

## Toprağa Zeolit İlavesinin Nitrifikasyon Üzerine Etkisi

Ahmet Ali İŞILDAR

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Isparta-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 01.02.1997

**Özet:** Bu araştırmada, zeolitın  $\text{NO}_3^-$ 'in yıkanarak kaybolması şeklindeki azot kayıplarına neden olan  $\text{NH}_4^+$ 'un  $\text{NO}_3^-$ 'a nitrifikasyonu üzerine etkisi incelenmiş ve farklı nem düzeylerinde bu etkinin değişimi ortaya konulmaya çalışılmıştır. Deneme, Isparta-Atabey yöresinden alınan 5 adet yüzey (0-20 cm) toprak örneği kullanılarak faktöriyel deneme desenine göre 2 yinelemeli olarak kurulmuştur. Topraklara 0, 12.5, 25.0, 50.0 g/kg toprak düzeylerinde zeolit karıştırılmış ve 250 ppm N olacak şekilde amonyum sülfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) çözeltisi uygulanmıştır. Tarla kapasitelerinin % 25, 50, 75, 100 ve 125'i nem düzeylerine getirilen topraklar bir ay süreyle 24-26 °C'de nitrifikasyona bırakılmışlardır. Deneme sonunda zeolit uygulama düzeyindeki artışla  $\text{NO}_3^-$ -N oluşumunun azaldığı şeklindeki ilişki her nem düzeyi için geçerli bulunmamıştır. Zeolit ve nem uygulama düzeylerinin  $\text{NO}_3^-$ -N oluşumu üzerine etkileri topraklara göre farklılık göstermiştir.

### Effect of the Addition of Zeolite to the Soil on Nitrification

**Abstract:** In this research, the effect of zeolite on the nitrification of  $\text{NH}_4^+$  to  $\text{NO}_3^-$  which can result in the loss of N through the leaching of  $\text{NO}_3^-$  was investigated and the change in this effect at the different rates of soil moisture was studied. The experiment was arranged into a factorial design with two replications by using five surface soil samples (0-20 cm) which were taken from Isparta-Atabey region. Four rates of zeolite (0, 12.5, 25.0 and 50.0 g zeolite  $\text{kg}^{-1}$  soil) were mixed with soils and a solution containing ammonium sulphate ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ : 250 ppm N) as added to each mixture. Water content of soils was brought to the different five rates of 25, 50, 75, 100 and 125 % of the field capacities and samples were incubated at 24-26 °C for one month. Mostly as the application rate of zeolite increased the rate of nitrification decreased but not for all the application rates of soil moisture. The effects of application rate of zeolite and of the soil moisture on nitrification were different for the different soils.

### Giriş

Topraklara verilen azotlu gübrelerden yıkanma, amonyak şeklinde buharlaşma vb. yollarla ortaya çıkan azot kayıpları ciddi bir tarımsal sorundur. Bu durum pratikte bazı strateji değişikliklerine gereksinme gösterir. Gübre azot kayıplarının azaltılması için başvuru yöntemleri; gübre verme tekniği ve zamanlamanın doğru seçimi, yavaş serbest hale geçen azot kaynaklarının kullanımı ve nitrifikasyonun kimyasal olarak önlenmesini kapsamaktadır. Diğer bir alternatif  $\text{NH}_4^+$ 'un tutulmasını artırıcı çeşitli toprak ıslah materyallerinin kullanılmasıdır. Zeolit bu amaçla kullanılabilir doğal ıslah materyalleri arasında önemli bir potansiyel kaynaktır (1).

Zeolitler hidrate alüminyum silikat mineralleridir. Mineralin kristal kafesinde su ve çeşitli katyonların ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Sr}^{++}$  ve  $\text{Ba}^{++}$ ) geçebildiği birbirine bağlı boşluklar bulunmaktadır. Geniş izomorfik yer değiştirme özelliği gösteren zeolit minerali bu özellikleri nedeniyle yüksek bir katyon değişim kapasitesi ve toprak çözeltisinde katyonların adsorbsiyonunda seçicilik özelliğine sahiptir. Mineralde divalent katyonlardan daha çok monovalent katyonlar ve özellikle  $\text{NH}_4^+$ 'un alıkonulduğu kaydedilmiştir (2).

Zeolitlerin çok geniş bir kullanım alanı vardır. Portland çimentosu yapımında, hafif yapı malzemesi üretiminde, kağıt endüstrisinde (3), hayvan yem rasyonlarında (4), gübrelemede (5), endüstriyel atık sularda (6) ve toprakta (7) ağır metal içeriğinin azaltılmasında ve toprak düzenleyici (8) olarak kullanılırlar.

Doğada 40 kadar çeşidi belirlenen zeolitlerin tarımsal amaçlar için kullanılması genellikle klinoptilolit olanıdır.

Zeolit topraktan  $\text{NH}_4^+$ -N kaybının azaltılması üzerine etkisini araştıran Weber ve ark. (9), killi tın tekstürdeki bir toprakta  $\text{NH}_4^+$ -N yıkanmasını azaltmak için 13.5 ton/da düzeyinde zeolite gereksinme duyulduğunu belirlemiştir.

Mac Kown ve Tucker (10), tınlı kum tekstürdeki bir toprağa 0, 12.5, 25, 50 g/kg toprak düzeylerinde erionit ve klinoptilolit zeolit uygulayarak gerçekleştirdikleri kolon yıkama denemelerinde; yıkanan toplam  $\text{NH}_4^+$ -N'nu, kontrol için 168.4 mg N bulurlarken, 50 g/kg toprak düzeyinde erionit uygulanmış toprakta 11.6 mg N olduğunu bildirmişlerdir.

Tarımda  $\text{NH}_4^+$ -N'un  $\text{NO}_3^-$ -N'na nitrifikasyonu,  $\text{NO}_3^-$ -N'un yıkanarak kaybolması şeklindeki azot

kayıplarına neden olmaktadır. Toprakta nitrifikasyon üzerine zeolitın etkisini inceleyen Mac Kown (8), 3 ton/da düzeyinde değişebilir-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>lu zeolit uyguladığı tınlı kum ve siltli killi tın tekstürdeki topraklarda nitrifikasyonun sırasıyla % 11 ve % 4 azaldığını ortaya çıkarmıştır. Lewis ve ark. (5) yaptıkları bir araştırmada, değişebilir-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>lu zeolitın (= 75 mg N/kg toprak), kaba (% 6 kil) ve orta (% 12 kil) tekstürlü topraklarda band halinde uygulandığında, turpta pozitif büyüme cevabı alındığını ve kaba tekstürlü toprakta NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N yıkanmasını azalttığını saptamışlardır.

Zeolitın toprakta NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N'un tutulması ve nitrifikasyon sonucu NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N'u şeklindeki kayıpların azaltılması yönündeki desteğinin yanısıra ortamın fiziksel özelliklerini düzenleme etkisi de bulunmaktadır. Zeolit havalanma, su tutma ve su geçirgenliği gibi fiziksel özellikler yönünden çok elverişli bir ortamdır (11, 12). Tüzüner ve Tinay (13) toprağa 1, 2, 4, 8 ton/da düzeylerinde uygulanan zeolitın uygulama düzeyindeki artışa bağlı olarak tutulan nem miktarını önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir.

Zeolit, toprağın fiziksel özelliklerini düzenlemekle aynı zamanda nitrifikasyon için istenen bir ortam hazırlanmasına da hizmet etmektedir. Işıldar (14) yaptığı bir araştırmada, 10'ar gün ara ile tarla kapasitesinin biraz üzerinde su verilen kaba tekstürlü bir toprakta; yıkanan toplam azot'un (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) zeolit uygulamasıyla kontrole göre azaldığını, ancak zeolit uygulama düzeyindeki artışa bağlı olarak arttığını saptamıştır.

Bu çalışmanın amacı zeolitın, topraktaki NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N'nun nitrifikasyonu üzerine etkisinin ve bu etkinin farklı nem düzeylerindeki değerinin belirlenmesidir.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Klinoptilolit zeolit materyali, Balıkesir-Biga yöresinden sağlanmış ve toprağa uygulanmadan önce öğütülüp 0.5 mm'lik elekten geçirilmiştir.

Araştırmada kullanılan toprak materyalleri, Isparta-Atabey Ovası Yakabağları mevkii tarım alanlarından 0-20 cm'den alınmıştır. Topraklar havada kurutulup ezildikten sonra 2 mm'lik elekten geçirilmiştir.

### Metot

Araştırmada, toprak örneklerinin mekanik analizi Bouyoucos Hidrometre metodu (15) ile yapılmıştır. Zeolit ve toprak örneklerinin kireç içeriği Scheibler kalsimetresi ile hacimsel olarak (16) ve organik madde içeriği Değiştirilmiş Walkley Black metoduna göre (16) belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu 1: 2.5 toprak- su

süspansiyonunda cam elektrotlu pH- metre kullanılarak (17) ölçülmüştür. Katyon değişim kapasitesi Bower metodu (17), değişebilir katyonlar Amonyum Asetat Ekstraksiyonu metodu (17) ve tarla kapasitesi basınçlı tabla kullanılarak (17) belirlenmiştir.

İnorganik azot formları kolorimetrik olarak belirlenmiş; değişebilir NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N için İndofenol Mavi metodu (16), NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N için Kromotropik Asit metodu uygulanmıştır (16). Değerlendirmede; deneme sonunda belirlenen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N değerlerinden, başlangıçtaki belirlenen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N değerlerinin çıkarılması sonucu elde edilen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N'na verileri kullanılmıştır.

### Denemenin Kurulması

Deneme konusu topraklardan 20 g'lık hava kurusu kısımlar tartılarak alüminyum nem kablarına konulmuştur. Topraklara hava kurusu ağırlık esasına göre 4 farklı düzeyde (Z<sub>0</sub>: 0, Z<sub>1</sub>: 12.5, Z<sub>2</sub>: 25, Z<sub>3</sub>: 50 g/kg toprak) zeolit karıştırılmış (9) ve 250 ppm N olacak şekilde amonyum sülfat ( (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ) çözeltisi ilave edilmiştir. Bu uygulamayı toprakların tarla kapasitelerinde içerdikleri nemin 5 farklı düzeyine (% 25, 50, 75, 100, 125 tarla kapasitesi) getirilmeleri izlemiştir. Alüminyum nem kablarının ağızları alüminyum kağıtla kapatılmış ve havalanmayı sağlamak için alüminyum kapağın orta kısmında toplu iğne ile bir delik açılmıştır. Topraklar inkübatörde 24-26 °C'de 30 gün süreyle bekletilmişlerdir. Deneme 2 yinelemeli olarak faktöriyel düzende yürütülmüştür.

### İstatistiksel Değerlendirmeler

Araştırma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri'nden yararlanılmıştır (18).

### Zeolit ve Deneme Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Deneme topraklarının ve ıslah materyali olarak kullanılan zeolitın deneme öncesi belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi zeolitın katyon değişim kapasitesi (75.85 me/100 g) deneme topraklarının oldukça üzerindedir.

Deneme toprakları kaba, orta derecede ince ve ince tekstürlüdürler. Topraklar reaksiyon yönünden hafif alkaline ve orta derecede alkalindirler. Değişebilir sodyum yüzdeleri düşük olan deneme topraklarında alkalilik sorunu yoktur (19). Organik madde içerikleri 0.7 - 3.1 arasında değişmektedir. Topraklar orta ve yüksek düzeyde kireçlidirler (20).

### Bulgular ve Tartışma

Topraklara farklı düzeylerde zeolit ve nem uygulamanın deneme sonunda toprakların NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N

Tablo 1. Deneme toprakları ve zeolitin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Materyal	Zeolit	Toprak <sub>1</sub>	Toprak <sub>2</sub>	Toprak <sub>3</sub>	Toprak <sub>4</sub>	Toprak <sub>5</sub>
Mekanik Analiz (%)						
Kum		87.69	76.30	81.83	57.94	34.13
Silt		6.37	19.01	5.76	13.33	20.34
Kil		5.94	4.69	12.41	28.73	45.53
Tekstür Sınıfı		S	LS	LS	SCL	C
Reaksiyon, pH (1: 2.5)	8.05	8.42	8.21	8.24	8.10	7.70
Kireç, CaCO <sub>3</sub> (%)	2.13	9.78	21.80	6.26	17.59	20.47
Organik Madde (%)	0.17	1.34	1.77	3.15	0.65	1.77
Katyon Değişim Kapasitesi (me/100 g)	75.85	12.23	17.64	22.67	28.35	38.54
Tarla Kapasitesi (%)	32.66	12.40	17.56	17.46	22.66	29.28
Değişebilir Katyonlar (me/100 g)						
Na <sup>+</sup>	2.39	0.07	0.15	0.06	0.13	0.27
K <sup>+</sup>	37.64	1.53	1.47	1.17	1.06	1.28
Değişebilir NH <sub>4</sub> -N (ppm)		26.79	37.94	29.02	21.20	35.69

içerikleri üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Bu tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı üzere deneme sonunda toprakların NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N içerikleri; topraklara, zeolit ve nem uygulama düzeylerine göre istatistiki yönden önemli (P<0.01) farklılık göstermiştir.

Denemede kullanılan toprakların farklı düzeylerde zeolit uygulamalarına bağlı olarak içerdikleri NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N miktarları Tablo 3'de verilmiştir. Bu tablonun incelenmesinden de anlaşılacağı üzere deneme sonunda topraklar ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N içerikleri yönünden farklı bulunmuşlardır. En fazla ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N oluşumu ise 5 numaralı toprakta gerçekleşmiştir. Bu durum deneme konusu topraklarda farklı düzeylerdeki nitrifikasyonun bir sonucudur.

Toprakta nitrifikasyon nem, havalanma, pH, org-C, CaCO<sub>3</sub> düzeyi ve tekstür gibi faktörlerin etkisi altındadır (21). Deneme topraklarının pH değerlerinin yükselmesiyle ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N içerikleri azalmıştır. Ayrıca 2,4 ve 5 numaralı topraklara göre daha düşük kireç içeriğine sahip 1 ve 3 numaralı toprakların ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N miktarları da düşüktür. Karbonatların varlığı nitrifikasyonu olumlu yönde etkilemektedir (22). Kaba tekstürlü 1,2 ve 3 numaralı toprakların ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N içerikleri, ince tekstürlü 4 ve 5 numaralı topraklara göre daha düşüktür. Bunun muhtemel nedeni yukarıda sayılanlara ek olarak, toprakların kolayca mineralize olabilen suda eriyebilir organik azot bileşikleri (23) ve nitrifikasyon bakterileri (22) kapsamalarının farklılığı olabilir.

Kaynaklar	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Genel	199	1 514 420.79	
Yinelemeler	1	42.14	42.14
Topraklar (T)	4	254 635.96	63 658.99**
Zeolit Düzeyleri (Z)	3	5 933.88	1 977.96**
T x Z	12	2 930.02	244.17**
Nem Düzeyleri (N)	4	1 071 446.29	267 861.57**
T x N	16	151 834.56	9 489.66**
Z x N	12	4 073.37	339.45**
T x Z x N	48	21 900.08	456.25**
Hata	99	1 624.46	16.41

\*\* : 0.01 düzeyinde önemli.

Tablo 2. Farklı düzeylerde zeolit ve nem uygulamanın toprakların NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N içerikleri üzerine etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Toprak Numarası	Zeolit Düzeyleri				
	Z <sub>0</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Ortalama
1	158.97 <sup>l</sup>	158.27 <sup>l</sup>	154.16 <sup>l</sup>	144.18 <sup>i</sup>	153.90 <sup>e</sup>
2	209.51 <sup>e</sup>	203.87 <sup>f</sup>	207.25 <sup>ef</sup>	202.83 <sup>f</sup>	205.87 <sup>c</sup>
3	182.48 <sup>g</sup>	167.49 <sup>h</sup>	158.12 <sup>l</sup>	159.11 <sup>l</sup>	166.80 <sup>d</sup>
4	222.02 <sup>d</sup>	220.39 <sup>d</sup>	222.07 <sup>d</sup>	211.66 <sup>e</sup>	219.03 <sup>b</sup>
5	265.50 <sup>a</sup>	252.69 <sup>b</sup>	245.50 <sup>c</sup>	245.80 <sup>c</sup>	252.36 <sup>a</sup>
Ortalama	207.70 <sup>a</sup>	200.54 <sup>b</sup>	197.42 <sup>c</sup>	192.71 <sup>d</sup>	

Tablo 3. Farklı zeolit uygulama düzeylerinde toprakların NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N içerikleri (ppm).

Aynı harfle gösterilmeyen rakamlar arasındaki farklar 0.01 düzeyinde önemlidir.

Deneme sonunda zeolit uygulama düzeyinin artmasına bağlı olarak toprakların ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N içerikleri azalmıştır (Tablo 3). Toprakların ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N miktarı kontrol (Z<sub>0</sub>)'den 207.7 ppm bulunurken, 12.5 kg/da zeolit (Z<sub>1</sub>) uygulaması için 200.54 ppm, 25 kg/da zeolit (Z<sub>2</sub>) uygulaması için 197.42 ppm ve 50 kg/da zeolit (Z<sub>3</sub>) uygulaması için 192.71 ppm olarak bulunmuştur. Diğer bir deyimle zeolit uygulama düzeyinin artmasıyla (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> şeklinde ilave edilen NO<sub>4</sub><sup>+</sup>-N'unun tutulması artmış (10), zeolit NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N'unun nitrifikasyonunu azaltmıştır (5, 8).

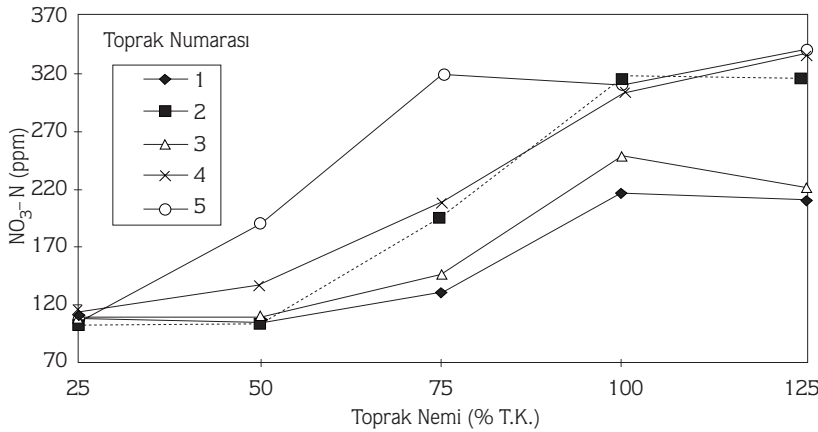
Zeolit uygulama düzeyindeki artışa bağlı olarak NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N oluşumundaki azalış topraklara göre farklılık göstermiştir (Tablo 3). Kaba tekstürlü 1, 2 ve 3 numaralı topraklarda; 12.5 kg/da (Z<sub>1</sub>), 25 kg/da (Z<sub>2</sub>) ve 50 kg/da (Z<sub>3</sub>) düzeylerindeki zeolit uygulamaları, nitrifikasyonu kontrol (Z<sub>0</sub>)'e göre sırasıyla ortalama % 3.8, 5.7 ve 8.1 azaltmıştır. Diğer taraftan ince tekstürlü 4 ve 5 numaralı topraklarda ise sözkonusu zeolit uygulamalarının nitrifikasyonu azaltma oranları % 2.96, 4.09 ve 6.1 olarak bulunmuştur. Zeolitin ince ve kaba tekstürlü topraklarda NH<sub>4</sub><sup>+</sup> adsorbsiyonu için gösterdiği etkinlik derecesi farklıdır. Zeolit ince tekstürlü topraklarda büyük oranlarda uygulanmadığı sürece NH<sub>4</sub><sup>+</sup> adsorbsiyonunu önemli ölçüde değiştirmez. Bunun nedeni zeolitin NH<sub>4</sub><sup>+</sup> için toprağın kil fraksiyonu ile rekabet etmesidir (9).

Topraklarda nem düzeyi ile NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N oluşumu arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir. Şeklin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere nem düzeyinin artmasına bağlı olarak deneme sonunda toprakların ortalama NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N içerikleri artmıştır. Bu artış en fazla % 75 ve % 100 T.K. düzeylerinde gerçekleşmiştir. Topraklarda nitrifikasyon için gerekli optimum nem miktarı, toprakların tarla kapasitelerinin bir fonksiyonudur. Pratik olarak tüm topraklar için optimum düzey farklı topraklar için aynı olmaktadır (24). Deneme sonunda elde edilen bulgular topraklarda optimum

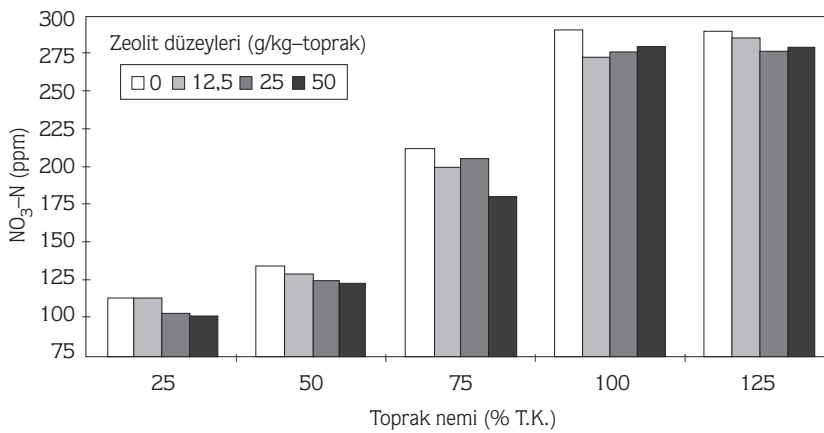
nitrifikasyonun genellikle % 75–80 T.K. nem düzeyinde gerçekleştiği yargısıyla (25, 26) uyum içerisindedir.

Nem düzeylerinin artmasına bağlı olarak NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N oluşumundaki artış, topraklara göre farklılık göstermiştir (Şekil 1). % 25 ve % 50 nem düzeylerinde; toprakların içerdikleri NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N miktarlarındaki farklılık, kaba tekstürlü 1,2 ve 3 numaralı topraklarda, ince tekstürlü 4 ve 5 numaralı topraklardan daha küçüktür. Bu durum daha önce de değinildiği gibi deneme topraklarının farklı fiziksel, kimyasal ve bio-kimyasal özelliklere sahip olmalarıyla açıklanabilir.

Zeolit ve nem düzeylerine bağlı olarak deneme sonunda toprakların NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N içerikleri Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4 ve Şekil 2'nin incelenmesinden de görüleceği üzere % 25 ve % 50 T.K. nem düzeylerinde zeolit uygulama düzeyindeki artışa bağlı olarak toprakların NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N içerikleri azalmıştır. % 75 nem düzeyinde ise sözkonusu ilişkideki farklılaşma eğilimi % 100 T.K. nem düzeyinde daha da belirginleşmiştir. Her zeolit uygulama düzeyinde kontrol (Z<sub>0</sub>)'e göre daha az NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N bulunmuş olmasına rağmen, zeolit uygulama düzeyine bağlı olarak NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N oluşumu artmıştır. Bu durum muhtemelen belirli bir nem düzeyinden sonra; nemin NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N oluşumunu artırıcı etkisinin zeolitin NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N oluşumunu azaltıcı etkisini geriletmeye başlamasıyla ilgili olabilir. Nem düzeyi yönünden optimum nitrifikasyon şartlarının sağlanmasıyla birlikte zeolitin su tutma ve havalanma kapasitesi özelliklerinin mükemmelliğinin (11, 12) de buna eklenmesi, zeolit uygulama düzeyinin artmasıyla NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N oluşumunu artırmış olabilir. Işıldar (14) tarafından 10'ar gün ara ile tarla kapasitesinin biraz üzerinde su verilen kumlu bir toprakta da benzer bulgular elde edilmiştir. Mac Kown ve Tucker (10) zeolit uygulama düzeylerine bağlı olarak topraktan yıkanan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N'unun azaldığını belirledikleri çalışmada, toprağa zeolit ile birlikte nitrifikasyon inhibitörü (N-Serve) de ilave etmişlerdir. Benzer şekilde toprağa zeolit ile birlikte



Şekil 1. Topraklarda nem düzeyi ve  $\text{NO}_3^-$ -N oluşumu arasındaki ilişki.



Şekil 2. Zeolit ve nem düzeylerinin toprakta  $\text{NO}_3^-$ -N oluşumu ile ilişkisi.

Zeolit Düzeyi	Toprak Nemi (% T.K.)				
	25	50	75	100	125
$Z_0$	113.26 <sup>k</sup>	134.09 <sup>h</sup>	211.86 <sup>d</sup>	289.58 <sup>a</sup>	289.69 <sup>a</sup>
$Z_1$	113.52 <sup>k</sup>	129.58 <sup>hi</sup>	200.27 <sup>f</sup>	273.09 <sup>c</sup>	286.26 <sup>a</sup>
$Z_2$	103.94 <sup>l</sup>	125.05 <sup>ij</sup>	205.45 <sup>e</sup>	275.69 <sup>bc</sup>	276.97 <sup>bc</sup>
$Z_3$	101.97 <sup>l</sup>	123.35 <sup>j</sup>	180.43 <sup>g</sup>	279.10 <sup>b</sup>	278.71 <sup>b</sup>

Tablo 4. Zeolit ve nem düzeylerine bağlı olarak toprakların  $\text{NO}_3^-$ -N içerikleri (ppm).

Aynı harfle gösterilmeyen rakamlar arasındaki farklar 0.01 düzeyinde önemlidir.

nitrikasyon inhibitörü kullanan Weber ve ark. (9) zeolit uygulama düzeyi ve yıkanan  $\text{NH}_4^+$ -N arasında düzenli bir ilişki bulamamışlar sadece 13.5 ton/da uygulama düzeyinde diğerlerine göre belirgin bir azalış söz konusudur.

## Sonuç

Laboratuvar koşullarında yürütülen bu çalışmada, topraklara uygulanan zeolit, her nem düzeyinde nitrikasyonu azaltmıştır. Zeolitin nitrikasyonu azalttığı

şeklindeki bulgu Mac Kown (8) ve Lewis ve ark. (5) tarafından belirtilen sonuçlarla uyumaktadır. Zeolit uygulama düzeyindeki artışla,  $\text{NO}_3^-$ -N oluşumundaki azalış ilişkisi her nem düzeyi için geçerli bulunmamıştır. Bu durum belirli bir nem düzeyinden sonra zeolit uygulama düzeyinin artmasıyla nitrikasyon için daha uygun nem ve havalanma koşullarının ortaya çıkmasına atfedilmiştir. Zeolitin su tutma ve havalanma özellikleri mükemmeldir (11, 12). Zeolit ve nem uygulama düzeylerinin  $\text{NO}_3^-$ -N oluşumu üzerine etkilerinin topraklara göre farklılık göstermesi; toprakların fiziksel, kimyasal ve bio-kimyasal özelliklerindeki farklılıklarla ilişkilendirilmiştir.

## Kaynaklar

1. Bartz, J.K., Jones, R.L., Availability of Nitrogen to Sudangrass from Ammonium Saturated Clinoptilolite, 1983.
2. Flanigen, E.M., Crystal Structure and Chemistry of Natural Zeolites, p. 19-52., In F. A. Mumpton (ed) Review in Mineralogy, Vol. 4., Min. Soc. of Am., 1981.
3. Mumpton, F.A., Natural Zeolites: A New Industrial Mineral Commodity p. 3-27, In L.B. Sand and F.A. Mumpton (ed) Natural Zeolites: Occurance, Properties, Use, Pergamon Press, New York, 1978.
4. Erener, G., Sarıççek, B.Z., Kanatlı Hayvan Beslemede Zeolit Kullanımı, Teknik Tavukçuluk Dergisi, 82, 18-22, 1995.
5. Lewis, M.D., Moore, F.D., Goldsberry, R.L., Ammonium-Exchanged Clinoptilolite with Urea as Nitrogen Fertilizer, p. 105-111, In W.G. Pond and F.A. Mumpton (ed) Zoagriculture, Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture, Westview Press, Boulder, CO, 1984.
6. Anonymous, Zeolit, DPT VI Beş Yıllık Kalkınma Planı Ö.I.K. Raporu, Endüstri Mineralleri, T.C. Başbakanlık DPT Müsteşarlığı, DPT 2300- OIK: 407, Ankara, 1992.
7. Mineyew, V.G., Kochetavkin, A.V., Nguyen, B. Van, Use of Natural Zeolites to Prevent Heavy-metal Pollution of Soils and Plants, Soviet Soil Sci., 22 (2): 72-79, 1990.
8. MacKown, C.T., Role of Mineral Zeolites on Soil Amendments, Ph. D. Diss. University of Arizona, Univ. Microfilms, Ann Arbor, MI (Diss. Abst. 39 (5) 2040 B), 1978.
9. Weber, M.A., Barbarick, K.A., Westfall, D.G., Ammonium Adsorbsiyon by a Zeolite in Static and a Dynamic System, J. Environ. Qual., 12: 549-552, 1983.
10. MacKown, C.T., Tucker, T.C., Ammonium Nitrogen Movement in a Coarse Textured Soil Amended with Zeolite. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 235-238, 1985.
11. Özkan, I., Ataman, Y., Ünver, I., Çaycı, G., Öztürk, H., Bigadiç Klinoptilolitli Tüflerinin Zirai Amaçlı Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi (Zeolit Değerlendirme Etüdü) Projesi Kesin Raporu, Ankara, 1992.
12. Ünver, I., Ataman, Y., Munsuz, N., Water Retention Characteristics of Some Substrates Used in Turkey, Acta Horticulture, 150: 161-167, 1984.
13. Tüzüner, A., Tınay, E., Biga Yöresi Zeolitlerinin (Kinoptilolite) Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Olan Etkileri, Toprak ve Gübre Arş. Ens. Yn. No. 110, Ankara, 1984.
14. İşıldar, A.A., Niğde-Misli Ovası Patates Tarımı Yapılan Topraklarda Çeşitli İslah Maddelerinin Azot Yıkınması ve Patates Veriminin Etkileri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Yayınlanmamış, Konya, 1992.
15. Bouyoucos, G.J., A Recalibration of the Hidrometer for Making Mechanical Analysis of Soils Agronomy Journal, 43: 434-438, 1951.
16. Kaçar, B., Toprak Analizleri, Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III., A.Ü. Zir. Fak., Eğt. Arş. ve Glş. Vakfı Yn. No. 3, 1995.
17. US Salinity Laboratory Staff, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, USDA Agric. Handbook no. 60, Riverside, California, 1954.
18. Düzgüneş, O., Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metotları, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 1963.
19. Soil Survey Staff, Soil Survey Manual, U.S.D.A., Handbook No. 8, 1951.
20. Schroo, H., An Inventory of Soils and Suitabilities in west Irian, I. Netherlands Journal of Agricultural Sci., Vol. 11, 308-333, 1963.
21. Gilmour, J.T., The Effects of Soil Properties on Nitrification and Nitrification Inhibition, Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 1262-1266, 1984.
22. Oruç, N., Gür, K., Bayraklı, F., Erzurum ve Rize İllerinden Alınan Bazı Toprak Örneklerinde Nitrifikasyon Önleyici Maddelerin Etkilerinin Araştırılması, Tübitak VI. Bilim Kongresi, No. 412, 1977.
23. Bremner, J.M., (Çeviren M.T. Sağlam) Toprakta Mevcut Bazı Azot Formlarının Tayini ve Azot Elverişlilik İndeksleri, p. 83-85, 88, In C.A. Black (ed) Methods of Soil Analysis. II, Chemical Properties, Am. Soc. of Agro., Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A., 1965.
24. Fitts, J.W., Barholomew, W.V., Heidel, H., Correlation Between Nitrifiable Nitrogen Fertilization on Iowa Soils, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17: 119-122, 1953.
25. Sabey, B.R., Influence of Soil Moisture on Nitrate Accumulation in Soils, Soil Sci. Soc. Am. Proc. 33: 263-266, 1969.
26. Delwiche, C.C., Nitrification, In W.D. McElroy and B. Glass (ed) Inorganic Nitrogen Metabolism. The Johns Hopkins Press, Baltimor, pp. 218-232, 1956.