

**TOPRAKTAKİ ÇİNKO EKSİKLİĞİNİN
GİDERİLMESİNDE DOĞAL ZEOLİTİN
KULLANILMASI**

Özlem KAZAN

Yüksek Lisans Tezi

Fizik Anabilim Dalı

Nisan-2007

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Özlem Kazan'ın Topraktaki Çinko Eksikliğinin Giderilmesinde Doğal Zeolitin Kullanılması başlıklı **Fizik Anabilim Dalındaki**, Yüksek Lisans Tezi 05/04/2007 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Prof. Dr. Önder ORHUN
Üye :	Prof. Dr. Gülcan KINACI
Üye :	Yard. Doç. Dr. Tefik ÜNALDI

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../2007 tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAKTAKİ ÇİNKO EKSİKLİĞİNİN GİDERİLMESİNDE DOĞAL ZEOLİTİN KULLANILMASI

Özlem KAZAN

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Önder ORHUN
2007, 56 sayfa

Son yıllarda, tarım sektöründe birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün elde etme, gübrenin veriminin artırılması çalışmalarında zeolitin kullanılmasına sıkça rastlanmaktadır. Ülkemizde bol ve ucuz şekilde sağlanabilmesi ve önemli bir işlem gerektirmeden toprak düzenleyici olarak kullanılması zeolite olan ilginin giderek artmasına neden olmaktadır. Dünyadaki tarım alanlarının %30 unda, Türkiye’de ise yaklaşık 14 milyon hektar tarım alanında çinko eksikliği bulunduğu yapılan araştırmalarda belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Manisa-Gördes yöresinden sağlanan klinoptilolit türü doğal zeolitin, 1 N’lik $ZnCl_2$ çözeltisi ile ısıtmasız yığın yöntemiyle 72 saat süreyle temas ettirilmesiyle hazırlanan çinko formundaki doğal zeolit, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi’ndeki uygulama ve araştırma tarlalarındaki toplam 7 m² büyüklükte ve dört parselden oluşan alandaki, başlangıçta 0,24 ppm çinko içeren toprağa 0 kg/da, 0,5 kg/da, 1,0 kg/da, 1,5 kg/da oranlarında karıştırılmıştır. Bu şekilde hazırlanan alana Akçin 91 isimli nohut ekimi yapılmıştır.

Elde edilen üründe, baklalardaki tane sayısı, tane ağırlıkları, ilk bakla yükseklikleri ve bir köke ait bakla sayıları dört farklı oran için karşılaştırılmıştır. Dozların artışına koşut olarak, ürünlerdeki iyileştirme sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen nohut tanelerinin analizinden 28 ppm Zn içerdikleri görülmüştür.

İnsan beslenmesinde, baklagillerin en çok 20 ppm Zn içermesi gerekmektedir. Bu nedenle ürünün en büyük değerden fazla çinko içerdiği görülmektedir. Bu çalışmada, zeolitin mikro elementleri topraktan bitkiye aktarımında kullanılabilir bir materyal olduğu sonucu ortaya konmuştur. Yüksek çinko içeriğinin düşürülmesi için daha düşük normalitedeki çözeltilerle üretilen zeolitlerle çalışmanın sürdürülmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal Zeolit, Çinko Eksikliği, Nohut, Klinoptilolit.

ABSTRACT
Master of Science Thesis

**THE USAGE OF NATURAL ZEOLITES TO PREVENT FOR
DEFICIENCY OF ZINC THROUGH THE EARTH**

Özlem KAZAN

**Anadolu University
Graduate School of Sciences
Physics Program**

**Supervisor : Prof. Dr. Önder ORHUN
2007, 56 pages**

Recently zeolites has been widely used in the studies to increase the effectiveness of fertilizers and to receive more high-quality crops on a unit field in the agriculture sector. The fact that zeolites can be easily and cheaply obtained in Turkey and used as soil regulator without a complex process has increased the interest on zeolites. Studies show that 30 per cent of the world's agricultural lands and around 14 million hectares of land in Turkey suffer from the lack of zinc.

In this study, clinoptilolite-type of natural zeolite obtained from Manisa-Gördes region and, a zinc-form natural zeolite that has been prepared, contacting it with 1 N $ZnCl_2$ solution for 72 hours have been used. They have been mixed at the ratio of 0 kg/da, 0,5 kg/da, 1,0 kg/da, and 1,5 kg/da with the soil - on the application and research fields of Eskisehir Osmangazi University, the Faculty of Agriculture- which includes 0,24 ppm zinc at the beginning. in this field, chickpea- named Akcin 91- has been sown.

In grown product, number of peas, their weights, first heights, the number of peas attached to one root have been compared for four different values. Depending on the increase of the doses, the improvement on the products has been recorded. The grown chick peas have included 28 ppm Zn.

For human nourishment, leguminosae should include 20 ppm Zn at most. Therefore, it has been observed that the product includes zinc more than the most value. In this study, it has been concluded that zeolites are the materials that can be usable in transition of micro elements from soil to plant. In order to decrease the high amount of zinc, studies in the future should be conducted on the zeolites produced with lower normalities of solutions.

Keywords: Natural Zeolite, Deficiency of Zinc, Chickpea, Clinoptilolite

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin her aşamasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden her zaman yararlandığım, deneysel çalışmalarında gerekli bütün imkanları sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Önder ORHUN'a en içten teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmalarım süresince yardımlarını ve önerilerini esirgemeyen Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bölüm Başkanı saygıdeğer hocam Prof. Dr. Gülcan KINACI'ya sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yapmış olduğum çalışma için gerekli olan çalışma sahasını bana sağlayan ve her türlü imkanı sunan Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanı değerli hocam Prof. Dr. Engin KINACI'ya teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım süresince bana daima yol göstererek,emek ve gayretlerini esirgemeyen değerli hocam Yard. Doç. Dr. İnci TOLAY'a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında toprak analizi için maddi desteklerini esirgemeyen Eskişehir Pancar Ekicileri Kooperatifi Müdürü Yusuf KIZILDAĞ'a teşekkür ederim.

Üründeki çinko analizi için yardımlarını esirgemeyen Anadolu Üniversitesi Kimya Bölümü öğretim üyeleri Doç. Dr. Adnan ÖZCAN'a ve Doç. Dr. Safa ÖZCAN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, beni her zaman destekleyen ve sürekli yanımda olan, sonsuz sabrıyla bana her türlü koşullarda yardımcı olan sayın hocam Adil YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu aşamaya gelinceye kadar kendilerinden feyiz aldığım tüm öğretmenlerim ve hocalarıma şükranlarımı sunarım.

Benim bu günlere gelmemi sağlayan, sevgilerini hep yanımda hissettiğim, öğretim hayatım boyunca hiçbir destekten kaçınmayan AİLEME çok teşekkür ederim.

Özlem KAZAN

Nisan-2007

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. ZEOLİTLER	4
2.1. Giriş.....	4
2.2. Zeolitlerin Temel Yapıları ve Özellikleri.....	5
2.3. Zeolitlerin Sınıflandırılması.....	7
2.4. Doğal Zeolitler.....	7
2.4.1. Doğal Zeolitlerin Özellikleri.....	7
2.4.2. Klinoptilolit	9
2.4.3. Eriyonit	10
2.5. Doğal Zeolitlerin Kullanım Alanları	11
2.5.1. Tarım Sektörü	11
2.5.2. Peyzaj Çalışmaları.....	12

3. İYON DEĞİŞİMİ.....	14
3.1. İyon Değişimi.....	14
3.2. İyon Değişim İşlemleri	17
3.2.1. Yığın(Batch) İşlemi.....	17
3.2.2. Kolon İşlemi.....	18
3.3. İyon Değiştirici Olarak Zeolitler	19
4. TARIM UYGULAMALARINDA ZEOLİTLERİN KULLANIMI...20	
4.1. Tarımda Zeolit Uygulamalarından Örnekler	20
4.2. Çinko Eksikliğinin İnsanlar ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri.....	21
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....24	
5.1. Zeolit Numunelerinin Hazırlanması.....	24
5.2. Materyal ve Metot.....	24
5.2.1. Deneme Materyali.....	24
5.2.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri	24
5.2.3. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi.....	26
5.2.4. Araştırma Boyunca Yapılan Gözlem ve Ölçümler.....	26
5.2.5. İstatiksel Analiz ve Değerlendirmeler.....	27

6. ELDE EDİLEN ÜRÜNLE İLGİLİ ANALİZLER.....	28
6.1. Bitki Boyu.....	28
6.2. Bitkide Bakla Sayısı.....	32
6.3. Bitkide Tane Sayısı.....	36
6.4. Bitki Ağırlığı.....	40
6.5. Bitkide Tane Ağırlığı.....	44
6.6. İlk Bakla Yüksekliği.....	48
7. SONUÇ ve TARTIŞMA.....	52
KAYNAKLAR.....	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1.Sentetik zeolitlerden bir örnek. Zeolit A' nın birim hücre yapısı.....	6
2.2. Bazı Toprak Türleri ve Zeolitlerin Katyon Değişim Kapasiteleri.....	8
2.3. Klinoptilolit mikroskop görüntüsü.....	9
2.4.Eriyonitin mikroskop görüntüsü.....	10
6.1.1. Çizelge 6.1.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	31
6.1.2. Çizelge 6.1.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	31
6.1.3. Çizelge 6.1.4. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	31
6.2.1. Çizelge 6.2.2 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	35
6.2.2. Çizelge 6.2.3 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	35
6.2.3. Çizelge 6.2.4 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	35
6.3.1. Çizelge 6.3.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	39
6.3.2. Çizelge 6.3.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	39
6.3.3. Çizelge 6.3.4. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	39
6.4.1. Çizelge 6.4.2 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	43
6.4.2. Çizelge 6.4.3 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	43
6.4.3. Çizelge 6.4.4 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	43
6.5.1. Çizelge 6.5.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	47
6.5.2. Çizelge 6.5.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	47

6.5.3. Çizelge 6.5.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	47
6.6.1. Çizelge 6.6.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	51
6.6.2. Çizelge 6.6.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	51
6.6.3. Çizelge 6.6.4. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1.	Doğal Zeolitin (Klinoptilolit) Kimyasal Yapısı.....	8
5.1.	Deneme Yeri Topraklarının Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri.....	25
5.2.	Deneme Yeri Topraklarının Mikroelement Analiz Sonuçları.....	25
6.1.1.	Zeolit ve Çinko Formundaki Zeolitin Bitki Boyuna Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	29
6.1.2.	Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Boyundaki Artış Oranları.....	29
6.1.3.	Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Boyundaki Artış Oranları.....	30
6.1.4.	Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Boyundaki Artış Oranlarının Karşılaştırılması.....	30
6.2.1.	Zeolit ve Çinkolu Zeolitin Bitkide Bakla Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	33
6.2.2.	Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bakla Sayısındaki Artış Oranları.....	33
6.2.3.	Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bakla Sayısındaki Artış Oranları.....	34
6.2.4.	Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması.....	34
6.3.1.	Zeolit ve Çinkolu Zeolitin Bitkide Toplam Tane Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	37
6.3.2.	Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitkide Tane Sayısındaki Artış Oranları.....	37
6.3.3.	Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitkide Tane Sayısındaki Artış Oranları.....	38

6.3.4. Doğal ve inko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması.....	38
6.4.1. Zeolit ve inkolu Zeolitin Bitkide Bakla Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	41
6.4.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Ağırlığındaki Artış Oranları.....	41
6.4.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Ağırlığındaki Artış Oranları.....	42
6.4.4. Doğal ve inko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması.....	42
6.5.1. Zeolit ve inkolu Zeolitin Bitki Tane Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	45
6.5.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Tane Ağırlığındaki Artış Oranları.....	45
6.5.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Tane Ağırlığındaki Artış Oranları.....	46
6.5.4. Doğal ve inko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması.....	46
6.6.1. Zeolit ve inkolu Zeolitin Bitkide İlk Bakla Yůksekliđine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	49
6.6.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Elde Edilen Artış Oranları.....	49
6.6.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bakla Sayısındaki Artış Oranları.....	50
6.6.4. Doğal ve inko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

\AA	: Etkin boşluk çapı
da	: Dekar
e	: Eşdeğer gram
F_b	: Bulunan değer
F_c	: Cetvel değeri
KO	: Karelerin ortalaması
Kom	: Kombinasyon
KT	: Karelerin toplamı
N	: Normalite
V	: Hacim

1. GİRİŞ

Zeolit, alkali toprak katyonları içeren, kristal yapıda, kolay ve bol bulunan alüminyum silikat mineralidir. Yapısında büyük değişim olmaksızın katyon değişim özelliği, su kaybetme ve kazanma özelliği ile ilişkilidir.

Zeolitler, toprakta kullanılan diğer maddelere kıyasla yüksek bir katyon değiştirme kapasitesine sahiptir. Aktive edilmiş doğal zeolitlerin katyon değiştirme özelliklerinden yararlanılarak, bitkisel üretim alanında uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Bu özellik sayesinde, zeolit kullanımı topraktan besin maddelerinin kaybını önleyerek, söz konusu besin maddelerinin kontrollü olarak salınımı ile en etkin bir biçimde gübre kullanımını sağlamaktadır. Fizikokimyasal özelliklerinden dolayı, bitki yetiştirme ortamı ve toprak düzenleyici olarak, tarımcıların uzun zamandır ilgisini çeken ve doğada pek çok çeşidi olan zeolitin tarımda yalnız klinoptilolit türü kullanılmaktadır. Klinoptilolit yüksek bir amonyum kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir [1,2,21].

Doğal zeolitlerin Türkiye’ de ilk gündeme gelişi ne yazık ki, Türk zeolitleri açısından ulusal ve uluslar arası kamuoyunda olumsuz havanın oluşmasına neden olmuştur. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. İzzettin Barış, Kapadokya’ daki Tuzköy, Karain ve Sarıhıdır köylerindeki ölümlerin nedeninin %50’ sini akciğer zarı kanserinin oluşturduğunu ve bunun nedeninin bir doğal zeolit türü olan iğneli yapıdaki eriyonit olduğunu yabancı bir bilimsel dergide yayınlamıştır. Bu çalışma, önemli bir doğal zeolit rezervine sahip olan Türkiye açısından büyük bir pazar kaybına neden olmuştur. Oysa bu yörenin dışındaki Gördes-Manisa ve Bigadiç-Balıkesir yörelerinde son derece geniş uygulama alanları olan klinoptilolit türü doğal zeolitler bulunmaktadır. Hatta bu yörelerde yaşayan insanlar tarafından bazı mide hastalıklarına iyi geldiği düşünülerek uzun yıllardan beri toz halinde klinoptilolit suya karıştırılarak içilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada Gördes-Manisa yöresi klinoptiloliti kullanılmıştır.

Yukarıda sözü edilen çalışmanın yazarı olan Prof. Dr. İzzettin Barış'ın da içinde bulunduğu A.U. Doğan, M. Doğan, S. Emri, I. Steele, A.G. Elmishad, M. Carbone' den oluşan çalışma grubu, sözü edilen Kapadokya yöresinde, kansere neden olan erionit mineralinden, bazı ailelerin çok fazla etkilenmesine rağmen, bazı ailelerin düşük oranda zarar görmelerinin nedeninin genetik ile ilgili olduğunu ortaya çıkardılar ve sonuçları "Cancer Research" adlı derginin 2006 yılı içerisindeki sayısında "Genetic predisposition to fiber carcinogenesis causes a mesothelioma epidemic in Turkey" başlığıyla yayımladılar. Araştırmacılar, bu çalışmayla ilk kez olarak, genetik-mineral ve kanserojen etki arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir [3].

Kapadokyadaki bu üç köyde daha önce çalışma yapan araştırmacıların, akciğer zarı kanserine yakalanan çok sayıda insan bulunduğunu belirlediklerini ve bunun nedeninin de bu köylerdeki evlerin yapıldığı kayaçlar içindeki erionit minerali olduğunu düşündüklerini ifade eden araştırmacılardan Prof. Dr. Umran Doğan bu köylerdeki erionit mineralini ilk defa kantitatif olarak tanımlayarak kristal yapısını belirlediklerini ve ortaya çıkan sonuçları, yakın köylerdeki akciğer zarı kanserinin bulunmadığı örneklerle ve aynı zamanda ABD' deki örneklerle karşılaştırdıklarını söylemiştir. Sonuçların, bu köylerle ilgili daha önceki yargıları değiştirdiğini kaydeden Prof. Dr. Doğan, akciğer zarı kanserinin yaygın olduğu ve olmadığı evlerde, ve ABD' de aynı tipte erionit bulduklarını, bu üç akciğer zarı kanserli köyün soy çalışmalarını inceledikten sonra, hastalığın bazı ailelerde yaygınken diğerlerinde yaygın olmadığını ve genetik olarak yatkın bireylerin erionite maruz kalmasının, akciğer zarı kanseri yaygınlığına neden olabileceğini ifade etmiştir. Prof. Dr. İzzettin Barış'ın, yıllar önceki hatasını ya da aceleciliğinin vermiş olduğu olumsuz etkiyi düzeltmek için çaba göstermesi çok ilginçtir.

Çinko; bitki, hayvan ve insanların, çok düşük miktarda ihtiyaç duyduğu ve alınması mutlak gerekli bir mikro elementtir.

Dünyada tüm tarım alanlarının %30'unda, Türkiye'de ise %49.8'inde çinko noksanlığının bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Ülkemizde yaklaşık 14 milyon hektar tarım alanında çinko eksikliği görülmekte ve bu alanın büyük bir bölümü Orta Anadolu'da bulunmaktadır. Orta Anadolu Bölgesinde tarım topraklarının %60'ında çinko kapsamı yeterli sınır kabul edilen 0.5 ppm' in altındadır [4].

Gerek nohudun insan beslenmesindeki rolü, gerekse çinkonun insan sağlığı açısından önemi birlikte düşünüldüğünde, noksan olması halinde çinkonun gübreleme yoluyla bu eksikliğin giderilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, insan ve hayvan beslenmesinde, özellikle, yüksek oranda protein içermesi nedeniyle önemli bir besin maddesi olan nohutta, doğal zeolitin ve çinko formundaki zeolitin verim ve verim öğelerine olan etkilerini araştırmaktır. Bu amaca yönelik olarak farklı miktarlarda uygulanan doğal zeolitin ve çinko formundaki zeolitin, nohutun tarımsal özelliklerine olan etkileri incelenmiştir.

2. ZEOLİTLER

2.1. Giriş

Zeolit doğal ya da yapay olmak üzere atomik düzeyde gözenekli yapıya sahip sulu alümina silikat bileşiklerine verilen isimdir. İlk olarak 1756 yılında İsveçli mineralog Fredrick Cronstedt tarafından bulunmuştur. Zeolit kelime olarak **kaynayan taş** anlamındadır. Kristal yapıdaki su (kristal suyu), zeolit ısıtıldığında yapıyı terk etmekte zorlandığı için, bu sırada suyun köpürmesinden dolayı zeolite bu isim verilmiştir.

Zeolitler üzerinde ilk deneysel çalışmalar 1857 yılında A. Damour tarafından yapılan zeolitlerin su atma tersinirliği ile 1858 yılında E. Eichorn'un gerçekleştirdiği iyon değişim özelliklerinin incelenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu araştırmalar sonucunda, iyon değişim özelliği gösteren tüm alümino silikatlar zeolit olarak tanımlanmıştır. Bu yanlış tanımlama, X-ışınları kırınımı, IR absorpsiyonu, NMR, ESR gibi analiz yöntemlerinin geliştirilmesiyle birlikte kristal yapılarının tayin edilmesi sonucu farklılıkların ortaya çıkmasına kadar sürmüştür.

1925 yılında Wiegel ve Steinhoff, suyu uçurulmuş zeolitlerin küçük organik molekülleri adsorpladıklarını, büyük molekülleri ise bünyelerine kabul etmediklerini bulmuşlardır. Zeolitlerin gaz moleküllerine karşı bir elek gibi davranmasından dolayı 1932 yılında Mc Bain tarafından **moleküler elek** olarak adlandırılmıştır. Şabazit ise moleküler elek olarak kullanılan ilk doğal zeolit türüdür [5].

Endüstriyel alanda etkin bir şekilde kullanımı olan zeolitlerin volkanik kayaların kovuklarında sınırlı miktarda bulunması, bilim adamlarını yapay zeolit üretim yöntemlerini bulmaya yöneltmiştir. İlk sentezleme çalışmaları İngiltere'de Barrer ve A.B.D'de Union Carbide firması tarafından başlatılmış olup, buna paralel olarak, doğada da doğal zeolit arama çalışmaları hızlandırılmıştır. 18.yüzyılın ikinci yarısından bu yana sürdürülen araştırmalar sonucu doğada

yaklaşık 39 tür zeolit kristali bulunmuştur ve son 35 yıl içerisinde laboratuvarlarda 150'nin üzerinde zeolit sentezlenmiştir. Bugün A.B.D. İtalya, Japonya ve Yeni Zelanda başta olmak üzere Türkiye ve Kanada'da zengin ve saf doğal zeolit rezervlerinin bulunduğu bilinmektedir. Doğal zeolitlerin en yaygın olanları, mordenit, şabazit ve klinoptilolit türleridir. Ülkemizde ise genel olarak gözlenen doğal zeolit türü klinoptilolit ve analsim olup, diğer doğal zeolit türlerine çok az rastlanmıştır. Türkiye'nin en önemli zeolit yatakları detaylı etüdü yapılmış olan Bigadiç-Balıkesir yöresinde bulunmakta olup 500 milyon tonluk bir rezerve sahiptir. Manisa- Gördes sahası ise yaklaşık 20 milyon ton olduğu tahmin edilen rezervi ile ikinci büyük zeolit yatakları olarak bilinmektedir. Türkiye genelindeki zeolit rezervinin ise yaklaşık 50 milyar ton olduğu ileri sürülmektedir [5,6].

2.2. Zeolitlerin Temel Yapıları ve Özellikleri

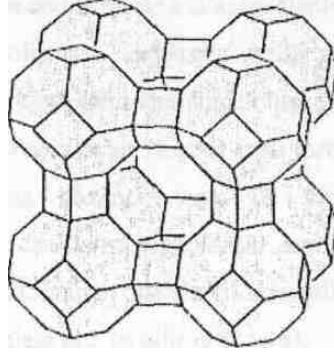
Zeolitler, alkali ve toprak alkali elementlerin kristal yapıya sahip sulu alümino silikatlarıdır. Genel olarak kristalografik birim hücre için yapısal formülü;



şeklindedir. Burada M_1^+ ; Na^+ ya da K^+ gibi tek değerli bir katyonları, M_2^{+2} ise Ca^{+2} , Mg^{+2} , Ba^{+2} gibi iki değerli bir katyonları göstermektedir. SiO_2/AlO_2 mol oranı (y/x) zeolit türüne bağlı olarak 1 ile 5 arasında değişir [7].

Her hangi bir zeolit kristalinin en küçük yapı birimi SiO_4 ya da AlO_4 dörtyüzlüsüdür. Bu dörtyüzlünün merkezinde, oksijen iyonundan çok daha küçük olan silisyum ya da alüminyum iyonu ve dört köşesinde de tetrahedral oksijen iyonları bulunur. Silisyum iyonu (+4), alüminyum iyonu (+3) ve oksijen iyonu (-2) değerlikli olduğundan, bir silisyum iyonu kendini çevreleyen dört oksijen iyonunun ancak (-4) değerliliğini karşılar. Böylece her oksijen iyonunun (-1) değerliği kalır ve başka bir silisyum iyonu ile birleşebilir. Silisyum iyonunun yerini alüminyum iyonunun alması sonucu dörtyüzlülerin elektrik yükünün dengelenmesi için ek bir (+1) yüküne ihtiyaç vardır. Bu (+1) yükü Na^+ , K^+ , Ca^{+2}

gibi değişebilir katyonlarca sağlanır. Dörtüzlülerin bu şekilde birleşmesiyle bir zincir oluşur. Bu zincirler birbirine aradaki Na^+ , K^+ , Ca^{+2} iyonlarıyla bağlanarak, ortası kanal gibi açık olan, bal peteği görünümlü üç boyutlu bir kristal yapı oluşturur. Doğal zeolit türlerinin kristografik şekillerine bir örnek Şekil 2. 1'deki gibidir. Burada fojasit türü doğal zeolit yapısına sahip zeolit A'nın birim hücre yapısı görülmektedir.



Şekil 2.1.Sentetik zeolitlerden bir örnek. Zeolit A'nın birim hücre yapısı [8].

Zeolitlerin en önemli karakteristik özellikleri, yapısındaki kanallarda su molekülleri içermeleridir. Bu su moleküllerinin, hem katyonlara hem de silikat yapısına sıkı bağlı olduğu zeolitlerde, kristal yapısında herhangi bir değişme olmaksızın, su kaybı yüksek sıcaklıklarda gerçekleşirken, büyük boşluklu bazı zeolitlerde yüzeye tutunan su, düşük sıcaklıklarda zeoliti terk eder. Susuzlaştırma (dehidrasyon) adı verilen bu işlem sonucunda zeolit kristal yapısı bir, iki ve üç boyutlu kanallara ve çok geniş bir yüzey alanına sahip olur. Zeolit 100-350°C aralığında birkaç saat ısıtıldığında kanallardan geçebilecek büyüklükteki su, amonyak, cıva buharı vb. moleküller, susuzlaşmış kanal ve gözenek yüzeylerinde tutunur. Kanalları geçemeyecek büyüklükte çapa sahip moleküller ise zeolite giremezler. Zeolitler, bu özelliklerinden dolayı **moleküler elekler** olarak adlandırılırlar.

Zeolitlerin, alümino silikat anyon çatısında tutulan katyonların, temasta olduğu çözeltideki iyonlarla yer değişimine olanak sağlaması özelliği, farklı nedenlerle yoğun şekilde incelenmektedir. İyon değişimi yoluyla, katyonların girişinden, ana zeolit gözenek çapının değiştirilmesinde yararlanılan

zeolit modifikasyonu konusu oldukça ilgi çekmektedir. Örneğin Zeolit A'nın gözenek çapı yaklaşık 5Å'dur. Zeolit A' nın sodyum katyonu ile iyon değişimi yapması durumunda sodyum katyonları pencere yakınlarında yer alarak pencere boyutunu 4Å'a indirirler. Bu tür zeolitlere **modifiye zeolitler** denir. İyon değişim yoluyla gözenek ve pencere boyutlarının değişimi olanağının yanı sıra, gözeneklere yerleşen katyonların türü, sayısı ve yerleri gözenek içindeki yük dağılımını etkiler. Bu durum adsorplama özelliklerini de değiştirecektir.

Doğal zeolitlerin oluşumu hakkında çeşitli görüşler vardır. 1950 yılına kadar zeolitlerin volkanik kayaların içerisinde oluştuğu görüşü vardı. Daha sonra zeolitlerin düşük dereceli başkalaşım ve genç yaşlı tortul kayaların oluşmasından sonra alümino silikatların gözenek suyu ile tepkimesi sonucu oluştuğu düşünülmüştür. Volkanik canlıların çoğu, doğal zeolitlerin oluşumu için gerekli alümino silikat ortamlardır. Bunun dışında kil mineralleri feldspatlar, Al-Si jelleri de uygun koşullarda zeolitlere dönüşebilirler [7,9].

2.3. Zeolitlerin Sınıflandırılması

Zeolit minerallerinin sınıflandırılması konusunda kesin bir fikir birliği bulunmamaktadır. Ancak, D.W.Breck tarafından ikincil yapı birimleri ve iskelet yapıları birleşimi temel alınarak bir sınıflandırma yapılmıştır [10]. Sınıflandırma bakımından; **analsim, şabazit, natrolit, filipsit, hoylandit, mordenit** yaygın bulunan minerallerdir [2].

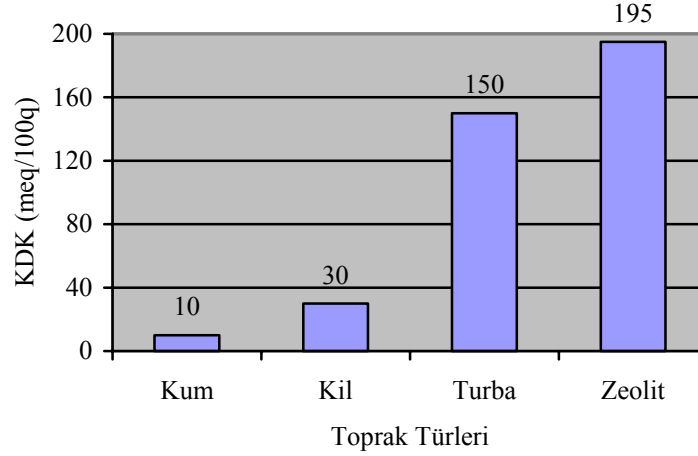
2.4. Doğal Zeolitler

2.4.1. Doğal Zeolitlerin Özellikleri

Doğal zeolitlerin kullanımında; mineral tipi kimyasal yapısı (Çizelge 2.1), iç yüzey alanı, boşluk hacmi ve boyutu, tane boyutu ve bunlara bağlı olarak katyon değişimi (Şekil 2.1) ve adsorpsiyon kapasiteleri önemli özelliklerdir.

Çizelge 2.1 :Doğal Zeolitin (Klinoptilolit) Kimyasal Yapısı [15]

Kimyasal yapısı	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	H ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Ti	Ag	B (ppm)
%	71,29	13,55	1,15	3,50	5,90	1,96	0,70	0,60	0,02	0,04	30



Şekil 2.2 Bazı Toprak Türleri ve Zeolitlerin Katyon Değişim Kapasiteleri [15]

Zeolitler, düşük kısmi basınçlarda bile yüksek adsorpsiyon kapasitesine sahiptirler. Bu durum, toplam hacimlerinin % 50'sini boşlukların ve toplam yüzey alanlarının yaklaşık % 90'ını geniş iç yüzey alanlarının oluşturmasıyla açıklanabilir. Ayrıca uniform gözenek boyutları ve seçicilik özelliği nedeniyle diğer ticari adsorplayıcılar (silika jel, aktif karbon) arasında en önemli yeri tutmaktadır. Silika jel ve aktif karbon gibi adsorplayıcıların gözenek boyutları 10Å ile 100Å gibi çok geniş aralıkta değişirken, zeolit kristal yapısına bağlı olarak 3Å ile 13Å arasında kanal çaplarına sahiptir [11].

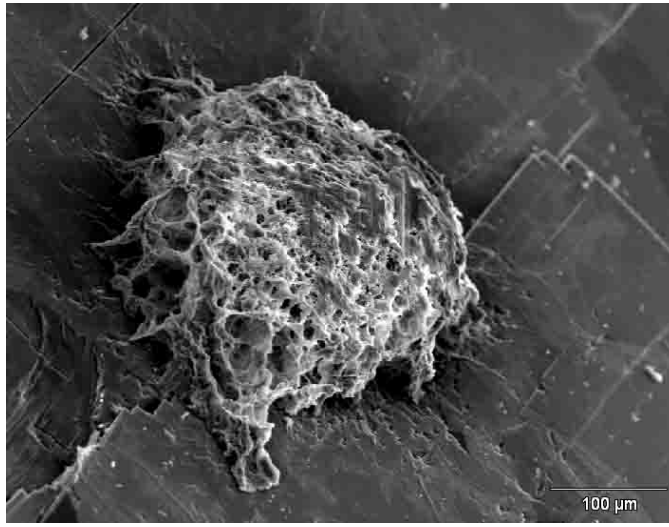
Zeolitlerdeki SiO₂/AlO₂ mol oranının yüksek olması onların ısıya karşı dayanıklı olduklarını göstermektedir. Zeolitler, kanal yüzeylerinde adsorplanmış suyu 120⁰C-200⁰C'de, kristal suyunu ise yaklaşık 700⁰C'de atabilmektedir. Aynı zamanda zeolitler, asit ile etkileştiklerinde, iç gözeneklerinin büyümesinin yanı sıra gözenekler daha homojen bir şekil alabilirler [5].

Fizikokimyasal özelliklerinden dolayı, bitki yetiştirme ortamı ve toprak düzenleyici olarak, tarımcıların uzun zamandır ilgisini çeken ve doğada pek çok

çeşidi olan zeolitin tarımda yalnız klinoptilolit türü kullanılmaktadır. Klinoptilolitin yüksek bir amonyum değişim kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir [1,2].

2.4.2. Klinoptilolit

Klinoptilolit, doğal zeolit sınıflarından biri olan ve temel yapı formülü ve şekli aşağıda verilen hoylandit grubuna girmektedir.



Şekil 2.3. Klinoptilolitin mikroskop görüntüsü [12]



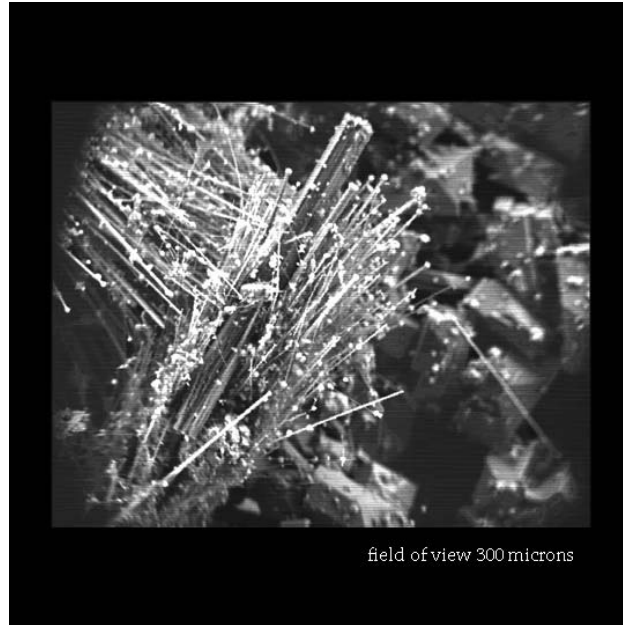
Hoylandit, zeolit olarak ilk defa tanımlanan bir mineraldir. Dünyadaki zeolit tüfleri arasında en yaygın olan ve yüksek oranda silis içeren bir mineraldir. Bir çok ülkede geniş rezervlerinin bulunması ve yüksek adsorpsiyon, iyon değişimi, kataliz ve dehidrasyon gibi önemli özelliklere sahip olması nedeni ile araştırmalarda tercih sebebi olmaktadır. Hoylanditin kristal yapısı monoklinik, 8 halkalı kanal genişliği $4,0 \times 5,5 \text{ \AA}$ 'dur. 10 halkalı yapıda bu değer $4,4 \times 7,2 \text{ \AA}$ 'a çıkar. Sertliği 3,5 - 4, yoğunluğu $2,18-2,2 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Camsı bir görünümü vardır. Renksiz veya sarı, kırmızı renklere olabilir. %9,2 CaO, %16,8 Al_2O_3 , %59,2 SiO_2 , %14,8 H_2O 'nun bileşiminden oluşur. H_2O molekülleri bakımından zengin

olan minerallerde su miktarı 30 mole kadar çıkabilir. Kristal özgül ağırlığı 1,69 g/cm³, kinetik çapı 2,6Å'dır. Eğer 130°C'de dehidratlanırsa, adsorplayacağı en büyük molekül NH₃'tür [13,14].

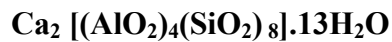
Toprakta azotlu gübrenin yıkanma ve NH₃ gazı şeklinde yitirildiği bilinmektedir. Buna karşın zeolitin amonyuma karşı olan yüksek seçiciliği ve amonyum değişim kapasitesi yüksekliği nedeni ile azotlu gübrenin yıkanmasını azalttığı ifade edilmektedir. Doğal zeolitlerin önemli derecede nem çekme eğilimi de bulunmaktadır. Bu nedenle kolaylıkla su absorbe edebilmektedirler. Ayrıca, kristal yapıları ve nem çekme özellikleri bozulmadan adsorladıkları suyu geri verebilmektedirler. Bu özellikleri nedeni ile aktive edilmiş doğal zeolitler, desikant (nem çekici) olarak yaygın şekilde kullanılmaktadırlar [15].

2.4.3. Eriyonit

Eriyonit, doğal zeolit sınıflarından biri olan ve temel yapı formülü ve şekli aşağıda verilen şabazit grubuna girmektedir.



Şekil 2.4.Eriyonitin mikroskop görüntüsü [19]



Kristal sistemi rombohedraldir.Sertliği 4-5,yoğunluğu 2,05-2,10 g/cm³ ,8 halkalı kanal genişliği 3,7 x 4,2 Å ve 6 halkalı kanal genişliği 2,6 Å'dur.Kristal boşluğu %47, Sİ/Al oranı 1,6-3 arasındadır.Genelde Ca⁺² iyonları iğerren yapı bazen Na⁺ ve K⁺ iğerebilir [13].

2.5. Doğal Zeolitlerin Kullanım Alanları

Son yıllarda önemli bir endüstriyel hammadde durumuna gelen doğal zeolitler; kirlilik kontrolü, enerji, tarım, hayvancılık, maden-metalürji ve diğer alanlar olmak üzere, farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Örneğin, Japonya 1960'lı yıllarda, mevcut olan 100,000 tonluk zeolit üretiminin büyük kısmını kağıt sanayisi ve tarımda, Küba 1982 yılında 20,000 ton zeoliti tarım sektöründe, ABD 1990 yılındaki 15,500 ton'luk zeolit üretiminin çoğunu yem katkı maddesi olarak su kültürlerinde ve tarımda kullanmıştır [15].

2.5.1. Tarım Sektörü

Zeolitli tüfler, gübrelerin kötü kokusunu gidermek, nem içeriğini kontrol etmek ve asitli toprakların pH'nın yükseltilmesi amacıyla, uzun yılardan beri kullanılmaktadır.

a-Gübreleme ve Toprak Hazırlığı

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 biçimde kullanılması sağlanmaktadır. Klinoptilolitin nem absorblama özelliğinden dolayı, gübrelerde depolama sırasında oluşan pişme ve sertleşme de önlenmektedir [15].

b-Tarımsal Mücadele

Doğal zeolitlerin iyon değiştirme ve absorblama kapasitelerinin yüksekliğinden dolayı tarımsal mücadelede, ilaç taşıyıcı olarak yararlanılmaktadır.

c-Toprak Kirliliğinin Kontrolü

Doğal zeolitlerin katyon seçme ve değiştirme özelliklerinden, sadece besleyici iyonların bitkiye aktarılmasında faydalanılmayıp, aynı zamanda beslenme zincirlerinde Pb-Cd-Zn-Cu gibi istenmeyen bazı ağır metal katyonlarının tutulmasında da yararlanılabilir.

d-Organik Atıkların İşlenmesi

Doğal zeolitler dışkıların kötü kokusunun giderilmesinde, nem içeriklerinin kontrolünde ve dışkıların oksijensiz ortamda çürümesiyle oluşan metan gazinin diğer gazlardan ayrılmasında kullanılmaktadır [15].

2.5.2. Peyzaj Çalışmaları

Çim sahaları tesis edilirken veya mevcut çim sahalarının ıslahında zeolitlerin başarı ile kullanıldığı belirtilmektedir. Çim sahalar oluşturulurken toprağın havalandırılması aşamasında, çimin köklerinin bulunacağı derinliğe maksimum miktarda zeolit karıştırılır. Mevcut çim sahalarda ise, daha ince tanecikli zeolit yüzeyden uygulanır. Uygulanan zeolit çimlerin köklerinde biriktikçe toprağa ilave edilen besin maddelerinin daha etkin kullanımı sağlanmaya başlar [15].

Çim sahalarında zeolit kullanımının başlıca avantajları şunlardır:

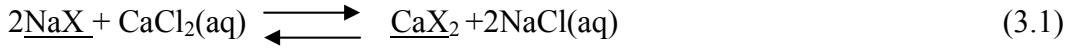
- Çimler için gerekli suyun daha uzun süre toprakta kalmasını sağlar,
- Toprağın katyon değiştirme yeteneğini artırır,
- Toprağın su ve hava geçirgenliğini artırır,
- Tarım ilacı kullanım miktarını azaltır,
- Toprağın fiziksel özelliklerini artırır,
- Çim köklerinin oluşumunu hızlandırır ve iyileştirir,

- Gübrenin ve besin maddelerinin suyla yıkanıp uzaklaşmasını dolayısıyla yer altı sularına karışmasını azaltır,
- Gübre kullanımını azaltarak evre kirliliğinde önleyici fonksiyon görür [15].

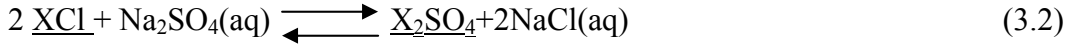
3. İYON DEĞİŞİMİ

3.1. İyon Değişimi

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 **amfoterik iyon değiştiriciler** adını alır. Eş. (3.1) ve Eş. (3.2)'de tanımlanan kimyasal reaksiyonlar sadece değişebilir iyonları içerecek şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir. Tipik bir **katyon değişim reaksiyonu**



şeklinde olup tipik bir **anyon değişim reaksiyonu** ise;



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

Örneğin Eş (3.1), 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, çözüldüğü Ca^{+2} iyonlarının yer değiştirilmesini sağlar. Değişebilir Na^+ iyonlarını içeren iyon değiştiricinin Na^+ formunda olduğu söylenebilir. Eş. (3.1)'deki işlemde başlangıçta Na^+ formundaki katyon değiştiricinin, Ca^{+2} formuna tam dönüşümü, kalsiyum tuzu çözeltisinin, iyon değiştiriciyle işleme girmesiyle gerçekleştirilmektedir.

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 çöztisiyle **rejenere** edilebilir. **Rejenerasyonda** Eş (3.1) deki işlem tersine çalışır ve iyon değiştirici Na^+ formuna yeniden dönüşür [8].

İyon değişimi, **sorpsiyonu** kapsar. Her iki durumda da çözünen iyonlar katı tarafından tutulurlar. İyon değişimi ve sorpsiyon arasındaki temel fark şudur: Sorpsiyonun tersine, iyon değişimi **stokiyometrik** işlemdir. Çöztiden uzaklaşan her iyon, aynı işaretleli diğer iyonik türlerin eşdeğer miktarıyla yer değiştirir. Sorpsiyonda ise, elektrolit veya elektrolit olmayan çözünen, diğer iyon türleriyle yer değiştirmeksizin tutulurlar.

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

İyon değiştirici, gözeneklerinde, karşıt iyonların yüzdüğü bir sünger görüntüsü sergiler. Sünger bir çözeltiye batırıldığında, karşıt iyonlar gözenekleri terk edebilirler. Bu işlemde elektriksel nötrlüğün korunması gerekir. Süngerin elektriksel yük fazlalığı, her an, gözeneklerdeki karşıt iyonların stokiyometrik olarak eşdeğer sayısıyla 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 çözeltisine temas ettirilirse A karşıt iyonları 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 [8].

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

Elektrolitin sorpsiyonu, 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 değiştiricinin 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.



Yukarıdaki eşitliklerde üstü çizili nicelikler 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.

3.2. İyon Değişim İşlemleri

İyon değişiminde yararlanılan başlıca işlemler;

- 1) Yığın (batch) işlemi,
- 2) Kolon işlemi şeklindedir.

3.2.1. Yığın (batch) İşlemi



C_1 karşıt iyonlu formdan, C_2 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 gerçekteştirilmelidir [8].

3.2.2. 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'larla 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 BY çözeltisiyle bütün yatak, dengede olacaktır.

Giren çözülideki 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 [8].

3.3. İyon Değiştirici Olarak Zeolitler

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

İyon değiştirici olarak, zeolitlerin kullanılmasında bazı elverişsizlikler söz konusu olabilmektedir. Başlıca elverişsizlik, kolon işlemlerine uygun olmayan görünümüdür. Sentetik zeolitler normal olarak, 0,1-10 µm aralıktaki parçacık boyutlarında kristalleşir. Bu büyüklükteki parçacıklardan oluşan yataktan bir sıvının geçişi oldukça zordur. Buna karşın doğal zeolitlerde böyle bir elverişsizlik yoktur. Bu nedenle, özellikle klinoptilolit, büyük boyutlu kolonlarda giderek artan şekilde kullanılmaktadır. İyon değiştirici olarak zeolitlerin 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 alüminyum 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.

4. TARIM UYGULAMALARINDA ZEOLİTLERİN KULLANIMI

4.1. Tarımda Zeolit Uygulamalarından Örnekler

Doğan ve Küçükçakar (1987), yaptıkları çalışmada doğal kaynaklarımızdan zeolitin tarımsal amaçlarla kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Bir çeşit zeolit olan klinoptilolitin toprağın su tutma kapasitesi ile patates, fasulye ve buğday verimine etkisini incelemişlerdir. Fasulye, patates ve buğday denemelerinde toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizlerde saptanan değişikliklerin zeolitin etkinliği yönünden önemli olmadığı sonucuna varılmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; uygulanan zeolit dozlarının tarla koşullarında toprağın su tutma kapasitesi ve adı geçen bitkilerin verimi üzerine etki etmediği saptanmıştır.

Cattivello (1995), ticari yetiştirme ortamına zeolit ilavesinin marul, domates ve kavun fide üretimi ile saksılı siklamen ve çuha çiçeğinin üretimine etkisini incelemiştir. Kompostun fiziksel özelliklerinde fark edilebilir değişiklikler saptanmış olmakla birlikte zeolitin marul, domates ve kavunun fide kalitesini ve tarladaki verimlerini arttırmamıştır. Çuha çiçeğinde % 7 oranında zeolit ilavesi çiçek sayısını önemli derecede arttırmıştır. Siklamende ise % 7 oranında zeolit ilavesi sürgün çapı ve çiçek sapı yüksekliğini arttırmıştır.

Baikova ve Semekhina (1996), doğal zeolitin serada hıyar yetiştiriciliğine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada bir çeşit zeolit olan klinoptilolit ve klinoptilolitin toprakla olan karışımları kullanılmıştır. Dört yılın sonunda zeolit substratlarının pH'sı yaklaşık 2 birim kadar düşmüştür, tuz konsantrasyonunda da azalma görülmüş, fakat değişebilir potasyum, magnezyum ve kalsiyum miktarının pek değişmediği ve sodyum miktarının azaldığı ve sonuçta tuzlanma tehlikesinin azaldığı saptanmıştır. Ayrıca zeolitde yetişen bitkilerin meyvelerinde nitrat oranının daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Loboda (1999), serada biber yetiştiriciliğinde zeolit kullanımının etkisini araştırmıştır. Sonuçlar zeolitin fizikokimyasal oranlarıyla organik toprağı geride bıraktığını ve gübreleme masrafını yarıya indirdiğini fark ederek, zeolit

kullanımıyla biber kalitesinde ve üretiminde önemli derecede yükselme olduğunu, nitrat konsantrasyonunun azaldığını saptamıştır.

Öztan (2002), substrat kültürü ile hıyar yetiştiriciliğinde organik gübre kullanımı olanaklarını araştırdığı çalışmada, substrat olarak perlit + zeolit, tuf + zeolit kullanmıştır. Yetiştirme ortamına zeolit ilavesinin verime etkisinin olmadığı ancak gerek perlit gerekse tüfe ilave edilen zeolit miktarının % 25'den % 50'ye artırılması ile birlikte ortamdaki yıkanan potasyum miktarı azalmıştır.

Ayan (2002), zeolitin orman ağacı fidan üretimi ve ağaçlandırma çalışmalarında kullanılmasının olası faydalarını irdelemiş ve zeolitin toprağa eklenmesi sonucunda su rejimini düzelttiğini, bitki besin maddelerinin yıkanmasını engellediğini belirtmiştir.

Eroğul (2002), baş salata yetiştiriciliğinde topraksız ortam olarak zeolit ve perliti karşılaştırmıştır ve yetiştirme ortamına zeolit ilavesinin artışı ile birlikte bitki ağırlığının doğrusal olarak arttığını saptamıştır. Bitkilerin element içerisine etkisini incelediğinde, zeolit oranının artışı ile birlikte potasyum içeriğinin arttığını belirlemiştir.

Yılmaz (2005), Sivrihisar-Eskişehir Yukarı Kepen köyünde gerçekleştirdiği çalışmada, domates yetiştiriciliğinde, çeşitli doğal ve iyonik formda zeolitler kullanarak, bitki verimi ve kalitesi üzerinde olumlu etkiler olduğu sonucunu elde etmiştir.

4.2. Çinko Eksikliğinin İnsanlar ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Çinko; bitki, hayvan ve insanların, çok düşük miktarda ihtiyaç duyduğu ve alınması mutlak gerekli bir mikro elementtir.

Dünyada tüm tarım alanlarının %30'unda, Türkiye'de ise % 49.8'inde çinko noksanlığının bulunduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir. Ülkemizde yaklaşık 14 milyon hektar tarım alanında çinko eksikliği görülmekte ve bu alanın

büyük bölümü Orta Anadolu'da bulunmaktadır. Orta Anadolu Bölgesinde tarım topraklarının %60'ında çinko kapsamı yeterli sınır kabul edilen 0.5 ppm'in altındadır [16].

Yetişkin ve sağlıklı bir insanın vücudunda toplam çinko miktarı 2g dolayında olup, günlük çinko gereksinimi ortalama 15-20 mg'dır. Yaklaşık 70 yıllık bir yaşam süresi boyunca insan vücuduna, besinlerle, 400 g dolayında çinko girişi olmaktadır.

Beslenmede kullanılan maddelerde hem çinko miktarının düşük olması hem de var olan çinkonun vücutta biyolojik olarak kullanılabilirliğinin sınırlı olması, insanlarda çinko eksikliğinin ortaya çıkışını hızlandırmaktadır. İnsanlarda çinko eksikliği büyüme ve ağırlık kazancında önemli düşüşlere yol açmaktadır. Ayrıca çinko eksikliği, zeka gelişiminde eksikliklere, merkezi sinir sisteminde anormal oluşumların ortaya çıkmasına, saç dökülmesine, tat duyusunun azalmasına, sinir sisteminin zayıflamasına ve bir takım deri hastalıklarının ortaya çıkmasına da neden olmaktadır [17].

Bitkilerde çinko eksikliği; yetiştirilen bitkiye, toprağın yapısına ve iklimin gidişine göre değişik şekil ve derecelerde ortaya çıkabilmektedir. Genel olarak büyümede gerilik ve bodurlaşma, yapraklarda küçülme, renk değişmesi, kuruma, dökülme, çiçek sayısında azalma ve erken çiçek dökümü, tane sayısında ve iriliğinde azalma, az meyve tutma, meyvelerde lekelenme ve şekil bozuklukları en çok görülen belirtilerdir. Ayrıca çinko noksanlığı, bitkinin toprak nemini alma kabiliyetini azaltarak, kök gelişimini geriletir.

Sağlıklı bir bitkinin yapraklarında bir kilogram kuru maddede en az 20 miligram çinko olmalıdır. Bu miktar 10 miligramın altına indiğinde, bitkinin büyümesinde, dolayısıyla veriminde, büyük ölçüde düşmeler meydana gelmektedir [18].

Bitkilerin topraktan çinko alımını engelleyen etmenler, başta Türkiye olmak üzere dünya'da birçok ülkenin topraklarında varlığını ve etkinliğini

sürdürmektedir [18]. Çinko noksanlığı nohut yetiştirilen pek çok bölgede yaygın olup, buralarda gelişme dönemi boyunca çinko noksanlığı ve su yetersizliğinden sıkıntı çekilebilmektedir.

Gerek nohutun insan beslenmesindeki rolü, gerekse çinkonun insan sağlığı açısından önemi birlikte düşünüldüğünde, noksan olması halinde çinkonun gübreleme yoluyla bu eksikliğin giderilmesi gerekmektedir. Gübrenin taşıyıcısı olan bir araç olarak, doğal zeolitlerin kullanılabilirliği konusundaki çalışmalara son yıllarda rastlanmaktadır. Çinko eksikliğin giderilmesinde zeolitinde taşıyıcı olarak kullanılabilirliği üzerinde yapılmış bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasında bu konudaki boşluğa bir katkı sağlanması düşünülmüştür.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Zeolit Numunelerinin Hazırlanması

Gördes Yöresi klinoptilolitinin Zn^{+2} formu ısıtmasız yığın yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır.

İyon değişim işleminde kullanılacak olan 1N lik tuz çözeltisi 1000 ml saf su ve 68,145g $ZnCl_2$ tuzu kullanılarak hazırlanmıştır. 1 N'lik çözeltiliye ait çözünen madde ($ZnCl_2$) miktarı,

$$m = NeV / 1000 \quad (4.1)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada m; gram cinsinden çözünen madde miktarı, N; çözeltilinin normalitesi, V; mililitre cinsinden çözeltilinin hacmi ve e; çözünen maddenin eşdeğer gramıdır.

Hazırlanan çözelti içerisine 300 mesh büyüklüğüne kadar öğütülmüş klinoptilolit konulmuştur. Klinoptilolit çözeltide tutulma süresi 72 saattir. Bu süre sonunda çözelti süzülerek Zn^{+2} formundaki zeolit saf su ile yıkanmıştır ve doğal haldeki zeolit ile birlikte $110^{\circ}C$ 'de 16 saat süreyle etüvde kurutulmaya bırakılmıştır.

5.2. Materyal ve Metod

5.2.1. Deneme materyali

AKÇİN91: Orta erkenci bir nohut çeşidi olup, olgunlaşma süresi 110-115 gündür. Kurağa dayanıklı olup verimi yüksektir. 1000 tane ağırlığı 400 g'dır. Taneler krem rengindedir.

5.2.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin Eskişehir'in merkezinde bulunan araştırma ve uygulama tarlalarında deneme yeri olarak seçilen alanın toprakları %2,46 organik madde, %4 kireç

içermekte ve tuzsuz killi-tınlı ve hafif alkali (pH 8.0) bir yapıdadır. Eskişehir Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan analiz sonuçlarına göre deneme yerinin toprak özellikleri Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’de gösterilmiştir

Çizelge 5.1 Deneme Yeri Topraklarının Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

		PH	Total		Organik	Bitkilerde Yarayışlı	
Derinlik	Doymuşluk	Doymuş	Tuz	Kireç	Madde	Fosfor	Potasyum
cm.	(işba)%	toprakta	%	%	%	P2O5 kg/da	K2O kg/da
	59	8,0	0,098	4,00	2,46	9,16	205,90
0-30	55	8,1	0,100	4,00	2,66	10,19	229,80
30-60	55	8,1	0,087	8,00	2,56	8,19	221,70

Çizelge 5.2 Deneme Yeri Topraklarının Mikroelement Analiz Sonuçları

Cu(ppm)	Mn(ppm)	Fe(ppm)	Zn(ppm)
0,59	2,31	0,29	0,24
0,31	2,57	0,99	0,22
0,29	2,02	0,39	0,21

5.2.3. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Deneme 17.04.2006 tarihinde, tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre, 4 tekerrür olarak, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma tarlasında kurulmuştur. Denemede, zeolitler parsellere tesadüfi olarak dağıtılmıştır. Çinko kaynağı olarak çinko klorür ($ZnCl_2$) kullanılmıştır. Zeolit uygulaması, kontrol (0 kg/da), 0.5 kg/da, 1 kg/da, 1,5kg/da olarak üç farklı miktarda, toprağa, ekimle birlikte yapılmıştır.

Toplam parsel alanı $7 m^2$ olup, çeşitlerin ekildiği parseller 5m, 4 sıra, sıra arası 30 cm, sıra üzeri 20 cm olarak alınmıştır. Ekim 5- 6 cm derinliğe elle yapılmıştır. Ekim sırasında kullanılan tohum miktarı her 5 m'lik sıraya 25 adet gelecek şekilde düzenlenmiştir. Parsel alanına ekim öncesi serpmeye olarak, dekara 6 kg saf fosfor ve 4 kg saf azot gelecek şekilde gübre verilmiştir. Yabancı ot mücadelesi elle ve çapa yardımıyla yapılmıştır.

5.2.4. Araştırma Boyunca Yapılan Gözlem ve Ölçümler

Hasat öncesinde her parselin ortadaki iki sırasından tesadüfi olarak seçilen 10'ar bitkide, aşağıdaki özelliklere ilişkin ölçümler yapılmıştır.

1. Bitki Boyu

Toprak seviyesi ile bitkinin en uç noktası arasındaki mesafe "cm" olarak ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır.

2. İlk Bakla Yüksekliği

Bitkinin yere en yakın baklası ile toprak seviyesi arasındaki mesafe "cm" olarak ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır.

3. Bakla Sayısı

Bitkilerde bulunan tüm baklalar sayılmış ve ortalamaları alınmıştır.

4. Bitkide Tane Sayısı

Bitkilerden elde edilen tüm taneler sayılmış ve ortalamaları alınmıştır.

5. Bitki Ağırlığı

Toprak seviyesinden kesilerek alınan her bitki ayrı ayrı tartılarak gram cinsinden ortalamaları alınmıştır.

6. Bitkide Toplam Tane Ağırlığı

Bitkilerin her birinden elde edilen taneler ayrı ayrı tartılarak gram cinsinden ortalamaları alınmıştır.

5.2.5. İstatistiksel Analiz ve Değerlendirmeler

Araştırmada tüm özelliklere ait değerlendirmeler " Faktöriyel Deneme Deseni"ne göre, EXCEL bilgisayar programından yararlanılarak yapılmıştır. Etkili farkları görmek için "F" testi kullanılmış ve değişim katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen bütün varyans sonuçları çizelgeler ile gösterilmiştir. Bu çizelgelerde, serbestlik derecesi (Sd), kullandığımız materyalin bir eksik değerini; karelerin toplamı (KT), her bir değişkenin ortalama etrafındaki dağılımını; karelerin ortalaması (KO), KT'nın serbestlik derecesine bölünmesi ile elde edilen değeri; bulunan değer (F_b), her bir KO'nın hata kareleri ortalamasına bölünmesi ile elde edilen değeri; (F_c) cetvel değerlerini göstermektedir.

6. ELDE EDİLEN ÜRÜNLE İLGİLİ ANALİZLER

6.1. Bitki Boyu

Farklı miktarlarda uygulanan doğal zeolit ve çinko formundaki zeolitin toprağa ilavesi ile elde edilen varyans analiz sonuçları Çizelge 6.1.1' de gösterilmektedir. Bakla sayısı ortalamaları ve artış oranları ise, Çizelge 6.1.2, Çizelge 6.1.3, Çizelge 6.1.4' de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklar ise Şekil 6.1.1, Şekil 6.1.3 ve Şekil 6.1.4'te sütun grafikleri şeklinde verilmiştir.

Doğal zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitki boyu 30,27cm, çinko formundaki zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitki boyu 29,45 cm olarak bulunmuştur. Zeolit uygulamaları ile birlikte bitki boylarında çeşitli oranlarda değişimler olmuş ve bu değişimler uygulanan zeolitin doğal olmasına ve çinko formunda olmasına göre farklılık göstermiştir. En yüksek boy artışı doğal haldeki zeolitin uygulandığı parsellerde, 70g doğal zeolit uygulanmasında saptanmıştır. Bu miktarda bitki boyundaki artış %10,34 olarak belirlenmiştir.

Çinko formundaki zeolitin uygulandığı parsellerdeki en yüksek boy artışı 140 g miktarında olmuştur. Buradaki artış ise %39,21 oranındadır.

Aynı miktarlarda doğal zeolitin ve çinko formundaki zeolitin uygulandığı parselleri karşılaştırdığımızda en yüksek boy artışının 70 g miktarında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.1.1. Zeolit ve Çinko Formundaki Zeolitin Bitki Boyuna Ait Varyans Analiz Sonuçları

	Sd	KT	KO	Fb	Fc%5	Fc%1
Tekerrür	3	12,57	4,19	1,14		
Kom	7	602,06	86,00			
Çinko	1	22,60	22,60	61,02**	4,32	8,02
Zeolit	3	276,13	92,04	25,23**	3,07	4,87
Kontrol ve Dozlar	1	268,67	268,67	73,65**	4,32	8,02
Dozlar	2	7,46	3,73	1,02	3,47	5,78
ÇinkoxZeolit	3	103,32	34,44	9,44**	3,07	4,87
Hata	21	76,60	3,64			

(**) : %1 düzeyinde önemli

(*) : %5 düzeyinde önemli

Çizelge 6.1.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Boyundaki Artış Oranları

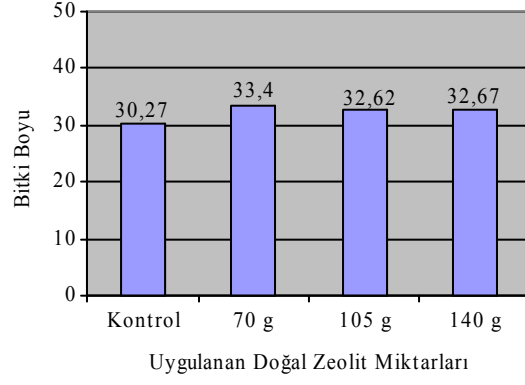
Uygulanan Doğal Zeolit Miktarı (g)	Bitki Boyu (cm)	%Artış
0	30,27	
70	33,4	10,34
105	32,62	7,76
140	32,67	7,92

Çizelge 6.1.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Boyundaki Artış Oranları

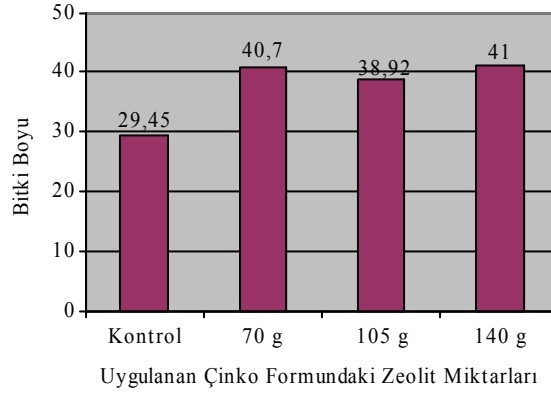
Uygulanan Çinko Formundaki Zeolit Miktarı (g)	Bitki Boyu (cm)	%Artış
0	29,45	
70	40,7	38,20
105	38,92	24,33
140	41	39,21

Çizelge 6.1.4. Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Boyundaki Oranlarının Karşılaştırılması

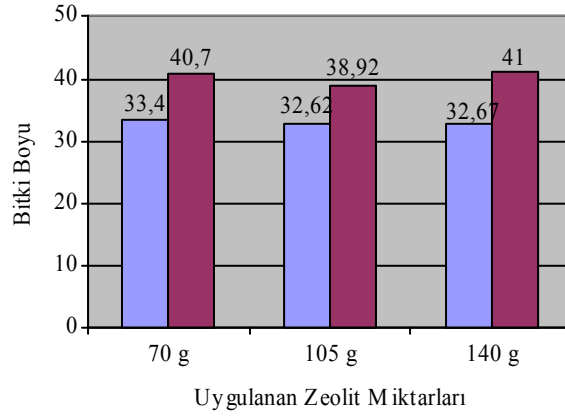
Uygulanan Miktarlar (g)	Bitki Boyu (Zeolit)	Bitki Boyu (Çinko Formundaki Zeolit)	Bağlı Artış Oranı (%)
0	30,27	29,45	2,72
70	33,4	40,7	21,85
105	32,62	38,92	19,31
140	32,67	41	20,30



Şekil 6.1.1. Çizelge 6.1.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.1.2. Çizelge 6.1.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.1.3. Çizelge 6.1.4. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi

6.2. Bitkide Bakla Sayısı

Farklı miktarlarda uygulanan doğal zeolit ve çinko formundaki zeolitin toprağa ilavesi ile elde edilen varyans analiz sonuçları Çizelge 6.2.1' de gösterilmektedir. Bakla sayısı ortalamaları ve artış oranları ise, Çizelge 6.2.2, Çizelge 6.2.3, Çizelge 6.2.4' de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklar ise Şekil 6.2.1, Şekil 6.2.3 ve Şekil 6.2.4' te sütun grafikleri şeklinde verilmiştir.

Doğal zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden ve çinko formundaki zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bakla sayısı 12 şer adet, olarak bulunmuştur. Zeolit uygulamaları ile birlikte bakla sayısında, çeşitli oranlarda değişimler olmuş ve bu değişimler uygulanan zeolitin doğal olmasına ve çinko formunda olmasına göre farklılık göstermiştir. En çok bakla sayısındaki artış, doğal haldeki zeolitin uygulandığı parsellerde, 105g doğal zeolit uygulanmasında saptanmıştır. Bu miktardaki bakla sayısındaki artış %50 olarak belirlenmiştir.

Çinko formundaki zeolitin uygulandığı parsellerdeki en çok bakla sayısındaki artış, 70g miktar uygulanması halinde olmuştur. Buradaki artış ise %258,3 oranındadır.

Aynı miktarlarda doğal zeolitin ve çinko formundaki zeolitin uygulandığı parselleri karşılaştırdığımızda en yüksek bakla sayısının artışının 70g miktar uygulanması halinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.2.1 Zeolit ve Çinkolu Zeolitın Bitkide Bakla Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları

	Sd	KT	KO	Fb	Fc%5	Fc%1
Tekerrür	3	30,81	10,27	0,95		
Kom	7	4946,4	706,62			
Çinko	1	2448,25	2448,25	227,40**	4,32	8,02
Doğal Zeolit	3	1503,43	92,04	8,54**	3,07	4,87
Kontrol ve Dozlar	1	1429,89	1429,89	132,81**	4,32	8,02
Dozlar	2	73,53	36,76	3,41	4,47	5,78
Çinko Formundaki Zeolit	3	994,71	331,57	30,79**	3,07	4,87
Hata	21	226,08	10,76			

(**) : %1 düzeyinde önemli

(*) : %5 düzeyinde önemli

Çizelge 6.2.2.Doğal Zeolitın Uygulanması Halinde Bakla Sayısındaki Artış Oranları

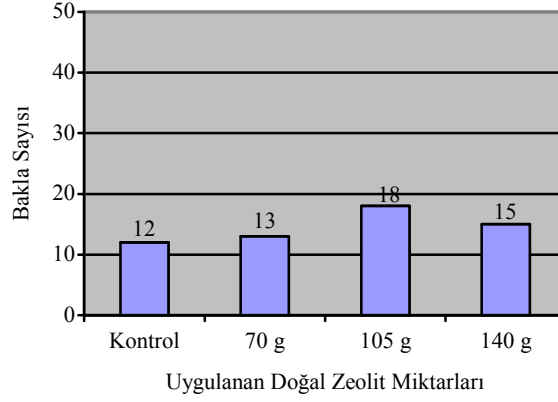
Uygulanan Doğal Zeolit Miktarı (g)	Bakla Sayısı	%Artış
0	12	
70	13	8,30
105	18	50,00
140	15	25,00

Çizelge 6.2.3. Çinko Formundaki Zeolitın Uygulanması Halinde Bakla Sayısındaki Artış Oranları

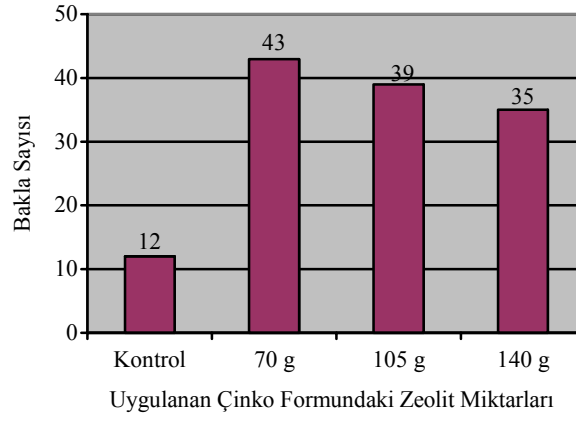
Uygulanan Çinko Formundaki Zeolit Miktarı (g)	Bakla Sayısı	%Artış
0	12	
70	43	258,30
105	39	225,00
140	35	191,60

Çizelge 6.2.4. Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitın Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması

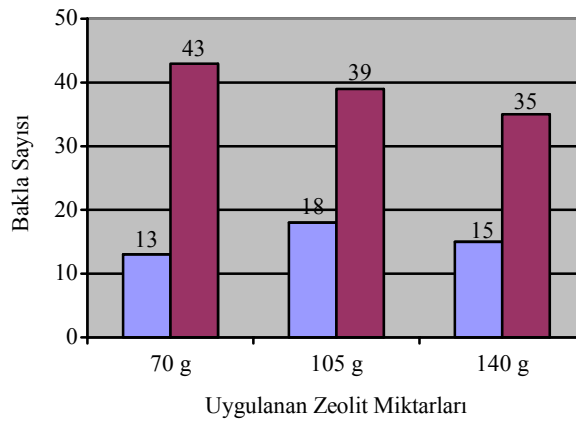
Uygulanan Miktarlar (g)	Bakla Sayısı (Zeolit)	Bakla Sayısı (Çinko Formundaki Zeolit)	Bağlı Artış Oranı (%)
70	13	43	229,52
105	18	39	113,69
140	15	35	131,15



Şekil 6.2.1. Çizelge 6.2.2 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.2.2. Çizelge 6.2.3 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.2.3. Çizelge 6.2.4 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi

6.3. Bitkide Tane Sayısı

Farklı miktarlarda uygulanan doğal zeolit ve çinko formdaki zeolit gübrelemesi ile elde edilen bitkide tane sayısına ait ortalamalar ve artış oranları tablo 6.3.1.' de, uygulamalar arasındaki farklar grafik 6.3.1. ,6.3.3. ve 6.3.4.' te, varyans analiz sonuçları tablo 6.3.2.' de verilmiştir.

Doğal zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitkide tane sayısı 13 adet, çinko formdaki zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitkide tane sayısı 12 adet olarak bulunmuştur. Zeolit uygulamaları ile birlikte bitkide tane sayısında çeşitli oranlarda değişimler olmuş ve bu değişimler uygulanan zeolitin doğal olmasına ve çinko form da olmasına göre farklılık göstermiştir. En çok bitkide tane sayısındaki artış doğal haldeki zeolitin uygulandığı parsellerde, 105 g doğal zeolit uygulanmasında saptanmıştır. Bu miktarda tane ağırlığındaki artış %46,15 olarak belirlenmiştir.

Çinko formdaki zeolitin uygulandığı parsellerdeki en çok tane sayısı artışı 105g miktarında olmuştur. Buradaki artış ise %233,3 oranındadır.

Aynı miktarlarda doğal zeolitin ve çinko formdaki zeolitin uygulandığı parselleri karşılaştırdığımızda en çok tane sayısı artışının 70 g miktarında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.3.1. Zeolit ve Çinkolu Zeolitin Bitkide Toplam Tane Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları

	Sd	KT	KO	Fb	Fc%5	Fc%1
Tekerrür	3	40,63	13,54	1,92		
Kom	7	4316,38	616,62			
Çinko	1	2096,28	2096,28	297,42**	4,32	8,02
Zeolit	3	1382,22	92,04	13,05**	3,07	4,87
Kontrol ve Dozlar	1	1315,72	1315,72	186,67**	4,32	8,02
Dozlar	2	66,50	33,25	4,71*	3,47	5,78
Çinko x Zeolit	3	837,87	279,29	39,62**	3,07	4,87
Hata	21	148,00	7,04			

(**) : %1 düzeyinde önemli

(*) : %5 düzeyinde önemli

Çizelge 6.3.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitkide Tane Sayısındaki Artış Oranları

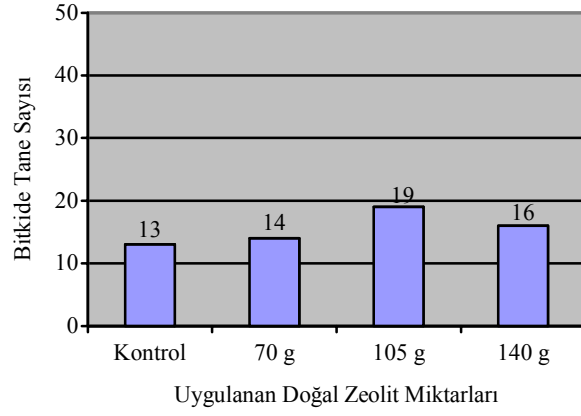
Uygulanan Doğal Zeolit Miktarı (g)	Bitkide Tane Sayısı	%Artış
0	13	
70	14	7,69
105	19	46,15
140	16	23,07

Çizelge 6.3.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitkide Tane Sayısındaki Artış Oranları

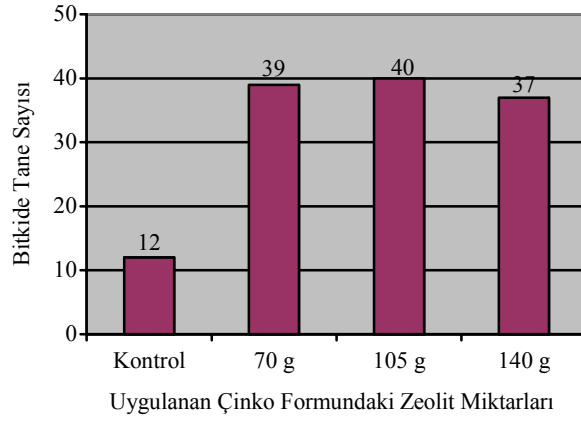
Uygulanan Çinko Formundaki Zeolit Miktarı (g)	Bitkide Tane Sayısı	%Artış
0	12	
70	39	225
105	40	233,33
140	37	208,33

Çizelge 6.3.4. Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması

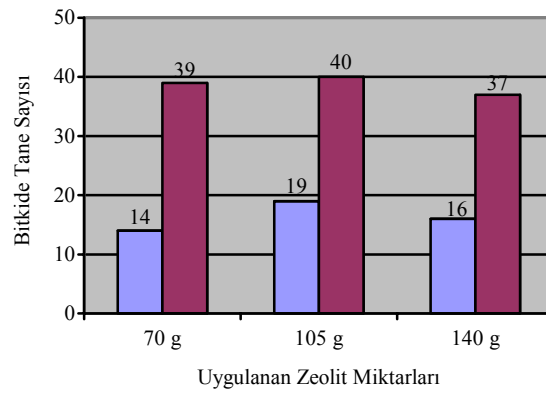
Uygulanan Miktarlar (g)	Bitkide Tane Sayısı (Zeolit)	Bitkide Tane Sayısı (Çinko Formundaki Zeolit)	%Artış
0	13,35	12	-10,11
70	14,1	38,5	173,04
105	19,17	40,5	111,26
140	16,12	36,5	125,80



Şekil 6.3.1. Çizelge 6.3.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.3.2. Çizelge 6.3.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.3.3. Çizelge 6.3.4. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi

6.4. Bitki Ağırlığı

Farklı miktarlarda uygulanan doğal zeolit ve çinko formundaki zeolitin toprağa ilavesi ile elde edilen varyans analiz sonuçları Çizelge 6.4.1' de gösterilmektedir. Bitki ağırlığına ait ortalamalar ve artış oranları ise, Çizelge 6.4.2, Çizelge 6.4.3, Çizelge 6.4.4' de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklar ise Şekil 6.4.1, Şekil 6.4.2 ve Şekil 6.4.3' te sütun grafikleri şeklinde verilmiştir.

Doğal zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitki ağırlığı 10,1 g , çinko formundaki zeolitin uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitki ağırlığı 10,04 g olarak bulunmuştur. Zeolit uygulamaları ile birlikte bitki ağırlığında çeşitli oranlarda değişimler olmuş ve bu değişimler uygulanan zeolitin doğal olmasına ve çinko formunda olmasına göre farklılık göstermiştir.En çok bitki ağırlığı artışı doğal haldeki zeolitin uygulandığı parsellerde, 105 g doğal zeolit uygulanmasında saptanmıştır. Bu miktarda bitki ağırlığındaki artış %52,97 olarak belirlenmiştir.

Çinko formundaki zeolitin uygulandığı parsellerdeki en çok bitki ağırlığı artışı 70 g miktarında olmuştur.Buradaki artış ise %320,51 oranındadır.

Aynı miktarlarda doğal zeolitin ve çinko formundaki zeolitin uygulandığı parselleri karşılaştırdığımızda en çok bitki ağırlığı artışının 70 g miktarında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.4.1. Zeolit ve Çinkolu Zeolitin Bitkide Bakla Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları

	Sd	KT	KO	Fb	Fc%5	Fc%1
Tekerrür	3	40,65	13,55	0,87		
Kom	7	4874,77	696,39			
Çinko	1	2399,34	2399,34	155,63**	4,32	8,02
Zeolit	3	1458,71	92,04	5,97**	3,07	4,87
Kontrol ve Dozlar	1	1369,64	1369,64	88,84**	4,32	8,02
Dozlar	2	89,06	44,53	2,88	3,47	5,78
ÇinkoxZeolit	3	1016,72	338,90	21,98**	3,07	4,87
Hata	21	323,73	15,41			

(**) : %1 düzeyinde önemli

(*) : %5 düzeyinde önemli

Çizelge 6.4.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Ağırlığındaki Artış Oranları

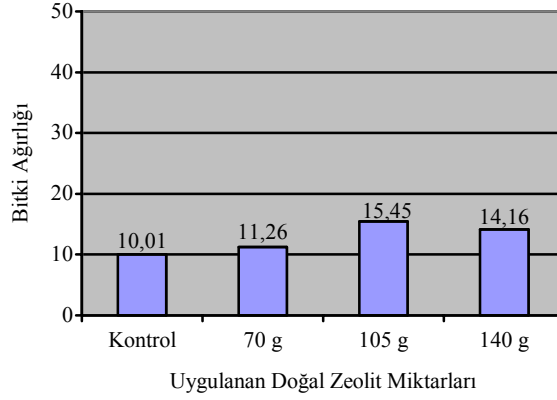
Uygulanan Doğal Zeolit Miktarı (g)	Bitki Ağırlığı (g)	%Artış
0	10,1	
70	11,26	11,48
105	15,45	52,97
140	14,16	40,19

Çizelge 6.4.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Ağırlığındaki Artış Oranları

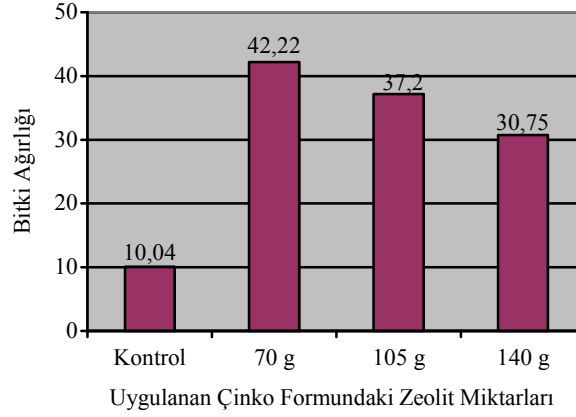
Uygulanan Çinko Formundaki Zeolit Miktarı(g)	Bitki Ağırlığı(g)	%Artış
0	10,04	
70	42,22	320,51
105	37,20	270,51
140	30,75	206,27

Çizelge 6.4.4. Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması

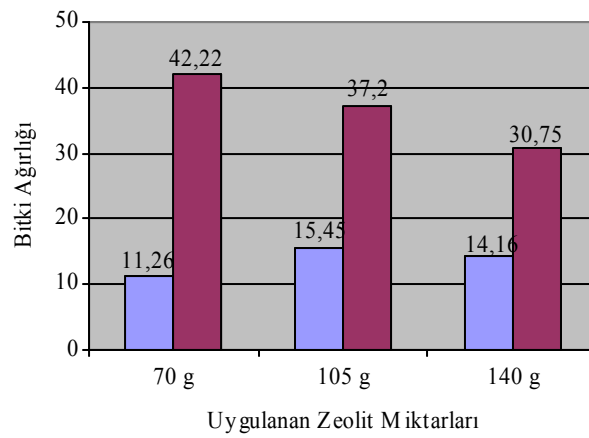
Uygulanan Miktarlar(g)	Bitki Ağırlığı (Zeolit)	Bitki Ağırlığı (ÇinkoFormundaki Zeolit)	Bağlı Artış Oranı (%)
0	10,1	10,04	0,59
70	11,26	42,22	274,95
105	15,45	37,20	140,77
140	14,16	30,75	117,16



Şekil 6.4.1. Çizelge 6.4.2 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.4.2. Çizelge 6.4.3 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.4.3. Çizelge 6.4.4 deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi

6.5. Bitkide Tane Ağırlığı

Farklı miktarlarda uygulanan doğal zeolit ve çinko formdaki zeolit gübrelemesi ile elde edilen bitkide tane ağırlığına ait ortalamalar ve artış oranları tablo 6.5.1.' de, uygulamalar arasındaki farklar grafik 6.5.1., 6.5.3. ve 6.5.4.'te, varyans analiz sonuçları tablo 6.5.2.'de verilmiştir.

Doğal zeolitın uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitkide tane ağırlığı 5.66 g, çinko formdaki zeolitın uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde bitkide tane ağırlığı 6.34 g olarak bulunmuştur. Zeolit uygulamaları ile birlikte bitkide tane ağırlığında çeşitli oranlarda değişimler olmuş ve bu değişimler uygulanan zeolitın doğal olmasına ve çinko form da olmasına göre farklılık göstermiştir. En çok bitkide tane ağırlığındaki artış doğal haldeki zeolitın uygulandığı parsellerde, 105 g doğal zeolit uygulanmasında saptanmıştır. Bu miktarda tane ağırlığındaki artış %30,38 olarak belirlenmiştir.

Çinko formdaki zeolitın uygulandığı parsellerdeki en çok tane ağırlığı artışı 70 g miktarında olmuştur. Buradaki artış ise %251,1 oranındadır.

Aynı miktarlarda doğal zeolitın ve çinko formdaki zeolitın uygulandığı parselleri karşılaştırdığımızda en çok tane ağırlığı artışının 70 g miktarında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6.5.1. Zeolit ve Çinkolu Zeolitin Bitki Tane Ağırlığına Ait Varyans Analiz Sonuçları

	Sd	KT	KO	Fb	Fc%5	Fc%1
Tekerrür	3	10,88	3,62	0,63		
Kom	7	1442,62	206,08			
Çinko	1	801,43	801,43	139,56**	4,32	8,02
Zeolit	3	367,94	92,04	16,02**	3,07	4,87
Kontrol ve Dozlar	1	342,38	342,38	59,62**	4,32	8,02
Dozlar	2	25,56	12,78	2,22	3,47	5,78
ÇinkoxZeolit	3	273,25	91,08	15,86**	3,07	4,87
Hata	21	120,58	5,74			

(**) : %1 düzeyinde önemli

(*) : %5 düzeyinde önemli

Çizelge 6.5.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Tane Ağırlığındaki Artış Oranları

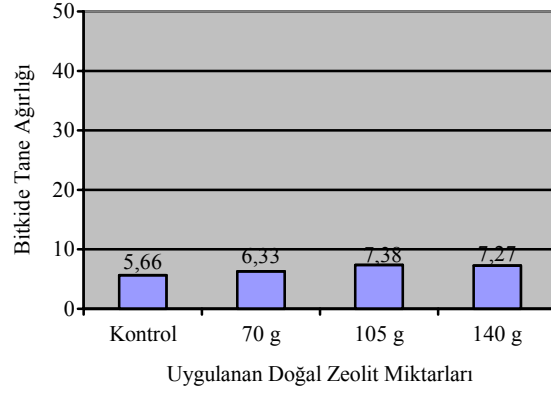
Uygulanan Doğal Zeolit Miktarı (g)	Bitkide Tane Ağırlığı (g)	% Artış
0	5,66	
70	6,33	11,8
105	7,38	30,38
140	7,27	28,44

Çizelge 6.5.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde Bitki Tane Ağırlığındaki Artış Oranları

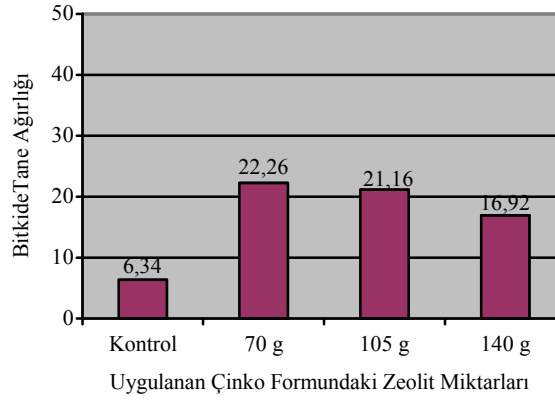
Uygulanan Çinko Formundaki Zeolit Miktarı (g)	Bitkide Tane Ağırlığı (g)	%Artış
0	6,34	
70	22,26	251,1
105	21,16	233,7
140	16,92	166,87

Çizelge 6.5.4. Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması

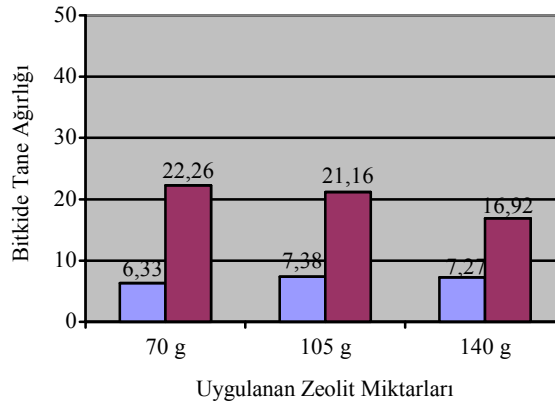
Uygulanan Miktarlar (g)	Bitki Tane Ağırlığı (g) (zeolit)	Bitki Tane Ağırlığı (Çinko Formundaki Zeolit)	Bağul Artış Oranı(%)
0	5,66	6,34	12,01
70	6,33	22,26	251,65
105	7,338	21,16	186,72
140	7,27	16,92	132,73



Şekil 6.5.1. Çizelge 6.5.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.5.2. Çizelge 6.5.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.5.3. Çizelge 6.5.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi

6.6. İlk Bakla Yüksekliği

Farklı miktarlarda uygulanan doğal zeolit ve çinko formundaki zeolit gübrelemesi ile elde edilen ilk bakla yüksekliği ortalamaları ve artış oranları tablo 6.6.1.'de, uygulamalar arasındaki farklar grafik 6.6.1. ,6.6.3. ve 6.6.4.'te, varyans analiz sonuçları tablo 6.6.2.'de verilmiştir.

Doğal zeolitın uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde ilk bakla yüksekliği 23,17 cm, çinko formdaki zeolitın uygulandığı kontrol parsellerinden alınan verilerde ilk bakla yüksekliği 22,5 cm olarak bulunmuştur .Zeolit uygulamaları ile birlikte ilk bakla yüksekliğinde çeşitli oranlarda artışlar ve azalışlar olmuştur. Doğal haldeki zeolitın uygulandığı parsellerde artış sadece 70 g doğal zeolit uygulamasında görölmüştür. Bu miktarda ilk bakla yüksekliğindeki artış %8,63 olarak belirlenmiştir.

Çinko formdaki zeolitın uygulandığı parsellerde azalış görölmemiştir. Bu uygulamada ilk bakla yüksekliğindeki artış 70 g ve 140 g miktarında %25,1 oranında olmuştur.

Aynı miktarlarda doğal zeolitın ve çinko formdaki zeolitın uygulandığı parselleri karşılaştırdığımızda ilk bakla yüksekliğindeki artış 70 g miktarında olduğu belirlenmiştir.Artış oranı %10,32'dir.

Çizelge 6.6.1. Zeolit ve Çinkolu Zeolitin Bitkide İlk Bakla Yüksekliğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

	Sd	KT	KO	Fb	Fc%5	Fc%1
Tekerrür	3	12,22	4,07	1,71		
Kom	7	49,16	7,02			
Çinko	1	6,93	6,93	2,91*	4,32	8,02
Zeolit	3	28,16	92,04	38,62**	3,07	4,87
Kontrol ve Dozlar	1	7,87	7,87	3,30*	4,32	8,02
Dozlar	2	20,29	10,14	4,25*	3,47	5,78
ÇinkoxZeolit	3	14,06	4,68	1,96*	3,07	4,87
Hata	21	50,03	2,38			

(**): %1 düzeyinde önemli

(*): %5 düzeyinde önemli

Çizelge 6.6.2. Doğal Zeolitin Uygulanması Halinde Elde Edilen Artış Oranları

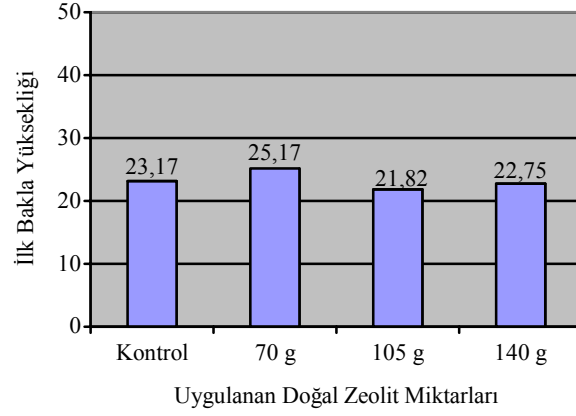
Uygulanan Doğal Zeolit Miktarı (g)	İlk Bakla Yüksekliği (cm)	%Artış
0	23,17	
70	25,17	8,63
105	21,82	-5,82
140	22,75	-1,81

Çizelge 6.6.3. Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halinde İlk Bakla Yüksekliğindeki Artış Oranları

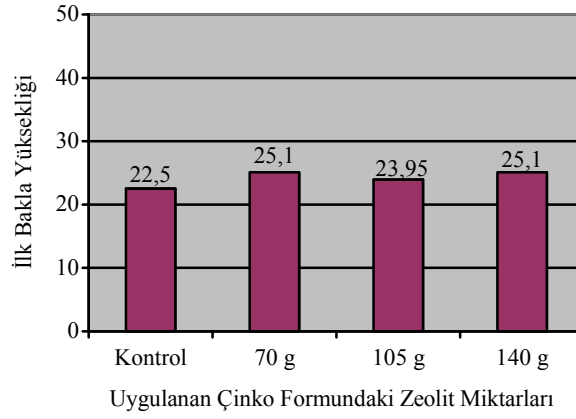
Uygulanan Çinko formundaki Zeolit Miktarı (g)	İlk Bakla yüksekliği (cm)	%Artış
0	22,5	
70	25,1	11,55
105	23,95	6,44
140	25,1	11,55

Çizelge 6.6.4. Doğal ve Çinko Formundaki Zeolitin Uygulanması Halindeki Artış Oranlarının Karşılaştırılması

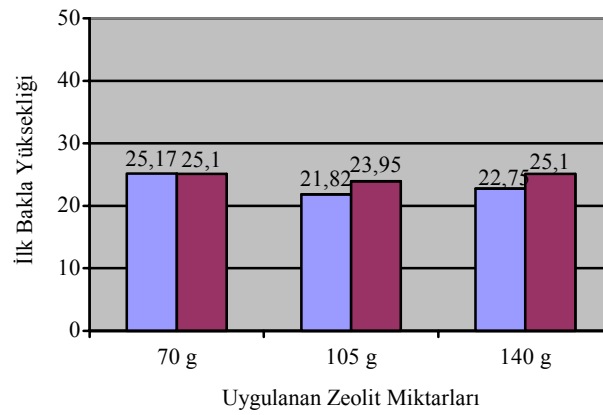
Uygulanan Miktarlar (g)	İlk Bakla Yüksekliği (Zeolit)	İlk Bakla Yüksekliği (Çinko Formundaki Zeolit)	Bağıl Artış Oranı(%)
0	23,17	22,5	-2,89
70	25,17	25,1	-0,27
105	21,82	23,95	9,76
140	22,75	25,1	10,32



Şekil 6.6.1. Çizelge 6.6.2. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.6.2. Çizelge 6.6.3. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi



Şekil 6.6.3. Çizelge 6.6.4. deki niceliklerin sütun grafiği şeklindeki gösterimi

7. SONUÇ VE TARTIŞMA

Son yıllarda tarım sektöründe birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün alma, gübrede tasarruf sağlama ve çevre için zararlı olabilecek toksik maddelerin tutulması ve arıtılması anlayışları, zeolite yaygın kullanım potansiyeli sunmaktadır. Zeolit, ülkemizde bir çok bölgede bol ve ucuz olarak sağlanabilecek ve önemli bir hazırlık işlemi gerektirmeden yetiştirme ortamı ve toprak düzenleyici olarak kullanılabilir bir materyaldir.

Bu çalışmada, zeolitin iyon değiştirme özelliği kullanılarak çinko formu elde edilmiş ve nohut bitkisine gübre olarak uygulanmıştır. Buradaki amaç, çinko formundaki zeolitin bünyesindeki çinkoyu toprağa aktarması ve yetişen nohut bitkisinin bu çinkoyu kullanabilmesidir.

Çalışmanın başlangıcında, ekim yapılacak alandan toprak örnekleri alınarak topraktaki çinko miktarının öğrenilebilmesi için örnekler Eskişehir Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü'ne gönderilmiştir. Enstitü tarafından yapılan analiz sonuçlarına göre ekim yapılacak toprakta 0,22 ppm çinko bulunmuştur. Bu değer çinko kapsamı için yeterli sınır kabul edilen 0.5 ppm'in altındadır, yani ekim alanı çinko eksikliği olan toprağa sahiptir. Toprağa doğal haldeki zeolit ve çinko formundaki zeolit ile birlikte nohut tohumlarının ekimi 17.04.2006 tarihinde yapılmıştır ve 25.07.2006 tarihinde toplanmıştır. Elde edilen ürünlerde yapılan işlemler sonucunda bitkilerin boylarında, ağırlıklarında, ilk bakla yüksekliklerinde, tane sayılarında artışların olduğu görülmüştür.

Araştırmada elde ettiğimiz bitki boyuna ait ortalama değerler doğal haldeki zeolitin kullanıldığı parsellerde 32,62 cm ile 33,4 cm arasında değişmektedir. Bu değerler çinko formundaki zeolitin kullanıldığı parsellerde ise 41 cm ile 40.7 cm arasındadır. Her iki uygulamada yapılan varyans analiz sonucunda istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bitki boylarının yüksek ve birbirine yakın olması hem hasadın makinele yapılmasını kolaylaştırması hem de bitkilerin güneş ışığından, ilaç ve gübrelemelerden eşit düzeyde yararlanmaları açısından önemlidir.

Nohutta ilk bakla yüksekliği de, bitki boyu gibi makineli hasat için önemlidir ve yüksek olması istenmektedir. İlk bakla yüksekliği, geniş alanlarda yetiştirilen nohudun daha az tane kaybıyla makine ile hasat edilmesine olanak sağlamaktadır. Nohut hasadının elle yolma şeklinde yapılması oldukça fazla işgücü ve zaman gerektirir. Hasadı daha kolay ve kısa zamanda yapabilecek makineler yerden belirli bir yükseklikte (10-15 cm) çalışabilmektedir. Bu yükseklik, ilk baklanın bağlandığı yükseklikten fazla olduğu taktirde, alınamayan baklalar nedeniyle tane kayıpları meydana gelmektedir. Bu nedenden dolayı ilk bakla yüksekliği önemli bir özelliktir. Araştırmada elde ettiğimiz ilk bakla yüksekliğine ait ortalama değerler doğal haldeki zeolitin kullanıldığı parsellerde 21,82 cm ile 25,17 cm arasında değişmektedir. Bu değerler çinko formundaki zeolitin kullanıldığı parsellerde ise 23,95 cm ile 25,1 cm arasındadır. Doğal zeolitin ve çinko formundaki zeolitin toprağa uygulanması ilk bakla yüksekliğinde artış sağlamıştır ancak uygulanan miktarların farklı gramlarda olması önemli bir değişiklik yaratmamıştır.

Araştırmada elde ettiğimiz bitki ağırlığına ait ortalama değerler, doğal haldeki zeolitin kullanıldığı parsellerde 11,26 g ile 15,45 g arasında değişmektedir. Bu değerler çinko formundaki zeolitin kullanıldığı parsellerde ise 30,75 g ile 42,22 arasındadır. Her iki uygulamada, yapılan varyans analiz sonucunda istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada elde ettiğimiz tane ağırlığına ait ortalama değerler ise, doğal haldeki zeolitin kullanıldığı parsellerde 6,33 g ile 7,38 g arasında değişmektedir. Bu değerler çinko formundaki zeolitin kullanıldığı parsellerde ise 16,92 g ile 22,26 g arasındadır. Her iki uygulamada, yapılan varyans analiz sonucunda istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu gözlenmiştir.

Araştırmada elde ettiğimiz bitkide tane sayısına ait ortalama değerlerin, doğal haldeki zeolitin kullanıldığı parsellerde 14 ile 19 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Bu değerler çinko formundaki zeolitin kullanıldığı parsellerde ise 37 ile 40 arasındadır. Her iki uygulamada, yapılan varyans analiz sonucunda istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Araştırmada elde ettiğimiz bitkide bakla sayısına ait ortalama değerler doğal haldeki zeolitin kullanıldığı parsellerde 13 ile 18 arasında değişmektedir. Bu değerler çinko formundaki zeolitin kullanıldığı parsellerde ise 35 ile 43 arasındadır. Her iki uygulamada, yapılan varyans analiz sonucunda istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen bütün sonuçlar zeolitin çinkoyu toprağa aktardığının ve bitkinin de bu çinkoyu kullanabildiğinin bir ispatıdır. Ancak, çalışmanın daha somut bir sonucu için, elde edilen nohut tanelerinden örnek alınarak Ankara Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü'ne gönderilmiştir. Enstitü tarafından yapılan analiz sonucuna göre elde edilen nohut bitkisinde 28,5 ppm çinko bulunmuştur. Bu değer baklagillerde bulunması gereken 20 ppm'in üstünde bir değerdir [20] ve bize çalışmamızın sonuç verdiğini göstermektedir. Nohut bitkisi, ekildiği toprakta eksik olan çinkoyu, ekiminde kullanılan çinko formundaki zeolitten almıştır.

Zeolit, tarım uygulamalarında toprağa mikro element aktarımında kullanılabilir fakat bu çalışmada elde edilen üründeki çinko miktarı, bitkiler ve insanlar için gerektiğinden fazla bir değerdedir. Bitkilerde ve insanlarda 20 ppm'in üstündeki değerler toksik etki yaratmaktadır. Bu da sağlık açısından istenmeyen bir durumdur. Bu çalışmada yararlanılan çözeltinin daha düşük normalitede hazırlanarak, bu şekilde üretilen çinko formundaki doğal zeolitlerin toprağa uygulanması halinde baklagillerde istenen çinko değerine düşülmesi mümkün olabilecektir. Bu çalışmayı izleyen çalışmalarda farklı normalitede hazırlanan doğal zeolitlerin nohutların yanı sıra tüm baklagillerdeki çinko oranlarına etkisinin incelenmesi yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Altan,A., Altan, Ö., Alçıçek, A., Nalbant, M., Akbaş, Y., “Tavukçulukta Doğal Zeolit Kullanımı I”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 35, **9-16**, 1998.
- [2] Köksaldı ,V., *Gördes ve Yenikent Zeolitlerinin Temel Tarımsal Özellikleri ve Bitki Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanım Olanakları*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1999.
- [3] Doğan, A.U., Barış, Y. İ., Doğan M., Emri, S., Steele, I., Elmishat, A.G., Carbone, M., “Genetic predisposition to fiber carcinogenesis causes a mesothelioma epidemic in Turkey” *Cancer Research* Cilt 66, **10**, 2006
- [4] Anonim, *Enstitü Çalışmaları ve Çeşit Katoloğu*, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir,2004.
- [5] Yörükoğulları, E., *Doğal Zeolitlerde Fiziksel Adsorpsiyon Uygulamaları*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, **58**, 1997.
- [6] İzci, E., *Doğal Zeolitlerin Deterjan Üretiminde Kullanılabilirliğinin İncelenmesi*, Y. Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **59**, 1995.
- [7] Yörükoğulları, E., *Zeolit Moleküler Elekler*, Doktora Ders Notları,1993.
- [8] Orhun Ö., *Zeolitlerde iyon Değişimi*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, **53**, 1997.
- [9] Ünaldı, T., *Bigadiç Yöresi Doğal Zeolitinin iyon Değiştirilmiş Formlarının CO₂ Adsorpsiyonu*, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1995.
- [10] Breck, D. W., *Zeolite Molecular Sieves*, John Wiley & Sons, pp. 771 New York 1974.
- [11] Davidson J. H. ve McMURRY, P.H., *Adsorpsiyon Ders Notları*, ME 5115, 2000.
- [12] www.museumin.ufrgs.br/alenews.html

- [13] Dyer,A., *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves*, John Willwy, **80**, 1988.
- [14] Tsitsishvili, G. V., *Natural Zeolites*, 4-17 Ellis Horwood, 1
- [15] Ayan, S., “Fidan Yetiştiriciliği ve Ağağlandırma alışmalarında Zeolit Mineralinin Kullanımı” *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt 1, **78-88**, 2002.
- [16] Eyüpoğlu, F., Kurucu N., Canısağ, ., *Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı mikro element durumu*. Ankara Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Sonuç Raporu, 1995.
- [17] avdar, A. O., Arcasoy, A., Cin, S., Babacan, S., Geophagian in Turkey: Iron and Zinc Deficiency, Iron and Zinc Absorption Studies and Response to Treatment with Zinc in Geophagia Cases; Zinc Deficiency in Human Subjects, Alan R.Liss, New York, **71-79**, 1983.
- [18] akmak, ., Torun, B., “Türkiyede Toprak ve Bitkilerde inko Eksikliği ve Bitkilerin inko Eksikliğine Dayanıklılık Mekanizmaları”, *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, **20-22**, 1996.
- [19] www.mindat.org/min-6916.html
- [20] Khan, H.R., Mcdonald, G.K and Rengel Z., *Assessment of the Zn Status of Chickpea by Plant Analysis*, **7** , 1998.
- [21] Yılmaz, A., *Gördes Klinoptilolitinin Doğal ve NH₄ Formlarının Domates Yetiştiriciliğinde Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2005.