	1.70	“
Filipsit	$(\text{NaK})_{10}(\text{Al}_{10}\text{Si}_{22}\text{O}_{64}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	31	4.2x4.4 2.8x4.8 3.3	Orta	3.31	2.15-2.20	1.58	“
Natrolit	$\text{Na}_{16}(\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}) \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	23	2.6x3.9	Düşük	5.26	2.20-2.26	1.76	“
Stilbit	$\text{Ca}_5(\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}) \cdot 28\text{H}_2\text{O}$	39	4.1x6.2	“	-	2.10-2.20	1.64	Yapay
Linda A	$\text{Na}_{12}(\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}) \cdot 27\text{H}_2\text{O}$	47	4.2	Yüksek	5.48	1.99	1.27	“

3.3 Kullanım Alanları

Zeolitlerin başlıca kullanım alanları olan iyon değişikliği yapabilme, adsorbsiyon ve buna bağlı elek yapısı, silis içeriği, ayrıca tortul zeolitlerde açık renkli olma, hafiflik, küçük kristallerin gözenek yapısı zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmasına neden olmuştur.

Son yıllarda önemli bir endüstriyel hammadde durumuna gelen doğal zeolitlerin bu özelliklerinden yararlanan alanlar 5 bölümde toplanabilir:

- Tarım ve Hayvancılık
- Kirlilik Kontrolü
- Enerji
- Madencilik ve Metalürji
- Diğer Kullanım Alanları

3.3.1 Tarım ve Hayvancılık

Zeolitli tüfler gübrelere kötü kokusunu giderilmesi, içeriğinin kontrol edilmesi ve asil volkanik toprakların pH'ının yükseltilmesi amacıyla uzun yıllardır kullanılmaktadır.

3.3.1.1 Gübreleme ve toprak hazırlanması

Doğal zeolitler yüksek iyon değiştirme ve su tutma özellikleri nedeniyle toprağın tarım için hazırlanmasında, çoğunlukla kil bakımından fakir topraklarda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek amonyum seçiciliği nedeniyle gübre hazırlanmasında taşıyıcı olarak klinoptilolit kullanılmasıyla amonyumun bitkiler tarafından daha etkin kullanılması ve gübre tasarrufu sağlanmaktadır. Klinoptilolit nem fazlasını adsorbladığı için gübrelere depolama sırasında oluşan pişme ve sertleşmeyi de önlemektedir. Ayrıca fazla sulama nedeniyle oluşan mantari hastalıkların da önüne geçtiği belirlenmiştir.

3.3.1.2 Tarımsal mücadele

Doğal zeolitlerden iyon değiştirme ve adsorblama kapasitelerinin yüksekliğinden dolayı tarımsal mücadelede ilaç taşıyıcı olarak yararlanılmaktadır.

3.3.1.3 Toprak kirliliğinin kontrolü

Doğal zeolitlerin katyon seçme ve değiştirme özelliklerinden sadece besleyici iyonların bitkiye aktarılmasında faydalanılmayıp, aynı zamanda besin zincirlerinde Pb-Cd-Zn-Cu gibi istenmeyen bazı ağır metal katyonlarının tutulmasında da yararlanılabilir. Bu alanda kullanılan klinoptilolit radyoaktif kirlenmenin söz konusu olduğu topraklara ilave edilmesi ile bitki tarafından alınan Sr^{90} miktarının büyük ölçüde azaldığı da saptanmıştır.

3.3.1.4 Besicilik

Yemlerine zeolit ilave edilen tavuk, domuz ve geviş getiren hayvanların normal yemlerle beslenenlere oranla sağlıkları bozulmaksızın ağırlıklarının arttığı belirlenmiştir. Bu alanda kullanılan zeolitlerin başlıcaları klinoptilolit ve mordenittir.

3.3.1.5 Organik atıkların muamelesi

Bu alanda kullanılan doğal zeolitler, dışkıların kötü kokusunun giderilmesini, nem içeriklerinin kontrolünü ve dışkıların oksijensiz ortamda çürümesiyle oluşan metan gazının diğer gazlardan ayrılmasını sağlamaktadır. Koku giderimi ve nem içeriğinin kontrolü ile hayvan barınaklarında daha sağlıklı koşullar yaratılmaktadır. Özellikle klinoptilolit ile muamele edilen gübreler (özellikle tavuk gübresi) çok kısa zamanda kullanılabilir ve daha zengin içerikli olmaktadır.

3.3.1.6 Su kültürü

Göl ve göletlerde biyolojik artıkların neden olduğu kirliliğin temizlenmesinde doğal zeolitler, özellikle de klinoptilolit etkin olarak kullanılmaktadır. Ayrıca doğal zeolitlerden, canlı balık taşımacılığı ve su kültür ortamlarında ihtiyaç duyulan oksijence zengin hava akımının temininde de yararlanılmaktadır.

3.3.2 Kirlilik kontrolü

Zeolit mineralleri- iyon değişirme ve adsorbsiyon özellikleri nedeniyle kirlilik kontrolünde gittikçe artarak kullanılmaktadır.

3.3.2.1 Radyoaktif atıkların temizlenmesi

Nükleer santral atıklarında bulunan ve çevre sağlığı açısından tehlikeli olan Sr^{90} , Cs^{137} , Co^{60} , Ca^{45} gibi izotoplar zeolitlerle tutulabilmektedir. Böylece atık sudan alınan radyoaktif atıklar zeolitle birlikte gömülerek zararsız hale getirilmektedir. Bu alanda asitlere dayanıklılıkları nedeniyle klinoptilolit ve mordenit kullanılmaktadır.

3.3.2.2 Atık suların temizlenmesi

Şehirlerin ve endüstri tesislerinin atık sularında bulunan azot bileşikleri (özellikle amonyum), metal iyonları (Pb, Cd, Fe, Cu, vb.) atıldıkları ortamlarda yeraltı ve yerüstü suların kirliletmekte ve bu ortamların gerek temiz su gerekse kullanma suyu olma özelliklerini yok etmektedir. Ayrıca bu sularda yaşayan balık ve diğer su faunasına toksik etki yapmakta ve bu faunanın beslenmesi için gerekli alglerin üremesini de engellemektedir. Atık sularda bulunan azot ve istenmeyen bazı ağır metal katyonları (örn. Pb^{+2}), zeolitler tarafından kolaylıkla tutulmaktadır. ABD ve Japonya'da çoğu şehir ve endüstriyel atık suları klinoptilolit kullanılarak temizlenmektedir.

3.3.2.3 Baca gazlarının temizlenmesi

Petrol ve kömür kullanan tesislerin bacalarından çıkan CO₂, SO₂ ve diğer kirletici gazlar, zeolitlerin adsorblayıcı özelliği ile ayrılabilir. Mordenit ve klinoptilolit bu alanda çok iyi sonuçlar verdiği, yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

3.3.2.4 Petrol sızıntılarının temizlenmesi

Kirlilik kontrolü uygulamasında yeni gelişen bu alanda aktifleştirilmiş zeolit, geliştirilmiş perlit, sodyum karbonat, tartarik asit ve %20 metilsi loksan içeren bir bağlayıcıyla peletlenmiş halde kullanılmaktadır. Özgül ağırlığı 0.5 gr/cm³ ve yağ adsorblama kapasitesi 0.97 gr. olan bu malzeme, 200 saat suda yüzebilmekte ve yüzeydeki petrolü adsorblamaktadır.

3.3.2.5 Oksijen üretimi

Yaşam için gerekli olan oksijenin azalmasına, yüzyılımızın sorunlarından olan su ve hava kirliliği neden olmaktadır. Akarsu ve göllerdeki oksijen eksikliği, bu ortamlarda yaşayan balık ve bitkilerin yok olmasına neden olurken, kapalı bir mekandaki oksijen azlığı insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu durumlarda zeolitlerin azotu seçimli adsorblama özelliklerinden yararlanarak bu ortamlara oksijence zengin hava sağlanabilmektedir. Oksijen üretiminde daha çok sentetik zeolitlerden yararlanılmakla birlikte, doğal zeolitlerden özellikle mordenit ve bazı klinoptilolitlerle şabazit de kullanılabilir görülmektedir.

3.3.2.6 Çöp deponi alanları

Düzenli çöp deponi alanlarının en önemli kesimleri zemin ve zemin stabilizasyonudur. Zeminde kullanılacak astar malzemenin zemini sağlamlaştırıcı, geçirgen olmayan bir yapı göstermesi istenir. Bunun için çoğunlukla, geçirgenliği az olan killer kullanılır. Killerin zamanla şişerek jelleşmesi ve asit ortamlardan etkilenmesi

nedeniyle sorunlar yaşanabilmektedir. Yapılan araştırmalar bentonit türü killeriyle klinoptilolit türü zeolitlerin birlikte kullanılmalarının hem zemin kararlılığına olumlu etki yaptığını hem de daha ince astar malzemesi ile zemin oluşturulabileceğini göstermiştir. Aynı zamanda zeolit, sızabilecek sulardaki zararlı iyonları tutarak filtre görevi görmektedir.

3.3.3 Enerji

Dünyanın gittikçe büyüyen enerji ihtiyacı, petrol ve kömür yanında, nükleer enerji ve güneş enerjisi gibi kaynaklardan karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu kaynakların enerjiye dönüştürülmesi sırasında doğal zeolitlerden yararlanılmaktadır.

3.3.3.1 Kömürden enerji eldesi

Kömür ihtiyacının gün geçtikçe artması, kaliteli ve kolay işletilebilir rezervlerin azalması, çok derinde bulunan veya kükürtçe zengin kömür yataklarının işletilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu tür yataklarda, kömür yeraltında yakılarak gazlaştırılır ve elektrik enerjisine çevrilir. Bu alanda zeolitler, kömürün yeraltında yakılabilmesi için gerekli oksijenin üretilmesinde ve yanma sırasında oluşan SO₂ 'nin yanında patlayıcı özellikteki azotoksit ve hidrokarbonların temizlenmesinde kullanılabilir. Ancak yaygın değildir.

3.3.3.2 Doğal gazların saflaştırılması

Zeolitler, 1969 yılından beri kirli veya saf olmayan doğal gazlardan CO₂ 'nin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır.

3.3.3.3 Güneş enerjisinden faydalanma

Zeolitlerin sıcaklığa bağlı olarak su alıp verme özelliklerinden yararlanarak, Klinoptilolit ve şabazit üzerinde yapılan uygulamalarda, küçük yapıların ısıtılması ve klimatize

edilmesi, diğ er bir deyişle, zeolitlerden güneş enerjisinin transferinde ısı değiştirici olarak kullanılması mümkün görülmektedir.

3.3.3.4 Petrol  r nleri  retimi

Burada genellikle, adsorbsiyon kapasiteleri ve etkin gözenek çapları doğal zeolitlere göre daha yüksek olan sentetik zeolitler kullanılmakla birlikte, petrol ve gaz içeren alanların aranması ve paleoortam koşullarının belirlenmesinde önemli bilgiler veren doğal zeolitler, petrol ve gaz üretimi ile bunların rafinasyonunda bazı özel uygulamalarda kullanılabilir. Doğal gazlardan, su ve CO₂, mordenit, şabazit ve Klinoptilolit kullanılarak ayrılmaktadır. Ayrıca doğal zeolitlerden petrol rafinasyonunda yararlanılabilecek nitelikte katalizörler üretilmiştir.

3.3.4 Madencilik ve Metalürji

3.3.4.1 Maden yataklarının aranması

Volkanik malzemenin hidrolizi sonucu oluşan zeolitler cevher yataklarının oluşmalarının açıklanması yanında, aramalarında da kullanılabilir. Japonya'da tüflü kumtaşlarındaki uranyum cevherleşmesinin klinoptilolit-h landitli seviyelerle bağıntılı olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde ise zeolitli türlerin borat oluşmaları dikkati çekmektedir.

3.3.4.2 Metalürji

 evre sağlığı açısından tehlike oluşturan bazı ağır metal katyonları içeren madencilik ve metalürjik faaliyetlerden ortaya çıkan atık sular, doğal zeolitlerin katyon değiştirme özelliklerinden faydalanılarak artırılabilir. Ayrıca pirometalurji sanayinde CaCO₃ ve doğal zeolit karışımı Cu-Pb alaşımlarının eritilmesinde ortaya çıkan zararlı dumanları %90 oranında yok edebilmektedir.

3.3.5 Diğer Kullanım Alanları

3.3.5.1 Kağıt endüstrisi

Yüksek parlaklığı olan zeolit cevherleri, kağıt endüstrisinde dolgu malzemesi olarak gittikçe daha fazla kullanılmaktadır. Klinoptilolit Katkılı kağıt, normal kil katkıli kağıtlara göre daha tok olup, kolay kesilebilmekte ve mürekkebi daha az dağıtmaktadır. Klinoptilolit-10 mikrona kadar öğütüldüğünde aşındırma endeksi %3'ten az, parlaklığı 80 civarında bir malzeme özelliği kazanır. %28 zeolit tozu katılmış bir karışımdan klasik kağıda göre çok daha hafif kağıt üretimi mümkündür.

3.3.5.2 İnşaat sektörü

Puzzolan çimento ve beton: Zeolitik tüf yatakları birçok ülkede puzzolanik hammadde olarak kullanılmaktadır. Zeolit puzzolanlar, son beton ürününün daima yeraltı su korozyonuna maruz kalacağı hidrolik çimentolarda önemli uygulamalar bulmaktadır. Zeolitlerin sulu altyapılarda kullanılacak puzzolan çimento üretiminde kullanılması, yüksek silis içermeleri nedeniyle betonun katılaşma sürecinde açığa çıkan kirecin nötrleşmesini sağlayabilmektedir.

Hafif agrega: Perlit ve diğer volkanik camlar gibi, doğal zeolitler de genişlemeye uygundur. Genleştirilmiş zeolitlerin sıkışma ve aşınmaya karşı dayanımı daha yüksek olup, genleştirilmiş hafif agrega üretilmektedir.

Soyutlandırılmış taş: Zeolitik tüfler, düşük ağırlıklı, yüksek gözenekli, homojen, sıkı-sağlam yapıdırlar. Kolayca kesilip işlenebilmeleri ve hafiflikleri ile yapı taşı olarak kullanılırlar. Birçok ülkede uzun yıllardır bu amaçla kullanılan devitrifiye volkanik küller ve değişime uğramış tüflerin zeolit içerikli olduğu son yıllarda anlaşılmıştır.

3.3.5.3 Sağlık sektörü

Doğal zeolitler sağlık-alanında çeşitli şekillerde kullanılmakla birlikte, bunlar arasında en önemlisi klinoptilolitin florürlü diş macunlarında parlaticı katkı maddesi olarak kullanılmasıdır. Klinoptilolitler Küba'da ülser ve ishal tedavisinde ilaç olarak kullanılmaktadır. Bu konuda alınmış patentleri bulunmaktadır. Ayrıca kesik türü yaralanmış hayvanların tedavisinde yaranın enfeksiyon kapmaması için toz olarak kullanılmaktadır.

3.3.5.4 Deterjan sektörü

Çevre kirlenmesi nedeniyle deterjanlarda fosfat kullanımı bazı ülkelerde kısıtlanmaktadır. Bu nedenle katkı maddesi olarak sentetik zeolitler fosfatların yerine kullanılmaktadır. Son yıllarda doğal zeolitlerin de bu alanda kullanılmasına yönelik bazı çalışmalar devam etmektedir.

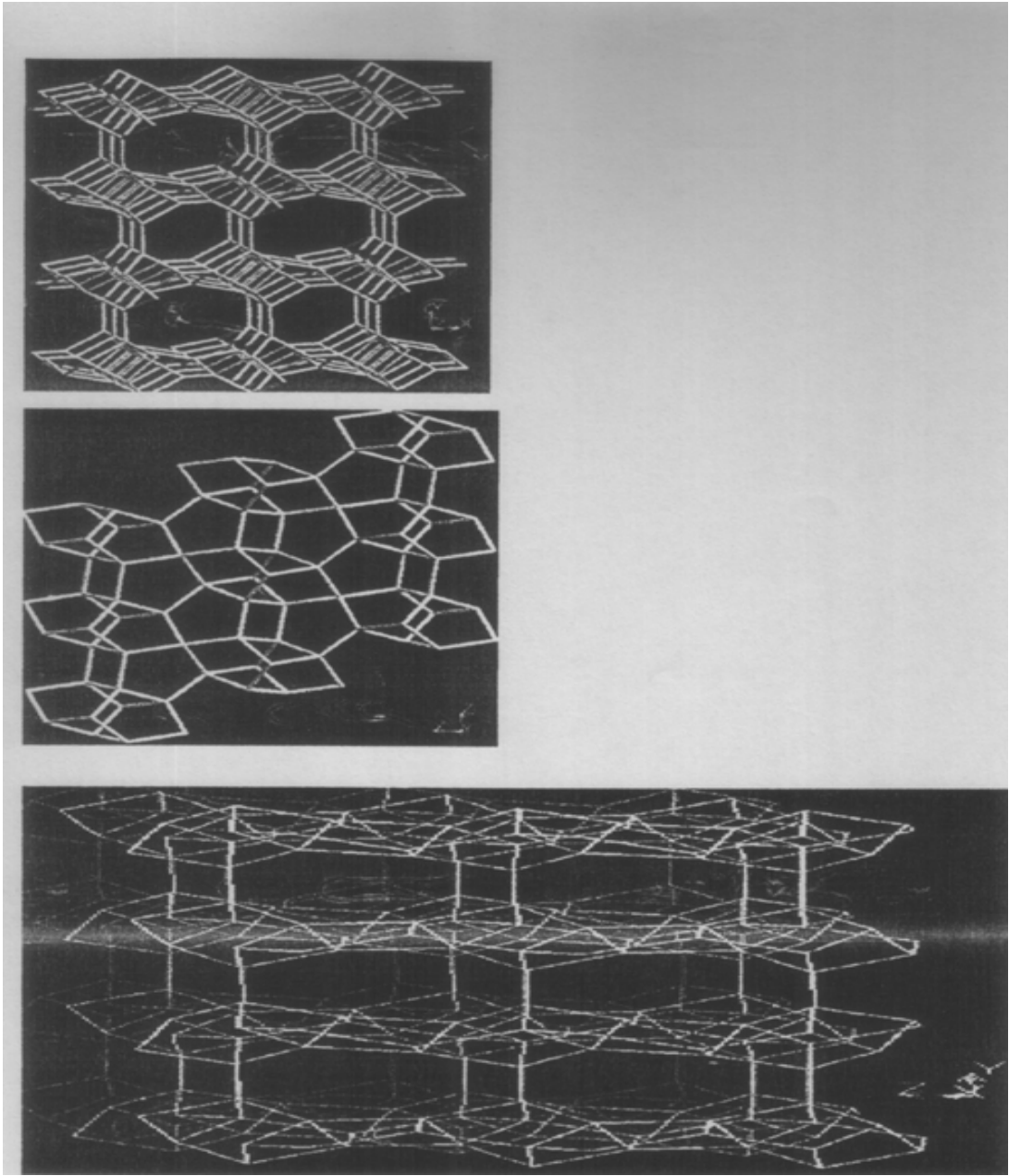
3.4 KLİNOPTİLOLİT

Klinoptilolit en yararlı olan doğal zeolittir. Klinoptilolit, kimyasal elek, gaz absorplayıcı, yem katkı maddesi, koku kontrol malzemesi ve su filtresi olarak içme ve akvaryum sularında kullanılmaktadır. Klinoptilolit, büyük gözenek hacmi, uçtaki sıcaklıklara dayanıklılığı, kimyasal olarak nötral ana yapısı nedeni ile yukarıdaki uygulama alanlarına uygundur. Klinoptilolit uzun yıllardan beri yem katkısı olarak, büyükbaş, domuz, at ve kümes hayvanlarında kullanılmaktadır. Yem içindeki mikroplar, küller ve mikroskobik parazitler tarafından üretilen toksinleri adsorplayarak yemlerin daha verimli olmasını sağlar. Aynı şekilde gerçek yiyeceklerde de denenmektedir. Klinoptilolit'e ait bazı bilgiler çizelge 4.1.'de verilmektedir.

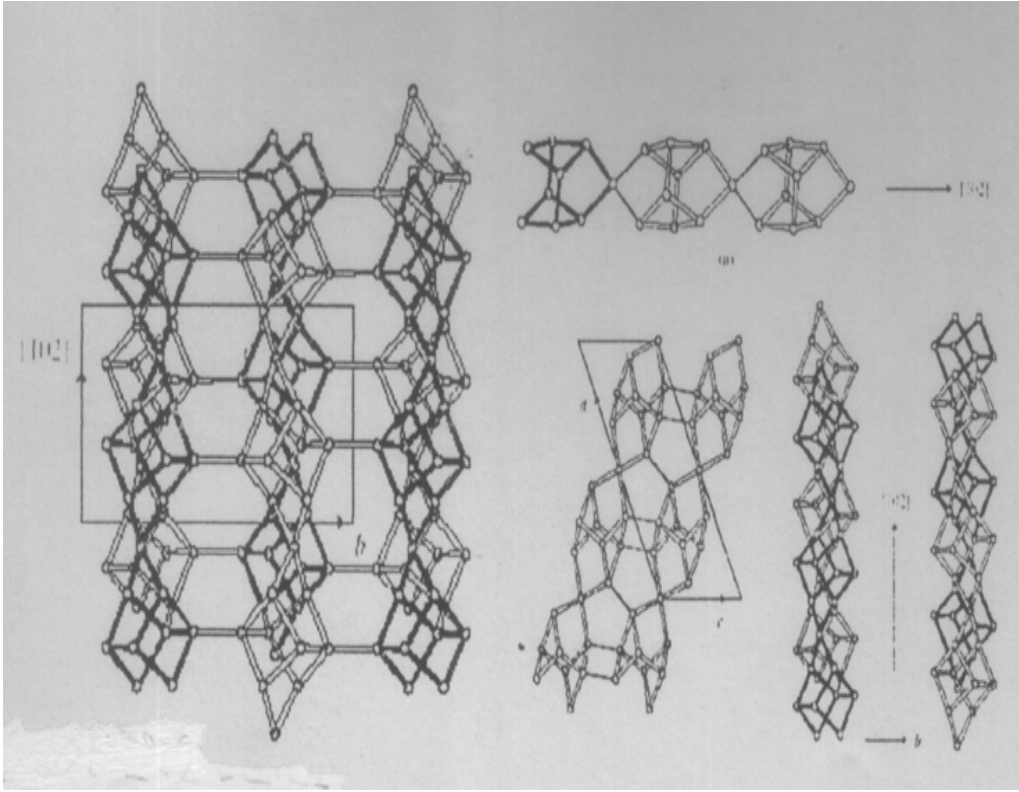
Çizelge 3.2 Klinoptilolit' e ait bazı bilgiler

Kimyası	$(Na,K,Ca)_2 - 3Al_3(Al,Si)_2Si_{13}O_{36} \cdot 12H_2O$ Hidrat, sodyum, potasyum, kalsiyum aluminosilikat
Sınıfı	Silikatlar
Alt Sınıfı	Tekno silikat
Grubu	Zeolit (Heulandite)
Renk	Renksiz, beyaz, pembe, sarı, kırmızımsı ve açık kahverengi
Parlaklığı	Camsı, inci gibi
Işık Geçirgenliği	Saydam, yarı saydam
Kristal Sistemi	Monoklinik 2 / m
Sertliği	3,5 – 4 (yüzeyde daha yumuşak)
Özgül Ağırlığı	2,2 (çok hafif)
Kullanım	Kimyasal filtre, moleküler elek, kimyasal adsorban, su arıtma
Mineraller	Kalsit, aragonit, tenardit, hektorit, kuvarst apofilit, opal, kil, pirit, halit, mordenit, heulandit, şabazit, analsim, erionit, terrerit, harmotome, daşıhardit, filipsit ve çeşitli borat mineralleri
Bulunduğu Yerler	, Washington, Kaliforniya, Avusturya, Kolombiya, Kanada, Almanya, İtalya, Japonya, Yeni Zelanda, Çin, Hindistan

Klinoptilolit, amonyak ve diğer toksik gazları sudan ve havadan kolaylıkla adsorblamaktadır. Bu nedenle sağlık nedenleri veya kokudan kurtulmak amacıyla filtre görevi görmektedir. Klinoptilolit, camsı maddelerin kristal malzemelere dönüşmesi (devitrification) şeklinde, volkanik cam ve tüllerden oluşmaktadır. Türleri volkanik küllerdir. Camsı yapılar, sıcakta tuzlu sularla reaksiyona girince devitrifikasyon oluşumu gerçekleşir. Klinoptilolit volkanik kayalar içinde de basalt, rilyolit ve andesit şeklinde oluşmaktadır. Derin denizlerde değişik bir şekli olan filipsit şeklinde, çökelti halinde borat mineralleri ile birlikte oluşmaktadır. Klinoptilolit'in latince anlamı eğik hafif taştır. Çünkü monoklinik yapıda eğik düzlemler halinde kristalleşmektedir.



Şekil 3.1 Klinoptilolit mineralinin kristal ağ örgüsü



Şekil 3.2 Klinoptilolit Minerallinin Şematik Görünümleri

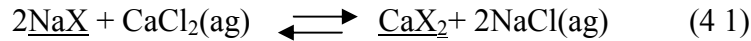
Klinoptilolit, heulandit ile çok yakın iki mineral türüdür ve birbirlerine karıştırılmaktadır. Farklılıkları, klinoptilolit potasyum miktarı bir miktar daha yüksek, silis miktarının ise çok fazla olmasıdır. Bazı mineraloglar bu ikisini aynı mineral olarak değerlendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu minerallere ait şematik görünüm Şekil 3.2 de verilmektedir.

Klinoptilolit yapısı heulandite çok benzemektedir ve tabakalı yapıdadır. Her ikisi de tektosilikat yapısındadır ve her oksijen ya silis veya iyonu ile çevrelenmiştir. $[Al+Si]/O=1/2$ dir. Tabakalı yapı gösterir.

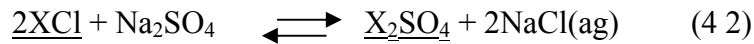
BÖLÜM 4. İYON DEĞİŞİMİ

4.1 İyon Değişimi Hakkında

İyon değiştiriciler, değişebilir katyon ve anyonları taşıyan, çözünür olmayan katı maddelerdir. İyon değiştirici, bir elektrolit çözelti ile temasta iken, bu iyonlar, aynı işaretli diğer iyonların stokiyometrik olarak eşdeğer miktarı ile yer değiştirebilir. Değişebilir katyonların taşıyıcıları katyon değiştiriciler, değişebilir anyonların taşıyıcıları anyon değiştiriciler adını alır. Bazı maddelerde hem anyon, hem katyon değişimine sahip olup anfaterik iyon değiştiriciler adını alır.



olup tipik bir anyon değişimi ise;



şeklinde. Burada X iyon değiştiricinin yapısal birimini temsil etmektedir. Katı fazlar altı çizilerek belirtilmiştir.

Örneğin: Eş (4.1), iyon değişimi ile suyun sertliğinin giderilmesi işlemini ifade etmektedir. CaCl_2 çözeltisi (sert su) değişebilir. Na^+ iyonlarını içeren NaX katı iyon değiştirici ile işleme tabi tutuluyor. İyon değiştirici, çözeltiden Ca^{+2} iyonlarının yer değiştirilmesini sağlar. Değişebilir Na^+ iyonları içeren iyon değiştiricinin Na^+ formunda olduğu söylenir. Eş (4.1)' deki işlemde başlangıçta Na^+ formundaki katyon değiştirici Ca^{+2} formuna tam dönüşüm, kalsiyum tuzu çözeltisinin yeterli miktarıyla iyon değiştiricinin işleme girmesiyle gerçekleşebilir.

İyon değişimi, birkaç istisnai durum dışında, tersinir bir işlemdir. Suyun sertliğinin giderilmesinde, örneğin, bütün Na^+ iyonlarını kaybetmiş bir katyon değiştirici NaCl gibi bir sodyum tuzu çözeltisiyle rejenere edilebilir. Rejenarasyonda Eş (4.1) deki işlem tersine çalışır ve iyon değiştirici Na^+ formuna yeniden dönüşür.

İyon değişimi, sorpsiyonu kapsar. Her iki durumda da çözünen iyonlar katı tarafından tutulur. İyon değişimi ve sorpsiyon arasındaki temel fark şudur: Sorpsiyonun tersine, İyon değişimi stokiyometrik işlemdir

Çözeltiden uzaklaşan her iyon, aynı işaretli diğer iyonik türlerin eşdeğer miktarıyla yer değiştirir. Sorpsiyonda ise, elektrolit veya elektrolit olmayan çözünen, diğer iyon türleriyle yer değiştirmeksizin tutulur. Bu fark oldukça açık olmasına karşın, pratikte bunu uygulamak oldukça zordur. Çünkü hemen hemen her iyon değişim işlemine, elektrolit sorpsiyon veya desorpsiyonu eşlik eder. Bundan dolayı aktif karbon gibi sorplayıcılar iyon değiştirici olarak davranabilirler.

İyon değiştiriciler, kimyasal bağlarla veya örgü enerjisiyle bir araya getirilmiş çatıya sahiptir. Bu çatı, karşıt iyon adı verilen zıt işaretli iyonlarla dengelenen pozitif veya negatif elektriksel yük fazlalığını taşır. Karşıt iyonlar çatıda serbestçe hareket ederler ve aynı işaretli diğer iyonlarla yer değiştirebilirler. Katyon değiştiricinin çatısına, makromoleküler kristal yapıları polianyon olarak bakılabilir. Bir anyon değiştirici çatısı ise polikasyon şeklindedir.

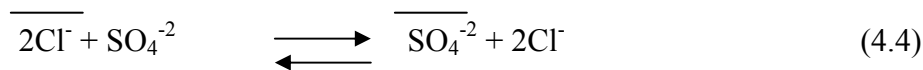
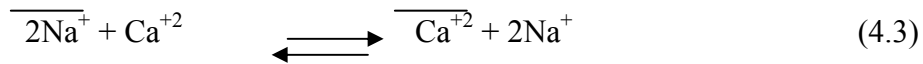
İyon değiştirici, gözeneklerinde karşıt iyonların yüzdüğü bir sünger görüntüsü sergiler. Sünger bir çözeltiliye batırıldığında, karşıt iyonlar gözenekleri terk edebilirler. Bu işlemde elektriksel nötrlüğün korunması gerekir. Süngerin elektriksel yük fazlalığı, her an, gözeneklerdeki karşıt iyonların stokiyometrik olarak eşdeğer sayısı ile dengelenmelidir. Böylece, anlık olarak, diğer bir karşıt iyon girdiğinde ve çatıdaki yükün dengelenmesi koşuluyla, karşıt iyon süngeri terk edebilir.

İyon değişim kapasitesi adı verilen bir iyon değiştiricinin karşıt iyon içeriği, çatı yükünün büyüklüğü ile verilen ve karşıt iyonun doğasına bağlı olmayan bir sabittir.

A bir karşıt iyon olmak üzere, A formundaki bir iyon değiştirici BY elektrolitinin çözeltilisine temas ettirilirse A karşıt iyon değiştiriciden çözeltiliye, B karşıt iyonları ise çözeltiliden değiştiriciye göç ederler. Yani, karşıt iyon değiş tokuşu gerçekleşir. Belli bir süre sonra iyon değişim dengesi kurulur. Artık hem iyon değiştirici hem çözeltili, hem A hem de B karşıt iyon türlerini içerirler. Fakat karşıt iyonun konsantrasyonunun, her iki fazda da aynı olması gerekmez.

İlke olarak iyon değiştirici çözeltiliyle temasta olduğunda, gözenekler yalnızca karşıt iyonlar tarafından değil, çözücü ve çözünen tarafından da işgal edilir. Giren çözücünün artışı iyon değiştiricisinin şişmesine yol açar. Giren çözünenin artışı sorbsiyon adı verilen bir olguya neden olur. Yani gözenekler sıvısı ve değiştiricinin dışındaki çözeltili şeklindeki iki sıvı faz arasında çözünenin dağılımı değişir.

Elektrolitin sorbsiyonu, iyon değiştiricinin karşıt iyon içeriğini artırır. Çatıdaki yükü dengeleyen yüklere ilaveten sorplanan karşıt iyonlar, eş-iyonların eşdeğer miktarı ile bir arada bulunurlar. Eş-iyon terimi, değiştirici çatısıyla aynı yük işaretli bütün hareketli iyonik türler anlamına gelmektedir. Bu nedenle, bir iyon değiştiricisinin karşıt iyon içeriği yalnızca, çatıdaki yükün büyüklüğüne değil, eş-iyon içeriğine de bağlıdır. İyon değişimi stokiyometrik bir işlemdir ve kapasitesi karşıt iyonun doğasına bağlı değildir. Her iki sorunun fiziksel nedeni elektriksel nötrlük koşuludur. Burada tanımlanan iyon değişim modeli, iyon değişiminin aslında gözenek sıvısı ve dışarıdaki çözeltili arasındaki karşıt iyonların istatistiksel yeniden dağılımı olduğunu göstermektedir. Yani ne çatı ne de eş iyonların yer almadığı bir işlem olarak iyon değişimini tanımlayabiliriz.



üstü çizili nitelikler iyon değiştirici içindekilerdir.

İyon değişimi bir difüzyon işlemidir. Difüzyon hızı, karşıt iyonların mobilitesine bağlıdır. Elektriksel kuvvetler, iyonların akışını etkiler ve akışta sapmalar olur.

İyon değişim dengesinde, iyon değiştirici ve çözeltildeki karşıt iyon türlerinin konsantrasyon oranları aynı değildir. Kural olarak, iyon değiştirici bir türü diğerine tercih eder. Karşıt iyonların yeniden dağılımının tamamen istatistiksel olmayışı bundan kaynaklanır. Bir iyon türünün tercih edilmesinin çeşitli nedenleri olabilir.

1- Yüklü çatı ve karşıt iyonlar arasındaki elektrostatik etkileşmeler, karşıt iyonun boyutuna ve özellikle değerliğine bağlıdır.

2- Elektrostatik kuvvetlere ilaveten iyonlar ve çevresi arasındaki diğer etkileşmelerde etkilidir.

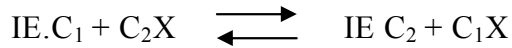
3- Büyük karşıt iyonlar, iyon değiştiricinin dar gözeneklerine giremezler.

4.2. İyon Değişim İşlemleri

İyon değişiminde yararlanılan başlıca işlemler;

- 1) Batch işlemi,
- 2) Kolon işlemi şeklindedir

4.2.1 Batch Yöntemi



C₁ karşıt iyonlu formdan, C₂ karşıt iyonlu forma bir iyon değişiminde, iyon değiştiricinin karşıt iyonları ve elektrolitin eşit yüklü iyonları arasındaki değişim dengesi kuruluncaya kadar, iyon değiştirici, istenen türde bir kapta, elektrolit çözeltiliyle temas ettirilir. Denge kurulduktan sonra iyon değiştirici filtre edilir. Değiştirici tarafından elektrolit çözeltilisinden normalden çok sayıda iyon değiştirilirse, taze iyon değiştirici ilavesi yapılmalı ve denge oluşumunu izleyen filtrasyon gerçekleştirilmelidir.

4.2.2 Kolon İşlemi

Kolon işlemi, sık kullanılan bir laboratuvar tekniğidir. İyon değiştirici bir cam kolona paketlenir ve bütün işlemler bu yatakta meydana gelir.

BY elektrolitinden B iyonunun iyon değiştiricideki A iyonuyla yer değiştirdiğini kabul edelim. İlke olarak B ile A'nın yer değişimi A formundaki iyon değiştirici ile çözeltinin birbiriyle temas ettiği Batch işleminde de uygulanabilir. Bununla beraber B, çözülden tamamen uzaklaştırılmadan önce, iyon değişim dengesine ulaşır. B'nin tamamen uzaklaştırılması ya oldukça uzun bir iyon değiştirici kolonu bulunması ya da çözeltinin kolondan tekrar tekrar geçirilerek, değiştiricinin tamamen A formundaki parçacıklarından oluşan katmanlarıyla temas etmesi halinde mümkündür. Kolonda çözeltinin bir seri batch dengelerinden geçtiği söylenebilir. Böylece B iyonlarının hepsi, çözelti kolonu terk etmeden önce yer değiştirir.

Çözelti kolona ilk kez gönderildiğinde, yatağın tepesindeki dar bir bölgede B iyonlarının tümü A'lar la yer değiştirecektir. Şimdi AY elektrolitini içeren çözelti, kolonun alt kısmından değişim yapmaksızın geçecektir. Kolondan çözelti geçişi sürerken, yatağın üst tabakaları, yeni BY çözeltisiyle karşılaşacak, belki de tamamen B formuna dönüşecek ve böylece B iyonu içermeyen çözelti dışarı atılacaktır. İyon değişiminin meydana geldiği bölge, böylece aşağı doğru genişleyecektir. Sonunda bu bölge kolonun tabanına ulaşacaktır. Bu ise B'nin kolondaki değiştiriciden *sızıp geçmesi* (breakthrough) demektir. Bunu izleyen durumda, kolondan çıkan çözülide, B iyonları görülmeye başlayacaktır.

Değişim işlemi geçmeden önce veya sızıp geçme anında, kesilecektir ve kolon AY çözeltisiyle rejenere olacaktır. Sızıp geçmenin ötesinde süren işlem, kolondaki B ile A 'nın yer değiştirmesine neden olacaktır. Daha sonra, herhangi bir değişim yapmaksızın kolondan geçen B Y çözeltisiyle bütün yatak, dengede olacaktır .

Sızıp geçmede (breakthrough) dip tabakaları B formuna henüz tamamen dönüşmemiştir. Sızıp geçme (breakthrough) kapasitesi (yani, sızıp geçmeden önce tutulan B iyonlarının miktarı) böylece, kolondaki tüm değişim kapasitesinden küçük olacaktır.

Tüm değişim kapasitesi, iyon değiştiricinin hacimsel kapasitesi ve yatağın boyutuyla verilir. Bunun tersine, sızıp geçme kapasitesi, işlemin doğasına ve

koşullarına bağlıdır ve bunlar belli değilse bir anlam taşımaz.

Giren çözeltideki B karşıt iyonu, iyon değiştirici tarafından tercih edildiğinde iyon değişim dengesi olasıdır, yataktaki A iyonu tercih edilirse, denge olası değildir. Birkaç kez tekrarlanan batch dengelerinde, B kuvvetle tercih edilirse B iyonunun çözeltiyi terk etmesi gerekir.

Kolondan yararlanma derecesinin yüksek olması için:

- 1) Giren çözeltideki karşıt iyon değiştiricinin göstereceği tercihin yüksek olması,
- 2) Parçacık boyutunun küçük ve düzgün olması,
- 3) Hacimsel değişim kapasitesinin yüksek olması,
- 4) Çapraz bağlanma derecesinin düşük olması,
- 5) Sıcaklığın yükseltilmesi,
- 6) Çözelti akış hızının düşük olması,
- 7) Giren çözeltideki karşıt iyon konsantrasyonunun düşük olması, daha hızlı iyon değişimi sağlayabilir.
- 8) Kolon uzunluğunun fazla olması gerekir.

4.3 İyon Değişim Kapasitesi

Bir iyon değiştiricinin kaç karşıt iyon tutabileceğinin nicel bir tanımına olanak sağladığı için bir iyon değiştiricinin en önemli özelliği iyon değişim kapasitesidir. Toplam kapasite, iyon değiştiricinin toplam karşıt iyon sayısından elde edilir. Etkin kapasite ise seçilen koşullarda iyon değişim kolonunda yararlanılabilen kapasitedir. Kapasite değeri verildiğinde, birimler ve koşulların mutlaka belirtilmesi gerekmektedir.

Zeolitlerde toplam katyon değişim kapasitesini (KDK) tayin etmek için uygun bir yöntem şöyledir;

4.3.1 Toplam Katyon Değişim Kapasitesinin Tayini

- i) Parçacık boyutu 12 mesh'den küçük olan ve ağırlığı bilinen zeolit parçaları kolona yerleştirilir.

- ii) Zeoliti Na formuna dönüştürmek için 2N NaCl çözeltisi kolondan geçirilir,
- iii) Kolondaki artık NaCl çözeltisini atmak için, zeolit distile suyla yıkanır.
- iv) Kolonda bulunan Na formundaki zeolitten, potasyum gibi başka bir iyon içeren örneğin 1N KCl çözeltisi geçirilir. Böylece zeolit K formuna dönüştürülür.
- v) Zeolitten geçirilen KCl çözeltisi bir kaptan toplanarak, iyon değişimi yoluyla çözeltiye geçen, Na konsantrasyonu (C, mili eşdeğer gram/litre) tayin edilir.

KCl çözeltisinin hacmi (V_{KCl} , litre) ve kolondaki zeolitin ağırlığı (Z gram) bilirse, toplam KDK;

$$\text{Toplam KDK} = \frac{V_{KCl}}{Z} \quad (\text{meg/g}) \quad (4.6)$$

olarak bulunur.

4.3.2. Etkin Katyon Değişim Kapasitesinin Tayini

Toplam KDK, belirli bir uygulamada iyon değiştiricinin ne kadar yararlı olduğu hakkında fikir vermez. Örneğin doğal zeolitin tarımsal uygulamasında zeolit, çözeltiyle asla dengeye ulaşmayabilir. Toplam KDK'den, belirli bir iyonu yapıya almak veya yapıdan uzaklaştırmak konusunda yararlananlarız. Yapısında değiştirilebilir konumlarda Na^+ , K^+ ve Ca^{2+} iyonları bulunan zeolitin temasta olduğu çözeltide NH_4^+ gibi katyonlar bulunabilir. Bu iyonlar da değişim işlemine katılarak, değiştirilebilir konumlarının bir kısmını işgal edeceklerdir. Öyleyse, NH_4^+ e ait etkin KDK, toplam KDK'nın bir kesri olacaktır. Bu nedenle etkin KDK'nın tayin edilmesi gerekir. Zeolitlerde etkin KDK'yı tayin etmek için uygun bir işlem şöyledir;

- i) Çözeltiden zeolite geçen iyona ait, kolona giren ve çıkan çözeltilerdeki konsantrasyonlar eşit oluncaya kadar, belirli bir akış hızıyla çözelti, zeolitten geçirilir.

ü) Kolondan geçen çözeltinin toplam hacmi (V , litre) ve çıkan çözeltideki, ilgilenilen konsantrasyonu (C , meg/1) ölçülür. Kolona giren çözeltideki iyonların ilk konsantrasyonu (C_0 , meg/1) bilirse, bu iyonun ait zeolitin etkin KDK değeri;

$$\text{Etkin KDK} = \frac{V(C_0 - C)}{Z} \quad (\text{meg} / \text{g}) \quad (4.7)$$

şeklinde bulunur. Burada Z , zeolitin gr cinsinden ağırlığıdır.

4.4 İyon Değiştirici Olarak Zeolitler

Zeolitler, alkali ve toprak alkali metal katyonu içeren kristal yapılı olan sulu alüminosilikat minerallerdir. Yunanca zeo-litos (kaynayan taş) anlamına gelir. Gerçekten de yüksek sıcaklıklarda ısıtıldıklarında bu olay gözlenebilir. Zeolitlerin ayırıcı özellikleri, iyon değişimi, yapısındaki suyu tersinir olarak kaybetme ve kazanabilmesi, moleküller eleme olarak sıralanabilir. Zeolit yapıda, metal katyonları ve su molekülleriyle dolu, birbiriyle kanallarla bağlanmış boşluklar bulunur.

Zeolit'in kristalin yapısı, köşelerindeki oksijen atomları iki dörtyüzlü tarafından paylaşılan $[\text{SiO}_4]^{-4}$ ve $[\text{AlO}_4]^{-5}$ dörtyüzlülerin üç boyutlu dizilmeleriyle oluşur.

Bütün dörtyüzlüler silisyum atomu içerseydi, kristal örgü nötr olurdu. Silisyum yerini alüminyumun alması bir yük dengesizliğine neden olur ve yapıdaki büyük boşluklarda başka metal katyonlarının bulunmasını gerektirir. Doğal zeolitlerde bu metal iyonları Na^+ , K^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} gibi katyonlardır.

Yapıdaki boşluklar 2-8 Å arasında değişir. Bu durum katyonların boşluklar arasında kolayca hareket edebilmesini sağlar.

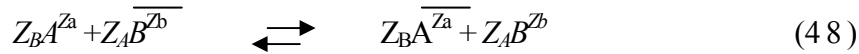
İyonların ve suyun kristal örgüde kolay hareket etmesi, tersinir su kaybına ve iyon değişimine neden olur. Bu özellikler, kimyasal ve yapısal farklılıklara bağlı olarak değişir.

Suyun yapıya bağlı olduğu zeolitlerde, su kaybı yüksek sıcaklıklarda gerçekleşirken, büyük boşluklu bazı zeolitlerde yüzeye tutunan su, düşük sıcaklıklarda zeoliti terk eder. İyon değişimin hızı ise, boşluk büyüklüğüne ve aralarındaki kanal bağlantısına bağlıdır. Bu nedenle bazı iyonlar yapıya giremezler.

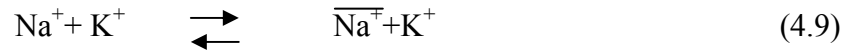
Zeolit 350-400°C 'de birkaç saat ısıtılırsa, su gözenekleri terk ettiğinde, kanallardan geçebilecek çaptaki moleküller, susuzlaşmış kanal ve gözenek yüzeylerinde tutunur. Kanalları geçemeyecek büyüklükte çapa sahip moleküller ise zeolite giremezler. Bu olaya zeolitlerin moleküller eleme özelliği denir .

4.4.1 İyon değişim dengesi

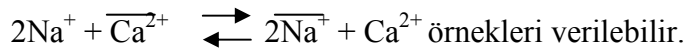
Başlangıçta A^{Z_A} katyonu ile zeolitdeki B^{Z_B} katyonu arasındaki iyon değişimi ;



şeklinde yazılabilir. Burada Z_A ve z_b iyonların değerlikleri olup, üstü çizgili olanlar ise zeolit kristalindeki katyonları temsil etmektedir. Tek-tek değerlikli iyonlar arası değişime



tek-çift değerlikli iyonlar arası değişime ise



4.4.2 Seçicilik ve İyon Eleme

Seçicilik serileri, çeşitli zeolitlerde, alkali ve toprak alkali metallerine ait iyonlarının çeşitli dizilişleri şeklindedir. Örneğin zeolit X'e ait seçicilik serisi;



şeklinde iken zeolit Y de ise ;



şeklindedir. Sentetik zeolitler olan X ve Y, özdeş anyon çatılarına sahip iken, çatıdaki yükler bakımından farklılık gösterirler. Aluminosilikat çatıdaki silisyumun yerine izomorf olarak alüminyumun geçmesiyle, Y' deki Si/Al oranı X den daha düşük değerde olduğu için çatıdaki yükler farklıdır.

Bu iki serinin farklı oluşundan çıkartılabilecek üç sonuç vardır.

1. Yüksek anyon çatı yüküne (Si/ Al oran 1-1,5) sahip zeolit X, azalan büyüklük sırasına göre tek değerlikli alkali metal iyonlarını tercih etmektedir.
2. Düşük anyon çatı yüküne (Si/ Al oranı 3) sahip zeolit Y, artan büyüklük sırasına göre alkali metal iyonlarını tercih etmektedir.
3. Li^+ iyonu bu iki sonuca uymayan bir durum sergilemektedir.

Buna benzer analizler iki değerlikli toprak alkali metaller için yapıldığında, aynı sonuçlar görülmez. Farklılık iki temel nedenden kaynaklanmaktadır;

- a) İki değerlikli iyonlar daha yüksek hidrasyon enerjisine sahiptir. Böylece hidratlanmış iyon büyüklüğü önem kazanır. Li^+ da buna benzer durum söz konusudur.
- b) Değişim derecesi, katyonun türüne bağlı olarak değişir .

4.5 Zeolitler de İyon Değişiminin Uygulamaları

Zeolitlerdeki iyon değişimi, çoğu kez kataliz ve moleküller elemeye kullanım alanı bulmasına karşın, son yıllarda bunların dışında da uygulamalara rastlanmaktadır.

İyon değiştirici olarak, zeolitlerin kullanılmasındaki başlıca elverişsizlik, kolon işlemlerine uygun olmayan görünümüdür. Sentetik zeolitler normal olarak, 0,1-10 jım aralıktaki parçacık boyutlarında kristalleşir. Bu büyüklükteki parçacıklardan oluşan yataktan bir sıvının geçişi oldukça zordur.

Sentetik zeolitler, genellikle, bu parçacıkların ya kendi kendine, ya bir jel ya da bağlayıcı kil kullanılarak bağlanmasıyla oluşan makroparçacıklar şeklinde pazarlanmalarına karşın, bu büyük parçacıklar, sıvı kolon kullanımında aşınma direnci göstermezler. Buna karşın doğal zeolitlerde böyle bir elverişsizlik yoktur.

Bu nedenle, özellikle klinopollit, büyük boyutlu kolonlarda giderek artan şekilde kullanılmaktadır. İyon değiştirici olarak zeolitler büyük ölçüde kullanılmasını engelleyen diğer bir neden, düşük pH'da kararlı yapıda olmayışlarıdır. Si/Al oranları 1-2 aralığındaki zeolitler, kapasite kaybına yol açacak şekilde asitli ortamlarda çatılarında alüminyumunu kaybederler ve böylece çatıları çöker. Bu zeolitlerdeki aside karşı direnç sınırı pH 3-4 civarındadır. Si/Al oranı arttıkça bu sınır daha da yükselir.

Bunların yanında zeolitler, iyi bir ısı kararlılık ve/veya radyasyon kararlılığı sergilerler. Reçinelere göre zeolitlerin daha ucuz oluşu, zeolitlerin giderek artan uygulama alanları bulmasına yol açmaktadır.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Doğal Klinoptilolitin İyon Değiştirilmiş Formlarının Hazırlanması

Gördes Yöresi Klinoptilolitin NH_4^+ katyon formu 0,5 normalitede hazırlanmıştır. Bu normalitedeki çözeltiye ait madde miktarı

$$m = NeV/1000 \quad (5.1)$$

formülüyle hesaplanmıştır. Burada m; gram cinsinden çözünen madde miktarı, N;çözeltinin normalitesi, V; cm^3 cinsinden çözeltinin hacmi ve e;çözünen maddenin eşdeğer gramıdır.

Bir tuz için eş değer gramı ise, tuzun molekül ağırlığının toplam katyon değerliğine bölümü olarak tanımlanır(Sarıkaya, 1979).

Kullanılan kimyasal maddeler ise NH_4^+ 'ün nitrat formlarıdır. Klinoptilolitin 0,5N'lik NH_4^+ formları, ısıtmasız yığın yöntemiyle hazırlanmış olup, bu yöntemde NH_4^+ formu için $\text{NH}_4^+ \text{NO}_3^-$ tuzu kullanılarak 50ml'lik saf su ile 0,5N'lik çözelti hazırlanmış, her bir çözeltinin içine 20'şer gramlık Gördes klinoptiloliti konulmuştur.

Klinoptilolitin çözeltide tutulma süresi 72 saat olup belirli aralıklarla karıştırılmaları sağlanmıştır. Bu süre sonunda çözelti süzülerek numunenin yaklaşık olarak kaynama sıcaklığındaki saf su ile 8 defa yıkanmaları sağlamıştır. Yıkanmış numuneler 110°C 'de 16 saat kurutulmaya bırakılmıştır (Sarıkaya,1979; İnel, Yörükoğulları, Orhun ve Albayrak, 1991).

5.2. Ekim Ortamının Hazırlanması

5.2.1 Sera Toprağının Özellikleri

Çalışmada kullanılan sera Eskişehir İli Sivrihisar İlçesi Yukarı Kepen Köyü'nde İlçe Tarım Müdürlüğü ' ne ait bir seradır. Sera toprağı tipik İç Anadolu Bölgesi toprağı özelliklerine sahiptir. Erozyonlardan aşınmış, açık arazide bir sene ekilip bir sene nadasa bırakılan verimsiz toprak özelliği göstermektedir. Ayrıca tarımda 3. sınıf toprak sınıfına girmektedir. Gübrelendiği takdirde ise 2. sınıf toprak sınıfına girebilmektedir (Ulutürk, E., 2005 sözlü görüşme).

5.2.2 Sera Toprağının Hazırlanması

Genel anlamda sebze yetiştirilecek toprağın hafif karakterde olması arzu edilir. Tınlı, kumlu - tınlı ve milli - tınlı karakterde ama; mutlaka su yönünden geçirgen ve havalanması yeterli topraklar sebzeçiliğe uygundur.

Deneyde kullanılan seranın toprağı, su yönünden geçirgen olmasına rağmen üst üste her yıl ekilmiş ve havalandırılması şu ana kadar yeterince yapılamamış bir toprak yapısına sahiptir. Seradan daha yüksek verim alınabilmesi için toprak havalandırılması gereklidir. İlk kurulduğu yıllarda fidelerden yüksek verim alınabilmekteydi. Ancak o zamanlarda 200 cm boya kadar çıkabilen fideler şimdilerde ancak 130 – 150 cm arasında boy uzunluğuna ulaşabilmektedir (ÇAKIR, N, 2005 sözlü görüşme).

Bu yüzden sera toprağından en yüksek verimi alabilmek için şu hazırlıklar yapıldı.

- a) Sera, daha önceki ürünün artıklarından temizlendi.
- b) Toprak derince işlendi.
- c) Bir önceki dönemde topraktan kaynaklanan hastalık veya benzer problemlerden dolayı toprak solarizasyonu ve ilaçlama yapıldı.

5.2.3 Seranın Dikime Hazırlanması ve Dikim İşlemi

Dikime başlanmadan önce toprağın havalandırılması bir kez daha yapıldı. Serada önceden var olan yürüme yollarına uyuldu.

Çalışma, Eskişehir ili Sivrihisar ilçesine bağlı Yukarı Kepen Köyünde Tarım İlçe Müdürlüğüne ait serada gerçekleştirildi.

Çalışmada klinoptilolit olarak Manisa – Gördes bölgesine ait NMF 9600 (Agrokline) klinoptiloliti kullanıldı. Amonyumla iyon değiştirme işlemleri 0,5 N amonyum ile Osmangazi Üniversitesi Fizik Bölümü Araştırma Laboratuvarında yapıldı.

Çalışmada Kullanılan Klinoptilolitin fiziksel özellikleri şunlardır;

Renk	: Taneli haldeyken beyaz, bej ve badem yeşili
Özgül ağırlık	: 2,1 g / cm ³
Yığın yoğunluğu	: 0,7 - 1,0 g / cm ³
Su tutma kapasitesi	: 25 – 30 %
Su adsorbsiyon kapasitesi	: 135 %
Görünür porozite ortamları	: 35 %
NH ₄ değişim kapasitesi	: 1,6 – 1,8 meq / g
Termal duyarlılığı	: Yüksek , 700 ° C
Tane iriliğı	: 1 – 4 mm veya tercih edilen boyutlarda

(www.enlimining.net 10.05.2005)

17.05.2005 Tarihinde Serada şekil 5.1' de görüldüğü gibi ekim işlemleri yapıldı. Başlangıçta 4 fide sade toprak, 4 fide normal hayvan gübrelili, 9 fide %50 amonyumlu klinoptilolit katkılı, 8 fide %25 amonyumlu klinoptilolit katkılı, 4 fide iyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkılı olmak üzere 29 fide hibrit türü sırık domates seraya ekildi. Kullanılan sırık domates fideleri Seyitgazi Sakarya dan getirildi. Ancak toprak ilaçlanmasına rağmen zararlılar yüzünden ve çürüme nedeniyle fideler domates vermeye başlayana kadar ki süreçte 9 fide kurudu. Bu fideler çizelge 5.1 de (*) işareti ile gösterilmiştir. Fidelere çeşitli formlardaki klinoptilolit katkısı fideler viyolde iken köküne karıştırılarak yapılmıştır.

İlk sulama 17.05.2005 tarihinde seradaki tüm ürünlerle beraber gerçekleştirildi. Klinoptilolit suya olan ilgisinden kaynaklanan kontrollü sulamaya ilk sulama da uyulmadı. Çeşitli formlardaki klinoptilolit katkılı fidelerin ilk sulamada ayrı sulanmamasının sebebi, bu sulamanın, can suyu olarak bilinen yani fidelerin toprağı tutması için gereken sulama olmasıdır.

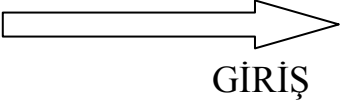
Deneysel çalışmada domates tercih edilmesinin başlıca sebebi domatesin amonyumu besin maddesi olarak sevmesidir.

Dikim işleminde sera ortamında gözlemlerin daha kolay yapılabilmesi için dikim bölgeleri şu şekilde adlandırılmıştır.

1. Kontrol Bölgesi: Sade toprağı ekilen fideler
2. Kontrol Bölgesi: Gübrelili Toprağı ekilen fideler
3. Kontrol Bölgesi: Viyol toprağında % 50 Amonyumlu klinop. + % 50 toprak bulunan fideler
4. Kontrol Bölgesi : Viyol toprağında % 25 Amonyumlu klinop. + % 75 toprak bulunan fideler
5. Kontrol Bölgesi: Viyol toprağında İyon değiştirilmemiş klinop. + toprak bulunan fideler.

Fide dikiminde iki sıra arasındaki boşluk 60 cm iki fide arasında 40 cm tutuldu. Fideler 2/3 ü toprağı girecek şekilde toprağı dikildi.

Çizelge 5.1 Sera Ortamında Fidelilerin Dikim Şeması

<p>PENCERE</p> <p>1. FİDE 2. FİDE 3.FİDE 4. FİDE</p> <p>SADE TOPRAĞA EKİLENLER</p>	<p>PENCERE</p> <p>1.FİDE 2.FİDE 3. FİDE 4.FİDE</p> <p>GÜBRELİ TOPRAĞA EKİLENLER</p>
<p>1. FİDE 2. FİDE 3. FİDE 4. FİDE</p> <p>% 50 AMONYUMLU KLİNOPTİLOLİT KATKILI</p> <p>5.FİDE* 6.FİDE* 7.FİDE* 8. FİDE 9.FİDE</p>	<p>1.FİDE 2.FİDE 3.FİDE 4.FİDE</p> <p>%25 AMONYUMLU KLİNOPTİLOLİT KATKILI</p> <p>5. FİDE * 6.FİDE* 7.FİDE 8.FİDE*</p>
 <p>GİRİŞ</p>	<p>1. FİDE * 2.FİDE 3.FİDE 4.FİDE</p> <p>İYON DEĞİŞTİRİLMEMİŞ KLİNOPTİLOLİT KATKILI</p>

5.2.4 Fide Bakım İşlemleri

Çapalama

Domates yetiştiriminde çapalama işlemi önemlidir. Özellikle yabancı otlardan arındırma toprağı havalandırma açısından domates verimine etkisi fazladır. Çapalama işlemi yüzeysel veya çok derin olmamalıdır(www.bahce.biz.com10.05.2005) Yetiştirme sürecinde 3 defa çapalama işlemi gerçekleştirildi. Birincisi dikimi işlemi ile beraber, ikincisi fideler ilk çiçeklerini açmaya başladığı tarih olan 07.06.2005' te (dikimden 21gün sonra) , üçüncüsü ise 07.08.2005 tarihinde otlama fazla olması sebebi ile yapılmıştır.

İpe Alma

Sera ortamında denediğimiz domates sırtık domates olduğundan bitki belli boylara gelip ki bu 20-30 cm civarında muhakkak ipe alınmalıydı. Bitki yükü ana dala ya da gövdeye bineceğinden ipe alma işlemi zamanında yapıldı.

Budama

Domateste özel bir budama şekli yoktur. Bu yüzden ana gövde ve yan dallardaki yaşlı, sararmış ve hastalıklı yapraklar sürekli alındı. Hasadı yapılmış dalların uç kısımları bir makasla kesilip alındı böylece yeni sürgünlerin oluşması teşvik edilmiş oldu.

Sulama

Sera ve tarlaya yapılan dikim işleminden sonra hemen bir can suyu verildi. Can suyundan 4 gün sonra bir sulama daha yapıldı. Daha sonra şu sulama planına uyuldu;

Mayıs ayında 3 günde 1 su

Haziran ayında 2 günde 1 su

Temmuz ayında 6 günde 4 su

Ağustos ayında 7 günde 4 su

Eylül ve Ekim ayında haftada 1 su. (<http://www.bahce.biz.com> .10.05.2005)

Domates suyu seven ve sık sulama gerektiren bir bitki ise de döl tutumuna kadar dikkatli olunmalıydı. Gövde de beliren mor renge kadar sulamayı biraz geciktirdik. Daha sonra sulama planına uyuldu. Ayrıca klinoptilolitin suya olan ilgisinden dolayı klinoptilolitli bölgelerde sulama kontrollü gerçekleşti. Bu bölgelere her bir sulamada 38 litre su verildi. Diğer bölgelere ise seradaki diğer bitkilerle beraber salma sulama ile su verildi.

5.3 Boy ve Sayı Kontrolleri

Tarımda çiftçilerin önemsedikleri bitkilerin boyları ve verecekleri ürün sayıları, bu bölümde çizelgelerle ve grafiklerle gösterilmiştir. Çizelge 5.2' de sera ortamında bitkilerin verdikleri domates sayıları belli zamanlarda sayıldı ve çizelgeye kaydedildi. Çizelge 5.3' de ise bitkilerin boyları belli zamanlar için verildi.

Kontrol fideler için gelişim farkının daha iyi görülebilmesi için Şekil 5.1' de bitki boyları grafiği ve Şekil 5.2' de domates sayıları grafikleri verilmiştir

Çizelge 5.2 Belli zamanlarda domates sayıları

BÖLGE	FİDE	14.07	20.07	07.08	16.08	08.09	15.10
		tane	tane	tane	tane	tane	tane
1. Kontrol Bölgesi	1.	3	7	9	15	İptal	İptal
	2.	2	2	5	7	İptal	İptal
	3.	4	4	7	9	12	19
	4.	1	6	10	19	27	32
2. Kontrol bölgesi	1.	1	4	10	13	21	33
	2.	1	3	10	18	İptal	iptal
	3.	4	6	10	13	18	29
	4.	1	2	7	9	15	27
3. Kontrol bölgesi	1.	3	4	15	22	30	38
	2.	6	9	15	18	29	36
	3.	3	4	10	14	20	29
	4.	2	4	9	15	İptal	İptal
4. Kontrol bölgesi	1.	2	5	10	18	20	27
	2.	2	8	11	14	16	19
	3.	18	21	22	22	İptal	İptal
	4.	7	7	15	18	23	25
5. Kontrol Bölgesi	1.	İptal	İptal	İptal	İptal	İptal	İptal
	2.	6	7	13	15	İptal	İptal
	3.	6	7	13	19	22	23
	4.	16	16	16	17	23	26

Çizelge 5.3 Belli zamanlarda bitki boyları

BÖLGE	FİDE	14.07	20.07	07.08	16.08	08.09	15.10
		cm	cm	cm	cm	cm	cm
1. Kontrol Bölgesi	1	47.0	52.0	55.0	55.0	İntal	İntal
	2	60.5	57.5	58.0	58.0	İntal	İntal
	3	52.3	62.5	64.0	66.5	69.0	74.5
	4	70.5	86	112.5	140.0	165.0	172.0
2. Kontrol bölgesi	1	78.0	90.0	115.0	133.0	162.0	188.0
	2	58.5	68.5	70.0	72.5	İntal	İntal
	3	58.0	68.5	71.0	73.0	75.0	75.0
	4	60.0	75.2	82.5	90.3	105.0	105.0
3. Kontrol bölgesi	1	92.5	115	135.5	150.0	179.0	195.0
	2	95.6	115	124.2	142.5	172.0	180.0
	3	92.0	105	133.0	145.5	150.0	162.0
	4	82.5	96.5	102.5	120.0	İntal	İntal
4. Kontrol bölgesi	1	82.0	90.0	109.5	118.3	130.0	145.0
	2	65.0	71.5	73.0	75.0	75	75.0
	3	65.0	73.0	78.5	78.5	İntal	İntal
	4	55.5	73.0	79.0	79.0	79.0	79.0
5. Kontrol Bölgesi	1	İntal	İntal	İntal	İntal	İntal	İntal
	2	60.5	64.5	66.0	66.5	İntal	İntal
	3	52.0	59.5	60.5	61.0	63.0	65.0
	4.	78,0	91,0	110,5	117,0	145.0	160.0

Dikim işleminden 63 gün sonra yani 20.07.2005 tarihinde ve 92 gün sonra yani 16.08.2005 tarihinde 152 gün sonra yani 15.10.2005 tarihinde kaydedilen verilere göre, kontrol bölgelerine ait ortalama boy ve ortalama ürün sayıları Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5 de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Dikimden 63 , 92 ve 152 gün sonra fidelerin boy ortalamaları

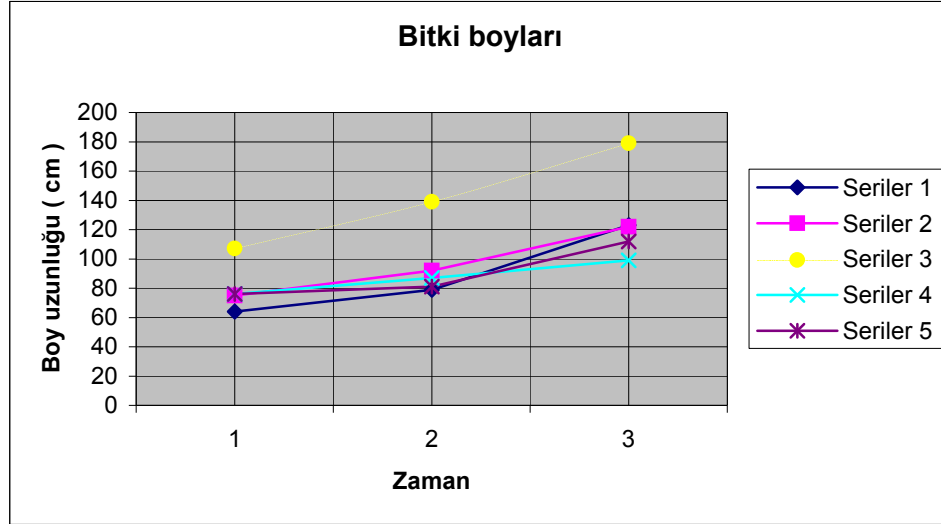
Kontrol Bölgesi	Ortalama boy (cm) (63. gün)	Ortalama boy (cm) (92.gün)	Ortalama boy (cm) (152.gün)
1.Kontrol Bölgesi	64.50	79.87	123.25
2.Kontrol Bölgesi	75.65	92.20	122.66
3.Kontrol Bölgesi	107.87	139.5	179.00
4.Kontrol Bölgesi	76.87	87.70	99.66
5.Kontrol Bölgesi	66.00	81.50	112.5

Çizelge 5.5 Dikimden 63, 92 ve 152 gün sonra ortalama ürün sayıları

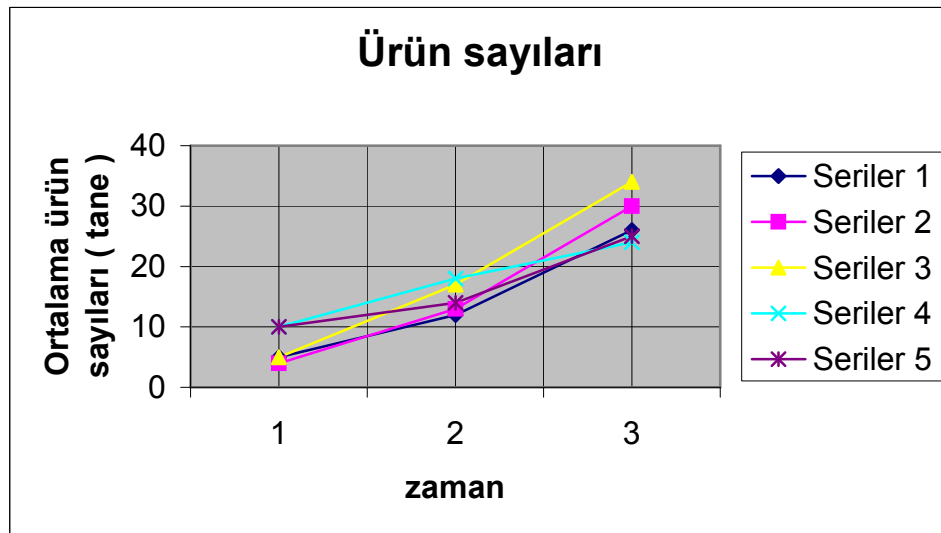
Kontrol Bölgesi	Ortalama ürün sayısı (tane) 63. gün	Ortalama ürün sayısı (tane) 92.gün	Ortalama ürün sayısı (tane) 152.gün
1.Kontrol Bölgesi	4.75	11.75	25.5
2.Kontrol Bölgesi	3.75	13.25	29.6
3.Kontrol Bölgesi	5.25	17.25	34.3
4.Kontrol Bölgesi	10.25	18.00	23.6
5.Kontrol Bölgesi	10.00	14.00	24.5

Bu tablolardan yararlanılarak Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 çizilebilir. Bu şekiller için seriler şöyle tanımlanabilir ;

1. seri : Sade toprağa ekilen fidelere ait
2. seri : Gübreli toprağa ekilen fidelere ait
3. seri : % 50 oranında 0,5 N amonyumlu klinoptilolit katkıli fidelere ait
4. seri : %25 oranında 0,5 N amonyumlu klinoptilolit katkıli fidelere ait
5. seri : İyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkıli fidelere ait



Şekil 5.1 Belli zaman dilimlerinde bitki boyları
(1. zaman dilimi 63 gün 2.zaman dilimi 93 gün ve 3. zaman dilimi 152. gün sonu)



Şekil 5.2 Belli zaman dilimlerinde ürün sayıları
(1. zaman dilimi 63 gün 2.zaman dilimi 93 gün ve 3. zaman dilimi 152. gün sonu)

Bu veriler kaydedilirken sera ortamının aylara göre ortalama sıcaklığı Çizelge 5.6' da , ortamın ortalama nemi de Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.6 Sera ortamının aylara göre ortalama sıcaklığı

Aylar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Sıcaklık (°C)	21,30	32,60	39,30	38,10	34,60

Çizelge 5.7 Sera ortamının aylara göre ortalama nemi

Aylar	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Nem	-	41	52	49	45

5.4 Ürün Kütelleri

Domates üretiminde her bir fideden alınan ürünlerin kütelleri de önemlidir. Sırk domateslerde 6-7 salkım istenilen domates sayılarını verebilmektedir. Ancak bu salkımlarda oluşan domateslerin kütelleri de istenilen miktarlarda olmalıdır. Sofralık domateslerde 6-9 domates yaklaşık 1 kg gelmelidir.

Deneyde kullanılan seranın ilk kurulduğu yılda 1 fideden yaklaşık 40-45 domates alındığı buna karşılık gelen kütlenin de 8 – 10 kg olduğunu, fakat son yıllarda yapılan üretimlerde bunun fide başına 20-30 domatese buna karşılık gelen kütlenin de 7 – 8 kg olduğu ziraat teknisyenlerinden öğrenildi. (ÇAKIR,N, 2005 sözlü görüşme)

Deneyimiz sonucunda kontrol fidelerinden alınan 15 er tane domatesin kütlesini veren tablo Çizelge 5.8 de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Bitkilerden 92 gün sonra ve 152 gün sonra alınan 15'er domatesin kütleleri ve bir domates başına düşen kütle

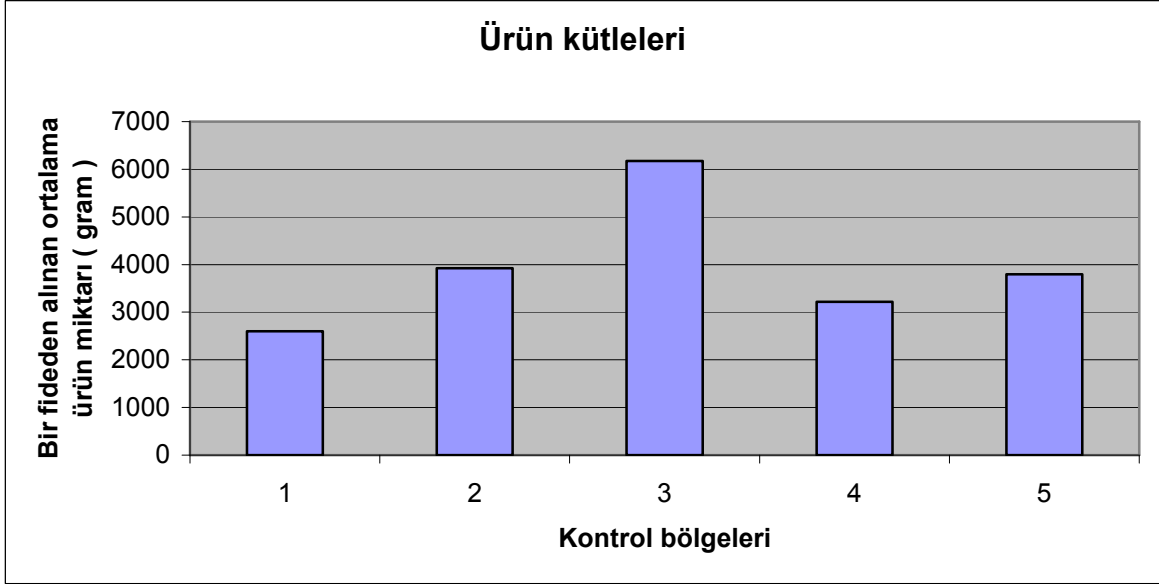
Kontrol Bölgesi	92 gün sonra ürünlerin toplam kütlesi (15 tane) (gram)	92 gün sonra ürünün birim kütlesi (gram)	152 gün sonra ürünlerin toplam kütlesi (15 tane) (gram)	152 gün sonra ürünün birim kütlesi (gram)
1. Kontrol Bölgesine ait	1420	94.60	1530	102.00
2. Kontrol Bölgesi ait	2110	140.66	2214	147.60
3. Kontrol Bölgesi ait	2280	152.00	2700	180.00
4. Kontrol Bölgesi ait	2470	164.60	2047	136.46
5. Kontrol Bölgesi ait	2582	172.13	2326	155.06

Çizelge 5.5' te verilen ortalama ürün sayıları ile Çizelge 5.8' de verilen birim kütleler çarpıldığında kontrol bölgelerindeki bir fideden alınan ortalama ürün kütlesi hesaplanarak Çizelge 5.9' da verilmiştir.

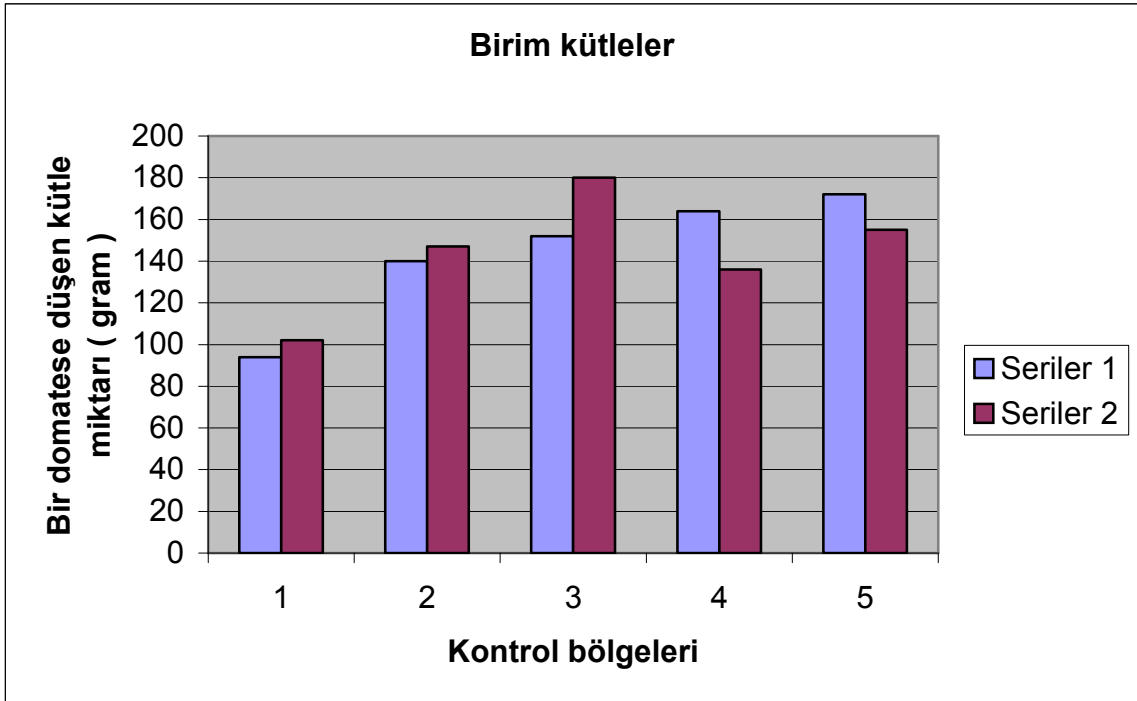
Çizelge 5.9 Kontrol bölgelerinde bir bitkiden elde edilen ortalama ürün kütleleri

Bitki	Ürün miktarı (92 gün) (gram)	Ürün miktarı (152 gün) (gram)
Sade toprağa ekilen	1111.55	2601.00
Gübreli toprağa ekilen	1863.75	4368.96
% 50 oranında 0,5 N NH ₄ formülü klinoptilolit katkı	2622.00	6174.00
% 25 oranında 0,5 N NH ₄ formülü klinoptilolit katkı	2962.00	3220.45
Klinoptilolit katkı	2409.82	3798.97

Deneysel çalışma da % 50 oranında 0,5 N NH₄ formülü klinoptilolit katkı toprağa ekilen fideden 1 numaralı fideden en çok miktarda ürün alınmıştır. Bu fideden yetişen bitkiden alınan miktar $38 \text{ (tane) } \times 180 \text{ (gram) } = 6840 \text{ gramdır.}$



Şekil 5.3 152 gün sonunda bir fideden alınan ortalama ürün miktarı



Şekil 5.4 92 gün sonra ve 152 gün sonra birim domatesin kütleleri
(1. seri = 92 gün sonra 2. seri = 152 gün sonra)

5.5 Kök İncelemesi

Domates gövdenin toprağa bağlanan kısmından itibaren saçak kök verebilen bir bitkidir. Bununla beraber eğer domates kökü uzun süre (4 – 5) saat su içinde kalırsa boğulur. Bu yüzden kökün toprağa bağlanan kısmı nemli toprakla desteklenmek zorundadır. Domates kökünün % 70 – 75 lik kısmı toprağın ilk 0-25 cm sinde yer alır. Diğer kısımlar daha derinlere inebilmektedir. (<http://www.bahce.biz/bitki/sebze/domates1.htm>)

20.08.2005 tarihinde her bir kontrol bölgesinde gelişen fidelerden fiziksel olarak en az gelişme gösteren 5 bitki yerinden sökülerek kökleri incelenmiştir. Bu tarih deki gözlemler Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9ve Şekil 5.10'da aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.5 %50 Amonyumlu klin.
%50 toprak katkıli bitki kökü



Şekil 5.6 % 25 Amonyumlu klin.
% 75 toprak katkıli bitki kökü



Şekil 5.7 İyon
değiştirilmemiş klinoptilolit
katkıli bitki kökü



Şekil 5.8 Gübreli toprağa
ekilmiş bitkinin kökü



Şekil 5.9 Sade
toprağa ekilmiş bitkinin
kökü



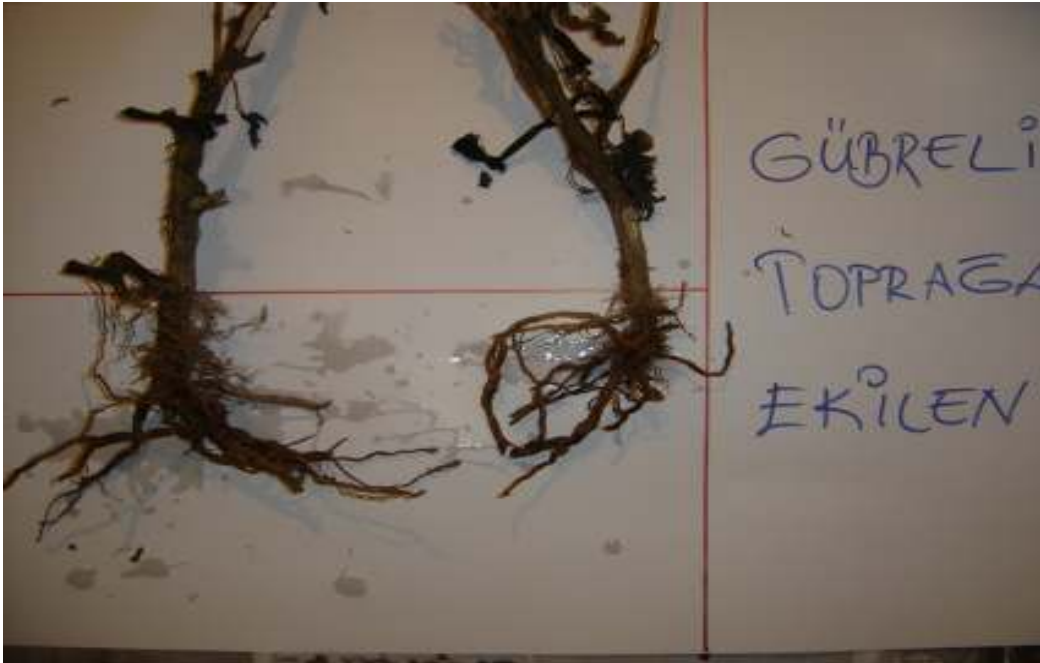
Şekil 5.10 Tüm fidelerden alınan birer örnek bitkilerin kökleri karşılaştırılması.

Bu tarih de yapılan incelemelerde % 50 amonyumlu klinoptilolit katkıli bitkinin kökünde ana kökün gelişmiş olduğu yan köklerin ise oldukça kalın olduğu görülmüştür. % 25 amonyumlu klinoptilolit katkıli bitkinin kökünde ise yine ana kökün gelişmiş olduğu yan köklerin ise saçaksı bir yayılım gösterdiği gözlenmiştir. İyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkıli bitki kökünün ana kökünün amonyumlu olanlara nazaran daha az gelişmiş yan köklerinin ise fazla bir yayılma göstermediği gözlenmiştir. Gübre katkıli bitkinin kök uzunluğu iyi olmasına rağmen yayılma gözlenmemiştir. Sade toprağa ekilen fide de ise kök az gelişmiştir. Hem boy hem de yayılma olarak zayıf kaldığı gözlenmiştir.

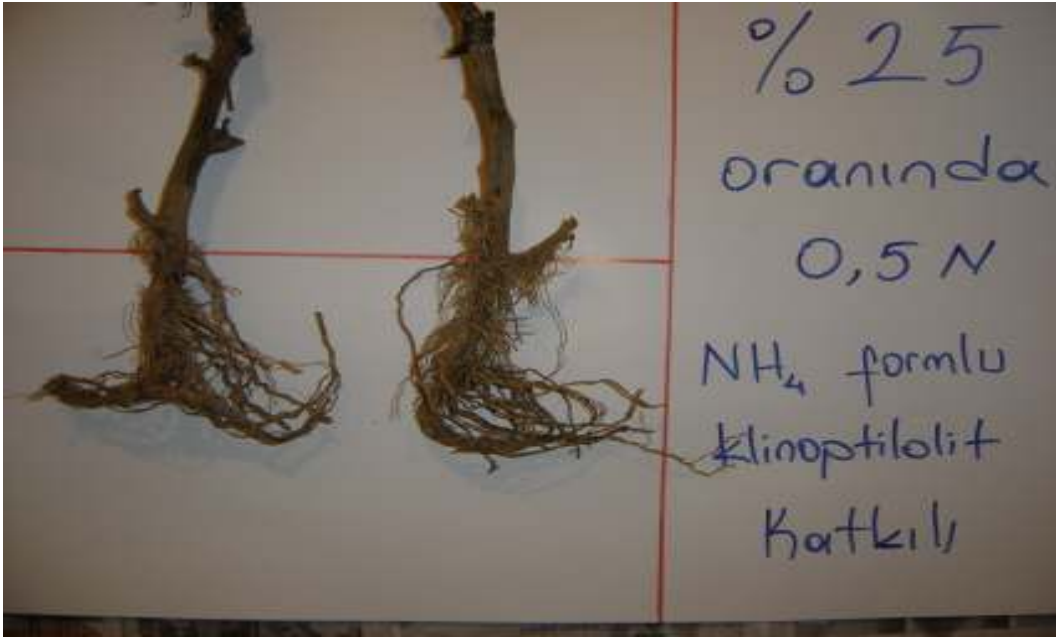
Deneysel çalışmanın sonucunda tüm bitkilerden kökler çıkarılmış ve buna ait fotoğraflar Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da verilmiştir. Deneysel çalışmaya 21.10.2005 tarihinde son verilmiştir. Bu tarihte toplanan bitki kökleri incelendiğinde 20.08.2005 tarihindeki incelemelerle paralel sonuçlar çıkarılmıştır. En iyi kök boğazına sahip fideler % 50 katkıli 0,5 N amonyumlu klinoptilolitli bitkilerde gözlenmiştir. Ayrıca bu bitkilerde toprağın hemen altında saçaklanma başlamadığı kökün gelişerek yan köklerinde zayıf kalmamış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 5.11 Sade toprağa ekilen bitki kökleri



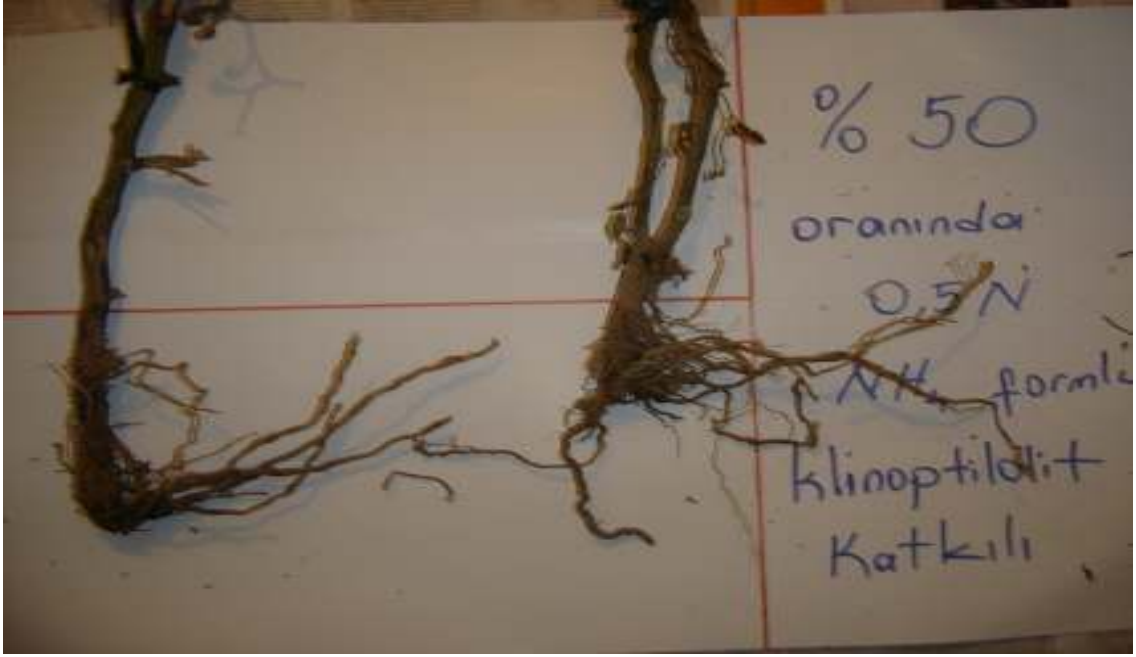
Şekil 5.12 Gübreli toprağa ekilen bitki kökleri



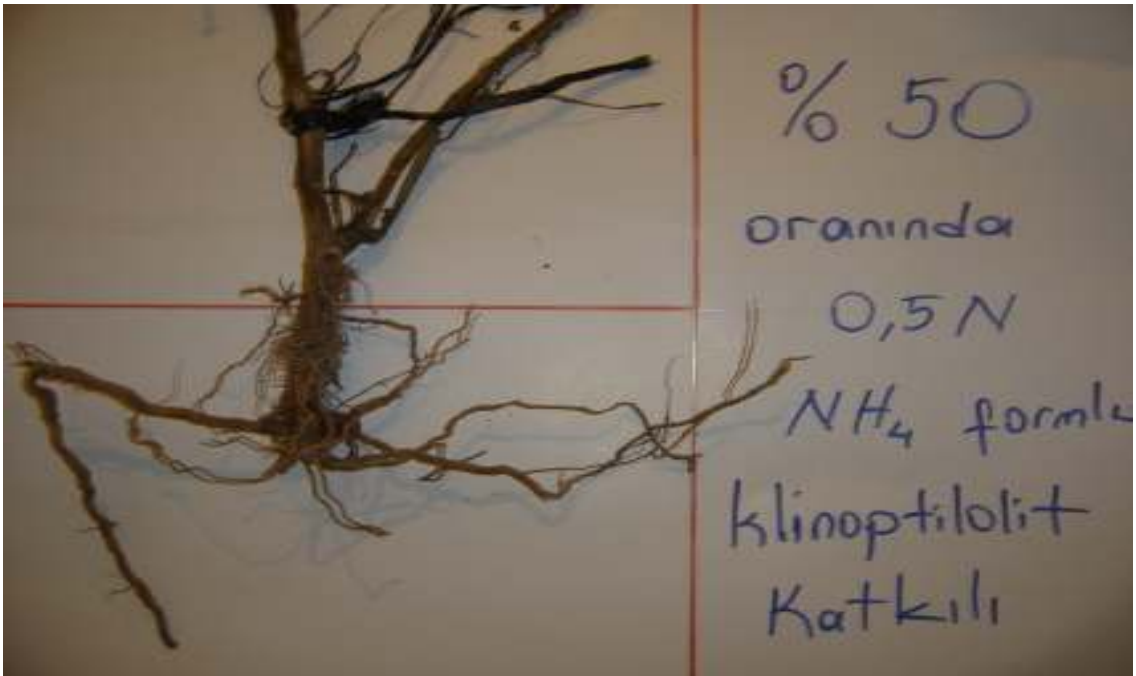
Şekil 5.13 % 25 oranında 0,5 N amonyum formulu klinoptilolit katkı toprağa ekilen bitki kökleri



Şekil 5.14 İyon Değiştirilmemiş klinoptilolit katkı toprağa ekilmiş bitki kökleri



Şekil 5.15 % 50 oranında 0.5 N amonyum formülü klinoptilolit katkı toprağa ekilmiş bitki kökleri



Şekil 5.16 % 50 oranında 0.5 N amonyum formülü klinoptilolit katkı toprağa ekilmiş bitki kökü



Şekil 5.17 Çalışmanın sonunda tüm fidelerden alınan birer örnek bitkilerin kökleri karşılaştırılması. Soldan sırayla %50 amonyumlu, % 25 amonyumlu, İyon değiştirilmemiş klinoptilolitli, gübreli toprağa ekilen ve sade toprağa ekilen bitkiler.

% 25 katkılı 0,5 N amonyumlu klinoptilolitli bitkilerde ve iyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkılı bitkilerde kök boğazından sonra hemen saçaklanma göze çarpmıştır. Bu ayrıca bu bitkilerin boylarının neden kısa kaldığını açıklayabilir. Yan köklerin gelişmeyip yayılmadığı gözlemlememiz bitkinin toprağa daha iyi bağlanamadığını da ortaya çıkarır. Böylece erken olgunlaşan ve iri domatesler gövdeyi zorlamış, gövde ise kökün sağlam olarak toprağa bağlanamamasından dolayı eğilmiştir. Üçüncü ve dördüncü kontrol bölgelerinde bulunan bu bitkilerin diğerlerinden daha önce ipe alınmasının bir nedeni de budur. Yan kökleri iyi gelişmemiş bu bitkiler erken ve iri meyve vermiştir.

Sade toprağa ekilen fidelerden gelişen bitkiler en az gelişmiş kök yapısına sahip olmuşlardır. Gübreli toprağa ekilen fidelerde ise % 50 oranında 0.5 N amonyum formülü klinoptilolit katkılı toprağa ekilmiş fidelerdeki gibi yan köklerde gelişmişlik gözlenmiştir. Ayrıca bu bitkilerde de saçaklanma gözlemlenmemiştir.

5.6 Gelişimleri Sırasında Ürünlerin Fotoğrafları

Çalışma sırasında 30. Haziran 2005 tarihinde yani dikimden 45 gün sonra çekilen fotoğraflar Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da verilmiştir.



Şekil 5.18 Dikimden 45 gün sonra seradan genel bir görüntü



Şekil 5.19 Dikimden 45 gün sonra % 50 oranında 0,5 N amonyumlu klinoptilolit katkı fide ile sade toprağa ekilen fidenin görüntüsü

Deneysel çalışma sırasında, dikim işleminden 63 gün sonra bitkilerin genel görünüşleri Şekil 5.20 , Şekil 5.21 ve Şekil 5.22’de verilmiştir.



Şekil 5.20 Sera ortamında 1.2.3. ve 4. kontrol bölgelerinin genel görüntüsü



Şekil 5.21 Sera ortamında % 50 oranında 0,5 N amonyum katkıli bitkiler ve iyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkıli bitkilerin karşılaştırılması



Şekil 5.22 % 25 oranında 0,5 N Amonyumlu klinoptilolitle beslenmiş bitkinin görüntüsü

20.07.2005 Tarihinde (63 gün sonra) çekilen fotoğraflarda şekil 5.20'de görüldüğü gibi bitki gelişimi bakımından açık farklar meydana gelmiştir. Şekil 5.21'de %50 toprak + %50 amonyumlu klinoptilolit katkıli bitkinin diğerlerine nazaran daha uzun boylu olduğu görülüyor. Şekil 5.22'de ise %25 amonyumlu + % 75 toprak katkıli bitkide ise domates veriminin sayıya bakarak daha fazla olduğu fakat bitki boyunun kısa kaldığı gözleniyor.



Şekil 5.23 Dikimden 93 gün sonra seradan görüntü (20 ağustos)



Şekil 5.24 Dikimden 93 gün sonra %50 amonyumlu ve % 25 amonyumlu bitkilerin görüntüleri



Şekil 5.25 Dikimden 93 gün sonra % 25 amonyumlu bitkinin görüntüsü

SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Yapılan deneysel çalışmada klinoptilolit katkıli toprakta gelişen fidelerin sade toprak ve gübreli toprakta yetiştirilenlere göre daha verimli olduğu açıkça görülmüştür.

Sera da ilk çiçek açan ve ilk domates meyvesi veren bitki % 25 oranında 0,5 N amonyum formulu klinoptilolit katkıli bitki olmuştur. Bu bitkilerin ilk meyveyi verme süresi yaklaşık 45 gündür. Bu domates üretimi için istenilen süredir. İlk toplama işlemi de bitki 60 günlük iken gerçekleşmiştir ki bu domates üretimi için çok iyi bir süredir. Domateslerde ilk meyve toplama işlemi ürün yaklaşık 70 günlük iken gerçekleşir (<http://www.bahce.biz/bitki/sebze/domates1.htm>).

90 günlük süre içerisinde % 25 oranında 0,5 N amonyum formulu klinoptilolit katkıli bitkiler ve iyon değiştirilmemiş klinoptilolit katkıli bitkiler ürün sayısı, ürün büyüklüğü açısından ve kısa zamanda çok ürün alma bakımından diğer kontrol bölgelerindeki fidelere üstünlük sağlamıştır. Ancak daha sonraki iki aylık dönemde bu fidelerin boy uzamaları durmuş, ürün sayılarındaki artışta da azalma gözlenmiştir. Ürün büyüklüğünde bir değişme gözlenmemiştir.

% 50 oranında NH_4 formulu klinoptilolit katkıli bitkiler ilk iki aylık sürede fazla meyve vermemiş fakat boy olarak, çiçek sayısı olarak istenilen düzeyde gelişme göstermiştir. Daha sonraki dönemde ürün kütlesi bakımından birim domates başına düşen 180 gramlık kütle ile ve ortalama bitki başına 6154 gram kütle ile % 50 oranında NH_4 formulu klinoptilolit katkıli bitkiler diğer bitkilerden alınan değerlerden üstün değerler göstermiştir.

Domates bitkilerinde istenilen boy 170-180 cm civarındadır. Ürün kalitesini düşürmemek şartı ile gövde ucu sürgen doku uzayabileceği uzunluğa kadar bırakılabilir. (N.Çakır, 2005 sözlü görüşme)

Sade toprağa ekilen fideler diğerleri ile karşılaştırıldığında boy, meyve verimi ve kök bakımından diğerlerinin gerisinde kalmıştır. Boy ortalaması, ürün kütlesi, kök gelişimi ve ürün sayısı bakımından % 50 oranında NH_4 formulu klinoptilolit katkıli bitkiler gübreli toprağa ekilen bitkilerle kıyaslandığında daha iyi sonuçlar vermiştir.

Genel olarak sonuçlara bakıldığında yapılan deneysel çalışmada %50 oranında NH_4 formulu klinoptilolit katkıli bitki yüksek verimli bulunmuştur. Ürün toplama da süre olarak gübreli toprağa ekilenlerle benzerlik göstermiş, % 25 amonyumlu

bitkilerden ise daha uzun sürede ürün vermiştir.

% 25 oranında NH_4 formulu klinoptilolit katkılı bitkilerin kısa sürede ve doku bakımından, kütle bakımından daha iyi ürün verdiğini düşünürsek % 50 ile % 25 arasında uygun bir oranda NH_4 formulu klinoptilolit katkısı ile toprak sera ortamında domates üretimi için daha verimli hale getirilebilir. Ayrıca daha kısa sürede daha çok sayıda ürün elde edilebilmesi, klinoptilolit'in 0,5 N den farklı normalitelerde ve daha farklı yüzdelerde toprağa katkılanmasıyla mümkün olabilir.

KAYNAKLAR

- Altınbaş, Ü., 2000 Toprak Genetiği ve Sınıflaması, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, İzmir, 4.Baskı
- Barrer, R.M., 1974, Zeolites and Clay Minerals as Sorbents and Molecular Sieves, Academic Pres, 497 p.
- Berkem, A.R. ve Baykut, S., 1984, Fizikokimya, İstanbul Üniv. Yayınları, s 1111
- Çalık, A., 1999 Karadeniz, M., Çevre sorunları önlenmesi ve giderilmesinde zeolitler. 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, 8-14 Mart, İzmir
- Duman., İ. , Vural, H. Ve Eşiyok D., Sebze Yetiştiriliciliği 1995 Ege Üniversitesi Bornova, İzmir 200. basım p. 261 - 272
- Dyer, A., 1988, An Introduction to Zeolite Molecular Sieves, Wiley, 149
- Ergene, A., 1987Toprak Biliminin Esasları, Ankara Üniversitesi, Erzurum
- Gottardi, G., Gali, E., Natural Zeolites, Springer Verlag, Berlin, 1985
- İleri, S., 1978 Yeryuvarı ve İnsan, 40-45 , Şubat
- Kaçar, B., Bitki Besleme, A.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları, 899, 2. Baskı
- Orhun, Ö., 1997 Zeolitlerde İyon Değişimi , Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
- Sarıkaya, Y., 1993 Fizikokimya (2), Ankara Üniversitesi, Fen Fak. Kimya Bölümü, Fizikokimya Anabilim Dalı, Ankara, 632-649
- Sarıkaya, Y., 1978 Fizikokimya ve uygulamaları, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara 549 s.,
- Tsitsishvili, G.V Natural Zeolites, p4-17 Ellis Horwood,
- Ünaldı, T., 1995, Bigadiç Yöresi Doğal Zeolitinin İyon Değiştirilmiş Formlarının CO₂ Adsorbsiyonu, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Ülkü, S. Ve Turgut, F., 1991 Zeolitler ve Uygulama Alanları, 5. Ulusal Kil Sempozyumu, Eskişehir, s. 387-400, 16-20 Eylül
- Yörükoğulları, E., 1997 Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorbsiyon Uygulamaları, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 58s,
- Yücel, H., 1987 Zeolitler ve Uygulama Alanları, III. Ulusal Kil Sempozyumu, 21-27 Eylül, Bildiriler, 391-402

- <http://www.bahce.biz/bitki/sebze/domates1.htm>10.15.2005
- www.enlimining.net0.10.2005
- akır., N. Ziraat Teknisyeni szlu görüşme
- Ulutürk., E. Sivrihisar İlçe Tarım Müdürü Ziraat Mühendisi szlu görüşme

