

## ORGANOMİNERAL GÜBRE KULLANIMININ TOPRAK AZOT PROSESLERİNE ETKİSİ

Efsun DİNDAR \*<sup>ID</sup>  
Çiğdem YAZGAN YİĞİT \*\*<sup>ID</sup>

Alınma: 27.03.2023; düzeltme: 09.08.2023; kabul: 09.08.2023

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, uygun koşullar altında katı organomineral gübre ile gübrelemenin toprağın azot prosesleri üzerindeki etkilerini belirlemektir. Organomineral gübre dozlarının azot süreçlerine etkisini değerlendirmek için, 100 g toprak örneği farklı miktarlarda (20 ve 40 g kg<sup>-1</sup>) organomineral gübre ile muamele edilmiştir. Örnekler daha sonra 15 ve 30 gün süreyle kontrollü koşullar altında karanlıkta 28° C'de inkübe edilmiştir. Alınan örneklerde NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, arginin amonifikasyon oranı, nitrifikasyon potansiyeli belirlenmiştir. Sonuçlar, organomineral gübre uygulamasının toprak verimliliği üzerindeki etkisini belirlemede toprak azot proseslerinin biyoindikatör olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. 20 ve 40 g kg<sup>-1</sup> organomineral gübre ile muamele edilmiş topraklarda amonyum azot seviyelerinin, sırasıyla %71 ve %73 oranında arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, amonifikasyon oranı, inkübasyon sonunda %61-80 oranında artmıştır. Topraklar nitrat içerikleri bakımından değerlendirildiğinde, her iki dozda yapılan organomineral gübre muamelesinin nitrat konsantrasyonlarını düşürerek nitrifikasyon potansiyelini baskıladığı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, organomineral gübre kullanımı ile bitkilerin azot kullanım verimliliğini artırabileceğini, böylece karasal ekosistemlerin üretkenliğini geliştirebileceği sonucuna varılmıştır. Sürdürülebilir bir tarım için organomineral gübre kullanımı ile aşırı gübre kullanımının neden olduğu çevre sorunlarını azaltabileceği ve toprak kalitesini artırarak tarım verimliliğini artırabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Amonifikasyon, Azot, Nitrifikasyon, Organomineral Gübre, Toprak

### The Effect of Using Organomineral Fertilizer on Soil Nitrogen Processes

**Abstract:** The aim of this study is to determine the effects of using solid organomineral fertilizers under optimal conditions on soil nitrogen processes. To evaluate the effects of different concentrations of organomineral fertilizers on soil nitrogen processes, 100g soil samples were treated with varying amounts (20 ve 40 g kg<sup>-1</sup>) of organomineral fertilizers. The samples were then incubated under controlled conditions in the dark at 28°C for 15 and 30 days. NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, arginine ammonification rate, and nitrification potential were determined in the samples. The results showed that soil nitrogen processes can be used as a bioindicator to determine the effect of organomineral fertilizer application on soil productivity. A significant increase in ammonium nitrogen levels was observed in soils treated with 20 ve 40 g kg<sup>-1</sup> organomineral fertilizers, with increases of 71% and 73%, respectively. In addition, the ammonification rate increased by 61-80% after incubation. When the soils were evaluated for nitrate content, it was found that both doses of organomineral fertilizer treatment suppressed nitrification potential by reducing nitrate concentrations. The data obtained suggest that the use of organomineral fertilizers can increase nitrogen use efficiency in plants and improve the productivity of terrestrial ecosystems. This indicates that the use of organomineral fertilizers can reduce environmental problems caused by excessive fertilizer use and improve soil quality, thus increasing agricultural productivity for more sustainable agriculture.

\* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Nilüfer/Bursa

\*\* Uludağ OSB, Kurtuluş Mah. Atatürk Cad. No:218 Gürsu/Bursa

İletişim Yazarı: Efsun Dindar (efsun@uludag.edu.tr)

**Keywords:** Ammonification, Nitrification, Nitrogen, Organomineral Fertilizer, Soil.

## 1. GİRİŞ

Tarım topraklarının verimliliğini artırmak için organik madde içeriği çok önemlidir. Organik madde, toprağın besin içeriğini artırarak toprak yapısını iyileştirir ve toprak su tutma kapasitesini artırarak toprağın daha verimli hale gelmesine yardımcı olur. Organik madde miktarı toprak ağırlığının en az %3'ü kadar olmalıdır. Maalesef ülkemiz tarım topraklarının yalnızca %1'i organik madde içeriği bakımından bu seviyenin üzerindedir (Kacar ve Katkat 2007). Organik maddenin azlığı toprakta bozulmalara, buna bağlı olarak toprak kayıplarına ve toprak verimliliğinde azalmaya neden olmaktadır. Yaygın tarım uygulamaları da toprak organik maddesini azaltmaktadır. Topraktaki organik madde miktarının azalması ile üretimde verim kaybına yaşanacak bu da kullanılacak gübre miktarının artmasına neden olacaktır. Toprağın organik madde miktarı, toprak organizmalarının korunması ve iyileştirilmesi ile sürdürülebilir tarımın temelidir. Toprak organik madde miktarını artırmak için organik madde kaynakları değerlendirilmelidir. Kimyasal gübrelerin alternatifi olarak organik veya organomineral gübreler kullanılmaktadır.

Organomineral gübre “organik gübre veya toprak iyileştirici olarak bir veya daha fazla birincil besin içeriğine sahip inorganik gübrelerin suda harmanlanması, kimyasal reaksiyonu, granülasyonu veya suda çözündürülmesiyle elde edilen bir gübre” olarak tanımlanmaktadır (Antille ve diğ., 2013). Aveni ve diğ.. (2012) tarafından yapılan araştırma, organomineral gübrenin toprak verimliliğini artırdığını doğrulamaktadır. Organomineral gübre düşük üretim maliyetine sahip olmasının yanı sıra toprağın kalitesinin iyileştirilmesinde sayısız avantajlar sergilemekte, yeniden kullanımdan dolayı çevre sorumluluğu taşımaktadır. Bunun yanı sıra, içerdikleri besin maddeleri ve önemli organik maddeler ile toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinin gelişimini güçlendirmektedir. Yapılan araştırmalar, organomineral gübrelerin alan/verim, bitki/verim, çiçeklenme gün sayısı, bitki dal sayısı, yaprak sayısı ve bitki boyuna etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir (Uçar ve diğ., 2020)

Kominko ve diğ. (2017), organomineral gübrenin esas avantajının bitki besin elementlerinin yavaş salınmasıyla toprak organik maddesinde önemli artışa sebep olduğunu bildirmiştir.

Azot, toprak verimliliği için en önemli bitki besin maddelerinden biridir. Azot fotosentezin gerçekleşmesinde önemli bir yeri olan klorofil sentezi için de gereklidir. Azot eksiliğinde fotosentetik aktivite azalmakta ve bu da ürün verimini etkilemektedir. Azot döngüsü amonifikasyon/mineralizasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve azot fiksasyonu gibi birçok süreci içermektedir.

Toprak azot amonifikasyonu, organik maddelerdeki azotun toprak mikroorganizmaları tarafından  $NH_4^+$  iyonuna çevrildiğini süreç olarak tanımlanmaktadır. Nitrifikasyon ise amonyum azotunun nitritlere ve nitratlara oksidasyonunu içerir ve topraklardaki N dengesinden sorumlu olan önemli bir süreçtir (Jetten, 2008).  $NH_4^+$  ve  $NO_3^-$  bitkiler tarafından alınabilen azot formlarıdır.  $NH_4^+$  veya  $NO_3^-$  miktarı,  $NH_4^+$  üretimini ve  $NH_4^+$ 'ın  $NO_3^-$ 'e dönüşümünü etkileyen çevresel koşullara bağlıdır. Nitrifikasyon potansiyeli ise, optimum koşullar altında amonyumu nitrate dönüştürmek için maksimum kapasiteyi belirlenmesine yönelik bir prosestir.

Bu çalışmanın amacı, organomineral gübre dozuna bağlı olarak azot proseslerinin (amonyum azotu, nitrat azotu, amonifikasyon, nitrifikasyon potansiyeli) değişimini değerlendirmektir.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Materyal

Çalışma kapsamında toprak örnekleri, Bursa-Balabancık köyünde bulunan bir tarım arazisinin en üstteki 20 cm'lik kısmından toplanmıştır. Toprağın, tekstürü kumlu kil olarak belirlenmiştir (kum: 56,1%, silt: 18,5% ve kil: 25,4%).

Katı organomineral gübre numuneleri Bursa, Türkiye'de bulunan bir tesisten temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan organomineral gübre, kompost, DAP, Üre, Potasyum Sülfat, Demir Sülfat Monohidrat, Çinko Sülfat Monohidrat, Manganez Sülfat Monohidrat, maddelerini içermektedir.

Organomineral gübre ve toprağın karakterizasyonu Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1. Kullanılan organomineral gübre ve toprağın genel özellikleri**

Özellikler	Değerler	
	Organomineral Gübre	Toprak
pH (1:5)	5,5-7,5	7,66
EC <sub>25°C</sub> (1:5 dS m <sup>-1</sup> )	38,3	0,18
Organik Karbon, %	30	1,25
Toplam-P, %	10	0,18
Toplam-N, %	6	0,14
Zn, %	0,2	0,135
Amonyum-N, %	4	7
Nitrat-N, %	2	4

Organomineral gübre konsantrasyonlarının toprak azot süreçleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla, 20 ve 40 g kg<sup>-1</sup> oranlarında organomineral gübre 100 g toprağa uygulanmış ve tarla kapasitesinin %70 oranında nemlendirilmiştir. Deney dizaynı, 3 tekrarlamalı tesadüfi blok tasarımı düzeninde planlanmıştır. Organomineral gübre içermeyen kontrol toprağı da hazırlanmıştır. Örnekler daha sonra kontrollü koşullar altında karanlıkta 28° C'de 15 ve 30 gün süreyle inkübasyon çalışması yürütülmüştür. Topraklardaki nem miktarının sabit kalmasına özen gösterilmiştir. Her örnekleme zamanında (15. ve 30. gün) üç set toprak kap alınarak alınan örneklerde NH<sub>4</sub>-N NO<sub>3</sub>-N, arginin amonifikasyon oranı, nitrifikasyon potansiyeli belirlenmiştir.

### 2.2. Laboratuvar Analizleri

Arginin amonifikasyon oranı için, 2 g toprağa 0,5 ml arginin solüsyonu eklenerek 30 ° C'de 3 saat süreyle ile inkübasyon çalışması yürütülmüştür. İnkübasyondan sonra 20 ml 2M KCl ile ekstraksiyon edilerek (Alef ve Kleiner, 1986) indofenol mavisi yöntemiyle amonyum konsantrasyonları belirlenmiştir. Arginin amonifikasyon oranı, arginin ilave edilen ve edilmeyen numune değerleri arasındaki fark olarak hesaplanmıştır. Arginin amonifikasyon aktivitesi µg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N.g<sup>-1</sup> kuru toprak sa<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

Nitrifikasyon potansiyeli, substrat olarak amonyum sülfat kullanımı ile belirlenmiştir. (Hart ve diğ., 1994) Örnekler, 24 saat boyunca 25° C'de 180 rpm'de orbital bir çalkalayıcıda inkübe edilmiştir. 0., 4. ve 24. saatlerde alınan örnekler salisilik asit yöntemini kullanarak santrifüjlenmiş ve süpernatandan nitrat ölçülmüştür (Cataldo ve diğ., 1975). NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dönüşüm oranlarının

hesabında doğrusal regresyon analizi kullanılmış ve nitrifikasyon potansiyeli  $\mu\text{g NO}_3\text{-N.g}^{-1}$  kuru toprak  $\text{sa}^{-1}$  olarak belirtilmiştir.

### 2.3. İstatistiksel analizler

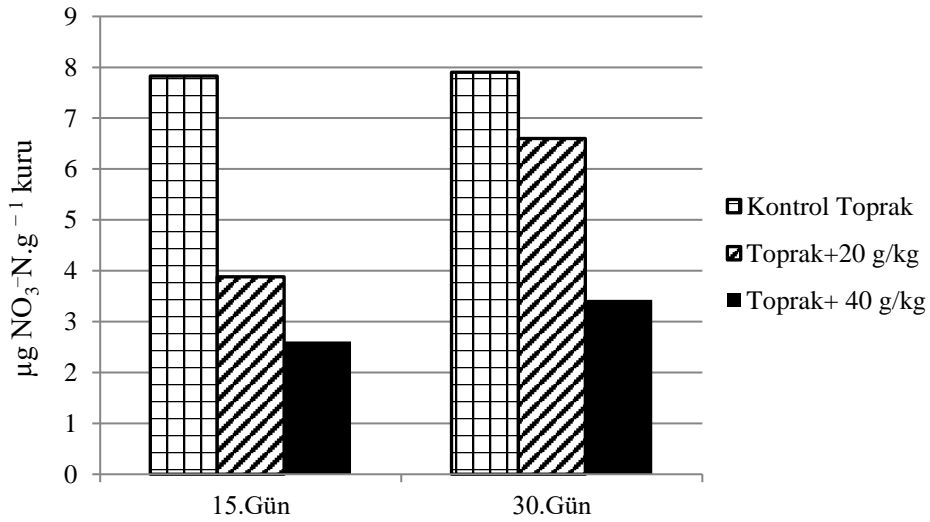
Tüm istatistiksel hesaplamalar STATISTICA 10.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Organomineral gübre uygulama dozu ve inkübasyon süresinin etkisini test etmek için ANOVA uygulanmıştır. Tukey post HOC analiz HSD çoklu karşılaştırma testi kullanılarak sonuçların istatistiksel olarak önemli olup olmadığı tespit edilmiştir.

## 3. SONUÇ VE TARTIŞMA

### 3.1. Nitrifikasyon Potansiyeli ve $\text{NO}_3\text{-N}$ Seviyeleri

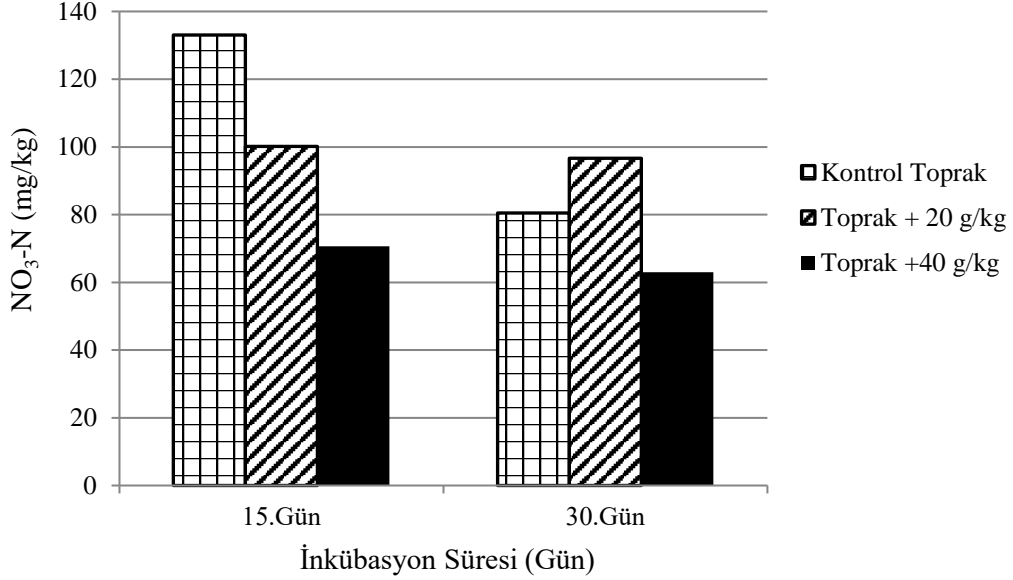
Azot döngüsü süreçleri, nitrifikasyon potansiyelinin doğru olarak tespit edilmesi ile anlaşılmaktadır. Nitrifikasyon potansiyeli toprağın organik madde içeriğinin yanı sıra, nem, pH, havalandırma gibi pek çok faktörle ilişkilidir. Organomineral gübre uygulamasının toprağın nitrifikasyon potansiyeli üzerindeki etkisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Organomineral gübre uygulaması yapılmayan kontrol toprağının nitrifikasyon potansiyeli, inkübasyon koşulları altında zaman içerisinde değişmemiştir.

20 ve 40  $\text{g kg}^{-1}$  dozlarında uygulanan organomineral gübrenin toprakların nitrifikasyon potansiyelini azalttığı görülmüştür. 40  $\text{g kg}^{-1}$  uygulama yapılan toprakta nitrifikasyon potansiyelinde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Yüksek  $\text{NH}_4\text{-N}$  konsantrasyonu nitrifikasyonu engelleyebilmektedir. (Smith vd., 1997) İnkübasyon süresi boyunca, tüm topraklarda nitrifikasyon potansiyelinin genel olarak arttığı belirlenmiştir. Organomineral gübre uygulamasının nitrifikasyon potansiyeline olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1:

Farklı dozlarda organomineral gübre uygulamasının nitrifikasyon prosesi üzerine etkisi



**Şekil 2:**

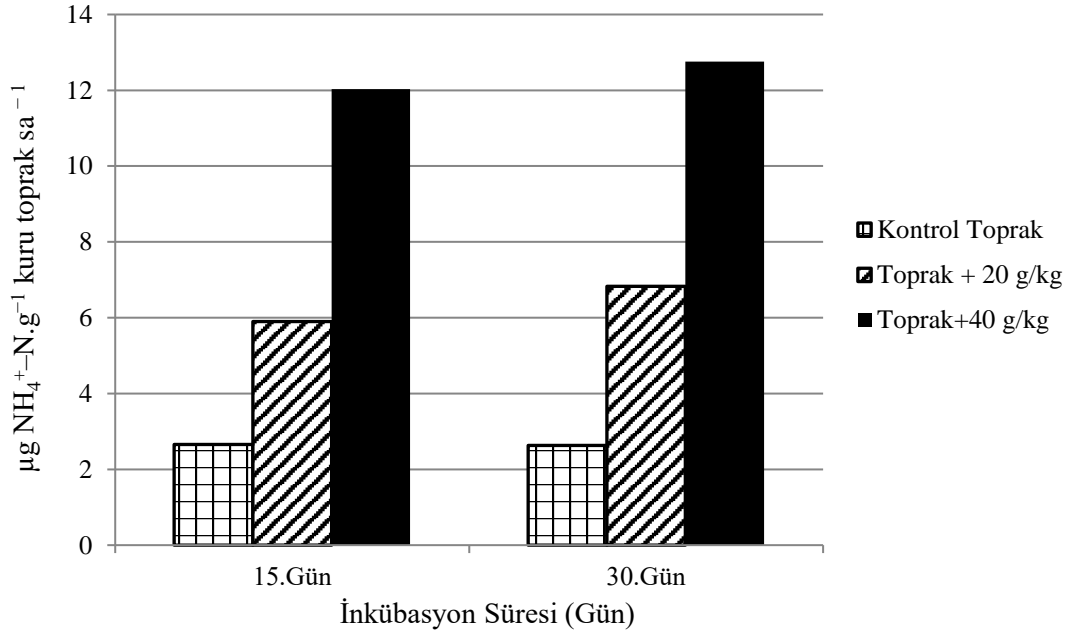
*Farklı dozlarda organomineral gübre uygulamasının nitrat konsantrasyonu üzerine etkisi*

Şekil 2 organomineral gübre uygulamasının inkübasyon süresi boyunca  $\text{NO}_3^-$  konsantrasyonu üzerine değişimini göstermektedir.  $\text{NO}_3^-$  mevcudiyeti,  $\text{NH}_4^{++}$ 'ün üretimini ve  $\text{NH}_4^{++}$ 'ün  $\text{NO}_3^-$ 'e dönüşümünü etkileyen çevresel şartlara bağlıdır. (Ghaly ve Ramakrishnan, 2015). Nitrat ve amonyum alım oranı toprağın pH'ına bağlıdır. Nitratın alımı asidik koşullarda artarken, amonyum alımı nötre yakın ya da bazik koşullarda artmaktadır (Kirkby ve diğ., 2009). Tüm topraklarda nitrat konsantrasyonu inkübasyon süresince düşme eğilimindedir. İlk 15 günlük süreçte 20 ve 40  $\text{g kg}^{-1}$  organomineral gübre içeren topraktaki nitrat seviyesi, ilgili kontrol değerlerinden daha düşüktür ( $p < 0,05$ ). İnkübasyon sonunda ise en düşük nitrat konsantrasyonu, yüksek doz ( $40 \text{ g kg}^{-1}$ ) organomineral gübre uygulanmış toprakta bulunmuştur. Organomineral gübre uygulamasının toprağın nitrat konsantrasyonu üzerinde azalma etkisi gösterdiği görülmüştür. Organomineral gübre uygulanan topraktaki nitrat N içeriğinin azalması, nitrifikasyon oranını azaltan  $\text{NH}_4^+$ -N seviyelerinin bir sonucudur (Tejada ve diğ., 2002) Bu durumun organik maddenin mineralizasyonuna ve aynı zamanda toprak pH'sının düşmesine bağlı olarak tetiklenmektedir (Tamer ve Namlı, 2018).

### 3.2. Amonifikasyon potansiyeli

Toprak azotunun mineralizasyonu (amonifikasyon), organik maddelerdeki azotun toprak mikroorganizmaları tarafından amonyum iyonuna ( $\text{NH}_4^+$ ) çevrilmesi sürecidir (Schimel ve Bennett, 2004).

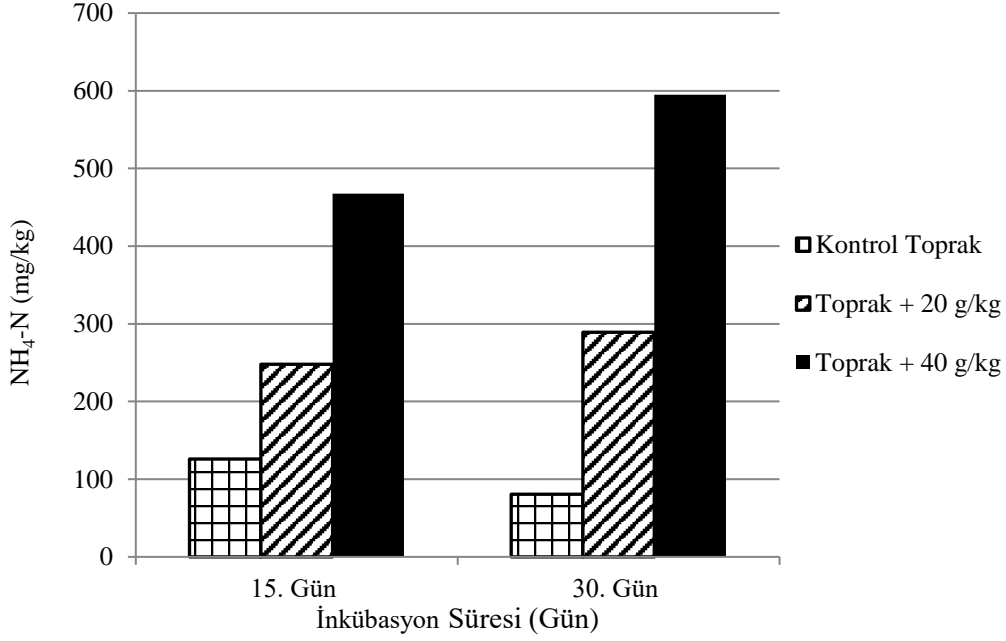
Şekil 3, inkübasyon süresince organomineral gübre ile muamele edilmiş toprakta arginin amonifikasyon oranını göstermektedir. Kontrol toprağı arginin amonifikasyon oranı inkübasyon süresinde önemli bir değişim göstermemiştir. Ancak organomineral gübre ile muamele edilmiş toprakta amonifikasyon oranları kontrol toprağına kıyasla oldukça yüksektir ( $p < 0,05$ ).  $40 \text{ g kg}^{-1}$  dozunda yapılan uygulamanın amonifikasyon potansiyelini daha çok arttırdığı görülmüştür.



**Şekil 3:**

*Farklı dozlarda organomineral gübre uygulamasının arginin amonifikasyon oranı üzerine etkisi*

Organomineral gübre uygulamasının toprağın  $\text{NH}_4\text{-N}$  seviyesine etkisi Şekil 4'te verilmiştir. Kontrol toprağının  $\text{NH}_4\text{-N}$  konsantrasyonu, inkübasyon süresince düşme eğilimindedir. 20 ve 40  $\text{g kg}^{-1}$  organomineral gübre içeren topraktaki amonyum seviyesi, inkübasyonun tüm günleri boyunca ilgili kontrol değerlerinden daha yüksektir ( $p < 0,05$ ). Organomineral gübre uygulaması, tarım toprağının amonyum seviyesini artırmıştır. Benzer şekilde Tejada ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada organomineral gübre uygulamasının amonyum azotu içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir. Organik azot bileşiklerinin mineralizasyonu sonucu  $\text{NH}_4^+$  azotu oluşmakta ve bunun önemli bir kısmını bitkiler almaktadır. Kalan kısım ise; protein oluşturmak için mikroorganizmalarca bağlanmakta, toprak kolloidleri tarafından tutularak  $\text{NO}_3^-$  azotuna çevrilmektedir. Ortaya çıkan  $\text{NO}_3^-$  azotu çok hareketli bir iyon olup, toprakta durağan değildir. Bu özelliği nedeniyle bitkiler tarafından alınmayan veya mikroorganizmalarca bağlanmayan bir kısım  $\text{NO}_3^-$  azotu ya denitrifikasyonla kaybolmakta ya da yıkanarak daha alt katmanlardaki taban suyuna ulaşmakta veya yüzeysel akışlarla akarsu, göl ve denizlere taşınmaktadır. Meyer ve diğ., (2001) ve Stitt (1999), bitkilerin azot temini amacıyla amonyum kullandığını ve nitrat mevcudiyetinde daha iyi büyüme gösterdiğini belirtmiştir. Bitkiler kökleri ile topraktan nitrat almaktadırlar. Nitrat bitki içerisinde indirgenerek proteinlere ve amino asitlere dönüşmektedir (Correa ve diğ., 2016).



**Şekil 4:**

*Farklı dozlarda organomineral gübre uygulamasının amonyum azotu üzerine etkisi*

#### 4. SONUÇ

Organomineral gübreler, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini çoğunlukla olumlu yönde etkilemektedir. Kimyasal gübrelere en iyi alternatif olarak öne çıkan organomineral gübrelerin sürdürülebilir tarımı da destekleyeceğine dair araştırmalar mevcuttur. Topraktaki organik madde içeriğine katkı sağlaması için kullanılan organomineral gübreler, topraktaki azot miktarının artmasına neden olmaktadır. Toprakta azot fazlalığı ise besin dengesizliği, tuzlanma ve yanma, kök gelişim bozukluğu ve su kirliliği gibi etkilere neden olabilmektedir. Bu nedenle organomineral gübrelerin toprak verimliliğine etkileri, üretimi, çevresel etkileri ile ilgili çalışmaların artırılması ülkemiz tarımı açısından oldukça yararlı olacaktır.

Bu çalışmanın sonuçları, organomineral gübre uygulanmış toprak örneklerinde nitrat azotu konsantrasyonunun amonyum azotu konsantrasyonuna göre daha düşük olduğunu göstermiştir. Toprakta fazla amonyum mevcudiyeti, nitrat azotunun heterotrofik bakteriler tarafından asimilasyonunu baskılamaktadır. Farklı dozlarda organomineral gübre uygulanmış topraklardaki nitrifikasyon potansiyeli, inkübasyon boyunca ilgili kontrol değerlerinden daha az tespit edilmiştir. 20 ve 40 g kg<sup>-1</sup> oranında organomineral gübre uygulamasının amonyum azot seviyelerini sırasıyla %71 ve %73 oranında arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca inkübasyon sonunda organomineral gübre ilavesiyle topraktaki amonifikasyon oranı %61-80 oranında artmıştır.

Sonuçlar, organomineral gübrelemenin, yüksek pH'lı topraklarda bitkinin gereksinim duyduğu besin maddelerinin bitkilerin kolay almalarına yardımcı olduğunu göstermektedir. Ancak her gübrede olduğu gibi organomineral gübre kullanımında da dikkatli olmak gerekmektedir. Kullanımdan önce toprağın analizi yapılmalı, tarım için kullanılan topraklarda yetiştirilecek bitki çeşidi belirlenmeli ve gübreleme ona göre uygulanmalıdır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar(lar), bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

## YAZAR KATKISI

Bu araştırmada; Efsun DİNDAR yöntem öncesinde yapılan hazırlık adımlarında, hesaplamaların yapılmasında, literatür araştırmalarında, analizlerin gerçekleştirilmesinde, araştırma ve analiz yönteminin doğruluğunun kontrolü, makalenin genel içerik ve yapısının oluşturulması, Çiğdem YAZGAN YİĞİT literatür araştırmasında, şekil ve tablo düzenlemelerinde, makalenin yazımı konularında katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Alef, K., Kleiner, D. (1986) Arginine ammonification, a simple method to estimate microbial activity potentials in soil, *Soil Biol. Biochem.* 18 233–235.
2. Antille, D. L., Sakrabani, R., Tyrell, S.N., Le, M.S., Godwin, R.J. (2013) Characterization of organomineral fertilizers derived from nutrient-enriched biosolids granules. *Appl. Environ. Soil Sci.*
3. Ayeni, L.S., Adeleye, E.O., Adejumo, J.O. (2012) Comparative effect of organic, organomineral and mineral fertilizers on soil prop-erties, nutrient uptake, growth and yield of maize (*Zea Mays*). *IRJAS* 2 (11), 493–499.
4. Cataldo, D.A, Haroon, M., Schrader L.E., Young, V.L. (1975) Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid, *Commun. Soil Sci. Plan* 6 71–80.
5. Corrêa, J.C, Grohskop, M.A, Nicoloso, R.D.S., Lourenço, K.S., Martini, R. (2016). Organic, Organomineral, and Mineral Fertilizers with Urease and Nitrification İnhibitors for Wheat and Corn under No-Tillage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51 (8): 916-924
6. Ghaly, A.E, Ramakrishnan, V.V (2015). Nitrogen Sources and Cycling in the Ecosystem and its Role in Air, Water and Soil Pollution: A Critical Review *J Pollut Eff Cont*, 3:2
7. Guggenberger, G. (2005) Humification and mineralization in Soils. In: Buscot F, Varma A (eds.) *Microorganisms in soils: Roles in genesis and functions*. Springer Berlin Heidelberg, New York, USA.
8. Hart, S.C, Stark, J.M, Davidson, E.A, Firestone, M.K. (1994). Nitrogen mineralisation, immobilization, and nitrification, in: R.W. Weaver, J.S. Angle, B.S. Bottomley (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*, ASA and SSSA, Book Series No. 5, Madison, WI, pp. 985–1018.
9. Jetten, M.S.M (2008). The Microbial Nitrogen Cycle *Environmental Microbiology* 10(11), 2903–2909.
10. Kacar, B., Katkat, A.V (2007). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Vakfı Yayın No:144, Vipaş Yayın No:20, Bursa
11. Keeney, D.R, Nelson, D.W (1982). Nitrogen-inorganic forms, in:A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, ASA and SSSA, Agronomy Monograph No. 9, Madison, WI, , pp. 643–693



12. Kirkby, E.A, Le Bot J., Adamowicz, S., Roemheld, V. (2009). Nitrogen in physiology: an agronomic perspective and implications for the use of different nitrogen forms. Proceeding No.: 653 of The International Fertiliser Society, York, YO32 5YS, UK.
13. Kominko, H., Gorazda, K., Wzorek, Z., (2017) The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. *Waste Biomass Valor*, 8:1781–1791 DOI 10.1007/s12649-016-9805-9
14. Meyer, C., Stitt, M. (2001) Nitrate reductase and signalling. In: Lea PJ, MorotGaudry JF (eds.) *Plant Nitrogen*, Springer, New York, USA, pp 37-59.
15. Schimel, J.P, Bennett, J. (2004) Nitrogen mineralization: Challenges of a changing paradigm. *Ecology* 85: 591-602.
16. Smith, R.V, Burns, L.C, Doyle, R.M, Lennox, S.D, Kelso, B.H.L, Foy, R.H, Stevens, R.J, (1997). Free ammonia inhibition of nitrification in river sediments leading to nitrite accumulation, *J. Environ. Qual.*, 26, 1049-1055.
17. Stitt, M. (1999) Nitrate regulation of metabolism and growth. *Curr Opin Plant Biol* 2: 178-186.
18. Tejada, M., Benitez, C., Gonzalez, J.L., (2002). Nitrogen Mineralization in Soil with Conventional and Organomineral Fertilization Practices, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (19/20), 3679-3702.
19. Uçar, Ö., Soysal, S., Erman, M. (2020). Farklı Leonardit Dozlarının Nohut (*Cicer arietinum* L.)'un Verim ve Bazı Verim Özelliklerine Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 917–921.

