

T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KULLANILAN FARKLI GÜBRE ÇEŞİTLERİNİN N₂O VE CO₂
SALINIMINA ETKİSİ

Nazmiye DENİZ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA

2019

Prof. Dr. Cengiz KAYA danışmanlığında, Nazmiye DENİZ'in hazırladığı "Kullanılan Farklı Gübre Çeşitlerinin N₂O ve CO₂ Salınımına Etkisi" konulu bu çalışma 12/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Cengiz KAYA

Üye : Prof. Dr. Veli UYGUR

Üye : Doç. Dr. Abdulkadir SÜRÜCÜ

Bu Tezin Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 19058

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	İ
ABSTRACT	İ
TEŞEKKÜR	İİ
ÇİZELGELER DİZİNİ	İİİ
ŞEKİLLER DİZİNİ	İV
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	V
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Azotlu Gübrelerin Tarım Açısından Önemi	4
2.2. Azotlu Gübrelerin Çevreye Etkisi	5
2.3. Toprakta N_2O , CO_2 ve N_2 Salınımı ile İlgili Yapılan Çalışmalar	6
2.3.1. N_2O	6
2.3.2. CO_2	8
2.3.3. N_2	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM	10
3.1. Toprak	10
3.2. Robotik Sürekli Akış Toprak İnkübasyon Sistemi	11
3.3. Kullanılan Gübreler	12
3.4. Mineral N Analizi	13
3.5. Hesaplamalar ve İstatistiksel Analizler	13
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	15
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	21
5.1. Sonuçlar	21
5.2. Öneriler	21
KAYNAKÇA	22
ÖZGEÇMİŞ	27

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Kullanılan farklı gübre çeşitlerinin N₂O ve CO₂ salınımına etkisi

Nazmiye DENİZ

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cengiz KAYA

YIL: 2019, Sayfa: 27

Artan gıda ihtiyacını karşılamak için bitkisel üretimde verimlilik artırılmak istenmektedir buna göre verimliliği arttırmak için özellikle azotlu gübreler tercih edilmektedir. Ancak azotlu gübre kullanımı beraberinde sera etkisi yapan gazların açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı farklı iki azotlu gübrenin N₂O ve CO₂ salınımına etkisini saptamaktır. . İnkübasyon denemesi LED ışık kaynağı altında He (%80)+O₂ (%20)+CO₂ (400 ppm) karışık atmosfer kullanılarak modifiye edilmiş robotik sürekli akış tesisi inkübasyon sisteminde gerçekleştirildi. İnkübasyon kapları olarak iç çapı 140 mm ve 150 mm yüksekliğinde şeffaf akrilik cam silindireler kullanılmıştır ve 0.9 kg toprak ile 5 g anız karıştırılarak doldurulmuştur. Denemede 10 kg N da⁻¹ dozda amonyum sülfat (AS) ve potasyum nitrat (KN) olmak üzere iki farklı gübre formu kullanılmıştır. Bu denemede kontrol dahil olmak üzere 3 farklı muameleye yer verilmiştir. Muameleler deneme öncesi %85 su tutma kapasitesine getirildi ve deneme boyunca sabit tutuldu. Denemede toplam N₂O salınımı muameleler arasında önemli farklılıklar bulunurken CO₂ salınımının da ise önemli farklılık bulunmamıştır. Kontrolle kıyaslandığında iki gübre formunda N₂O salınımında artış görülmüştür. Ancak amonyum sülfat ile potasyum nitrat arasında bir kıyaslama yapıldığında önemli farklılıkların olduğu görülmüştür. Nitekim iki gübre ile kontrol arasında CO₂ salınımı açısından kıyaslama yapıldığı zaman anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Çalışma sonuçlarına göre potasyum nitrat hem toprakta nitrat birikimine sebep olmakta hem de N₂O salınımına neden olmaktadır. Ancak her iki gübrenin de CO₂ salınımına katkısının az olduğuna ve ortamdaki organik madde miktarının CO₂ salınımına neden olduğu kanaatine varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Potasyum nitrat, amonyum sülfat, nitroz oksit, karbondioksit, denitrifikasyon

ABSTRACT

MSc Thesis

EFFECT OF FERTILIZER TYPES ON SOIL BORN N₂O AND CO₂ FLUXES IN AGRICULTURAL SOILS

Nazmiye DENİZ

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

**Supervisor: Prof. Dr. Cengiz KAYA
YEAR: 2019, Page: 27**

In order to increase the productivity it is desirable to increase the productivity in order to increase the productivity in order to meet increasing food needs. However, the use of nitrogen fertilizers leads to the release of greenhouse gases. The main purpose of this study is to determine the effect of two different nitrogen fertilizers on N₂O and CO₂ emissions. Incubation assay was carried out in a modified robotic continuous flow plant incubation system using He(80%)+O₂(20%)+CO₂(400 ppm) mixed atmosphere under LED light source. Transparent acrylic glass cylinders with inner diameter 140 mm and 150 mm height were used as incubation containers and 0.9 g of soil and 5 g of stubble were filled with stirring. In the experiment, two different fertilizers were used in 10 kg N ha⁻¹ dose ammonium sulfate (AS) and potassium nitrate (KN). This trial included three different treatments, including control. The treatments were brought to a water holding capacity of 85% before the trial and kept constant throughout the trial. There were significant differences between the total N₂O release treatments and the CO₂ emission was not significant. Compared to the control, an increase in N₂O release was observed in the form of two fertilizers. However, significant differences were observed when a comparison was made between ammonium sulfate and potassium nitrate. As a matter of fact, no significant differences were found between the two fertilizers and the control in terms of CO₂ emissions. According to the results of the study, potassium nitrate causes nitrate accumulation in the soil and causes N₂O release, but it is concluded that both fertilizers contribute to CO₂ release and the amount of organic matter in the environment was likely to be responsible for CO₂ emission.

KEY WORDS: Ammonium sulfate, potassium nitrate, nitrous oxide, carbon dioxide, denitrification

TEŞEKKÜR

Çalıőmamn her aőamasında bana yardımcı olan ve yol gősteren danıőmanım Sayın Prof. Dr. Cengiz KAYA ve Doç. Dr. Mehmet ŐENBAYRAM'a ićenlikle teőekkür ederim.

Çalıőmamn yazım aőamasında bana yardımcı olan, bilgi ve deneyimini benimle paylaőan Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Leyla İLİK'e en ićen duygularımla çok teőekkür ederim.

Bütün öğretim hayatım boyunca her zaman benim yanında olan başta anne ve babam olmak üzere bütün aileme sonsuz teşekkür ederim.



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3. 1. Denemede kullanılan gübrelerin azot içerikleri	13
Çizelge 3. 2. Denemede kullanılan gübre ve anız miktarı.....	13
Çizelge 4. 1. Deneme süresi boyunca ölçülen toplam N ₂ O ve N ₂ değerleri (60 gün).	17
Çizelge 4. 2. Toplam nitrat (NO ₃ ⁻) ve amonyum (NH ₄ ⁺) değerleri deneme kurulduktan 24 gün ve 60 gün sonra ölçülmüştür. istatistiki farklılıklar Duncan HSD testi ile ölçülmüştür	19



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3. 1. Gaz kromatografisi.....	11
Şekil 3. 2. Gaz kromatografisi kısımları ve analiz akış şeması	11
Şekil 4. 1. Deneme süresi boyunca ölçülen N ₂ O ve N ₂ değerleri (60 gün)	16
Şekil 4. 2. CO ₂ emisyonu (CO ₂ - C kg /ha).....	19



SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

N	Azot
NH ₄ ⁺	Amonyum
N ₂ O	Nitröz oksit
CO ₂	Karbondioksit
pH	Toprak reaksiyonu
FAO	Gıda ve tarım örgütü
IPPC	Entegre kirlilik önleme ve kontrolü
CH ₄	Metan
H ₂ S	Hidrojen sülfür
C	Karbon
N ₂	Elementel azot
P=0.05	İstatistiki önem seviyesi
K	Kontrol
AS	Amonyum sülfat
KN	Potasyum nitrat
L	Litre
g	Gram
kg	Kilogram
da	Dekar
ha	Hektar

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu, beraberinde bazı sorunları getirmektedir. Bu sorunların başında gıda ihtiyacı gelmektedir. Nitekim dünya nüfusundaki artış gıda ihtiyacını karşılamak için tarıma rağbeti arttırmaktadır. Ancak tarıma rağbetin artması sonucunda tarım yapılmayan (çayır-meralar, ormanlık alanlar vb) alanların tarıma açılması gerekebileceği ve toprak işlemenin yaklaşık iki kat artacağı öngörülmektedir (Frink ve ark., 1999). Öte yandan dünya genelinde ekilebilir alanların 2000 ile 2050 yılları arasında yaklaşık 185 milyon hektara çıkabileceği belirtilmektedir (Riahi ve ark., 2011).

Dünya genelinde bitkisel üretimde verimliliği arttırmak için kimyasal gübrelere ihtiyaç gittikçe artmaktadır. Nitekim Dünya genelinde 2014-2019 yılları arasında gübre talebinin yaklaşık %1.7 artabileceği belirtilmektedir (Heffer ve Prud'homme, 2014). Türkiye'de ise yalnızca 2017 yılında kullanılan kimyasal gübre (yalnızca N, P ve K içerikli gübreler) miktarı yaklaşık 13.5 milyon ton'dur (TÜİK, 2017). Öte yandan kullanılan kimyasal gübrelerin çoğunluğunu azotlu gübreler teşkil etmektedir. Nitekim ülkemizde 2017 yılında kullanılan azotlu gübre miktarı yaklaşık 8.5 milyon ton'dur (TÜİK, 2017).

Azot, bitkisel üretimin devamlılığı için vazgeçilmez bir bitki besin elementidir. Bu bitki besin elementi özellikle bitkilerin yeşil aksamında etkin rol oynar. Ancak azot bitkisel üretimi en çok sınırlayan besin elementidir. Dünya'da en çok üretimi yapılan tahıllar arasında olan başta pirinç, buğday ve mısır üretiminde sırasıyla 68, 44 ve 49 kg üretmek için 1 kg N kullanılmaktadır (Ladha ve ark., 2005).

Atmosferde yaklaşık %78.08 oranında azot bulunmaktadır ancak bitkiler bu azottan yalnızca biyolojik azot fiksasyonu ile yıldırım, şimşek gibi bazı olaylar sonucunda toprağa bağlanan kısmı kadar faydalanabilirler. Ancak bu bitki gelişimi için yeterli değildir. Fakat tropikal bölgelerde yalnızca N mineralizasyonu, biyolojik azot fiksasyonu ve serbest halde yaşayan bakterilerin bağladığı azot ile bitkisel üretim yapılmaktadır (Ladha ve ark., 2005). Bu tip ekosistemlerde binlerce yıldır

azotlu gübre ilavesi yapılmadan düşük verim alınmasına rağmen bitkisel üretim yapılmaktadır (Fischer, 2000).

Bitkisel üretimin artırılması ve artan gıda ihtiyacının karşılanması için azotlu gübreler tercih edilmektedir. Azot içerikli gübreler toprağa uygulandığı andan itibaren bitkilerin alabileceği forma (amonyum ve nitrat) mikroorganizmaların aracılığıyla dönüşürler. Ancak azotlu gübre ile toprağın gübrenmesi hava kirliliğinde etkin rol oynayan sera etkisi yapan gazların emisyonunu arttırabilir. Tarımsal topraklardan ve çeşitli yollarla atmosfere yayılan azot oksitler (NO_x), başta insan sağlığı, tarımsal üretimi ve doğal ekosistemleri etkileyen bir gaz bileşeni olan troposferik ozonu arttırır (Tilman ve ark., 2002). Ayrıca çeşitli ekosistemlerden gelen azot oksitler atmosferde uzun bir süre kalabilir, karasal ve sucul ekosistemlerde biriktirilebilir. Öyle ki azotlu gübre kullanılması yalnızca sera gazı salınımına neden olmayıp ayrıca yağışlı bölgeler ve nemli tropikal bölgelerde tarım arazilerinin çiftçiler tarafından yoğun olarak sulanmasının giderek artması beraberinde azotun nitrat olarak yer altı sularına karışmasına neden olmaktadır (Sekhon, 1995). Öte yandan azot kirliliği biyolojik çeşitliliği tehdit etmekte ve bazı türler artarken bazı türlerin ise yok olmasına sebep olduğu belirtilmektedir (Giles, 2005).

Topraktan N_2O emisyonunun temel iki sebebi vardır. Bunlar; mikrobiyal nitrifikasyon ve denitrifikasyondur. Bu olayların gerçekleşmesinde topraktaki su içeriği, amonyum ve nitrat konsantrasyonu, toprak havası, pH ve mineralize karbon miktarı etkilidir (Smith ve ark., 1998). Nitrifikasyon; amonyum azotunun oksijenli ortamda bakteriler (nitrosomas ve nitrobakter) tarafından nitrata dönüşmesi olayıdır. Bu olayda az da olsa N_2O açığa çıkar. Denitrifikasyon ise oksijensiz ortamda bazı bakterilerin nitrati nitrite, nitriti nitrit okside, nitrit oksidi ise nitroz oksit ve azot gazına (elementel azot) dönüşmesi olayıdır. Ayrıca denitrifikasyon bakterileri gerekli enerjiyi sağlamak için nitrati indirgerler (Sarigüllü ve ark., 2008). Öte yandan denitrifikasyon sonucunda her zaman sera gazı olan nitroz oksit ve azot oksitlerin emisyonu gerçekleşmez bazen N_2 (elementel azot) gazı emisyonu da gerçekleşebilir (Verstraete ve Focht, 1977). Denitrifikasyonu genellikle topraktaki nitrat miktarı, organik madde miktarı ve toprağın nem durumu etkiler (Ciarlo ve ark., 2008). Ayrıca tarımsal topraklarda mevcut nitrat miktarı N_2O (nitroz oksit) gazının

açığa çıkmasında etkilidir (Şenbayram, 2012). Öyle ki toprağa uygulanan azotun yaklaşık %10 ila %40'ı denitrifikasyonla kaybolmaktadır (Müftüoğlu ve Demirer, 1998).

Geçtiğimiz birkaç yılda, birçok uzman atmosferde bulunan iz gazlarının konsantrasyonundaki artışın iklim üzerindeki etkisi, artan karbondioksit konsantrasyonuna rakip olabileceği hatta geçebileceğini belirtmişlerdir. Nitekim atmosferde bulunan N₂O gazının, karbondioksitten yaklaşık 300 kat daha etkili olduğu belirtilmektedir (Lashof ve Ahuja, 1990).

Yapılan birçok çalışmada N₂O ve CO₂ miktarındaki artış insanlığın geleceği için büyük bir tehdit olacağı belirtilmektedir. Öte yandan topraktan azot kaybı ve toprak karbonu kaybı toprağı verimsizleştirmektedir. Bundan dolayı bu iki sera gazının azaltılması için çalışmalar yapılmaktadır. Gelecekte sürdürülebilir bir tarım yapılması için toprağa uygulanan gübrelerin kaybı en aza indirilmeli ve N₂O salınımı açısından gübre kullanımına dikkat edilmedir. Saydığımız bu sebeplerden dolayı bu çalışmadaki asıl amaç buğday ekilmiş ve hasat sonrası toprakta kalan anız toprağa karıştırılarak meydana gelen tarım arazilerinde farklı iki gübrenin (amonyum sülfat ve potasyum nitrat) toprak üzerindeki N₂O ve CO₂ salınımına en çok etki eden gübreyi saptamaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Azotlu Gübrelerin Tarım Açısından Önemi

Azot bitki verimi ve gelişimi açısından vazgeçilmez besin elementidir. Azotun, en yüksek konsantrasyonları (%3-7), genç dokular, aktif olarak büyüyen dokularda ve tohumlar gibi depolama dokularında bulunur (Mattson, 1980). İndirgenmiş karbon, tüm yaşam için enerji kaynağı sağlarken, azotun canlıları oluşturan proteinler ve nükleik asitler gibi maddelerdeki rolü nedeniyle merkezi unsur olarak görülmesi gerekir (Novoa ve Loomis, 1981). Ayrıca azot yüksek bitkilerde kimyasal olarak indirgenmiş formda bulunur ve yüksek bitkilerin kuru ağırlığının %1.5 ile %5'ini oluşturmakla beraber bitkilerin yapısındaki proteinlerde %80 ile %90 oranında bulunur (Novoa ve Loomis, 1981).

Verimi arttırmak ve gıda ihtiyacını karşılamak için dünyada ve Türkiye'de azotlu gübreler gittikçe popüler hale gelmekte ve bitkiye hangi dozlarda verilmesi gerektiği araştırılmaktadır. Nitekim yapılan çalışmada farklı buğday çeşitlerine farklı oranlarda azotlu gübre uygulanmış ve netice olarak bütün buğday çeşitlerinde protein ve dölleme açısından belirgin şekilde farklar olduğu belirlenmiştir (Wieser ve Seilmeier, 1998).

Azot, atmosfer, toprak ve canlı organizmalar arasında dolaşan çok hareketli bir elementtir (Mengel ve ark., 2001). %78.08 oranıyla azot atmosferde en çok bulunan gazdır. Ancak bitkiler bundan yalnızca biyolojik azot fiksasyonu, topraktaki N mineralizasyonu ve serbest halde yaşayan bakterilerin bağladığı azot kadar yararlanabilmektedir. Ancak bu bitkilerin gelişimi ve verimi için yeterli değildir (Ladha ve ark., 2005).

Dünyada en çok üretimi yapılan tahıllar arasında olan pirinç, buğday ve mısır üretiminde sırasıyla 68, 44 ve 49 kg üretmek için 1 kg N kullanılmaktadır (Ladha ve ark., 2005). Ayrıca bir diğer çalışmada ise 4 yıllık sürekli mısır ekimi sırasında en yüksek verimi elde etmek için gereken en az düzeydeki N oranı yıldan yıla değişmiş ve sonuç olarak 159 kg N ha⁻¹ geçmediği belirlenmiştir (Berenguer ve ark., 2009).

Baklagil bitkilerinin azotu biyolojik olarak atmosferden fiske etme kabiliyetine sahiptirler. Bu sadece baklagillerin kendileri için değil aynı zamanda ikinci mahsul (münavebe) için de yarar sağlarlar (Liu ve ark., 2011).

2.2. Azotlu Gübrelerin Çevreye Etkisi

Yapılan birçok araştırma azotun bitkiler için vazgeçilmez bir element olduğu belirtilmiştir. Ancak toprağa uygulanan azotlu gübrenin yarısı bitki tarafından alınmakta geri kalanı denitrifikasyon, yıkanma, erozyon vb nedenlerle topraktan kaybolmaktadır. Tarım arazilerinden yeraltına sızan ve yer altı sularını kirleten nitrat konsantrasyonu son 2-3 yılda birçok ülkede artış eğilimi göstermiştir (Strebel ve ark., 1989; Majumdar ve Gupta, 2000; Mahvi ve ark., 2005). Ayrıca gübre uygulamalarının önümüzdeki 30 yıl içinde iki katına hatta üç katına çıkacağı tahmin ediliyor; bu da azotlu gübre kaynaklı kirlilik sorununu daha da ciddi hale getiriyor (Zhang ve ark., 1996; Bodirsky ve ark., 2014). Nitekim farklı dozlardaki azot uygulaması, döllenme oranı, protein miktarında ve oranlarında değişikliğe neden olduğu bilinmektedir (Wieser ve Seilmeier, 1998). Ayrıca toprağa uygulanan azotun sadece %50 ila %60 arasında bitkilere faydalı olur geri kalanı denitrifikasyonla kaybolur (Müftüoğlu ve Demirer, 1998).

Azotlu gübre ile toprağın gübrenmesi hava kirliliğinde etkin rol oynayan sera gazlarının emisyonunu arttırabilir. Tarımsal topraklardan ve çeşitli yollarla atmosfere yayılan azot oksitler (NO_x), başta insan sağlığını, tarımsal üretimi ve doğal ekosistemleri etkileyen bir duman bileşeni olan troposferik ozonu arttırır (Tilman ve ark., 2002; Compton ve ark., 2011). Öte yandan azot kirliliği biyolojik çeşitliliği tehdit etmekte ve bazı türler artarken bazı türlerin ise yok olmasına sebep olduğu belirtilmektedir (Giles, 2005; Galloway ve ark., 2008). Ayrıca insan kaynaklı ötrifikasyon, dünyadaki su sistemlerinin su kalitesini düşürerek ve ekosistem yapısını ve işlevini değiştirerek alglerin çoğalmasına ve balık ölümlerine sebep olur (Dodds ve ark., 2008).

2.3. Toprakta N_2O , CO_2 ve N_2 salınımı ile ilgili yapılan çalışmalar

İklim değişikliği; 21. yüzyıl da insanların karşı karşıya kaldığı en önemli sorunların başında gelmektedir. Küresel iklim değişikliğinin ana kaynağı, atmosferik kompozisyondaki insan kaynaklı değişimlerdir. Bu bozulmalar öncelikle enerji kullanımıyla ilişkili emisyonlardan kaynaklanmaktadır, ancak yerel ve bölgesel ölçeklerde kentleşme ve arazi kullanımı değişiklikleri de önemli yer tutmaktadır (Karl ve Trenberth, 2003). İnsan kaynaklı sera etkisi oluşturan gazlar su buharı, CO_2 (karbondioksit), N_2O (nitroz oksit), CH_4 (metan), H_2S (hidrojen sülfür) vb bileşiklerdir.

Atmosferde en bol bulunan iki gaz azot (%78) ve oksijen (%21)'dir, ancak bu iki gaz sera etkisi yapmamaktadır. Öte yandan sera etkisi daha karmaşık ve çok az yaygın olan moleküllerden gelir. Başta su buharı ve karbondioksit en önemli iki gazdır ancak atmosferde az olmasına rağmen etkisi büyük olan gazlar metan, azot oksit, ozon ve diğer birçok gaz sera etkisi yapmaktadır (Le Treut, 2007). Özellikle bu sera etkisi oluşturan bu gazların 1800'lü yıllardan itibaren artış gösterdiği bilinmektedir (Dellal, 2008).

2.3.1. N_2O

Son birkaç yıl içinde birçok araştırmacı atmosferde bulunan iz gazlarının konsantrasyonundaki artışın iklim üzerindeki etkisinin, artan karbondioksit konsantrasyonuna rakip olabileceğini hatta geçebileceğini belirtmişlerdir. Nitekim atmosferde bulunan N_2O gazının, CO_2 'den yaklaşık 300 kat daha etkili olduğu belirtilmektedir (Lashof ve Ahuja, 1990). Önümüzdeki 30 yıl içinde kimyasal gübre kullanımının 2-3 kat artabileceği ve netice olarak sera etkisi yapan N_2O gazının artabileceği öngörülmektedir (Zhang ve ark., 1996).

Tarımsal verimliliği arttırmak için toprağa azotlu gübre uygulanmakta ve toprağa uygulanan azotun sadece %50-60 arasında bitkilere faydalı olur geri kalanı denitrifikasyonla kaybolur (Müftüoğlu ve Demirer, 1998). Tarım topraklarında denitrifikasyon oranları orman topraklarından daha yüksek olma eğilimindedir ve en yüksek denitrifikasyon oranlarının azot ile gübrelenmiş topraklarda beklenebileceği

veya nitrat miktarının fazla olduğu alanlarda olduğu belirtilmektedir (Barton ve ark., 1999). Yani azotlu gübre ile toprağın gübrenmesi hava kirliliğinde etkin rol oynayan sera gazlarının emisyonunu arttırabilir. Tarımsal topraklardan ve çeşitli yollarla atmosfere yayılan azot oksitler, başta insan sağlığını, tarımsal üretimi ve doğal ekosistemleri etkileyen bir duman bileşeni olan troposferik ozonu arttırır (Tilman ve ark., 2002).

Topraktan N_2O emisyonunun temel iki sebebi vardır: mikrobiyal nitrifikasyon ve denitrifikasyondur. Denitrifikasyon; oksijensiz ortamda bazı bakteriler tarafından nitratın nitroz oksit veya elementel azota çevrilmesi olayıdır. Nitrifikasyon ise amonyum azotunun bazı bakteriler tarafından nitrate dönüşmesidir. Her iki olayda da N_2O salınımı gerçekleşir ancak denitrifikasyon da daha fazla N_2O salınımı açığa çıkar. Öte yandan denitrifikasyon sonucunda her zaman N_2O çıkmaz bazen N_2 (elementel azot)'de çıkabilir (Verstraete ve Focht, 1977; Smith ve ark., 1998; Sarıgüllü ve ark., 2008). Öte yandan denitrifikasyon; drenaj sorunu olan topraklar, yüksek karbon varlığı, nitrat miktarı vb durumlarda en yüksek seviyeye ulaşır (Weier ve ark., 1993; Hofstra ve Bouwman, 2005; Ciarlo ve ark., 2008; Şenbayram ve ark., 2012).

Ormanlara azotlu gübrelerin uygulanması, ormanlardaki karbon havuzunu arttırabilir ancak beraberinde N_2O salınımında da net artışa sebep olabilirken, asit reaksiyonlu orman topraklarına kireç ilave edilmesi sonucunda N_2O emisyonunu azaltılabilmektedir (Smith ve Conen, 2004). Mcswiney ve Robertson(2005) yaptıkları çalışmada mineral gübre kullanımına bağlı olarak tarım topraklarında salınan N_2O gazının özellikle aşırı gübreleme neticesinde arttığını belirtmiştir. Yine Losada ve ark. (2007) yaptıkları 2 yıllık saha çalışmasında toprak sıkışmasının N_2O ve CH_4 emisyonu üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu saptamışlardır. Ayrıca bu çalışmada gübreleme yapılan alanlarda daha yüksek N_2O emisyonu ölçmüşlerdir. Buna ek olarak amonyum bazlı gübrelerin topraktan daha fazla N_2O salınımına neden olduğu bildirilmiştir (Lebender ve ark., 2012).

Şenbayram ve ark. (2014) yaptıkları 2 yıllık çalışmada her iki yılda da en yüksek N₂O emisyonunun ölçüldüğü kumlu tın dokusu ile artan N girdisi ve N₂O emisyonunda ki artışlar arasındaki doğrusal bir ilişki olduğunu göstermişlerdir.

Bütün bu çalışmalar gösteriyor ki N₂O atmosfer açısından zararlı bir gazdır ve emisyonunun azaltılması için dünya çapında çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam edilecektir.

2.3.2. CO₂

Canlıların ana yapı taşı karbondur. Topraktaki karbon oranı mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu atmosfere karbondioksit olarak salınmaktadır. Nitekim yapılan bazı çalışmalarda buğday samanı ile kurulan denemede tarla su tutma kapasitesine getirilen toprakta biyolojik aktivitenin artışı sonucunda ortama karbondioksit salınımının daha fazla olduğu saptanmıştır (Kastal, 1992).

Toprakta artan C miktarı, biyolojik aktivitenin mevcut karbonunda ayrışmasını arttırıcı bir şekilde teşvik edebilir ve topraktan CO₂ salınımı artarken toprakta var olan karbon deposunda da bir azalış meydana gelir (Körner ve Arnone, 1992; Fontaine ve ark., 2004). Öte yandan küresel ısınma potansiyeli açısından tarım topraklarına uygulanan azotlu gübreler her kg N'e karşılık 1.4-14.0 kg CO₂'in çıkışına sebep olmaktadır ve bu değer ortalama olarak 4.65 kg CO₂ çıkışı olarak kabul edilmektedir (Snyder ve ark., 2009). Organik karbon toprak verimliliğinin en önemli kısmını oluşturmasına rağmen çeşitli nedenlerle atmosfere yayılmakta ve aşırı karbondioksit, azot bileşikleri ve kükürt içeren gazların yağışlarla beraber tekrar toprağa dönmesi toprağa zarar vermesinin yanında ayrıca toprağın verim seviyesini düşürmektedir (Ceritli, 1997; Şenyiğit ve Akbolat, 2010).

Karbondioksit, bitki yapısının %50'sinden fazlasını oluşturan karbonun temel kaynağını oluşturmaktadır. Buna göre yapılan bazı çalışmalar sonucunda sera koşullarında iki farklı CO₂ konsantrasyonunun (400-700 ppm) buğday da kardeşlenme ve başak sayısında sırasıyla %50 ve %15 oranında artış olduğu

saptanmıştır (Kapur, 2010). Nitekim üretim sonrası tarlalarda kalan anız ve yabancı otların yakılması hem topraktaki organik madde kaynağının azalmasına hem de atmosfere fazla miktarda CO₂ salınmasına neden olmaktadır (Şahin ve Avcıoğlu, 2016).

Öyle ki karasal ekosistemin en büyük karbon deposunu yaklaşık 2500 gigatonla toprak oluşturmaktadır. Yıl içinde atmosfere verilen karbon ile atmosferden fotosentez ile alınan karbon arasında bir denge vardır ancak toprakların tarıma açılması ve işlenmesi sonucu atmosfere %50 ila %70 oranında CO₂ olarak salınan karbon miktarı artmış ve sera gazı olarak atmosferde kalmaktadır (Vurarak ve Bilgili, 2015; Konakçı, 2016).

2.3.3. N₂

Atmosferde en çok bulunan gaz %78.08 oran ile N₂ (azot gazı) oluşturmaktadır. Bir dekar alana denk gelen hava kütesinin yaklaşık olarak 8642 ton N₂ içerdiği belirlenmiştir (Kovancı, 1975). Buna göre atmosferdeki azot yağışlarla da toprağa dönmektedir. Nitekim yapılan çalışmaya göre yağışlarla toprağa bağlanan azot miktarı yaklaşık 180 g ile 3.8 kg/ha arasında değiştiği belirtilmiştir (Brohi ve ark., 1994).

Bitkiler atmosferdeki elementel azottan (N₂) faydalanamazlar. Bitkilerin bu azottan faydalanabilmesi için azot gazının inorganik forma çevrilmesi gerekir. Atmosferdeki bulunan yüksek miktardaki azot bitkiler için yararlıdır ve yararlı hale getirilmesine biyolojik azot fiksasyon denir ve bir yıl içinde yaklaşık 175 milyon ton azot fiske edilmekte ve bu toplam fiksasyonun %75'ini oluşturur (Haktanır ve Arcak, 1997). Ancak toprağa ilave edilen azot topraktaki bazı bakteriler tarafından tekrar gaz formuna çevrilir ve topraktan uzaklaşır (Müftüoğlu ve Demirer, 1998). Havadaki azotun toprağa bağlanması ancak fiksasyonla (bağlama) mümkün olmaktadır ve bunu bazı bakteriler yapabilir. Bakteriler havadaki azotu fiske ederek amonyuma dönüştürür ve bitki bundan faydalanabilir (Şahinkaya, 2014).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Yürütülen bu çalışmanın ana materyalleri; toprak, buğday anızı, gaz kromatografisi, iki farklı gübre, kimyasal ve cam malzemeler ile diğer sarf malzemelerdir.

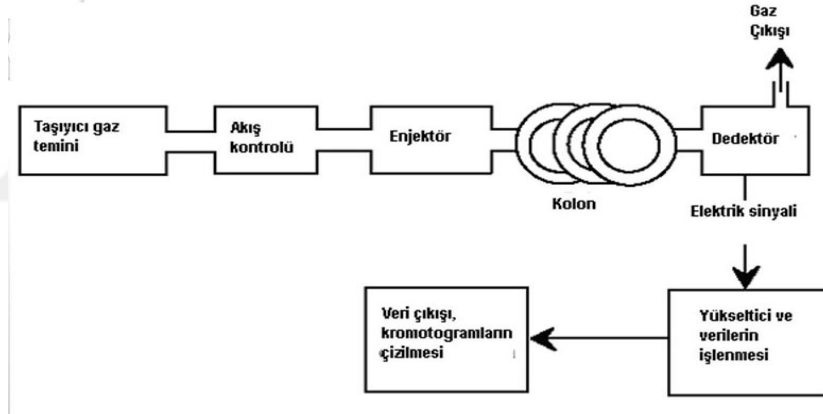
3.1. Toprak

İnkübasyon çalışmasında kullanılan toprak, pH (0,01 M CaCl₂) 'ı 6.1 ve organik C %1.3 'tur. Toprak örnekleme sırasında ilk 2 cm'lik toprak katmanı çıkarıldı ve toprak örneği 2-10 cm'lik derinlikten alındı. Daha sonra toprak kurutuldu ve 4 mm'lik elekten geçirildi ve 4 °C' de saklandı. Deneme kurulmadan önce toprak tekrar yaklaşık %85 su tutma kapasitesine(STK; %28 gravimetrik su içeriğine eşdeğer) getirildi ve toprağın dengelenmesini sağlamak ve başlangıçtaki mineral N içeriğini azaltmak için 21 gün boyunca deney kaplarına yerleştirildi. Başlangıçta topraktaki NH₄⁺ ve NO₃⁻ konsantrasyonları sırasıyla 0.82±0.43 ve 2.94±0.47 mg N kg⁻¹ 'dır. Nitrat analizi Yang ve ark. (1998) yöntemine göre amonyum analizi ise Baethgen ve Alley (1989) yöntemine göre yapılmıştır.

3.2. Robotik Sürekli Akış Toprak İnkübasyon Sistemi



Şekil 3. 1. Gaz kromatografisi



Şekil 3. 2. Gaz kromatografisi kısımları ve analiz akış şeması

Kavanozlar giriş ve çıkış olmak üzere iki delik vardır. Giriş deliğinden kompresörden gelen gaz kavanoz içerisindeki gazı çıkış deliğinden kolona doğru iter. Kolon içerisine gelen gaz çok yüksek bir sıcaklıkla bileşenlerine ayrılır ve dedektöre gönderilir buradan bilgisayara aktarılır.

İnkübasyon denemesi, LED ışık kaynağı altında He(%80)+O₂(%20)+CO₂(400 ppm) karışık atmosfer kullanılarak modifiye edilmiş robotik sürekli akış tesisi inkübasyon sisteminde (Şekil 3.1) gerçekleştirildi. İnkübasyon kapları olarak iç çapı 140 mm ve 150 mm yüksekliğinde şeffaf akrilik cam silindirler kullanılmıştır. Her

kabın dibinde, toprak nemini ayarlamak ve toprak suyunu örneklemek için bir poliamid filtre membranı (gözenek boyutu 0.45 μ m) kullanıldı.

Deneme 3 muameleden oluşmaktadır (n=3). Bunlar: i) Kontrol (herhangi bir N ilavesi uygulanmamış), ii) 230 mg KNO₃-N kg⁻¹toprak gübre uygulanmış (136.5 kg N ha⁻¹ eşdeğeri), iii) 230 mg (NH₄)₂SO₄-N gübre uygulanmış şeklindedir. Kısaca her bir kaba toprak hacim ağırlığı (yoğunluk) 1.25 g cm⁻³ (kap başına 0.9 kg kuru toprağa eşdeğer) olacak şekilde toprak dolduruldu. Deneme kapları daha sonra kapatıldı ve kaplardaki atmosferik hava, saf bir He/O₂ karışımı (toprak gözeneklerinde veya baş boşluğunda herhangi bir CO₂, NO, N₂O veya N₂'yi çıkarmak için) üstten bir vakum uygulanarak 8 saatte 3 devirde değiştirildi. Daha sonra, her bir kabın üst boşluğu He, O₂ ve CO₂ gaz karışımı ile yaklaşık 25 ml dk⁻¹ yıkandı. İnkübasyon odasının sıcaklığı 26 gün boyunca 20 °C olarak ayarlanmıştır. Gübre ilavesi 14 gün sonra çıkış deliği kullanılarak her bir kabın tepesinden çözelti (50 mL) olarak uygulanmıştır. Aynı işlem kontrol uygulamasına da saf su kullanılarak (50 mL) yapıldı. Nihai toprak nemi yaklaşık %85 su tutma kapasitesidir. Her bir toprak kabında gelen hava akımı, gaz numunesi N₂ için iyonizasyon dedektörü (HID) ve O₂, N₂O ve CO₂ ölçümü için bir elektron yakalama dedektörü (ECD) tarafından analiz edildiği iki çok yönlü mikro elektrik valfi (VICI, Houston, USA) tarafından sırasıyla bir gaz kromatografi sistemine (GC-2014-Shimadzu Scientific Instruments) yönlendirildi.

3.3. Kullanılan Gübreler

Bu çalışmada amonyum sülfat ve potasyum nitrat gübresi kullanılmıştır. Azot içerikleri Çizelge 3.1. verilmiştir. Denemede kullanılan gübrenin ve anızın uygulama miktarı Çizelge 3.2 verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Denemede kullanılan gübrelerin azot içerikleri

Gübre	Azot (%) içeriği
Amonyum sülfat	21
Potasyum nitrat	13

Çizelge 3. 2. Denemede kullanılan gübre ve anız miktarı

Uygulamalar	Uygulanan saf azot (kg/da)	Uygulanan gübre (mg N/kavanoz)	Uygulanan anız (kg/da)
Kontrol(K)	-	-	700
Amonyum sülfat	10	230	700
Potasyum nitrat	10	230	700

3.4. Mineral N analizi

Toprak örnekleri her bir toprak küvetinden inkübasyon periyodunun başında ve sonunda alınmıştır. Toprak örneklerine 2 M KCl solüsyonu (1:5 w:v) ile 1 saat çalkalanarak mineral azot formları ekstrakte edilmiştir. KCl özütleri ve toprak çözeltisi daha sonra Whatman 602 filtre kağıdından süzüldü ve analize kadar -20 °C'de saklandı. Toprak ekstraktları ve toprak çözeltisi içindeki NH_4^+ ve NO_3^- konsantrasyonları sürekli bir akış analiz cihazı kullanılarak ölçüldü (Smartchem 200S/N1104238, WESTCO, Fransa).

3.5. Hesaplamalar ve İstatistiksel Analizler

Kümülatif gaz emisyonları, ölçülen akışlar arasındaki doğrusal enterpolasyon ile hesaplanmıştır. Kümülatif N_2O , N_2 emisyonları, $\text{N}_2\text{O}/(\text{N}_2\text{O}+\text{N}_2)$ oranı ve toprak mineral N içeriğindeki farklılıklar ve etkileşimler iki yönlü varyans analizi

(ANOVA-%5 anlamlılık düzeyinde) SPSS 21 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak incelenmiştir.

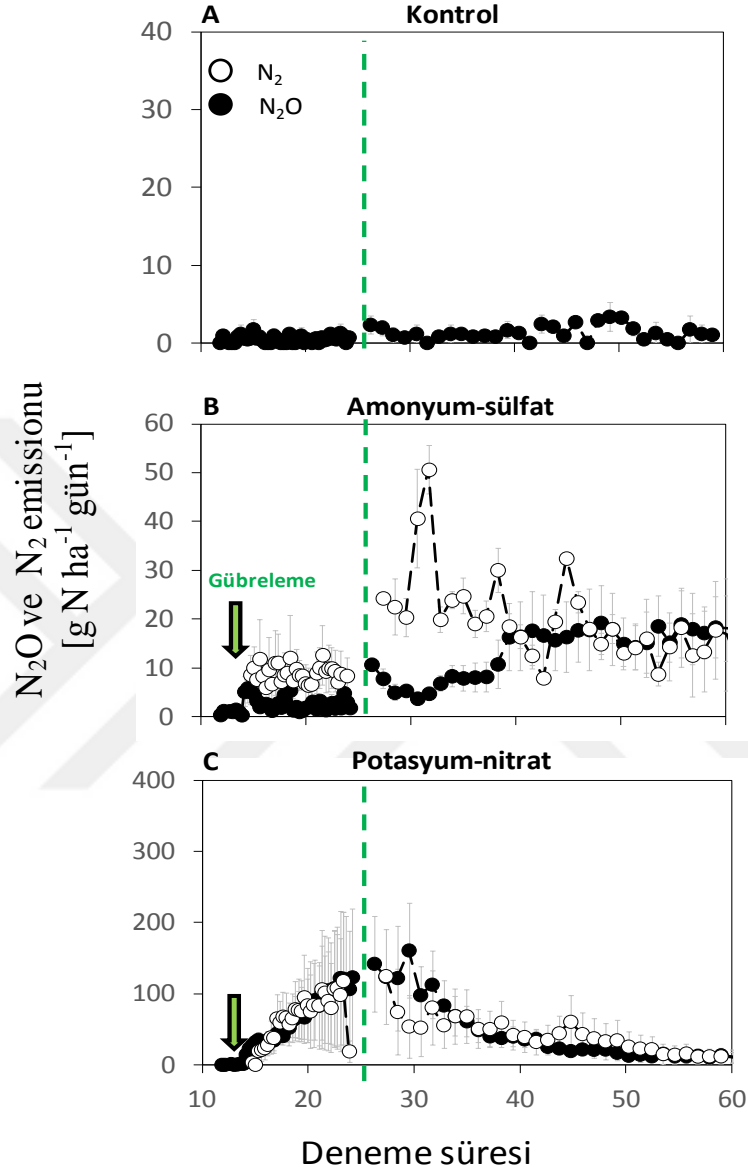


4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Farklı iki azotlu gübre (amonyum sülfat ve potasyum nitrat) ile yapılan uygulamaların N_2O ve CO_2 salınımına etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmayla ilgili sonuçlar incelendiğinde her iki azotlu gübre uygulamasının N_2O salınımını arttırmıştır (Şekil 4.1.). Benzer şekilde, deneme süresi boyunca N_2O emisyonu değişim gözlenmiştir. N_2O salınımının kontrolde deneme boyunca hep aynı düzeyde kalmasına rağmen, azotlu gübre uygulanan topraklarda N_2O salınımında ise zaman içerisinde değişim olmuştur (Şekil 4.1.).

Şekil 4.1.'e bakıldığında gübreleme anından (14. gün) itibaren N_2O salınımında artış başlamış olup en çok artış potasyum nitrat ile muamele edilmiş uygulamada görülmüştür. Uygulama anından itibaren (14. gün) potasyum nitrat ile muamele edilmiş uygulamada N_2O artışı bariz bir şekilde gözlemlenmesine karşın amonyum sülfat ile muamele edilmiş uygulamada N_2 emisyonu daha fazla görülmüştür. Nitekim yapılan bazı çalışmalarda denitrifikasyon sonucu her zaman N_2O emisyonu gerçekleşmeyeceği bazen de N_2 (elementel azot) gazında çıkabileceği belirtilmiştir (Verstraete ve Focht, 1977). Deneme kurulduktan sonra 24-26. günlerde amonyum sülfat ile muamele edilmiş uygulamada N_2O salınımında yavaş bir artış görülürken potasyum nitrat ile muamele edilmiş uygulamada ise 28-30. günlerde N_2O salınımının en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. Yalnızca amonyum nitrat ile muamele edilen uygulamaya bakıldığında 26-30. günlerde N_2O salınımı azalış göstermiş 40. günden sonra N_2O emisyonu sabitlenmiştir. Ancak potasyum nitrat ile muamele edilmiş uygulamada 30. günden sonra N_2O emisyonu sabit bir şekilde azalış göstermiştir. Genel olarak deneme incelendiğinde yalnızca anız uygulanan kontrol uygulamasında N_2O emisyonu oldukça düşük çıkmıştır. Önceki çalışmalarda benzer sonuçlar bulunmuş ve azotlu gübrelerin N_2O salınımını arttırdığı belirtilmiştir (Sekhon, 1995; Zhang ve ark., 1996; Tilman ve ark., 2002). Bunun yanında gübreleme ile birlikte toprağa organik madde eklenmesi ve nem içeriğinin %85 civarında tutulması gibi azotlu gübre uygulanan muamelelerinin kontrol uygulamasına göre N_2O salınımının fazla olması bu nedenlerle açıklanabilir. Benzer

çalışmalarda ortama organik madde eklenmesinin denitrifikasyonu arttırabileceği belirtilmiştir (Weier ve ark., 1993).



Şekil 4. 1. Deneme süresi boyunca ölçülen N₂O ve N₂ değerleri (60 gün)

Çizelge 4.1. incelendiğinde toplam N₂O emisyonu bariz bir şekilde potasyum nitrat ile muamele edilmiş uygulamada daha fazla olduğu görülmektedir. Amonyum sülfat ve potasyum nitrat ile muamele edilen uygulamaların kontrol uygulamasına göre kıyaslandığında daha fazla N₂O salınımı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Daha öncede belirtildiği gibi azotlu gübre uygulaması N₂O emisyonunu arttırdığı yönünde farklı çalışmalar da mevcuttur. Ancak amonyum sülfat ile muamele edilen

uygulamada sera etkisi yapmayan N₂ gaz salınımı daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nitekim bazı çalışmalarda denitrifikasyon sonucunda N₂ gazının da ortaya çıkabileceği söylenmiştir. Şekil 4. 1'e bakıldığı zaman bu durum görülmektedir. Yalnız bu tabloya bakıldığı zaman toplam emisyon (N₂O+N₂) salınımı iki azotlu gübre kıyaslandığında potasyum nitrat ile muamele edilen uygulamanın salınım değeri amonyum sülfata ile muamele edilen uygulamaya göre daha fazla olduğu görülmektedir. Benzer bir çalışmada ise toprağa potasyum nitrat eklenmesi sonucu N₂O emisyonunda ciddi bir artış olduğu saptanmıştır (Ciarlo ve ark., 2008).

Çizelge 4. 1. Deneme süresi boyunca ölçülen toplam N₂O ve N₂ değerleri (60 gün).

Uygulamalar	N ₂ O (g N ha ⁻¹)	N ₂ (g N ha ⁻¹)	N ₂ O+N ₂ (g N ha ⁻¹)	Oran (N ₂ O/(N ₂ O+N ₂))
Kontrol	104±27 ^c	-	-	-
AS	558±76 ^b	756±49 ^b	1314±46 ^b	0.42±0.05 ^b
KN	3838±1728 ^a	1994±1030 ^a	5831±2642 ^a	0.72±0.16 ^a

AS: Amonyum sülfat 10kg/da

KN: Potasyum nitrat 10 kg/da

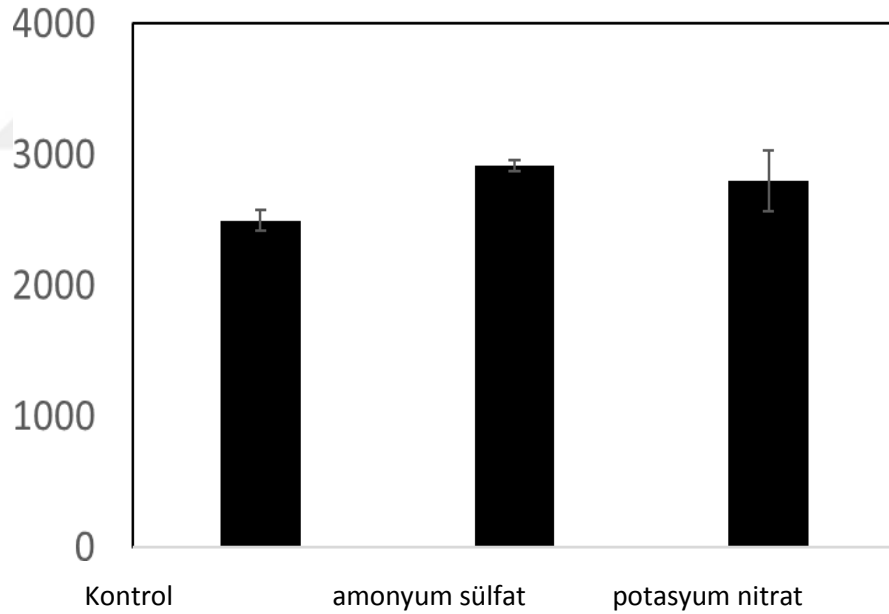
İnkübasyonda 24. ve 60. günlerden sonra toprak örneği alınıp nitrat ve amonyum analizi yapılmıştır. Toprakta potasyum nitrat ile muamele edilen uygulamada yüksek oranda nitrat bulunmuştur (Şekil 4.2.). Nitekim topraktaki nitrat miktarı denitrifikasyonu arttıran unsurlar arasındadır ve sonuç olarak N₂O emisyonunun gerçekleşmesi muhtemeldir (Weier ark.,1993; Hofstra ve Bouwman, 2005; Ciarlo ve ark., 2008; Şenbayram ve ark., 2012). Potasyum nitrat ile muamele edilen uygulamada kontrol uygulamasına göre nitrat miktarı önemli (P=0.05) olarak bulunmuştur. Amonyum sülfat ile muamele edilen uygulamada azot 24 gün sonunda alınan örneklere göre toprakta amonyum formunda kalmıştır ancak 60 gün sonra alınan örneklerde amonyumun nitrata dönüşümü (nitrifikasyon) gerçekleşmiştir.

Toprakta nitrat birikmesinin, toprağa uygulanan azotlu gübrelerin formu ve uygulama miktarıyla yakından alakalı olduğu belirtilmiştir (Marschner, 1984). Netice olarak nitrat birikimindeki oranının farklı olması uygulanan gübrenin formunun farklı olmasıyla alakalıdır. Öte yandan yapılan birçok çalışmada toprağa uygulanan azotlu gübre miktarının artışına bağlı olarak toprakta mikroorganizmaların amonyumu nitrata dönüştürme (nitrifikasyon) oranının da arttığı bilinmektedir (Güleryüz ve ark., 2007). Ayrıca nitrifikasyonu tetikleyen unsurlar arasında organik madde varlığı ve yeterli miktarda azot vardır (Güleryüz ve Everest, 2010). Toprakta gerçekleşen N_2O emisyonunun kaynağı denitrifikasyon (Şenbayram ve ark., 2012) olmakla beraber toprağa uygulanan azotun sadece %50-60'ı bitkiler için faydalı olur gerisi yıkanma, fiksasyon, NH_3 uçması, denitrifikasyon gibi çeşitli yollarla topraktan kaybolmaktadır (Sağlam, 1975; Müftüoğlu ve Demirer, 1998). Bu nedenle Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2. baz alındığında potasyum nitrat ile muamele edilen uygulamada kontrol uygulamasından ve amonyum sülfat ile muamele edilen uygulamadan farklı olarak ayrı bir grupta yer almıştır. Bu duruma bakılarak amonyum sülfat ile muamele edilen uygulamada anız uygulanması mineralizasyonun ve nitrifikasyonun zamana yayıldığı ve denitrifikasyonun düşük seviyelerde kaldığı daha sonra ise artmaya başladığını göstermektedir. Ayrıca denitrifikasyon bakterileri gerekli enerjiyi sağlamak için nitratı indirgerler ve bu duruma bağlı olarak N_2O salınımı gerçekleşir. Bundan dolayı topraktaki mevcut nitrat durumu denitrifikasyon için önemlidir. Ayrıca topraktaki karbon içeriği de önemli yere sahiptir (Okur ve Kayıkcıoğlu, 2008). Bu nedenle toprağı organik madde olan anızla zenginleştirmek ve daha sonra toprağa azotlu gübre (potasyum nitrat ve amonyum sülfat) uygulamak zamanla kontrol uygulamasına göre kıyaslandığında N_2O miktarındaki artışın sebebi denitrifikasyonun teşvik edilmiş olabileceği düşünülmektedir (Ciarlo ve ark., 2008). Nitekim topraktaki nitrat ve yarayırlı karbon oranı denitrifikasyonun sonucunda N_2O emisyonunun gerçekleşmesinde belirleyici unsur olmaktadır (Weier ve ark., 1993). Yapılan bir çalışmada ise azotlu gübre uygulanmasından sonra toprakta oksijen az veya sınırlı olduğu durumlarda ortamda yüksek miktarda organik karbon varsa mikroorganizmalar yüksek miktarda oksijene ihtiyaç duyar ve oksijen yerine topraktaki NO_3 ve NO_2 'i kullanmaktadır ve netice olarak N_2O salınımı gerçekleşir (Dalal ve ark., 2003).

Netice itibariyle topraktaki nitrat birikimine bağlı olarak potasyum nitrat ile muamele edilen toprakta daha fazla N₂O salınımı gerçekleşmiştir.

Çizelge 4. 2. Toplam nitrat (NO₃⁻) ve amonyum (NH₄⁺) değerleri deneme kurulduktan 24 gün ve 60 gün sonra ölçülmüştür. İstatistiksel farklılıklar Duncan HSD testi ile ölçülmüştür

Parametreler	24 gün		60 gün	
	NO ₃ ⁻ (mg N kg ⁻¹ kuru toprak)	NH ₄ ⁺ (mg N kg ⁻¹ kuru toprak)	NO ₃ ⁻ (mg N kg ⁻¹ kuru toprak)	NH ₄ ⁺ (mg N kg ⁻¹ kuru toprak)
Kontrol	0.9±0.3 ^b	4.6±2.4 ^b	1.1±0.3 ^c	4.4±3.6 ^c
Amonyum sülfat	3.4±2. ^b	175.6±34.2 ^a	57.8±21.1 ^b	91.8±29.7 ^a
Potasyum nitrat	136.6±18.6 ^a	3.8±0.5 ^b	134.4±24.7 ^a	0.1±0.0 ^c



Şekil 4. 2. CO₂ emisyonu (CO₂- C kg /ha)

Genel olarak Şekil 4.2.' ye bakıldığı zaman kontrole göre diğer iki gübre uygulaması arasında önemli (P=0.05) bir fark bulunmamıştır. Ancak CO₂ salınımı üç uygulamada da yüksek çıkmıştır. Anızın toprağa uygulandığı andan itibaren biyolojik aktivite faaliyete geçmiş ve topraktan karbondioksit salınımı başlamıştır

Nitekim CO₂ salınımını etkileyen unsurlar arasında organik madde miktarı , toprak nemi, toprak sıcaklığı, toprak havalanması ve eğim bulunmaktadır (Jabro ve ark., 2008; Akbolat, 2009). Ayrıca Calderon ve Jackson (2002) toprakta CO₂ salınımındaki artışın toprak nemi ve organik madde artışının sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmayı destekler nitelikte benzer çalışmalar yapılmıştır ve saptanan bulgular bu çalışmayla aynı doğrultudadır. Kastal (1992) yaptığı çalışmada benzer bulgular elde edilmiştir. Öyle ki toprağa uygulanan anız mikroorganizmaların faaliyetini arttırmış ve buna mutakiben CO₂ miktarında artış görülmüştür. Bir diğer çalışmaya göre ise toprakta her zaman gerek kökler gerekse mikroorganizmaların faaliyeti sonucunda solunum vardır ve bu solunum normal bir tarlada ölçülen CO₂ salınımı olarak yaklaşık 0.5-10.0 mg CO₂ m⁻² gündür (Haktanır ve Arcak, 1997). Bir diğer çalışmada ise toprağa azotlu gübre uygulanmış ve sonuç olarak bulunan bulguların bu çalışmayla aynı doğrultuda olduğu belirlenmiştir (Brumme ve Beese, 1992).

5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bölgemizde azotlu gübre kullanımı verim artışını sağlamak için gün geçtikçe artmaktadır buna bağlı olarak toprağa karıştırılan anızla birlikte toprağa potasyum nitrat uygulanması denitrifikasyonu arttırdığı ve bunun sonucunda N_2O salınımının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca kullanılan azotlu gübrelerin kontrol uygulamasına göre kıyaslandığında CO_2 salınımı açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Nitekim toprakta organik madde varlığı biyolojik aktiviteyi arttırmış ve sonuç olarak topraktan CO_2 salınımı artış göstermiştir.

Bunun yanında potasyum nitrat gübresinin nitrat birikimine sebep olduğu ve bu nedenle nitrat kirliliğine neden olduğu saptanmıştır.

5.2. Öneriler

Artan dünya nüfusuna karşılık gıda ihtiyacını karşılamak için tarıma rağbet artmakta ve tarımsal üretimi arttırmak için azotlu gübreler daha çok tercih edilmektedir. Ancak azotlu gübre kullanımı beraberinde başta yer altı sularını kirleten nitrat birikimine sebep olmakta ve bunun yanında azotlu gübre kullanımı sera gazı olan N_2O gazının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu çalışma gösteriyor ki su tutma kapasitesi %85 olan tarım topraklarında, tarımsal üretimde kullanılan azotlu gübre olan potasyum nitratın hem nitrat birikimine hem de N_2O salınımına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu duruma göre kullanılan potasyum nitrata göre nitrat kirliliği ve N_2O salınımına etkisi daha az olan ve sera gazı olmayan N_2 salınımı fazla olan amonyum sülfat gübresi kullanılmalıdır.

KAYNAKÇA

- AKBOLAT, D., 2009. Tohum Yatağı Hazırlığında Tapan Kullanımının Toprakta CO₂ Çıkışına Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1): 23-30.
- BAETHGEN, W. E., and ALLEY, M. M., 1989. A Manual Colorimetric Procedure For Measuring Ammonium Nitrogen in Soil and Plant Kjeldahl Digests. Communications in Soil Science and Plant Analysis , 20(9-10): 961-969.
- BARTON, L., MCLAY, C. D. A., SCHIPPER, L. A., and SMITH, C. T., 1999. Annual Denitrification Rates In Agricultural and Forest Soils: A Review. Soil Research, 37(6): 1073-1094.
- BERENQUER, P., SANTIVERI, F., BOIXADERA, J., and LLOVERAS, J., 2009. Nitrogen Fertilisation of Irrigated Maize Under Mediterranean Conditions. European Journal of Agronomy, 30(3): 163-171.
- BODIRSKY, B. L., POPP, A., LOTZE-CAMPEN, H., DIETRICH, J. P., ROLINSKI, S., WEINDL, I., and BIEWALD, A., 2014. Reactive Nitrogen Requirements to Feed the World in 2050 And Potential to Mitigate Nitrogen Pollution. Nature communications, 5: 3858.
- BROHI, A., AYDENİZ, A., KARAMAN, M. R., ve ERŞAHİN, S., 1994. Bitki Besleme. Gazi Osman Paşa Üniv., Ziraat Fak. Yayınları: 4 Kitaplar Serisi: 4, Tokat.
- BRUMME, R., and BEESE, F., 1992. Effects Of Liming and Nitrogen Fertilization on Emissions of CO₂ and N₂O From a Temperate Forest. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 97(D12): 12851-12858.
- CALDERON, F. and JACKSON, L.E., 2002. Rototillage, Disking, and Subsequent Irrigation. Journal of Environmental Quality, 31(3): 752-758.
- CERİTLİ, İ., 1997. Türkiye'nin Toprak Sorunu. Ekoloji, 22: 4-8.
- CIARLO, E., CONTI, M., BARTOLONI, N., and RUBİO, G., 2008. Soil N₂O Emissions and N₂O/(N₂O+ N₂) Ratio as Affected by Different Fertilization Practices and Soil Moisture. Biology and Fertility of Soils, 44(7): 991-995.
- COMPTON, J. E., HARRISON, J. A., DENNIS, R. L., GREAVES, T. L., HILL, B. H., JORDAN, S. J., and CAMPBELL, H. V., 2011. Ecosystem Services Altered by Human Changes in the Nitrogen Cycle: a New Perspective for US Decision Making. Ecology Letters, 14(8): 804-815.
- DALAL, R.C., WANG, W., ROBERTSON, P., and PARTON, W. J., 2003. Nitrous Oxide Emission from Australian Agriculture Lands and Mitigation Options: a Review. Journal of Soil Research, 41: 165-195.
- DELLAL, İ., 2008. "Küresel İklim Değişikliği ve Enerji Kısılcında Tarım ve Gıda Sektörü". İGEME'den Bakış Dergisi, (35):103-111.
- DODDS, W. K., BOUSKA, W. W., EITZMANN, J. L., PILGER, T. J., PITTS, K. L., RILEY, A. J., and THORNBRUGH, D. J., 2008. Eutrophication of US Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages. Environ. Sci. Technol. <https://doi.org/10.1021/es801217q>, 43(1):12-19.

- FISCHER, K. S., 2000. Frontier Project on Nitrogen Fixation in Rice: Looking Ahead. The Quest for Nitrogen Fixation in Rice. Eds. JK Ladha and PM Reddy, 25-31.
- FRINK, C. R., WAGGONER, P. E., and AUSUBEL, J. H., 1999. Nitrogen Fertilizer: Retrospect and Prospect. Proceedings of the National Academy of Sciences,, 96(4): 1175-1180.
- GALLOWAY, J. N., TOWNSEND, A. R., ERİSMAN, J. W., BEKUNDA, M., CAI, Z., FRENEY, J. R., and SUTTON, M. A., 2008. Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. Science, 320(5878): 889-892.
- GILES, J., 2005. Nitrogen Study Fertilizes Fears of Pollution. Nature, 433: 791, İngiltere.
- GÜLERYÜZ, G., ve EVEREST, A., 2010. Nitrogen Mineralization in the Soils of the Conifer Forest Communities İn The Eastern Mediterranean. Ekoloji, 19(74): 51-59.
- GÜLERYÜZ, G., KIRMIZI, S., ve ARSLAN, H., 2007. Nitrogen Mineralisation in the Soils of Alpine Mat Communities: an Incubation Experiment Under Laboratory Conditions. Turkish Journal of Botany, 31(4): 277-286.
- HAKTANIR, K. ve ARCAK, S., 1997. Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 1486, Ders Kitabı: 447. Ankara.
- HEFFER, P., and PRUD'HOMME, M., 2014. Fertilizer Outlook 2014-2018. Paris, France: International Fertilizer Industry Association (IFA).
- HOFSTRA, N., and BOUWMAN, A. F., 2005. Denitrification in Agricultural Soils: Summarizing Published Data and Estimating Global Annual Rates. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 72(3): 267-278.
- JABRO, J.D., SAINJU U., STEVENS, W.B. and EVANS, R.G., 2008. Carbon dioxide Flux as Affected by Tillage and Irrigation in Soil Converted From Perennial Forages to Annual Crops. Journal of Environmental Management, 88: 1478-1484.
- KAPUR, B., 2010. Artan CO₂ ve Küresel İklim Değişikliğinin Çukurova Bölgesinde Buğday Verimliliği Üzerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- KARL, T. R., and TRENBERTH, K. E., 2003. Modern Global Climate Change. Science, 302(5651): 1719-1723.
- KASTAL A., 1992. Buğday Samanının Toprakta Değişik Nem İçeriklerinde Parçalanması ve CO₂ Üretimine Etkisi. Çukurova Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- KONAKÇI, M., 2016. Karbon, Toprak – Küresel ısınma. Sakarya Ticaret Borsası, (56): 22-23.
- KOVANCI, Y., 1975. Bitki Besleme Ve Gübreleme İlmi. Bornova - İzmir: Ege Üniv., Ziraat Fak.
- LADHA, J. K., PATHAK, H., KRUPNIK, T. J., SIX, J., and VAN KESSEL, C., 2005. Efficiency of Fertilizer Nitrogen in Cereal Production: Retrospects and Prospects. Advances in agronomy, 87: 85-156.
- LASHOF, D. A., and AHUJA, D. R., 1990. Relative Contributions of Greenhouse Gas Emissions to Global Warming. Nature, 344(6266): 529.

- LE TREUT H., 2007. Historical Overview of Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, France.
- LIU, Y., WU, L., BADDELEY, J. A., and WATSON, C. A., 2011. Models of Biological Nitrogen Fixation of Legumes. In Sustainable Agriculture Volume 2. Springer, Dordrecht, pp. 883-905.
- LOSADA, J. M., HOL, J. M. G., RAPPOLDT, C., and DOLFING, J., 2007. Precise Soil Management as A Tool to Reduce CH₄ and N₂O Emissions From Agricultural Soils. Animal Sciences Group, (No. 28).
- MAHVI, A. H., NOURI, J., BABAEI, A. A., and NABIZADEH, R., 2005. Agricultural Activities Impact on Groundwater Nitrate Pollution. International Journal of Environmental Science & Technology, 2(1): 41-47.
- MAJUMDAR, D. and GUPTA, N., 2000. Nitrate Pollution of Groundwater and Associated Human Health Disorders. Indian journal of environmental health, 42(1): 28- 34.
- MARSCHNER, H., 1984. Einfluß von Standort und Wirtschaftsbedingungen auf die Nitratgehalte in Verschiedenen Pflanzenarten. Kongressband: Landwirtschaftliche Forschung Sonderheft 41.
- MATTSON JR, W. J., 1980. Herbivory in Relation to Plant Nitrogen Content. Annual Review of Ecology and Systematics, 11(1): 119-161.
- MCSWINEY, C. P., and ROBERTSON, G. P., 2005. Nonlinear Response of N₂O Flux to Incremental Fertilizer Addition in a Continuous Maize (*Zea Mays* L.) Cropping System. Global Change Biology, 11(10): 1712-1719.
- MENGEL, K., KOSEGARTEN, H., KIRKBY, E.A. and APPEL, T., 2001. Principles of Plant Nutrition. Springer, Dordrecht, pp. 397-434.
- MÜFTÜOĞLU N.M. ve DEMİRER T., 1998. Toprakta Azot Bilançosu. Atatürk Üniv. Ziraat Fak.Derg., 29 (1): 175-185.
- NOVOA, R., and LOOMIS, R. S., 1981. Nitrogen and Plant Production. Plant and Soil, 58(1-3): 177-204.
- RIAHI, K., RAO, S., KREY, V., CHO, C., CHIRKOV, V., FISCHER, G., and RAFAJ, P., 2011. RCP 8.5—A Scenario of Comparatively High Greenhouse Gas Emissions. Climatic Change, 109(1-2): 33.
- ROBERTSON, G. P., 2000. Greenhouse Gases in Intensive Agriculture: Contributions of Individual Gases to the Radiative Forcing of the Atmosphere. Science, 289(5486), 1922-1925.
- RUBIO, E. C., 2008. Soil N₂O Emissions and N₂O/(N₂O+N₂) Ratio as Affected by Different Fertilization Practices and Soil Moisture.
- SAĞLAM, M. T., 1975. Toprağa Tatbik Edilen Azotlu Gübrelerden Meydana Gelen Amonyak Şeklindeki Azot Kayıpları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(2).
- SARIGÜLLÜ, F. E., ve ÇOLAK, Ö., 2008. Doğal Ortamlardan Denitrifikasyon Yeteneği Yüksek Bakteri İzolasyonu ve Denitrifikasyonda Kullanılabilirliklerinin Araştırılması. Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıl:2008 Cilt:17-3.
- SEKHON, G. S., 1995. Fertilizer-N Use Efficiency and Nitrate Pollution of Groundwater in Developing Countries. Journal of Contaminant Hydrology, 20(3-4): 167-184.

- SENBAYRAM M., CHEN R., WIENFORTH B., HERRMANN A., KAGE H., MÜHLING K. H. and DITTERT K., 2014. Emission of N₂O from Biogas Crop Production Systems in Northern Germany. *Bio Energy Research*, 7:1223-1236.
- SENBAYRAM, M., CHEN, R., BUDAI, A., BAKKEN, L. and DITTERT, K., 2012. N₂O Emission and the N₂O/(N₂O +N₂) Product Ratio of Denitrification as Controlled by Available Carbon Substrates and Nitrate Concentrations. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 147: 4-12.
- SENBAYRAM, M., CHEN, R., MÜHLING, K.H. and DITTERT K., 2009. Contribution of Nitrification and Denitrification to Nitrous oxide Emissions from Soils After Application of Biogas Waste and Other Fertilizers. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 23(16): 2489-2498.
- SMITH, K. A., and CONEN, F., 2004. Impacts of Land Management on Fluxes of Trace Greenhouse Gases. *Soil Use and Management*, 20(2): 255-263.
- SMITH, K. A., THOMSON, P. E., CLAYTON, H., MCTAGGART, I. P., and CONEN, F., 1998. Effects of Temperature, Water Content and Nitrogen Fertilisation on Emissions of Nitrous oxide by Soils. *Atmospheric Environment*, 32(19): 3301-3309.
- SNYDER, C.S., BRUULSEMA, T.W., JENSEN, T.L. ve. FIXEN, P.E., 2009. Review of Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Systems and Fertilizer Management Effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133:247-266.
- STREBEL, O. W. H. M., DUYNISVELD, W. H. M., and BÖTTCHER, J., 1989. Nitrate Pollution of Groundwater in Western Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 26(3-4): 189-214.
- ŞAHİNKAYA, E., 2014. Çevre Mikrobiyolojisi ders notları, www.eng.harran.edu.tr/26/Cevre_mikrobiyolojisi_2_erkon_sahinkaya.pdf.
- ŞENYİĞİT, U. ve AKBOLAT, D., 2010. Farklı Sulama Yöntemlerinin Toprakta Karbondioksit (CO₂) Çıkışı Üzerine Etkisi. *Ekoloji Dergisi, Çev. Kor.*, 19(77): 59-64. doi: 10.5053/ekoloji.2010.779.
- TILMAN, D., CASSMAN, K. G., MATSON, P. A., NAYLOR, R., and POLASKY, S., 2002. Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices. *Nature*, 418(6898): 671-39.
- TÜİK, 2009-2017. ANKARA: TÜİK.
http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- VERSTRAETE, W., and FOCHT, D. D., 1977. Biochemical Ecology of Nitrification and Denitrification. in *Advances in Microbial Ecology*, Springer, Boston, MA.(pp. 135-214).
- VURARAK, Y. ve BİLGİLİ, M. E., 2015. Tarımsal Mekanizasyon, Erozyon ve Karbon Salınımı: Bir bakış. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 307-316, doi: 10.7161.
- WEIER, K. L., DORAN, J. W., POWER, J. F., and WALTERS, D. T., 1993. Denitrification and the Dinitrogen/Nitrous oxide Ratio as Affected by Soil Water, Available Carbon, and Nitrate. *Soil Science Society of America Journal*, 57(1): 66-72.
- WIESER, H., and SEILMEIER, W., 1998. The Influence of Nitrogen Fertilisation on Quantities and Proportions of Different Protein Types in Wheat Flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(1): 49-55.

- YANG, J.E., SKOGLEY, E.O., SCHAFF, B.E. and KIM, J.J., 1998. A Simple Spectrophotometric Determination of Nitrate in Water. *Soil Science Society of American Journal*, 62:1108-1115.
- ZHANG, W. L., TIAN, Z. X., ZHANG, N., and LI, X. Q., 1996. Nitrate Pollution of Groundwater in Northern China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 59(3): 223-231.
- ZHONG-XIAN LU, XIAO-PING YU, KONG-LUEN HEONG and CUI HU., 2007. Effect of Nitrogen Fertilizer on Herbivores and Its Stimulation to Major Insect Pests in Rice. *Rice Science*, Volume 14, Issue 1, March 2007, Pages 56-66.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Nazmiye DENİZ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ŞANLIURFA/15.06.1994
E-posta : dnznaz79@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İl, İlçe	Bitirme Yılı
Lise :	Osmangazi Lisesi/Haliliye/Şanlıurfa/	2012
Lisans :	Harran Üniv. Ziraat Fakültesi/Haliliye/Şanlıurfa	2016