

**ÇEŞİTLİ YEŞİL GÜBRE BİTKİLERİ
UYGULAMALARININ TARLA KOŞULLARINDA
TOPRAKTA DENİTRİFİKASYONA ETKİSİ**

ALİ COŞKAN

77025

**Ç. Ü.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ADANA
OCAK-1998**

77025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ YEŞİL GÜBRE BİTKİLERİ
UYGULAMALARININ TARLA KOŞULLARINDA
TOPRAKTA DENİTRİFİKASYONA ETKİSİ

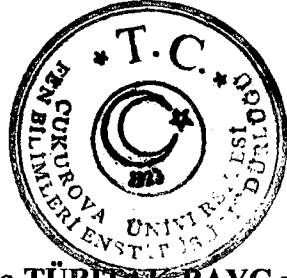
Ali COŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez ~~19/01/2028~~ Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul edilmiştir.

İmza..... İmza..... İmza.....
Prof.Dr. Mustafa GÖK Prof.Dr. Hüseyin ÖZBEK Prof.Dr. Zülküf KAYA
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu tez Enstitümüz Toprak Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No: 1415



Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma TÜBİTAK BAYG ve Ç.Ü. Araştırma Fonu Tarafından
Desteklenmiştir.
Arş. Fonu Proje No: FBE. 96YL 161

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.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEŞİTLİ YEŞİL GÜBRE BİTKİLERİ
UYGULAMALARININ TARLA KOŞULLARINDA
TOPRAKTA DENİTRİFİKASYONA ETKİSİ

Ali COŞKAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mustafa GÖK

Yıl: 1998, Sayfa: 58

Jüri : Prof. Dr. Mustafa GÖK

: Prof. Dr. Hüseyin ÖZBEK

: Prof. Dr. Zülküf KAYA

Bu çalışmada, yeşil gübrelemenin Çukurova Bölgesi koşullarında toprakta azot mineralizasyonu, immobilizasyonu ve denitrifikasyona etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla deneme alanına İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum*), bakla (*Vicia faba*), fiğ+yulaf karışımı (*Vicia sativum* + *Avena sativa*), fazelya (*Phacelia tanacetifolia*) ve kolza (*Brassica napus*) ekilmiş, çiçeklenme döneminde bitkiler hasat edilmiş ve 10 cm boyutlarında parçalanarak toprağa karıştırılmıştır. Yeşil gübre uygulamasından 1 ay sonra aynı parsellere ana kültür bitkisi olarak mısır ekilmiş ve yeşil gübre uygulaması sonrası 8-10 günde bir toprak örnekleri alınarak nitrat, nitrit, amonyum analizleri yapılmış, ayrıca mikrobiyel solunumun belirlenmesi için de topraklarda CO₂ üretimi ve Dehidrogenaz enzimi aktivitesi (=DHA) ölçülmüştür. Denitrifikasyon kaybı ise Asetilen İnhibisyon Tekniğinin kullanıldığı arazi koşullarındaki ölçüm sonucu bulunmuştur.

Sonuçlara göre, en yüksek denitrifikasyon kaybı fiğ+yulaf parselinde (14.4 kg/ha) ölçülmüş, bunu sırasıyla bakla (14.2 kg/ha) ve kolza (13.9 kg/ha) izlemiştir. En düşük denitrifikasyon kaybı ise İskenderiye üçgülünde bulunmuştur (7.7 kg/ha). Mikrobiyel aktivitenin ölçüsü olarak kullanılan CO₂ üretimi fiğ+yulaf parselinde en yüksek bulunmuş, bunu sırasıyla kolza, fazelya, İskenderiye üçgülü ve bakla izlemiştir. DHA de ölçülen karbondioksit sonuçlarını desteklemektedir. Denitrifikasyonun arttığı dönemlerde nitrat ve amonyum da en yüksek değerlere ulaşmıştır. En yüksek nitrat içeriği Mayıs ve Haziran aylarında, en yüksek amonyum içeriği ise Mayıs ve Temmuz aylarında ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Denitrifikasyon, AIT yöntemi, Azot kaybı, Yeşil gübreleme
Mineralizasyon

ABSTRACT

MSc THESIS

INFLUENCE OF DIFFERENT GREEN MANURE PLANTS ON N-LOSS BY DENITRIFICATION IN FIELD CONDITIONS

Ali COŞKAN

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Prof. Dr. Mustafa GÖK

Year: 1998, Pages: 58

Jury : Prof. Dr. Mustafa GÖK

: Prof. Dr. Hüseyin ÖZBEK

: Prof. Dr. Zülküf KAYA

Determination of green manuring effects on soil's nitrogen mineralization, immobilization and denitrification were studied under Çukurova region. The experimental site used for studying the effect of green manure on denitrification was sown either with Alexandria clover (*Trifolium alexandrinum*), horsebean (*Vicia faba*), vetch+oat (*Vicia sativum* mixed with *Avena sativa*), Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*), or rape (*Brassica napus*). At blossoming stage the upground biomass of the plants were chopped at a length of ca. 10 cm and mixed into the soil by ploughing. Corn was planted to the same plots following green manuring. After green manure application soil samples were collected at 8-10 days interval for nitrate, nitrite and ammonium analyses. Moreover, for determining microbial respiration, CO₂ content and dehydrogenase enzyme (DHA) activity were also measured. Denitrification loss at field condition were determined utilising Acetylene Inhibition Technique.

The highest denitrification losses occurred in the plots amended with chopped vetch+oat (14.4 kg ha⁻¹), horsebean (14.2 kg ha⁻¹) or rape (13.9 kg ha⁻¹) respectively. Significant low denitrification losses were recorded from the plots green manured with Alexandria clover (7.7 kg ha⁻¹). The microbial CO₂ production was highest in the green manure vetch+oat plots followed by the treatments rape, phacelia, Alexandrian clover and horsebean. These results are in accordance with the findings obtained by the DHA which is the indicator of microbial activity. Nitrate and ammonium were peaked generally during periods of increasing denitrification losses. The significant high nitrate accumulation occurred during May and July, 1996 whereas ammonium reached its maximum during June and July.

Key Words : Denitrification, AIT technic, N-loss, Green manuring, Mineralization

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca her türlü maddi ve manevi olanak ve yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Mustafa GÖK' e, tüm arazi ve laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Arş. Gör. Işık ONAÇ'a, Zir. Yük. Müh. Seyhun ÖZER' e, Zir. Yük. Müh. Bahadır KARİP' e ve laborant Emine EKER' e ve yine analizlerimin yapılmasında ve tez yazım aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen Zir. Müh. Pınar KILIÇ, Zir. Müh. Esin GÜVERCİN, Zir. Müh. Derya ORTAKÇI, Zir. Müh. Server ERCAN' a teşekkür ederim.

Ayrıca Yüksek Lisansıma devam edebilmem için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Mineral Gübreleme.....	3
2.2. Yeşil Gübreleme, Baklagiller ve Ekolojik Önemi.....	6
2.3. Denitrifikasyon ve Ekolojik Önemi.....	12
3. MATERYAL METOD.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı.....	21
3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri.....	21
3.1.3. Deneme Alanına Ait Toprakların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri ile Denemede Kullanılan Yeşil Gübre Bitkilerinin C, N İçeriği ve C/N oranları.....	22
3.2. Metod.....	23
3.2.1. Deneme Planı.....	23
3.2.2. Denemenin Kurulması, Bakımı ve Ölçümler.....	23
3.2.3. Asetilen İnhibisyonu Tekniği ile Arazide Gaz Ölçümlerinin Yapılması.....	24
3.2.4. Deneme Öncesi ve Sonrası Yapılan Bitki ve Toprak Analizleri.....	25
3.2.4.1. Bitkisel Analizler.....	25
3.2.4.2. Toprak Analizleri.....	26
3.2.5. İstatistiki Değerlendirme.....	28

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Toprakta Denitrifikasyon Kaybına Etkisi.....	29
4.2. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Toprağın Nitrat, Nitrit ve Amonyum Azotu İçeriğine Etkisi.....	39
4.3. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Toprağın CO ₂ üretimi ve Dehidrogenaz Enzimi Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	44
4.4. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Mısır Bitkisinde Verime Etkisi.....	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1. Deneme Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri.....	22
Çizelge 2. Deneme Kullanılan Yeşil Gübre Bitkilerinin C, N ve C/N oranları	23
Çizelge 3. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Toprakta Denitrifikasyona Etkisi	30
Çizelge 4. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Denitrifikasyona Etkisi ve Toprağın Nitrat İçeriği.....	32
Çizelge 5. Yeşil Gübrelemeyi Takip Eden Mısırdaki Toprakta Ortalama N-NO ₃ , N-N ₂ O Değerleri ve Denitrifikasyonla Kaybolan Azotun Toprağın Nitrat Azotu İçeriğine Oranı.....	34
Çizelge 6. Yeşil Gübrelemeyi Takip Eden Mısırdaki Toprağa Verilen Toplam Azot Miktarları, Denitrifikasyon Kaybı ve Denitrifikasyonla Kaybolan Azotun Deneme Boyunca Toprağa Verilen Toplam Azota Oranı.....	34
Çizelge 7. Yeşil Gübrelemeyi Takip Eden Mısırdaki Toprağa İlave Edilen Karbon Miktarları, Toprakta N-N ₂ O Kaybı ve 100 kg C Başına N-N ₂ O Kaybı Değerleri.....	37
Çizelge 8. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Nitrat Azotu Değerleri.....	40
Çizelge 9. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Amonyum Azotu Değerleri	42
Çizelge 10. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki O ₂ Üretimi Değerleri	45
Çizelge 11. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Dehidrogenaz Enzimi Aktivitesi Değerleri	47
Çizelge 12. Bir Vegetasyon Dönemi Boyunca Mısıra Verilen Toplam Azot Miktarlarına Bağlı Olarak Mısır Verimi.....	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Toprakta Denitrifikasyona Etkisi.....	31
Şekil 2.Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Denitrifikasyona Etkisi ve Toprağın Nitrat İçeriği	33
Şekil 3.Yeşil Gübrelemeyi Takip Eden Mısırdaki Ortalama Değerler İtibariyle Denitrifikasyonla Kaybolan Azotun Toprağın Nitrat Azotu İçeriğine Oranı.....	35
Şekil 4.Yeşil Gübrelemeyi Takip Eden Mısırdaki Ortalama Değerler İtibariyle Denitrifikasyonla Kaybolan Azotun Verilen Toplam Azota Oranı.....	36
Şekil 5.Yeşil Gübrelemeyi Takip Eden Mısırdaki Yeşil Gübreleme İle Toprağa İlave Edilen 100 kg C Başına N-N ₂ O Kaybı Değerleri.....	38
Şekil 6.Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Nitrat Azotu Miktarları	41
Şekil 7.Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Amonyum Azotu Miktarları.....	43
Şekil 8.Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki CO ₂ Üretimi Değerleri.....	46
Şekil 9.Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Dehidrogenaz Enzimi Aktivitesi Değerleri.....	48

1. GİRİŞ

Çeşitli organik artıkların ve yeşil gübre bitkilerinin toprağa uzun veya kısa süreli organik madde kazandırmak amacıyla toprağa katılması, özellikle ülkemiz toprakları açısından oldukça önemlidir. Çünkü kurak ve yarı kurak iklime sahip olan ülkemizde, tarım yapılan alanların % 76' sındaki organik madde içeriği % 1'den daha az veya % 1-2 arasında değişmektedir. Çok düşük olan bu oranı artırmanın tek yolu toprağa organik yapıdaki maddeleri (buğday anızı, mısır sapı, vb veya yeşil gübre bitkileri) vermektir. Kimyasal gübrelerin (özellikle N'lu gübrelerin) hem çevre açısından zararları hem de maliyetinin çok fazla olduğu düşünülürse, gerek toprağın özellikle N içeriğini gerekse daha uzun ya da kısa süreli toprağın organik madde içeriğini artırmak amacıyla selüloz, lignin içeriği yüksek anız v.b. hasat artığı materyallerin ya da kolay değerlendirilebilir bitki aksamalarının (yeşil gübre bitkileri) toprağa verilmesi önem kazanmaktadır.

Günümüzde bitkilerin azot gereksinimlerini karşılamak için toprağın azot miktarını artırmada önemli rolü olan baklagillerin ekim nöbetine konulması yerine çoğunlukla mineral azot gübrelemesi yoluna başvurulmaktadır. Halbuki sanayi yoluyla yapılan bu üretim için çok büyük enerji girdisine gerek duyulmaktadır. Yalnızca enerji masraflarıyla da kalmayıp, kullanılan mineral azot gübrelerinin bir kısmı yıkanma yoluyla, bir kısmı denitrifikasyon yoluyla (nitrat azotu) topraktan uzaklaştığı için kullanılan gübrelerden optimal şekilde bitkinin yararlanması mümkün olmamaktadır. Azotlu gübre kullanımı sonucu, verimdeki yüksek oranda artışla birlikte fazla azotlu gübrelerin ve azotlu artıkların taban suyuna ve içme suyuna karışması yoluyla ortaya çıkan sorunlar bilim adamları tarafından çevre kirliliği açısından gündeme getirilmekle beraber bu güne kadar sorunun çözümü üzerinde yeterli çalışma yapılmamıştır.

Özellikle aşırı nitrat gübrelemesi durumunda toprakta nitrat formunda bulunan azot, sebzeler tarafından (özellikle ıspanak, marul, lahanaya v.b.) alınarak sebze ve insan bünyesinde nitrit formuna indirgenmek suretiyle kandaki hemoglobinin methemoglobine dönüşümüne neden olmakta ve böylece kanda oksijen taşınmasını engellemektedir. Nitrat, nitrit ve diğer bazı bileşiklerin, insan ve hayvanlarda sindirim

sistemlerinde nitrozaminlere dönüşerek kanserojen etkilerde bulunduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Rudell ve ark., 1976; Maynard, 1978; Zaldivar, 1976). Yine, amonyum formunda toprağa verilen mineral azotun da bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu nitrata dönüşmesi ($\text{NH}_4^+ + \text{O}_2 \longrightarrow \text{NO}_3^-$), bunun sonucu olarak da yukarıda belirtilen çevre sorunlarına neden olması sözkonusudur.

Özellikle son yıllarda aerosolsprey'lerden çıkan kloroformetan, taşıt gazları, uçak gazları, endüstri ve yerleşim yerlerinden kaynaklanan gazlar ve intensif tarım nedeniyle aşırı mineral gübrelemenin neden olduğu tarımsal kaynaklı gazların artış göstermesinden dolayı (Mc Elroy et al., 1976) ozon tabakasında meydana gelen değişimler ve ozon tabakasının korunması büyük güncellik kazanmıştır.

Belirtildiği gibi topraklarda azot kaybı herşeyden önce yıkanma ve denitrifikasyonla meydana gelmektedir. ^{15}N işaretli azotlu gübrelere azot bilançosu üzerinde yapılan deneme sonuçları, toprağa verilen azotun %30-50'sinin denitrifikasyonla kaybolabileceğini ortaya koymuştur (Jagnow ve Söchtig, 1983). Halbuki çeşitli topraklarda tarla koşullarında, denitrifikasyon kaybının N_2O formunda bloke edilmesi ve ölçülmesi esasına dayanan "Asetilen İnhibasyon Yöntemi"yle yapılan direkt ölçümler, Avrupa'daki tarım alanlarında verilen N gübresinin ortalama %7'sinin biyolojik denitrifikasyonla kaybolduğunu göstermektedir (Benckiser ve ark., 1987). Kimyasal reaksiyonlar sonucu denitrifikasyona uğrayan N miktarı ise genelde düşüktür.

Tarımsal alanlardaki N_2O oluşumunun topraklar için aynı zamanda azot kaybı oluşu ve Türkiye'de bugüne kadar denitrifikasyon yoluyla azot kaybına ilişkin hiçbir çalışmanın yapılmamış olması ve hem bu kaybı önlemek, hemde çevre korumaya hizmet etmek açısından çevre kirletici gazların oluşumuna neden olan girdiler (mineral azot gübrelemesi) yerine alternatif girdilerle (yeşil gübreleme) bu kaybı önlemek ve bu girdilerin toprağın N içeriğine ve denitrifikasyonla kaybolan N miktarı üzerine etkisinin araştırılması amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Mineral Gübreleme

Tarım arazilerinden azot kaybı, genellikle yağışlarla yıkanma, erozyonla taşınma ve işlenen topraktaki oksidasyonun artması suretiyle olmaktadır. Ürün ile de önemli miktarda azot, her yıl topraktan kaldırılmaktadır. Toprakların verimliliğini artırmak ve bunu yüksek seviyede tutmak için, erozyonu toprak muhafaza tedbirleri ile azaltmak, araziye mümkün olduğu kadar bitki ile örtülü tutmak suretiyle yıkanma kaybını minimuma indirmek, fazla miktarda bitki ve hayvan artıklarını toprağa geri vermek ve zamanında ve bitkinin gereksinimi kadar gübreleme yapmak gerekmektedir.

Özellikle son 30-40 yıldan beri bitkilerin azot gereksinimleri genel olarak mineral gübreleme ile karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla dünyada yılda 50×10^6 ton azot üretilmektedir. Bu üretimin 2000'li yıllar ve sonrasında çok daha artacağı tahmin edilmektedir. Halbuki sanayi yoluyla yapılan bu üretim için büyük enerji girdisine gerek duyulmaktadır. Yalnızca enerji masraflarıyla kalmayıp, kullanılan mineral azot gübrelerinin bir kısmı yıkanma yoluyla, bir kısmı da denitrifikasyon yoluyla (nitrat azotu) topraktan uzaklaştığı için kullanılan gübrelerden optimal şekilde bitkinin yararlanması mümkün olmamaktadır.

Bilindiği gibi toprakta nitrat formunda bulunan azot sebzeler tarafından (özellikle ıspanak, marul, lahanalar v.b.) alınarak sebze ve insan bünyesinde nitrit formuna indirgenmek suretiyle kandaki hemoglobinin methemoglobine dönüşümüne neden olmaktadır. Nitrat, nitrit ve diğer bazı bileşiklerin, insan ve hayvanlarda sindirim sistemlerinde nitrozaminlere dönüşerek kanserojen etkilerde bulunduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Rudel ve ark., 1976; Maynard, 1978; Zaldivar, 1976). Nitratın toksik özelliği üzerinde çalışan araştırmacılar Zaldivar (1976), birim alanda kullanılan azot miktarı ile, mide kanserinin neden olduğu ölüm olayları arasında pozitif bir korelasyon saptadığını belirtmektedir. Fazla nitratın insan sağlığı

açısından diğer olumsuz etkileri, çeşitli azotlu bileşiklerin yiyeceklerde kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Genellikle bozulmayı önlemede kullanılan azotlu, çeşitli katkı maddeleri yukarıda belirtildiği gibi midede nitrozaminlere dönüşmektedir. Ispanak, marul gibi bazı sebzelerin, kalıtsal olarak bünyelerinde fazla miktarda nitrat depolamaları ve bunların midede zararlı bileşiklere dönüşmeleri, konunun tarımsal açıdan diğer bir yönünü ortaya koyması bakımından önemlidir.

Hollanda'da yapılan çalışmalarda fazla azotlu gübre kullanımı ile ıspanaktaki nitrat birikimi arasında pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Bremier, 1981).

Tarımsal alanlara uygulanan mineral azot (nitrat) bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu (örneğin denitrifikasyon) N_2 , N_2O , NO gibi gazlara redükte olmaktadır (Rohmann ve Sontheimer, 1985). Oluşan bu N_2O ve NO gazları ise stratosfere kadar ulaşarak burada ozonun bozulmasına neden olabilmektedir (Letey et al., 1981; Knowles, 1982).

Yine intensif tarımda aşırı mineral gübrelemenin neden olduğu tarımsal kaynaklı gazların (NO , N_2O , N_2) artış göstermesinden dolayı (Mc Elroy et al., 1976; Rohmann ve Sontheimer, 1985) ozon tabakasında meydana gelen değişimler ve ozon tabakasındaki bozulmalar, çalışmaların bu yönde ve özellikle alternatif gübreleme tekniklerine yer verilerek yapılmasını gerektirmektedir.

Tarımda ve endüstrideki gelişmelerin doğal azot dengesine etkileri, sularda ve bazı topraklarda NO_3^- ve atmosferde nitros oksit (NO_2) birikimi şeklinde olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Bremier, 1981; Delwich et al., 1978). Tarımda azotlu gübre kullanımı 2. Dünya savaşı sırasında yaygınlaşmış; sonra da gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde verimi artırmak için kullanılan vazgeçilmez bir uygulama durumuna gelmiştir. Azotlu gübre kullanımı sonucu verimdeki yüksek oranda artışla birlikte fazla azotlu gübrelerin ve azotlu artıkların taban suyuna ve içme suyuna karışması ile ortaya çıkan çevre sorunları bilim adamları tarafından gündeme getirilmekle beraber bu güne kadar sorunun çözümü için üzerinde yeterli çalışma yapılmamıştır.

Azot artıklarının kanalizasyon sularında ve fabrika artıklarındaki çokluğu da özellikle kentlerde ve büyük yerleşim alanlarında önemli sorun haline gelmektedir.

Fazla azotlu artıklar ve nitrifikasyonla atmosfer azotunda meydana gelen nitroz asit artışı ve ozon tabakasına etkileri konusunda yapılan çeşitli tartışmalar teorik yaklaşımlar olsa dahi ozon tabakasındaki incelmeye neden olan etkenlerin gerçek oluşu ve azotlu bileşiklerin tüketiminin boyutlarının çok büyük olduğu bir gerçektir. Bu nedenle azotun bitkisel verim artışı üzerindeki vazgeçilmez rolünü gözönünde bulundurarak çalışmaların iki odak noktası etrafında yoğunlaştırılması zorunludur.

Fazla azotlu gübre kullanımının, özellikle gelişmiş ülkelerde görüldüğü gibi toprak floradaki olumsuz etkilerinin yanında, çeşitli bitkilerde depolanması, bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı dirençlerinin azalması, taban suyuna ve içme sularına karışması, insan sağlığı ve ekonomik açıdan önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Fazla azotlu gübre kullanımı ile ortaya çıkan nitroz asitin atmosferdeki ozon tabakasındaki incelmeye neden olan etkenlerden biri olarak tanımlanması konunun önemini belirtmesi yanında, gelecekte tehlikenin ne denli boyutlara ulaşabileceğini ortaya koyması bakımından da düşündürücüdür.

Bitkilerin ana azot kaynağı atmosferdir. Bitkilerin bu kaynaktan yararlanabilmeleri için azot molekülleri arasındaki üçlü bağın ikili bağa indirgenmesi ve azotun hidrojen ve oksijenle birleşmesi gerekir. Diğer deyişle bitkiler NH_3 , NH_4^+ ve NO_3^- formundaki azotu kullanabilir.

Bitkilerin azot gereksinimlerini karşılamak amacıyla verilen özellikle nitrat formundaki azotun bir kısmı bitkiler tarafından alınmakta, bir kısmı ise toprak ve iklim koşullarına bağlı olarak ya taban sularıyla akarsu ve denizlere, ya da topraktaki bazı mikroorganizmalar aracılığı ile denitrifikasyon yoluyla, N_2 , N_2O , NO gibi gazlara redükte olmak suretiyle topraktan uzaklaşmakta, hatta bu gazların bir kısmı atmosferdeki stratosfer tabakasına kadar ulaşmaktadır. Stratosfere ulaşan N_2O ve NO gazları ise OZON tabakasında bozulmalara neden olmaktadır. Toprağa uygulanan nitratın söz konusu bu gaz bileşiklerine dönüşme hızı ve oluşan gazların cinsi topraktaki birtakım faktörlerin etkisi altındadır (Letey ve ark., 1981; Knowles, 1982; Rohmann ve Sontheimer, 1985; Gök, 1988).

2.2. Yeşil Gübreleme, Baklagiller ve Ekolojik Önemi,

Bütün dünya topraklarında olduğu gibi Türkiyede de tarım yapılan toprakların çoğunluğunda azot eksikliği görülmektedir. Bu eksikliği giderebilmek için alınması gerekli önlemlerden birisi de toprakların azot kazancını mikrobiyel yolla artırmaktır.

Toprakların uygun olmayan fiziksel özelliklerini düzeltmek için toprağa yeşil gübreleme yapılması, yeşil gübreleme uygulamasının amaçlarından birisini oluşturmaktadır. Ancak baklagil yeşil gübre bitkileri köklerinde simbiyotik olarak yaşayan bakteriler aracılığı ile havanın azotunu bağladıklarından bu bitkilerin yeşil gübre olarak yetiştirilip toprağa karıştırılması halinde azotlu gübreleme de söz konusudur. Baklagil yeşil gübre bitkilerinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirici etkisinin dışında özellikle köklerinde simbiyotik olarak yaşayan *Rhizobium* bakterileri aracılığıyla atmosferdeki moleküler azotu organik formda toplamak suretiyle hem birlikte yaşadığı bitkinin azot gereksiniminin önemli bölümünü karşılamaları, hem de yeşil gübrelemeyi izleyen ana kültür bitkisi için toprağa azot kazandırmaları (optimum koşullarda 10-20 kg N/da) nedeniyle daha ayrı bir ekonomik ve ekolojik önem arz etmektedir (Aubert, 1981; Kahnt, 1983; Werner, 1987).

Kış döneminde örtü bitkisi veya ara bitki olarak yetiştirilen tek yıllık baklagiller toprağı erozyondan koruduğu gibi yeşil gübrelemeyi izleyen mısır v.b. ana ürünün hem verimini olumlu yönde etkilemekte, hem de ana üründe N gübresi tasarrufu sağlamaktadır (10-15 kg N/da) (Onaç ve ark., 1997). Ilıman bölgelerde kış döneminde yetiştirilen tek yıllık baklagil yem bitkilerinin kendisinden sonra gelen bitki için toprağa 6-10 kg/da N bıraktıkları bulunmuştur (Hargrove, 1986).

Sulanabilen alanlarda veya düzenli yağış alan bölgelerde tek veya çok yıllık baklagillerin ekim nöbetindeki rolü birçok çalışmaya konu olmuştur. Aydemir (1982) tarafından Nazilli ve Adana' da yapılan çalışmalarda 3 yıl yoncadan sonra yetiştirilen pamuğun verimi artmış ve bu olumlu etki 3 yıl boyunca devam etmiştir.

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar da göstermiştir ki, yeşil gübre bitkileri tarla koşullarında topraktaki mineralize olabilir azot miktarını (nitrat +

amonyum + nitrit), özellikle de toprağın nitrat içeriğini (15-20 kg N/da) önemli derecede etkilemektedir. Yeşil gübrelemenin yapıldığı alanlardaki nitrat içeriği kontrol alanlarına oranla 56 günlük süreçte tüm ölçümlerde çok yüksek bulunmuştur (Gök ve Sağlantimur, 1991). Bu, baklagil bitkilerinde simbiyotik yolla bağlanan azotun mineralize olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yeşil gübre bitkileri toprağa karıştırıldıktan kısa bir süre (5-6 hafta) sonra mineralizasyona uğrayarak daha sonra ekilecek olan ana kültür bitkisi için yavaş yavaş azot görevi görmektedir. Yine Gök ve ark. (1995) tarafından yapılan diğer bir çalışmada bakla, iskenderiye üçgüğü, çemen ve bakla+fiğ karışımından 8-15 kg N/da toprağa N bağlandığını ortaya koymuştur. Nodüllerde bağlanan bu azotun önemli bölümünün 4-6 hafta gibi kısa bir süre içerisinde mineralize olduğu ve dolayısıyla yeşil gübrelemeyi izleyen ana kültür bitkisinin (mısır, buğday, soya vs.) N kaynağı olarak bu azotu kullanabileceği aynı araştırma sonuçları ile ortaya konmuştur.

Birçok nedenden dolayı bakla bitkisi yetiştiriciliği bütün Avrupadaki çiftçilerin ilgisini çekmeye başlamıştır. Buğday ve arpadan önce ekilen bakla, daha sonraki tahıl üretimini %50 artırabilmektedir. Bu bitkilerin ekim ve hasat sistemleri benzer olduğundan ve yetiştirme zamanlarının uygun olmasından dolayı ekim sistemine eklenmesi mümkündür (Kilian ve Werner, 1996).

Dünya üzerinde her canlının mutlak gereksinim duyduğu azot, milyonlarca yıldan beri atmosferde ve yer kabuğunda bulunmakta, doğal azot dengesi içerisindeki değişik formlara dönüşmektedir. Canlılığımızın devamı ilgilendiren ekolojik denge, besin maddeleri döngüsü ile enerji üzerindeki olumsuz etkilerin bazıları, azotun doğal koşullardaki transformasyonunu etkilemeden yapılan uygulamalarla giderilebilmektedir.

Baklagil yeşil gübre bitkilerinde azot fiksasyonu köklerde oluşan yumrular (nodül) aracılığı ile olmaktadır. Bitkilerde azot üretim birimleri olarak görev yapan nodüllerin oluşumu ve fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri hem bitkinin hem de nodüldeki bakterilerin genetik yapısı ile ortam koşulları (pH, ısı, ışık, su, toprağın biyolojik ve fiziksel yapısı, besin maddelerinin durumu) ile yakından ilgilidir.

Baklagil yeşil gübre bitkileri toprağa sadece nodülleri vasıtasıyla azot bağlamazlar. Ayrıca köklerinin parçalanması ve mineralizasyonu ile toprağa azot kazandırırılar. Azot, ölmüş nodül dokularının kökten ayrılıp toprağa karışması ile meydana gelebilir. Bu durum bitkinin toprak üstü kısmının kesilmesi ile hızlanır. Baklagil yeşil gübre bitkilerinden azotun toprağa diğer bir geçiş şekli de suda eriyebilir organik azot bileşiklerinin nodüller tarafından toprağa salgılanması şeklinde olur. Bu durum bitkide azot bağlanmasının karbonhidrat sentezinden daha hızlı olduğu ender durumlarda gerçekleşir (Werner, 1987).

Baklagil bitkileri, protein içeriği bakımından zengin olmaları nedeniyle yeşil gübre bitkisi olarak kullanılmaya uygundur. Hausen Builler ve Clara (1959), Amerika'nın Washinton eyaletinde yapmış oldukları bir araştırmada verimli bir bağın azot gereksiniminin 12 kg N/da olduğunu ve toprağın doğal organik maddesinden yılda 1.2-1.5 kg N/dekar ilave edileceğini bildirmektedirler. Buna yeşil gübre olarak fiğ ilavesi ile 11 kg N/da daha ekleneceğini ve bunun ancak 6 kg'nın ilk yılda yararlı duruma geçeceğini açıklamaktadırlar. Araştırmacılar fosfor ve potasyumun sadece yeşil gübre olarak kullanıldığı yerlerde uygulanmasının yerinde olacağını eklemektedirler. Mann (1958), yeşil gübreleme konusunda yaptığı tarla denemesinde hafif asit karakterdeki geçirgen toprağa ilave ettiği acı bakla ve fiğ gibi baklagil bitkilerinin ekilmiş olan ürün üzerine önemli etkisi olduğunu tesbit etmiştir. Yeşil gübrenin tamamen kaldırıldığı veya sadece köklerinin toprakta bırakılması durumunda hiçbir ürün artışı tesbit edilememiştir. Simbiyotik olmayan yolla bağlanan azot miktarı ile ilgili bulgular çok değişik olmakla beraber, genellikle yılda 2,5-5 kg N/da olarak tahmin edilen miktar uygun bir ortalama olarak kabul edilebilir. Baklagil yeşil gübre bitkileri tarafından simbiyotik yolla tesbit edilen azot miktarı ise dekar başına yaklaşık olarak 10-20 kg arasında bulunmaktadır (Ülgen, 1972).

Baklagil yeşil gübre bitkileri tarafından aktif olarak azot tesbit edilmesi bitkinin sağlıklı olarak gelişmesi ve bitki besin maddelerinin elverişli miktarda temin edilmesi durumunda mümkün olabilir. Bitki besin maddelerinden fosfor protein sentezinde rol oynayan önemli bir elementtir. Baklagil yeşil gübre bitkisi, fosfor ve kükürdün bulunmaması durumunda, bol miktarda alınabilir azot bulursa dahi protein sentezi

yapamaz. Fosfor, rhizobium bakterisinin aktivitesini ve kök gelişimini artırarak nodül oluşumunun daha erken, nodüllerin daha büyük ve fazla sayıda olmasına yardım eder (Ülgen, 1975) .

Baklagil yeşil gübre bitkileri, örtü bitkisi olarak kullanıldığında erozyonu, dolayısı ile meydana gelen toprak kayıplarını azaltır (Elçi,1969). Toprağın ıslahı amacıyla yetiştirilen ve sürülerek toprağa gömülen artıklar ise köklerinde bulunan nodüller içerisindeki bakteriler aracılığıyla havanın elementel azotunu organik bileşikler haline getirerek toprağı azot bakımından zenginleştirir. Toprakta organik madde miktarını artırır, böylece toprağın su tutma kapasitesini daha iyi duruma getirir. Bunun yanında toprak mikroorganizmalarına enerji temin ederek topraktaki biyolojik olayların hızlanmasını sağlar. Baklagil yeşil gübre bitkileri, sulama imkanı bulunan yerlerde ekim nöbetine konduğu takdirde, hem yeşil ot imkanı verir hem de kalan kökler aracılığıyla toprağı azot ve organik madde bakımından zenginleştirir ve kendisinden sonra ekilen bitkide ürün artışı sağlar.

Gök ve Sağlamtimur (1991) bakla, fiğ ve üçgülün yer aldığı tarla denemesinde aşısız koşullarda bitki türüne göre değişmekle beraber 10-23 kg/da N bağlandığını, bağlanan bu azotun önemli bir kısmının ise 2-3 aylık sürede (Çukurova koşullarında) mineralize olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ca, Mg, K, Fe v.s. gibi toprağın mineral orijinli elementleri anakayanın ayrışması suretiyle açığa çıktıkları halde, toprak azotunun büyük bir kısmı havadan temin edilmektedir. Atmosferin hacim esasına göre %79' unu azot oluşturur. Bir dekar arazi üzerindeki atmosferde yaklaşık olarak 9 bin ton azot gazı mevcuttur. Ancak bitkiler gaz halindeki bu azottan yararlanamazlar. Bunlardan yararlanabilmesi için gaz halindeki azotun diğer elementlerle bileşikler haline dönüşmesi gerekmektedir. Bu da atmosferdeki elektriksel olaylarla az miktarda ve bazı toprak mikroorganizmaları aracılığı ile havanın serbest azotunun biyolojik yolla bağlanması suretiyle çok daha fazla miktarda olmaktadır. Ancak günümüzde bitkilerin azot gereksinimlerini karşılamak için, mikroorganizmaların bu özelliklerinden yararlanmak suretiyle toprağın azot miktarını artırmada önemli rolü olan baklagillerin ekim nöbetine konulması yerine çoğunlukla mineral azot gübrelemesi yoluna başvurulmaktadır.

Dolayısıyla aşırı mineral gübrelemenin (özellikle azotlu gübrelerin) yarattığı olumsuzluklar dikkate alındığında özellikle ekim nöbetinde baklagil yeşil gübre bitkilerine de yer verilmesi kaçınılmazdır.

Bhardwaj ve Datt (1995), yaptıkları çalışmada laboratuvar ve tarla koşulları altında Alfisol topraklarda baklagil yeşil gübrelemenin azot mineralizasyonuna ve toprağın bazı mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, yeşil gübreleme materyali olarak kullanılan sesbania, kenevir ve bezelyenin mineralizasyon oranlarında çok önemli farklılıklar bulunmamıştır. Mineralizasyon, tarla kapasitesi nem içeriğindeki toprakta doygun koşullardakine oranla daha yüksek bulunmuştur. Kenevirin ayrışması sulu toprak koşullarında (çeltik bitkisinin yokluğunda) laboratuvar koşullarındaki kadar hızlı olmuştur. Ayrışma ile mineral N⁺ un oldukça önemli bir kısmı serbest duruma geçmiştir ve NH₄⁺-N⁺ u miktarı NO₃⁻-N⁺ u miktarından çok daha fazla bulunmuştur (kenevirde su ile doygun koşullarda). Sekiz haftalık inkübasyonda, tarla kapasitesi nem içeriğinde mineral azot miktarları 15-35 mg / kg toprak bulunurken, doygun koşullarda 15 - 25 mg / kg toprak arasında değişmiştir. Ayrıca yeşil gübrelemenin, toprağın mikrobiyel biyomas C'unda, DHA aktivitesinde ve bakteri popülasyonunda, sadece gübre verilmiş kontrol toprağına oranla (3 yıl çeltik yetiştirilmiş tarlada) oldukça önemli artışlar gösterdiği görülmüştür. Yeşil gübre uygulanmış parsellerde mikrobiyel biyomas C' u ve DHA aktivitesi sırasıyla 206 - 216 mg C / kg toprak ve 102 -112 µg TPF/g toprak arasında değişirken, artan dozlarda gübre verilmiş parsellerde bu miktar sırasıyla 180 - 190 mg C / kg ve 84 - 94 µg TPF/g arasında olmuştur (Bhardwaj ve Datt, 1995).

Singh ve ark. (1992), tarafından yapılan çalışmalarla su altındaki çeltikte baklagil yeşil gübrelemenin önemli yararları ile ilgili bulgular elde edilmiştir. Bu etkilerin başlıcası ise özellikle su ile doygun koşullarda gübre azotunun yıkanma ve buharlaşma ile kaybı göz önüne alınırsa, besin elementlerinin bitki tarafından alınma izin veren bir artışla yeşil gübre bitkilerinin hızlı mineralizasyonudur.

Yine Diekmann ve ark. (1993), işaretlenmiş ¹⁵N çalışmaları ile yeşil gübre bitkisi olarak kullanılan *Sesbania rostrata* ve *A. afraspera* uygulamalarının çeltikte (düz ova çeltiği) azot alımını arttırdığını açıklamışlardır. Ancak su ile doygun

koşullarda yapılan yeşil gübrelemede bitki materyallerinin mineralizasyonu ile ilgili olarak çok az sayıda çalışma mevcuttur (Khind ve ark., 1987). Bundan başka yeşil gübre uygulanmış toprakların mikrobiyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerinde çok az bilgi olması nedeniyle su ile doygun koşullar altında yapılan çalışmalar daha zor olmaktadır.

Toprak erozyonunu azaltmak, organik maddeyi korumak, azot kaybını azaltmak ve bitki tarafından yeterli azot kullanımını sağlamak için örtü bitkileri ve gömülerek toprağa karıştırılan bitkilerin kullanımı günümüzde giderek artmaktadır. Bu da azot döngüsünde çeşitli ürün artıklarının etkisini çok iyi anlamayı gerektirir (Mc Kenney ve ark., 1993).

Yoğun toprak kullanımı ve ekim nöbeti sistemleri büyük gübre girdilerine sebep olmaktadır. Bu üretim sistemleri ile, toprak işlemeli tarımdan sonuçlanan hızlanmış ayrışma yada bitki materyalinin azalmasının sonucu olarak organik maddenin azalması ile toprakların azotu tutma kabiliyeti azalmaktadır. Toprakların organik madde içeriğini geçici bir süre artırmak yada korumak amacıyla, toprak strüktürünü geliştirmek ve erozyonu azaltmak için çeşitli alternatif üretim sistemleri (örtü bitkileri veya karışım - gömülü bitkiler) kullanımı gitikçe artmaktadır .

Örtü ve toprağa karıştırılan bitki artıkları; toprak kalitesini, bitki besin elementleri döngüsünü, mikrobiyel değişimleri ve ana ürüne N'un önemli miktarını vermesi açısından oldukça etkilidir (Vigil ve ark; 1991). En önemli faydası ise azotun yıkanma ve yüzey akışı ile uzaklaşmasını engellemesidir .

İyi havalanmış topraklara mikroorganizmalar tarafından kolay ayrışabilir organik materyallerin ilavesi, mineralizasyonu arttırır böylece heterotrof mikroorganizmalar tarafından O₂ tüketimi de artar (Gök ve Ottow, 1988; Neeteson ve Van Veen, 1987).

Baklagil yeşil gübre bitkileri ya da azotça zengin bitki atıkları su altındaki çeltik üretiminde mineral gübrelere alternatif olarak ümit vericidir (Becker ve ark., 1994). İnorganik gübrelere benzemeyen yeşil gübre bitkilerinde azotun alınabilir forma geçmesi için önce mineralizasyona uğraması gerekmektedir. Organik azotun bu

dönüşüm mekanizmasını ve bunları kontrol eden faktörleri bilmek, azot mineralizasyonunu daha kolay anlaşılır hale getirmektedir (McGill ve Myers, 1987).

Organik maddenin ayrışma dinamiği 3 ana faktör tarafından etkilenmektedir. Bunlar kültürel uygulamalar, toprak özellikleri ve organik maddenin kimyasal bileşimidir. Kültürel uygulamalar ise mineral azot uygulamasını, karışım metodlarını ve sulama rejimlerinin sürekliliğini içine alır (Broadbent, 1979).

Su ile doygun koşullarda azot mineralizasyon kinetiğinde, toprak özelliklerinin etkisi ile ilgili olarak hala büyük eksiklikler vardır. Bununla beraber yüksek arazi topraklarında organik maddenin ayrışması üzerinde bitki kimyasal bileşiminin etkisine yönelik çalışmalar daha çoktur (Sivapalan ve ark., 1985; Fox ve ark., 1990; Sandhu ve ark., 1990). Bu çalışmaların hepsinde ortak sonucu olarak, azotun organik atıklardan serbest duruma geçişini etkileyen faktörler; toprağın nem içeriği, C/N oranı, lignin içeriği, lignin/N oranı, polifenol içeriği ve LP/N oranı olarak tanımlanmıştır.

Son yıllarda yapılan bir çalışma göstermiştir ki; yüksek arazi topraklarında, artıktaki polifenol/N oranının saptanması, uygulanan yeşil gübre materyalinden azotun serbest duruma geçişini önceden tahmin etmek için oldukça güvenilir bir yoldur (Palm ve Sanches, 1991).

Grant ve Seegers (1985) tarafından yapılan bir laboratuvar çalışması; toprak faunasının, toprak organik maddesinden ve deniz yosunundan (alglerden) azotun serbest duruma geçişini etkilediğini göstermiştir.

2.3. Denitrifikasyon ve Ekolojik Önemi

Topraktaki denitrifikant mikroorganizmalar yetersiz O₂ koşullarında nitratı N₂O, NO, N₂ gibi gaz bileşiklerine dönüştürmektedirler. Bu gazlardan NO ve N₂O OZON bozunumuna neden olabilmektedir. Oluşan bu gazların miktarı anız uygulaması ve toprak oksijen içeriği tarafından etkilenmektedir. Örneğin anız uygulaması genel olarak N₂O oluşumunu azaltırken, ortamın oksijen konsantrasyonu N₂O üretiminde artışa neden olmaktadır (Gök, 1988).

Gök ve Ottow (1988), yaptıkları diğer çalışmada da anız uygulamasının toprakta N-immobilizasyonunu arttırdığını, dolayısı ile anız gübrelemesi yolu ile bir yandan bitkiler için topraktaki yarayışlı azotun, diğer yandan ve buna bağlı olarak denitrifikasyona azot kaybının azaldığını ortaya koymuşlardır.

Topraklardaki biyolojik denitrifikasyon yaklaşık 5°C' de başlamakta ve sıcaklık artışına bağlı olarak artmaktadır. Denitrifikasyonla azot kaybı, düşük pH'da (<6) daha az gerçekleşirken pH=6-7'de daha yüksektir ve toprağın nitrat içeriği arttıkça artmaktadır. Görüldüğü gibi N₂O oluşumu özellikle toprak nemi, toprak sıcaklığı ve N gübrelemesi (özellikle nitrat) tarafından etkilenmektedir. Yine oluşan N₂O, NO gibi gazların miktarı ve cinsi topraktaki birtakım faktörlerin etkisi altındadır Gök (1988).

Denitrifikasyonun ekonomik açıdan önem taşıması ve çevre kirlenmesindeki potansiyel etkilerinden dolayı daha iyi tahmin edilmesi zorunlu olmaktadır. Günümüzde denitrifikasyonla azot kaybının, direkt ölçümlerden daha çok "Azot Bütçesi Eşitliği" yöntemiyle hesaplanmasına rağmen Asetilen İnhibisyon ve ¹⁵N yöntemi ile belirlenmesi daha güvenilir ve yaygın olmaya başlamıştır (Killham ve Foster, 1995).

Arazi koşullarındaki denitrifikasyon ölçümü yönteminde (Acetylen Inhibition Technic=AIT), toprakta oluşan N₂O'nun yakalanması için molekular sieve, CO₂ ve H₂O'nun yakalanması için natronkalk ve silica gel kullanılmaktadır. Asetilen kaynağı olarak Calcium Carbide (CaC₂) kullanılmaktadır. Kalsiyum karbid toprağa gömüldükten belli bir süre sonra (bu süre toprağın nem içeriği, tekstür v.b. özelliklerine göre değişmekte ve ön çalışmalarla belirlenmektedir) vakum pompası çalıştırılmakta ve toprakta oluşan N₂O, düzenekteki molekular sieve aracılığıyla yakalanmaktadır. Yakalanan bu N₂O, laboratuvarda suda çözülerek Gaz kromatografisinde analiz edilmektedir ve standart N₂O gazı kurvesinden yararlanılarak g N-N₂O / ha . yıl olarak hesaplanmaktadır (Metot, Benckiser et al., 1995).

Kilian ve Werner (1996), yaptıkları çalışmada C₂H₂'in inhibisyonu tekniğini kullanarak nodülasyon yapan ve yapmayan bakla, çayır otu ve lahana bitkilerinin denitrifikasyona etkisini iki yıllık tarla denemesi ile araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre denitrifikasyon kaybı 0.02 ile 14.4 ngN₂O-N/ h.gkt arasındadır. N₂O

değerleri ortalamaları itibariyle nodül oluşturan bakla denitrifikasyonu nodül oluşturmeyandan daha fazla artırmıştır. C_2H_2 uygulanmamış parsellerde son denitrifikasyon ürünleri ozonu tahrip eden N_2O ' dan çok N_2 şeklinde meydana geldiği bulunmuştur.

Yine aynı çalışmada, en yüksek denitrifikasyon toprakta nitratın artışı dönemde ölçülmüştür. Denemenin her iki yılında da ölçüm değerlerinde görülen yüksek varyasyon büyük oranda (%67), toprak nemi ve toprağın nitrat içeriği ile alınan toprak örneklerinin birbirinden farklı olması ile açıklanmıştır. Denitrifikasyonla toprak nemi arasında $r=0.82$ düzeyinde; denitrifikasyonla toprağın nitrat içeriği arasında da $r=0.71$ düzeyinde pozitif bir ilişki gözlenmiştir (Kilian ve Werner, 1996).

N_2O ' nun iki ana kaynağı yağmur ormanları ve gübrelenen alanlardır. Yapılan son çalışmalar baklagillerin denitrifikasyonu arttırdığını göstermiştir. Buna rağmen baklagil ekiminden sonra yapılan toprak işlemenin denitrifikasyonu arttırıp arttırmadığı halen bilinmemektedir (Kilian ve Werner, 1996). Denitrifikasyon O_2 varlığı (toprak nemi), NO_3^- konsantrasyonu (substrat), karbon varlığı (elektron donör) ve sıcaklık ile köklerin ayrışması gibi faktörler tarafından etkilenir.

Mc Kenney ve ark. (1993), yaptıkları bir çalışmada, baklagil ve baklagil olmayan yeşil gübre bitkilerini kullanmışlardır. Bu amaçla tüylü fiğ (HV), kırmızı yonca (RC), yıllık delice otu (ARG), kırmızı kanarya otu (RCG) ve mısır atıkları, Brookston'un killi-kumlu topraklarına uygulanmış ve bu uygulamaların farklı oranlarının (5 ve 10 g atık/kg toprak) aerobik ve anaerobik koşullar altında N mineralizasyonu-immobilizasyonu, NO_3^- redüksiyonu ve denitrifikasyona etkisi araştırılmıştır. Bütün atıklar, sadece (48 saatlik) anerobik inkübasyonda net NO ve N_2O üretiminin artması ile kontrol toprağına oranla 2-3 kez daha fazla oranda denitrifikasyonu uyarmışlardır. Anerobik inkübasyonda NO ve N_2O kayıpları bütün atıklarda birbirine yakın bulunmuştur. Yine 48 saatlik anerobik inkübasyonda amonyum birikimi 5-11 mg N / kg olarak bulunmuştur.

Anaerobik mikro yapı, yıkanma ve yüzey akışı yoluyla çözünmüş N_2O olarak azot kaybını yada N_2 , NO ve N_2O gaz formları şeklinde azotun kaybına neden olan denitrifikasyonu teşvik etmektedir (Dowdell ve ark; 1979).

Mikrobiyel denitrifikasyona, mineralizasyona ve immobilizasyona çeşitli ürün atıklarının etkisini gösterir çalışmalar çok azdır (Aulakh ve ark; 1991; Walters ve ark; 1992). Denitrifikant bakterilerinin özel substrat C'u ihtiyaçları bilinmemektedir (Beauchamp ve ark; 1989). Bitki dokularından kaynaklanan çok sayıda ve çeşitli C kaynakları genellikle toprakta mevcuttur. Her ne kadar denitrifikant bakteriler aerobik koşullar altında C ve enerji kaynağı olarak organik bileşiklerin büyük çoğunluğunu kullanabilir olsa da, anaerobik koşullar altında bu miktar daha fazla sınırlandırılmış ve değiştirilmiştir (Beauchamp ve ark; 1989). Denitrifikasyon oranları üzerinde organik materyallerin etkisine yönelik çalışmalar sonucundaki varsayımlar, çoğunlukla doğal olarak meydana gelen organik kaynakların C kaynağı olarak değerlendirilmiş olabileceğini ortaya koymuştur (Beauchamp ve ark; 1989). Aulakh ve ark (1991), birbirinden oldukça farklı (geniş) C/N oranlarına sahip farklı bitki atıklarının kıyaslanmasına yönelik çalışmaların ihtiyaç olduğunu işaret etmişlerdir. Toprak organik materyallerinin ayrışmasında, O₂ ve NH₄⁺ miktarı etkili olabilmektedir. Bitki dokuları ayrıca dolaylı olarak kemoototrof bakterilerin bir bölümü tarafından yürütülen nitrifikasyonu etkilemektedir (Paule ve Clark, 1989).

Simarmata ve ark. (1992) göre, NO₃ varlığında %1 v/v C₂H₂'nin N₂O redüktaz enzimini tamamen bloke ettiğini işaret etmektedir. C₂H₂'nin olduğu yerde nitrat açık bir şekilde tamamen N₂O'ya dönüşmektedir.

Asetilenin N₂O redüktaz enzimini bloke etmesi geniş C/NO₃-N oranına sahip topraklarda (156, 200 ve 243) C/NO₃-N oranı daha dar olan (84, 107 ve 130) topraklara göre daha çabuk bitmektedir. Ortamda NO₃ bittiğinde ise asetilenin ortamda bulunmasına rağmen N₂O'nun N₂'ye redükte olduğu görülmektedir. Daha geniş C:NO₃-N oranı daha çabuk N₂ oluşumuna neden olmakta ve bu nedenle C₂H₂ inhibüsyonu yönteminin güvenilirliği bu hallerde azalmaktadır. Herhangi bir uygulama yapılmayan kontrolde C₂H₂ blokesi 7-12 gün sürmektedir. (Simarmata ve ark., 1992) göre arazide toplam denitrifikasyon kaybı ölçümlerinde, asetilen inhibüsyonu tekniğinin yalnız NO₃ varlığında güvenilir olduğu göz önünde bulundurulmalı ve özellikle toprakta kolay parçalanabilir organik madde olduğu zaman arazinin NO₃ içeriği de belirlenmelidir.

Spesifik bir blokaj olan C_2H_2 'nin N_2O -redüktaz'ı bloke etmesi, arazi koşullarında denitrifikasyon ölçümlerini mümkün kılmaktadır. Rdyen ve ark. (1979) tarafından oluşturulan C_2H_2 -inhibüsyonu tekniği farklı arazi şartlarında kullanılmış ve geliştirilmiştir. Genellikle bu teknikle ölçülen denitrifikasyon kaybı yüksek standart sapma göstermektedir. Bunun nedeni toprağın çok değişken fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlanmaktadır. Kolay parçalanabilir organik maddenin dağılımı, mikrobiyel biyomasın türü ve miktarı, nitrat kaynağı ve miktarı, toprakta su tansiyonu, sıcaklık, pH, gözeneklilik v.b. denitrifikasyonu geçişi ve/veya uzun süreli tetikleyebilecek faktörlerdir. Oransal olarak karbona karşılık yüksek NO_3 konsantrasyonunda, geçici, yüksek oranda N_2O nedeniyle genellikle denitrifikasyon tamamlanamamaktadır. Bu koşullarda toprak N_2O 'nun kaynağı olmaya başlamaktadır.

Oransal olarak toprakta fazla miktarda kolay parçalanabilir organik madde olduğu zaman, mineralizasyon NO_3 kaynağı tarafından sınırlandırıldığından denitrifikasyon tamamlanmaktadır. Bu koşullar altında mikroorganizmalar maksimum enerji (ATP) kazanmak için majör son ürün olarak N_2 gazı üretmektedirler. Bu nedenle, toprak özellikleri N_2O için esas yol gösterici olmaktadır. C döngüsü hızlı olduğu zaman (örneğin kompost uygulaması, organik gübre v.b.) ve NO_3 kaynağı sınırlandırıldığında, denitrifikasyon yapan mikroorganizmaların, reaksiyonun hızlı olduğu bölgelerde N_2O 'nun redüktaz enziminin blokasyonunun by-pass edilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Simarmata ve ark., 1992).

Mc Carty ve Bremner (1992), laboratuvar koşullarında yaptıkları çalışma sonuçlarına göre Iowa üst toprağındaki yavaş denitrifikasyon oranının, düşük denitrifikant mikroorganizma sayısından değil, NO_3 redüksiyonu için bu mikroorganizmaların kullanabileceği C miktarının az olmasından kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar drenaj sularındaki C miktarının az olması ile de desteklenmiştir. Üst toprağın sulu ekstraktı toprağına uygulandığında, toprağın C miktarı ve denitrifikasyonunun olabirliğini arttırdığından denitrifikasyon artmaktadır. Yüzey toprağına soya ve mısır atığı uygulanması, başlangıçta toprağın sulu ekstraktında C miktarının artmasına ve bu ekstraktın denitrifikasyonu artırma yeteneğinin fazlalaşmasına neden olmakta, ancak bu etki çok kısa ömürlü olduğu için

birkaç günlük inkübasyondan sonra tespit edilememektedir. Gözlem sonuçlarına göre bitki atıklarından oluşan suda çözünebilir karbon, üst toprakta çok çabuk parçalanmakta ve çok az miktarda C yıkanmayla kaybolmaktadır. Bu durumda denitrifikasyonun yavaş olmasının nedeni nitrat olmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar göstermiştir ki, tarımsal alanlardan kaynaklanan çevre ile ilgili problemler uluslararası boyuttadır. Üretime yardım etmesi için kullanılan N gübrelemesi yüzey ve içme sularındaki N miktarını artırmakta, bu yüzden su kaynaklarında ötrofikasyon meydana gelmektedir. Bu da insan sağlığında, özellikle küçük çocukların sağlığında önemli olup, hayvan bünyesinde de içme suyundan kaynaklanan nitrat birikimine neden olmaktadır. Bu nedenle denitrifikasyonla ilgili bilgilere şiddetle ihtiyaç vardır. Şu anda denitrifikasyon ve yüzey altı ile ilgili çok az veri bulunmaktadır ve bu konu ile ilgili birkaç çalışmada kısım kısım yayınlanmıştır. Örneğin Parkin ve Meisinger (1989), iyi drene edilmiş, organik maddesi düşük topraklarda 180 cm' nin altından aldıkları örneklerle denitrifikasyon kapasitesi çalışması yapmış ve 180 cm' nin altında önemli denitrifikasyon aktivitesi tespit edememişlerdir. Parkin ve Meisinger bu çalışmayla bitki kök bölgesinin altında denitrifikasyonun N kaybı için önemli bir mekanizma olmadığını bulmuşlardır. Buna karşın Trude ve ark. (1986), Parkin ve Meisinger' in çalıştığı toprakta yeterli organik C bulunduğunu; Francis ve ark. (1989), Nebraska sedimenlerinde yaptığı çalışmada topraktaki sınırlayıcı faktörün NO_3 olduğunu ve ek C uygulamasının denitrifikasyonu etkilemediğini bulmuşlardır. Ancak Lind ve Eiland (1989), Danimarka' da, glukoz formunda uyguladıkları karbonun denitrifikasyonu göze çarpan bir biçimde arttırdığını; Malhi ve ark. (1990) orta, Albert' da yaptığı çalışmada glukozun nitrat redüksiyonunu büyük oranda arttırdığını bulmuşlardır.

Nitratın denitrifikasyona uğraması ile ilgili Iowa' da yapılan çalışmalar Thompson ve ark. (1986), ve Yeomans ve ark. (1992) ile sınırlıdır. Thompson ve ark. (1986), Iowa' da Alüviyal aküferlerden farklı derinliklerde topladıkları örneklerdeki NO_3 konsantrasyonu ile ilgili çalışmışlardır. Çalışmalarda çok değişkenlik gösteren denitrifikasyonla toprağın üst katmanındaki C arasında bir ilişki olabileceğini söylemişlerdir. Ancak Iowa' da bu konuda onları destekleyen başka bir araştırma

yoktur. Yeomans ve ark. (1992), fazladan glukoz uygulamasının 4 Iowa toprağında, denitrifikasyonu büyük oranda arttırdığını bulmuşlardır ve Iowa üst toprağında denitrifikasyonu sınırlayıcı faktörlerin denitrifikant mikroorganizma sayısının azlığından kaynaklandığını, C azlığında da mikroorganizmaların mevcut karbonu kullanıp denitrifikasyon yapabileceğini bulmuşlardır.

Bütün dünyada $140-310 \times 10^6$ ton atmosfer azotu biyolojik yolla bağlanmaktadır. Buna ek olarak $60-80 \times 10^6$ ton azot endüstriyel yolla bağlanmaktadır. Biyomas olarak, humus yada kil minerallerince tutulan bu miktar azot ya geçici olarak depolanmakta ya da ondan sonraki zamanlarda mineralizasyona uğramaktadır ve NH_4^+ a (amonifikasyonla) dönüşmekte, amonyak olarak volatilize olmakta, nitride okside olmaktadır (nitrifikasyon). Sonuç olarak toprağa uygulanan azotun bir bölümü atmosfere NO , N_2O ve N_2 (denitrifikasyon) şeklinde geri dönmektedir. Bundan dolayı, birçok yolla tespit edilebilen bu denitrifikantların jeo-, hidro- ve atmosfer üzerinde çok güçlü etkileri vardır (ötrofikasyon regulasyonu, nitrat yıkanması ve bitkilerce nitrat yarayışlılığı, sera etkisi ve ozon tabakasında N_2O 'nun neden olduğu tahribat) (Ottow ve Benckiser, 1994).

Denitrifikasyon (nitrat solunumu) aerobik enerji kazanım prosesidir (ATP sentezlenmesi) ve su ile doymuş topraklarda genellikle sıradan heterotrofik bakteriler (kültür altına alınabilenlerin %1-10'u) tarafından gerçekleştirilmektedir. Suda ve aquatik ekosistemlerde denitrifikasyon solunumuyla birlikte veya alternatif olarak cereyan edebilir. Aerobik denitrifikasyon tekrar tekrar gündeme gelmesine ve tartışılmasına rağmen, denitrifikasyon prosesinin ekolojideki yeri göz önüne alındığında bu durum kolayca açıklanabilmektedir (Ottow ve Benckiser, 1994).

Oksijene alternatif olarak veya oksijenle birlikte nitrat kullanan mikroorganizmalar veya popülasyonlar, yoğun mineralizasyon sırasında mikro alanlarda meydana gelen, ihtiyaç duyulan elektron akseptör ihtiyacının karşılanamaması durumunda meydana gelir. Genellikle aerobik toprak koşullarında, oksijen kullanım miktarı oksijen kaynağından fazla olunca (düşük hava dolu gözenek ve yüksek su içeriği sonucu) mikroorganizmalar denitrifikasyon ve/veya nitrat amonifikasyonu yapmaya başlamaktadır. Yoğun denitrifikasyon için tam anlamıyla

anaerobik koşullar gerekli değildir. Çünkü nitrat kaynağı ve O₂ yokluğunda nitrifikasyonun yavaşlamasıyla nitrat hemen bitmektedir. Genel söyleyişle, topraktaki mikrobiyel aktiviteyi arttıran bütün işlemler (organik gübreleme, toprak işleme, gübreleme, sulama v.b.) özellikle artan sıcaklık (5-65 °C), toprak nemi (toprak çeşidine bağlıdır, Ca %20 ve daha yüksek) ve gübreleme yada nitrifikasyon yoluyla etkin nitrat yayınlılığı durumunda toprağın e⁻ akseptör ihtiyacını ve bunun sonucu olarak denitrifikasyonu artırır (Ottow ve Benckiser, 1994).

Otlak alanları oluşturulması ve organik madde ilavesi (bitkisel atık, kompost) genellikle mineralizasyonu ve nitrifikasyonu hızlandırmaktadır. Bunun sonucu olarak oksijen ihtiyacı çok fazla olabilmektedir. Geçici ve lokal denitrifikasyon, genellikle aerobik topraklarda bile artabilmektedir. Diğer taraftan geniş C:N aralığına sahip kompost veya bitki artıklarının azot immobilizasyonunu arttırdığı ve nitrat kaybını azalttığı bilinmektedir (Simarmata ve ark., 1991).

Schwarz ve ark. (1994), yaptıkları tarla denemesinde C₂H₂ inhibisyonu tekniği kullanılarak sıvı hayvan gübresi uygulanmış alanda (nitrifikasyon inhibitörü, dicynamid ve inhibitörsüz) denitrifikasyonla azot kaybını ölçmüşlerdir. Bu period esnasında 4 farklı parsel (4'er tekerrürlü) 6 defa inek - domuz gübresiyle veya NH₄NO₃ ile gübrenmiştir. Toprak örnekleri (0-20cm) düzenli olarak NO₃ ve NH₄ için analiz edilmiş, toprak su içeriği gravimetrik olarak saptanmıştır. Birinci yılda (1989) gübrenmemiş, mineral gübre ile gübrenmiş ve hayvan gübresi ile gübrenmiş alanda (dicydiamide uygulanmış ve uygulanmamış) denitrifikasyonla azot kaybı sırasıyla 0.2, 3.1, 0.7, ve 0.6 kg N/ha hesaplanmıştır. İkinci yılda ise denitrifikasyonla azot kaybı sırasıyla 0.4, 1.3, 0.7 ve 0.7 hesaplanmıştır. Toprak nemi veya toprağın nitrat içeriği ile denitrifikasyonla azot kaybı arasında açık bir ilişki olduğu görülmüştür.

Nitrifikasyon - denitrifikasyon prosesi topraklarda N₂O oluşumunu sonuçlamaktadır. Topraktan ve sudan N₂O üretiminin tam olarak belirlenmesi önemlidir. Çünkü nitroz oksit stratosferde ozon bozunumuna ve atmosferde sera etkisine neden olmaktadır. Aquatik ekosistemlerin N₂O üretimini arttırdığına ilişkin az miktarda bilgi vardır. Bu durum özellikle atık su temizleme sistemleri için önemlidir.

Elektron akseptör (O_2 , nitrat, nitrit) ihtiyacını önemli ölçüde arttıran pis su havzaları yoğun mineralizasyon, nitrifikasyon işlemleriyle tanımlanmaktadır. Sonuç olarak N_2O üretiminin, nitrifikasyon yapan mikroorganizmalarca yapılan denitrifikasyon sonucu gerçekleştiği söylenebilir (Sümer ve ark., 1994).

Denitrifikasyon (=nitrat/nitrit solunumu) başlıca, ATP' den oluşan enerji kazanım prosesidir ve bu aerobik bakterilerin geçici bir süre anaerobik koşullarda (suda ve toprakta, küçük birimlerde oluşan anaerobik koşullarda) meydana gelmektedir. Özellikle oksijenin azaldığı koşullarda (yoğun mineralizasyon) ve nispeten nitrit ve nitrat konsantrasyonunun yüksek olduğu durumlarda, hem nitrifikasyon yapanlar hem de heteretrofik mikroorganizmalar daha fazla miktarlarda N_2O meydana getirmektedirler. Özellikle endüstrileşen dünyada atık su arıtma alanları hızla genişlemektedir. Almanya' da yaklaşık 8800 temizleme alanı halihazırda kullanımdadır. Bu antropojenik aquatik ekosistemlerde hangi derecede ve hangi koşullarda N_2O oluştuğu sorusu doğmaktadır (Sümer ve ark., 1994)

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Deneme, Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Araştırma İstasyonunda Arık serisinde 1996 yılında yürütülmüştür. Denemede yeşil gübre bitkisi olarak iskenderiye üçgülü, bakla, fiğ+yulaf karışımı, fazelya ve kolza bitkileri kullanılmıştır.

3.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Arık serisi toprakları oldukça yaşlı aluviyal depozitler üzerinde oluşmuş Vertisol' lerdir. Düz veya düze yakın topoğrafyalarda yer alırlar. Derinlikleri fazladır. Bütün profilde yüksek oranda ince kil ihtiva ederler. Kireççe zengin bulunurlar. Renkleri koyu kahve ve koyu sarımsı kahvedir. Kurak yaz aylarında, solumun derinliklerine kadar inen dikey ve yatayla 60° lik açılar yapan, parlak sürtünme yüzeyli geniş çatlaklar ihtiva ederler (Özbek ve ark., 1974).

3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Çukurova Bölgesi yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Thorntwaite' ye göre bölge kurak, az nemli 3. derecede mesotermal, su fazlası çok ve kışın olan denizsel iklim tipine girmektedir (Toprak-Su, 1974).

Yağışın Adana' da yarıdan çoğu kışın, dörtte biri ilkbaharda düşer. Yazlar çok kurak olup toplam yağışın % 4.8' ini alır. Sonbaharda düşen yağış % 17.8' dir. Yıllık ortalama oransal nem % 66 ve yıllık ortalama yağış miktarı 647 mm civarındadır.

Çukurova Bölgesi, kuzeyde Toros dağları ile çevrili olduğu için normalden fazla sıcaktır. Yıllık ortalama atmosferik sıcaklık 18.7°C' dir. Bununla beraber ortalama en yüksek atmosferik sıcaklık 25.2°C, ortalama en düşük atmosferik sıcaklık 13.1°C' dir. Ortalama yüksek sıcaklık en üst değere Haziran, Temmuz, Ağustos ve

Eylül aylarında, ortalama en düşük sıcaklık ise Aralık, Ocak, Şubat ve Mart aylarında ulaşmaktadır.

3.1.3. Deneme Alanına Ait Toprakların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri ile Denemede Kullanılan Yeşil Gübre Bitkilerinin C, N ve C/N oranları

Deneme öncesi, toprakların bazı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla toprak örnekleri (0-30 cm derinlikten) alınmış ve bu örneklerde çeşitli rutin analizler yapılmıştır. Deneme topraklarına ait bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özellikleri

Organik madde (%)	1.37
pH (1:1 H ₂ O)	7.64
Total tuz (%)	0.086
Kireç (%)	59.7
Tekstür sınıfı	C
P ₂ O ₅ (kg / da)	7.85
KDK (me/100 g)	23.9
Total N (%)	0.126
NO ₃ -N (kg / da)	1.9
NH ₄ ⁺ -N (kg / da)	0.7
DHG Aktivitesi (µg TPF/10 g kt)	550
Sakkaraz sayısı mg. inv. şek./10 g kt)	4.0
CO ₂ üretimi (mg CO ₂ /24 h.100 g kt)	9.9

Çizelge 1' de görüldüğü gibi deneme alanı topraklarının organik madde içeriği zayıf (%1-2) düzeydedir (Özbek ve ark., 1993). Toprakların tuzluluk ve alkalilik sorunları bulunmamakta, pH değeri nötr ve tuz içeriği oldukça düşüktür. Kireç içeriği yüksek olup killi tekstüre sahiptir. Fosfor içeriği düşük bulunmuştur. Deneme öncesi toprakların ölçülen nitrat ve amonyum azotu miktarları oldukça düşük bulunmuştur. Mikrobiyolojik aktivite parametrelerinin (CO₂, DHA ve sakkaraz enzimi) ise yine düşük olduğu görülmektedir.

Denemede kullanılan yeşil gübre bitkilerinin C, N içerikleri ile C/N oranları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede Kullanılan Yeşil Gübre Bitkilerinin C, N içerikleri ve C/N oranları

	% C	% N	C/N
İskenderiye Üçgülü	43.04	1.54	27.9
Bakla	44.19	2.10	21.0
Fiğ + Yulaf	44.29	1.16	38.2
Fazelya	41.64	0.95	43.8
Kolza	42.83	1.33	32.2

Çizelgeden görüldüğü gibi denemede kullanılan yeşil gübre bitkilerinin C içerikleri arasında farklılık bulunmamaktadır, ancak farklı N içerikleri nedeniyle C/N oranları farklılık göstermektedir. C/N oranı bakla bitkisinde en düşük, fazelya bitkisinde en yüksek düzeydedir.

3.2. Metod

3.2.1. Deneme Planı

Toprak Bölümü Araştırma İstasyonunda tesadüf blokları deneme desenine göre hazırlanan 2.8 x 6 m boyutlarındaki parsellere 3'er paraleli olacak şekilde, ekimden önce her parselde 6 kg/da P gelecek şekilde TSP (triplesüperfosfat) ve 6 kg N gelecek şekilde (NH₄)₂SO₄ verilerek çeşitli baklagil yeşil gübre bitkilerinin (bakla, iskenderiye üçgülü, fiğ+yulaf, kolza ve fazelya) ekimi yapılmış, yeşil gübrelemeden sonra ise ana kültür bitkisi olarak aynı parsellere mısır ekilmiştir (17.11.1995).

3.2.2. Denemenin Kurulması, Bakımı ve Ölçümler

Yeşil gübre bitkileri çiçeklenme döneminde (08.05.1996) hasat edilerek toprağa karıştırılmıştır. Karıştırma işleminden bir süre sonra (10.06.1996) Mısır ekimi

yapılmıştır. Mısır ekimi öncesi (01.06.1996) tüm parsellere 8 kg/da N gelecek şekilde 20-20 kompoze gübre verilmiştir. Daha sonra, (08.07.1996) 10 kg/da N gelecek şekilde üre verilerek üst gübreleme yapılmıştır. Mısır bitkisi, değişik zamanlarda (10.06, 15.06, 25.06, 09.07, 24.07, 01.08, 16.08, 29.08.1996; ilk ikisi yağmurlama, diğerleri salma sulama şeklinde) sulanmıştır. Yeşil gübre uygulamasından itibaren, toprakta N mineralizasyonunun ve toprağın bazı mikrobiyolojik özelliklerinin araştırılması amacıyla belirli dönemlerde (10-15 günde), 0-20, 20-40, 40-60 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır.

Yeşil gübre uygulamasından sonra, mısır ekiminden itibaren mısır hasadına kadar olan dönemde her varyanttan toprak örnekleri (10-15 günde bir) alındı ve bu örneklerde nitrat, nitrit, amonyum analizleri, CO₂ ve dehidrogenaz enzim aktivitesi analizleri yapıldı. Bu analizlerden nitrat; Na-salicylat (Fabig ve ark., 1978), nitrit; Naphtylamin (Nicholas ve Nason, 1957), amonyum; Na-nitroprussid (Deutsche Einheitsverfahren, 1983), CO₂; Isermeyer (1952) ve dehidrogenaz; Thalmann (1967) yöntemine göre analiz edildi. Yine bahsedilen toprak örnekleme sırasında her varyanttan denitrifikasyon yoluyla kaybolan azot kaybını belirlemek amacıyla Bölüm 3.2.3.' de detaylı olarak anlatılan "Asetilen İnhibisyon Yöntemi" ile gaz örnekleri alındı ve bu gaz örnekleri laboratuvarında G.C. kullanılarak ölçüldü (Benckiser, 1996). Böylece topraktan denitrifikasyon yoluyla kaybolan azot miktarı bulunarak yılda hektara verilen azotlu gübrelerin ne kadarının denitrifikasyon yoluyla kaybolduğu hesaplandı.

3.2.3. Asetilen İnhibisyon Tekniği İle Arazide Gaz Ölçümleri

Bu çalışmada kullanılan yöntemin adı Asetilen İnhibisyon Yöntemi olup, yöntemin esası, toprakta denitrifikasyon olayı süregelirken N₂O' nun N₂' ye dönüştüğü basamağın asetilen gazı tarafından kesilmesi ve N₂O' nun bloke edilmesi, biriktirilmesi ve N₂O miktarının tespit edilmesidir. Toprakta %0.2 ile %1 konsantrasyonda asetilen gazı bulunduğu zaman mikroorganizmalardaki N₂O redüksiyonu tamamen inhibe edilir. Bu amaçla parsellere 50x10 cm boyutundaki çelik

kasalar, toprağın içerisine 5 cm girecek şekilde yerleştirildi. Bu kasanın dört bir tarafına (5 cm uzaklığına) asetilen kaynağı olarak kullanılan CaC_2 + vaselin + parafin karışımı (küre haline getirilerek) 20 cm derinliğe gömüldü. Bu granüle kimyasal, toprak nemi ile reaksiyona girerek asetilene dönüşecektir. Granülleri koyduktan 14 saat sonra kasaların açık olan deliklerinden birine (hava çekmek için) sırasıyla; hava nemini tutmak için silikajel, CO_2 'i tutmak için soda, N_2O ' u tutmak için moleküler tutucu, akım ölçer ve vakum pompası bağlandı. Saatte 20 lt hızla çelik kasa içerisinde biriktirilen hava 5 saat boyunca çekilerek, 5 saat sonunda düzenekten çekilen hava içerisinden moleküler tutucular vasıtasıyla tutulan N_2O laboratuvarında G.C. (Gaz Kromatografisi) kullanılarak ölçüldü. Buradan ng olarak tesbit edilen değerler kg N- N_2O /ha.yıl çevrilerek yılda 1ha alandan kg olarak kaybolan azot miktarı bulundu. Ayrıca toprakta değişik dönemlerde yapılacak mineral azot (N_{min}) analizi sonucu baklagiller aracılığıyla toprağa bağlanan azot miktarı tesbit edildi ve ana kültür bitkisi olarak ekilen mısır bitkisi gübrelemesinde baklagil yeşil gübre bitkileri ile toprağa kazandırılan azotun ne denli etkili olduğu, diğer deyişle mısıra yapılacak azotlu gübreden ne kadar tasarruf edilebileceği ortaya konuldu.

3.2.4. Deneme Öncesi ve Sonrası Yapılan Bitki ve Toprak Analizleri

3.2.4.1. Bitkisel Analizler

Çiçeklenme döneminde hasat edilerek toprağa karıştırılan yeşil gübre bitkilerinden alınan köküstü aksamalarda aşağıdaki analizler yapılmıştır.

Total Karbon Tayini

Bitkilerin köküstü aksamlarındaki karbon miktarını belirlemek amacıyla alınan bitki örneklerinde modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemine göre karbon tayini yapılmıştır. (Schlichting ve Blume, 1966).

Total Azot Tayini

Bitkilerin köküstü aksamlarındaki azot kapsamını belirlemek için, alınan bitki örneklerinde Kjeldahl yöntemine göre total N analizi yapılmıştır (Bremner, 1965).

3.2.4.2. Toprak Analizleri

Deneme öncesi, deneme alanlarından alınan toprak örneklerinde (0-30 cm derinlikten) bazı rutin analizler ile deneme boyunca, mısır hasatına kadar her parselden alınan toprak örneklerinde bazı mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Toprak örneklerinde yapılan analizler aşağıda verilmiştir.

Tekstür

Toprakların bünye analizleri, Bouyoucos (1951) tarafından esasları verilen, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır.

Kireç

Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Çağlar, 1949).

Organik Madde

Modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemine göre yapılmıştır (Schlichting ve Blume, 1966).

Total Tuz

Örneklerin doygunluk çamurları hazırlanarak toprak suyu ekstraksiyonları vakum yoluyla çıkarılmış ve bu ekstraktlarda total tuz Wheatstone köprüsü yöntemi ile saptanmıştır (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Toprak Reaksiyonu (pH)

Cam elektrodlu Beckman pH metresiyle ölçülmüştür (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Yararlı Fosfor

Olsen (1954)' in tanımladığı yöntemle göre bulunmuştur. Ekstrakta oluşan renk Kaya (1982)' nin tanımladığı şekilde giderildikten sonra fosfor kolorimetrik olarak Murphy ve Riley (1962)' in yöntemiyle belirlenmiştir.

CO₂ Üretimi

Mikroorganizmaların CO₂ üretimlerinin belirlenmesi, pratik olması nedeniyle Isermeyer (1952) yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemin esası topraktan çıkan CO₂' in Ba(OH)₂ tarafından tutularak BaCO₃ oluşturulması ve kullanılmayan bazın HCl ile geri titre edilmesi esasına dayanır.

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Tayini

Mikroorganizma ile temas eden çözülmüş TTC (triphenyltetrazolium chlorür) hücre içine girmekte, canlı mikroorganizma içinde bulunan ve solunumda görev yapan dehidrogenaz grubu enzimler kolay parçalanarak karbohidratların hidrojenini TTC' ye taşımakta, bunun sonucu olarak kırmızı renkli TPF (triphenyl formazan) oluşmaktadır. Mikroorganizma içinde çoğalan TPF' nin kristalleşmesi sonucu hücre patlamakta ve toprak çözeltisine geçmektedir. Meydana gelen TPF' nin renk intensitesi fotometrede 546 nm dalga boyunda okunmaktadır (Thalman, 1967).

Mineral Azot (N_{min})

Toprakların mineral azot içeriğini bulmak için 2 mm' den geçirilmiş örneklerde nitrat, nitrit ve amonyum tayinleri yapılmıştır. Nitrat; Na-salicylat (Fabig ve ark., 1978), Nitrit; Naphtylamin (Nicholas ve Nason, 1957), Amonyum; Na-nitroprussid (Deutsche Einheitsverfahren, 1983) yöntemine göre analiz edilmiştir. Topraklarda zamanın fonksiyonu olarak oluşan mineral azot içeriğinin belirlenmesi için ise, hasattan sonra değişik dönemlerde alınan toprak örneklerinde yine nitrat, nitrit ve amonyum analizleri yapılmıştır.

3.2.5. İstatistiki Değerlendirme

Bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulan denemelerde istatistiksel değerlendirmeler Bek (1983)' e göre MSTATC paket programı yardımıyla yapılmış ve Duncan testi uygulanarak gruplandırılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Toprakta Denitrifikasyon Kaybına Etkisi

Çeşitli yeşil gübre bitkisi uygulamalarının denitrifikasyonla azot kaybına etkisine ilişkin değerler Çizelge 3' te ve bu değerlerin zamana bağlı olarak akışı da Şekil 1' de verilmiştir.

Çizelge 3 ve Şekil 1' den görüldüğü üzere, denitrifikasyonla azot kaybı ilk ölçüm dönemlerinde 64. güne kadar, uygulamalara göre değişmekle beraber yüksek bulunmuş, bunu izleyen dönemlerde ise azalma göstermiştir. Denitrifikasyonla azot kaybının ilk dönemlerde yüksek bulunması gübrelemeden kaynaklanmaktadır. Ancak hangi uygulamanın denitrifikasyonu daha fazla yada daha az etkilediğini söylemek zordur. Uygulamalar arasındaki farklar zamana ve uygulamaya göre değişmekle beraber, denitrifikasyonla azot kaybı değerleri tüm ölçüm dönemleri boyunca 0 ile 79.9 kg N₂O-N/ha.yıl arasında değişmiştir. Yine Çizelge 3 incelendiğinde, zamana bağlı olarak denitrifikasyonla azot kaybının 1.5 ile 50.2 kg N₂O-N/ha.yıl arasında değiştiği ve yıllık değerler itibariyle ise, denitrifikasyonla azot kaybının 7.7 ile 14.4 kg N₂O-N/ha.yıl arasında değiştiği görülmüştür.

Denitrifikasyon ölçüm dönemlerine ilişkin topraktaki nitrat azotu değerleri (0-60 cm derinlikte) ve N₂O-N kaybı değerleri Çizelge 4' de ve bu değerlerin zamana bağlı olarak akışı ise Şekil 2' de verilmiştir.

Yine tüm ölçüm dönemleri boyunca ölçülen ortalama nitrat azotu (0-60 cm) içeriğine bağlı olarak N₂O-N kaybı değerleri Çizelge 5 ve Şekil 3' te, bir vegetasyon dönemi boyunca mısıra verilen toplam N (N_g = yeşil gübre bitkisi N'u + gübre N' u) miktarına bağlı olarak N₂O-N kaybı değerleri Çizelge 6 ve Şekil 4' de ve verilen toplam C miktarına bağlı olarak N₂O-N kaybı değerleri ise Çizelge 7 ve Şekil 5' de verilmiştir.

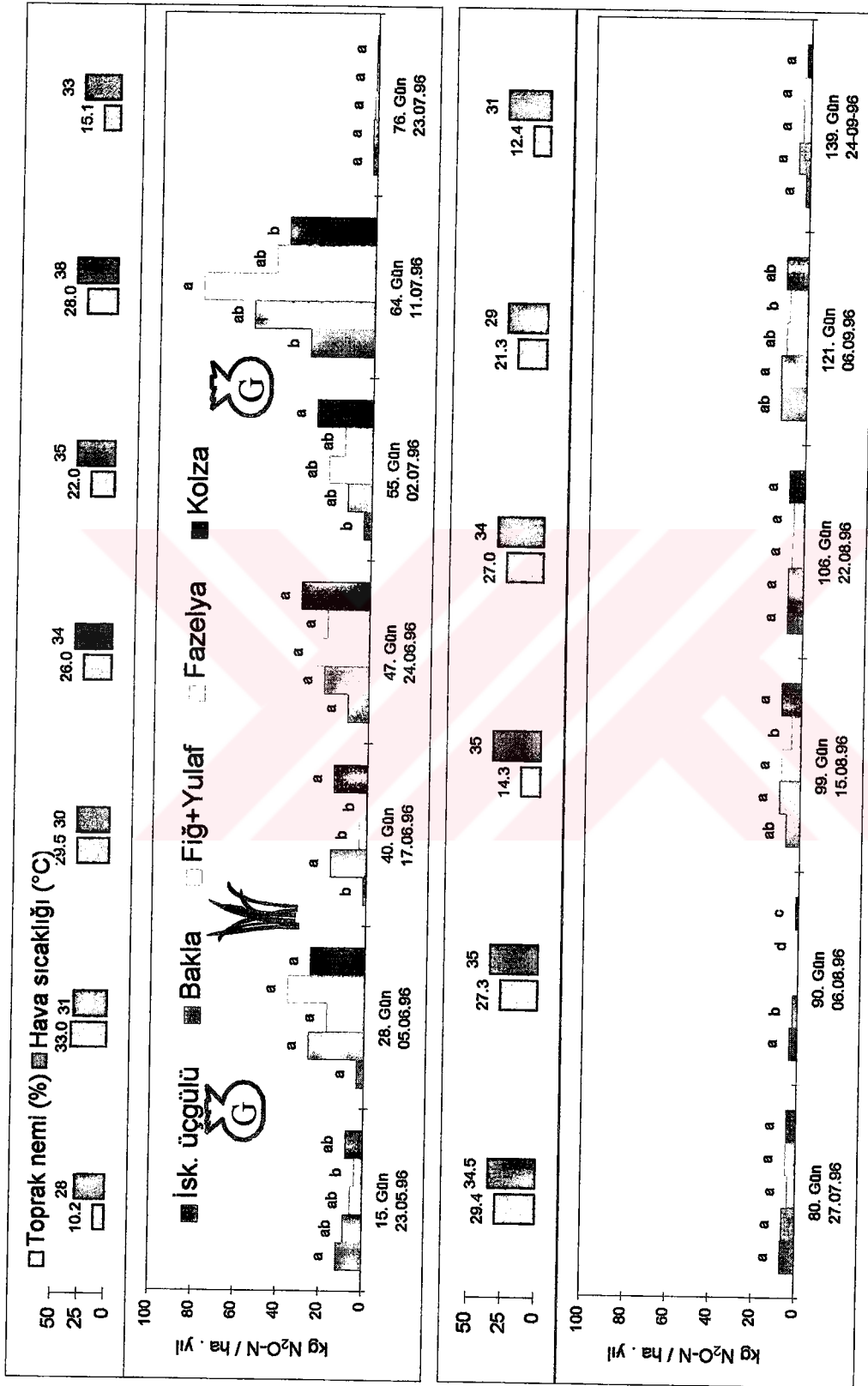
Çizelge 3. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Toprakta Denitrifikasyonla N kaybına Etkisi (kg N₂O-N / ha.yıl)

İsk. Üçgülü	23.05.96 15. Gün		05.06.96 28. Gün		17.06.96 40. Gün		24.06.96 47. Gün		02.07.96 55. Gün		11.07.96 64. Gün		23.07.96 76. Gün	
	12.0 A*	10.0 B	3.5 A	1.6 B	17.0 A	3.8 B	9.7 A	20.9 A	3.7 B	29.6 B	2.0 A	55.9 AB	79.9 A	45.9 AB
Bakla	9.0 AB	5.9 AB	17.8 A	17.0 A	3.8 B	25.5 A	20.9 A	11.2 AB	20.2 AB	2.4 A	79.9 A	1.9 A	1.2 A	
Fığ+Yulaf	4.1 B	8.1 AB	36.0 A	0.5 B	15.5 A	19.7 A	19.7 A	13.0 AB	13.0 AB	39.9 B	0.7 A	0.7 A	0.7 A	
Fazelya	7.8 CD	7.8 CD	21.7 B	7.7 CD	21.5 B	21.5 B	21.5 B	14.8 BC	14.8 BC	50.2 A	1.6 D	1.6 D	1.6 D	
Kolza	10.2	28	33.0	29.5	30	34	26.0	22.0	22.0	28.0	15.1	15.1	15.1	
Ortalama			31	30	34	35	35	35	35	38	33	33	33	
Toprak nemi (%)														
Hava sıcaklığı (°C)														

İsk. Üçgülü	27.07.96 80. Gün		06.08.96 90. Gün		15.08.96 99. Gün		22.08.96 106. Gün		06.09.96 121. Gün		24-09-96 139. Gün		Ortalama	
	6.6 A	6.1 A	3.6 A	6.4 AB	7.1 A	7.1 A	7.1 A	11.8 AB	12.0 A	2.1 A	5.3 A	3.6 A	3.9 A	2.0 A
Bakla	3.8 A	4.9 A	2.3 B	9.8 A	5.7 A	5.2 A	5.2 A	9.7 AB	8.5 B	3.6 A	3.9 A	2.0 A	2.0 A	7.7 B
Fığ+Yulaf	4.3 A	5.1 CD	1.3 C	9.3 A	7.2 A	6.5 CD	6.5 CD	10.4 CD	10.4 CD	3.4 CD	3.4 CD	3.4 CD	3.4 CD	14.2 A
Fazelya	5.1 CD	5.1 CD	1.5 D	7.8 CD	7.8 CD	7.8 CD	7.8 CD	9.9 AB	9.9 AB	2.0 A	2.0 A	2.0 A	2.0 A	14.4 A
Kolza	29.4	34.5	27.3	14.3	35	27.0	21.3	21.3	21.3	12.4	12.4	12.4	12.4	11.3 AB
Ortalama			35	35	34	29	29	29	29	31	31	31	31	13.9 A
Toprak nemi (%)														
Hava sıcaklığı (°C)														

* İstatistik analizlerde ölçüm günleri kendi içerisinde değerlendirilmiştir (p=0.05).

** İstatistik analizlerde varyantlar kendi içerisinde değerlendirilmiştir (p=0.05).

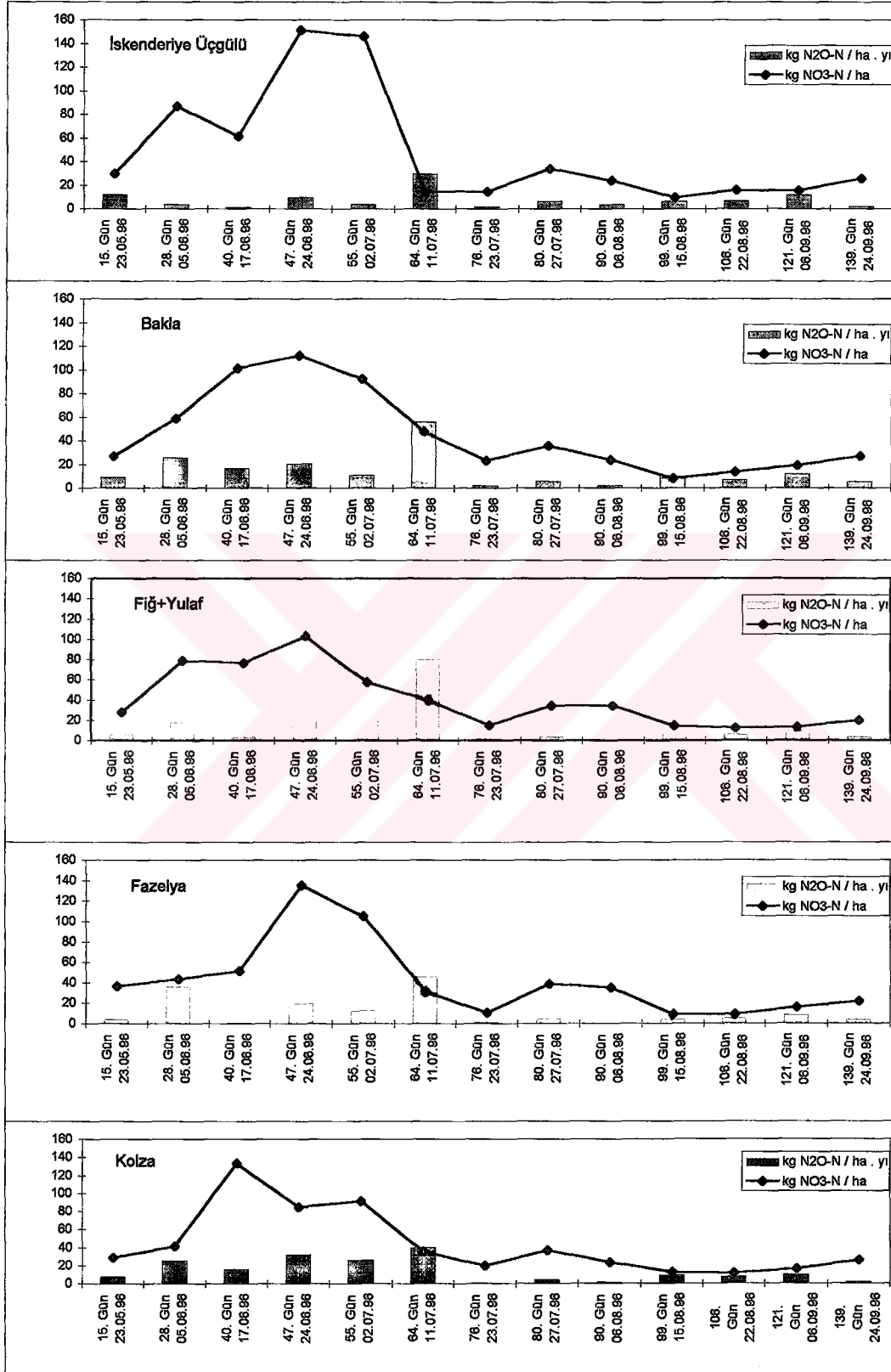


Şekil 1. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Toprakta Denitrifikasyona Etkisi

Çizelge 4. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Denitrifikasyona ve Toprağın Nitrat İçeriğine Etkisi

İskenderiye Üçgülü	N ₂ O-N *	NO ₃ -N **	23.05.96	05.06.96	17.06.96	24.06.96	02.07.96	11.07.96	23.07.96	27.07.96	06.08.96	15.08.96	22.08.96	06.09.96	24.09.96	Ortalama
			15. Gün	28. Gün	40. Gün	47. Gün	55. Gün	64. Gün	76. Gün	80. Gün	90. Gün	99. Gün	106. Gün	121. Gün	139. Gün	
Bakla	N ₂ O-N	NO ₃ -N	11.97	3.46	1.59	9.65	3.71	29.59	2.04	6.56	3.61	6.42	7.12	11.77	2.11	7.66
	N ₂ O-N	NO ₃ -N	30.00	87.00	61.60	151.40	146.30	14.70	14.80	33.90	24.00	9.80	16.00	15.60	25.70	48.52
Fığ+	N ₂ O-N	NO ₃ -N	9.03	25.84	16.97	20.87	11.19	55.91	2.35	6.10	2.34	9.83	7.09	12.01	5.32	14.22
	N ₂ O-N	NO ₃ -N	27.10	58.80	101.70	112.20	92.20	47.90	23.60	35.80	24.00	8.10	13.90	19.20	27.10	45.51
Yulaf	N ₂ O-N	NO ₃ -N	5.88	17.81	3.80	25.51	20.22	79.89	1.85	3.80	0.00	8.99	5.72	9.72	3.55	14.36
	N ₂ O-N	NO ₃ -N	27.90	78.90	76.90	103.20	57.30	39.90	15.10	34.20	34.10	14.60	12.50	13.50	20.10	40.63
Fazelya	N ₂ O-N	NO ₃ -N	4.13	35.95	0.48	19.66	12.99	45.94	1.24	4.94	0.07	4.49	5.24	8.50	3.87	11.35
	N ₂ O-N	NO ₃ -N	36.60	43.40	51.50	135.30	105.10	31.60	10.60	38.70	34.90	9.30	9.10	16.00	22.00	41.85
Kolza	N ₂ O-N	NO ₃ -N	8.12	25.40	15.52	31.80	25.85	39.87	0.65	4.25	1.26	9.26	7.16	9.87	1.99	13.92
	N ₂ O-N	NO ₃ -N	28.90	41.70	133.70	84.70	91.30	35.50	19.90	36.40	23.40	12.80	11.40	16.20	25.70	43.20

* Değerler : kg N₂O-N / ha.yıl** Değerler : kg NO₃-N / ha



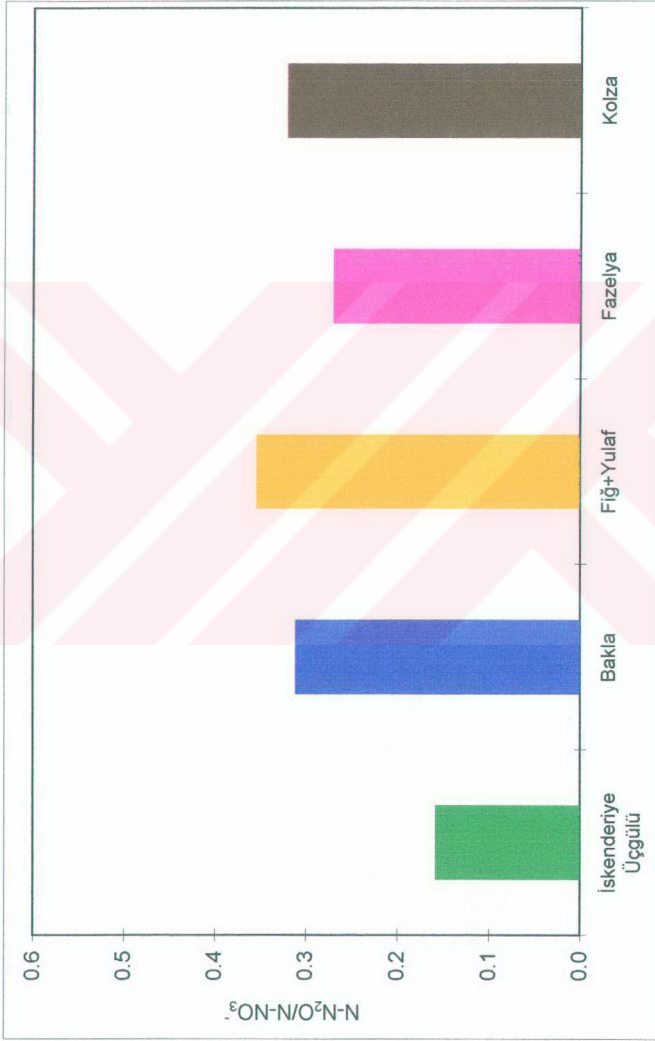
Şekil 2. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Tarla Koşullarında Denitrifikasyona Etkisi ve Toprağın Nitrat İçeriği

Çizelge 5. Yeşil Gübrelemeyi İzleyen Mısırdaki Toprakta Ortalama $N-NO_3^-$ (0-40 cm, kg/ha), $N-N_2O$ (kg/ha) Değerleri ve Denitrifikasyonla Kaybolan Azotun Toprağın Nitrat Azotu İçeriğine Oranı

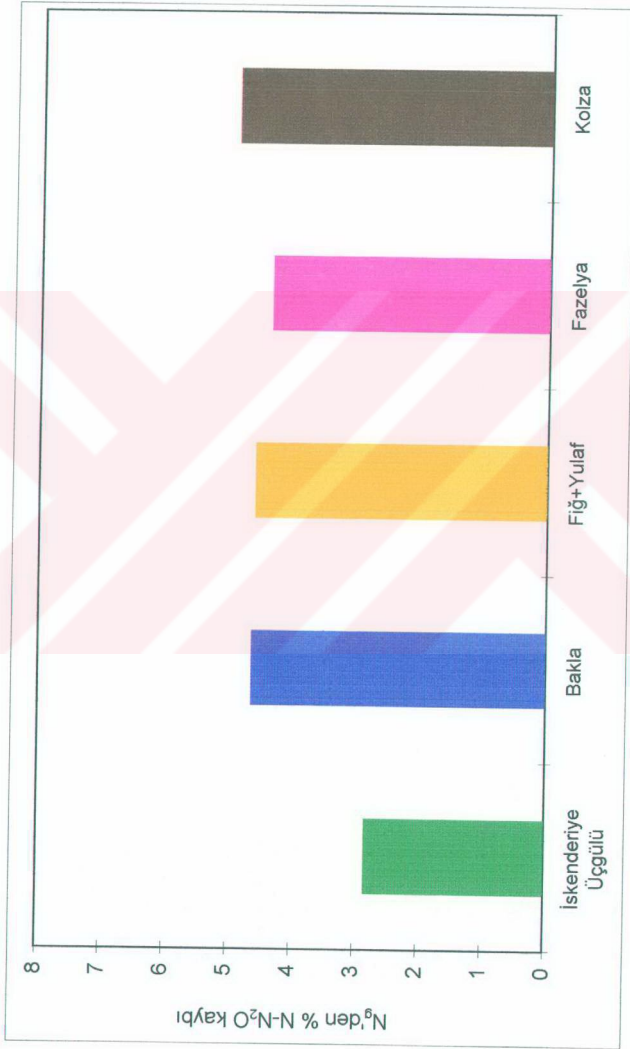
	N- NO_3^- Ortalama (kg N- NO_3^- / ha)	N- N_2O Ortalama (kg N- N_2O / ha)	N- N_2O /N- NO_3^-
İskenderiye Üçgülü	48.50	7.70	0.16
Bakla	45.50	14.20	0.31
Fiğ+Yulaf	40.60	14.40	0.35
Fazelya	41.80	11.30	0.27
Kolza	43.20	13.90	0.32

Çizelge 6. Yeşil Gübrelemeyi İzleyen Mısırdaki Toprağa Verilen Toplam N Miktarı, Denitrifikasyon Kaybı ve denitrifikasyonla kaybolan azotun deneme boyunca verilen toplam azota (N_g =Yeşil Gübre N'i+Gübre N'i) Oranı

	Verilen Toplam azot N_g (kg/ha)	N- N_2O Ortalama (kg N- N_2O / ha)	Ng'den % N- N_2O kayıbı
İskenderiye Üçgülü	271.1	7.7	2.8
Bakla	306.1	14.2	4.6
Fiğ+Yulaf	313.2	14.4	4.6
Fazelya	259.0	11.3	4.4
Kolza	282.9	13.9	4.9



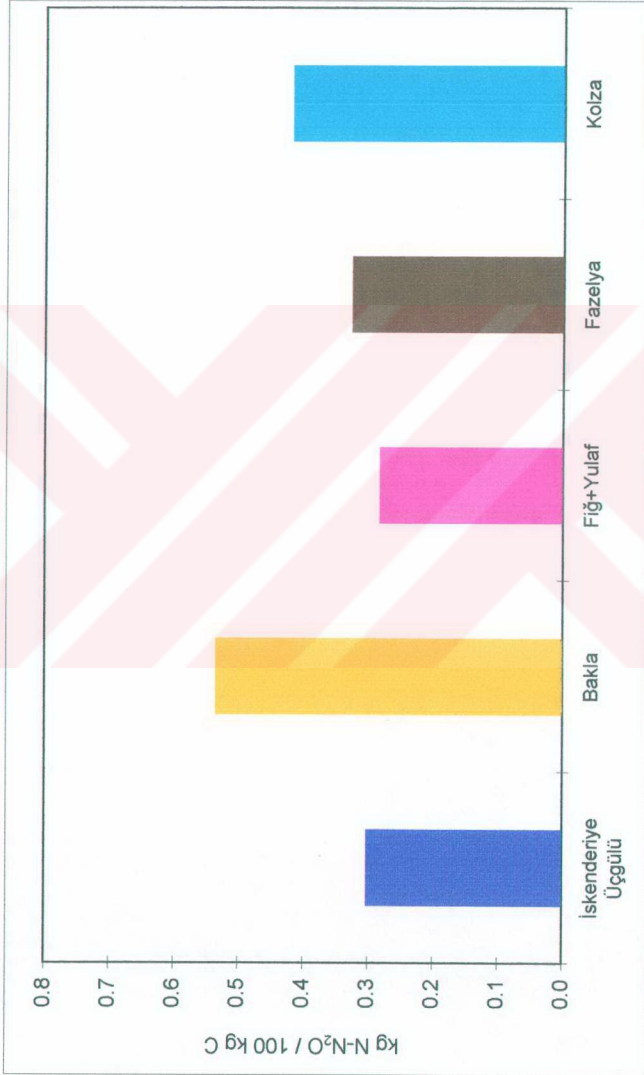
Şekil 3. Yeşil Gübrelemeyi İzleyen Mısırdaki Ortalama Değerler İtibariyle Denitrifikasyonla Kaybolan Azotun Toprağın Nitrat Azotu İçeriğine Oranı



Şekil 4. Yeşil Gübrelemeyi İzleyen Mısırdaki Ortalama Değerler İtibariyle Denitrifikasyonla Kaybolan Azottun Verilen Toplam Azota (N_g) Oranı

Çizelge 7. Yeşil Gübrelemeyi İzleyen Mısırdaki Toprağa İlavene Edilen C Miktarı, Toprakta N-N₂O Kaybı ve 100 kg C Başına N-N₂O Kaybı Değerleri

	Verilen Karbon (kg C / ha)	N-N ₂ O Ortalama (kg N-N ₂ O/ ha)	100 kg C başına N-N ₂ O kaybı (kg/ha)
İskenderiye Üçgüğü	2546	7.70	0.30
Bakla	2654	14.20	0.54
Fiğ+Yulaf	5087	14.40	0.28
Fazelya	3461	11.30	0.33
Kolza	3315	13.90	0.42



Şekil 5. Yeşil Gübrelemeyi İzleyen Mısırdan Yeşil Gübreleme ile Toprağa İlave Edilen 100 kg C Başına N-N₂O Kaybı Değerleri

Çizelge 5' den görüldüğü üzere, yıllık ortalamalar itibariyle en fazla nitrat azotu iskenderiye üçgülü uygulamasından elde edilirken, en az denitrifikasyon kaybı yine iskenderiye üçgülü uygulamasından elde edilmiştir. Genel ortalamalar itibariyle, toprağın nitrat içeriği ile denitrifikasyonla azot kaybı arasında ters bir ilişki bulunmuştur. Denitrifikasyonla kaybolan azotun toprağın nitrat içeriğine oranı ise en fazla fiğ + yulaf uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 3).

Çizelge 6' dan görüleceği üzere, toplam azot (Ng) miktarları yönünden en fazla azot kolza uygulamasında iken, en fazla denitrifikasyonla azot kaybı fiğ+yulaf uygulamasında bulunmuştur. Ayrıca verilen toplam azot miktarları ile N_2O-N kaybı arasında paralellik bulunmamıştır.

Çizelge 7' den görüldüğü üzere, toprağa verilen karbon miktarına bağlı olarak denitrifikasyonla N_2O-N kaybı ve birim karbon başına N_2O-N kaybı arasında ters bir ilişki bulunmuştur.

4.2. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Toprağın Nitrat, Nitrit ve Amonyum Azotu İçeriğine Etkisi

Çeşitli yeşil gübre bitkilerinin toprağın nitrat ve amonyum içeriğine (0-60 cm derinlikte) etkisine ilişkin değerler sırasıyla Çizelge 8 ve 9' da, bu değerlerin zamana bağlı olarak akışı ise Şekil 6 ve 7' de gösterilmiştir.

Çizelge 8 ve 9' daki değerler incelendiğinde özellikle örnekleme 28. ve 66. günleri arasında topraktaki mineral azotun önemli bölümünün nitrat azotundan oluştuğu görülmektedir. Ayrıca örnekleme 28. ve 66. günleri arasında topraktaki nitrat azotunun oldukça yüksek olduğu (41.7-151.4 kg/ha) ve izleyen dönemlerde ise zamana bağlı olarak belirgin bir azalma gösterdiği de görülmektedir. Çizelge 8 ve 9' daki değerler incelendiğinde, zamana bağlı olarak toprağın nitrat azotu içeriği 12.5 ile 106.6 kg/ha arasında değişme gösterirken, amonyum azotu ise 11.0 ile 45.3 kg/ha arasında değişmiştir. Yıllık değerler ortalaması itibariyle ise, uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 8. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Eklili Alanda Topraktaki Nitrat Azotu Değerleri (0-60 cm)

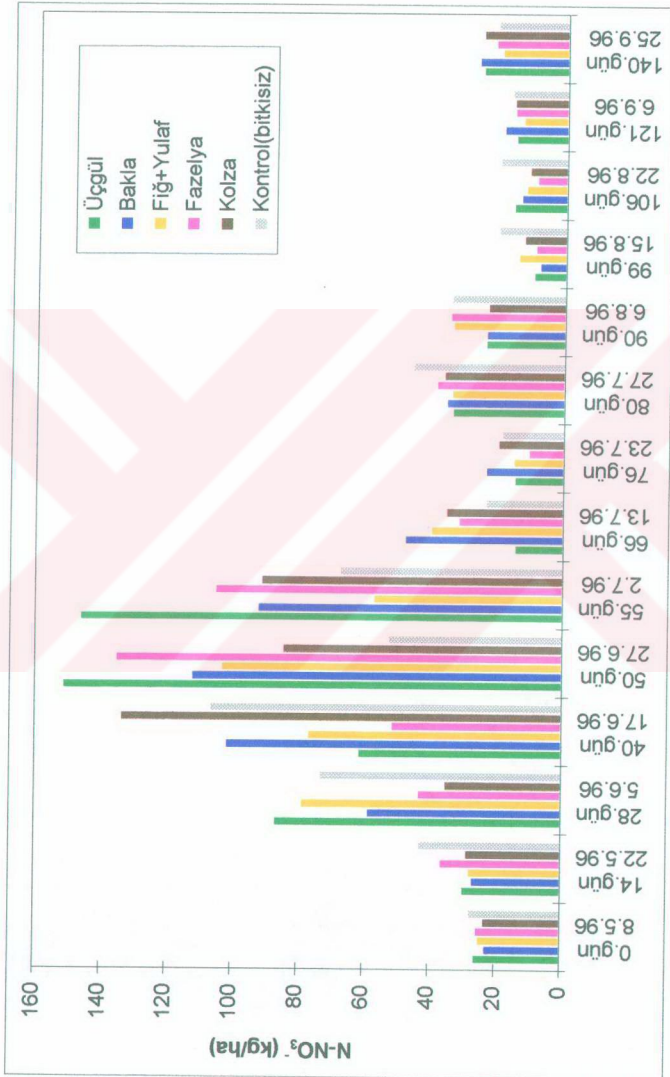
Varyant Adı	NO ₃ -N (kg/ha)								
	8.5.96 0.gün	22.5.96 14.gün	5.6.96 28.gün	17.6.96 40.gün	27.6.96 50.gün	2.7.96 55.gün	13.7.96 66.gün	23.7.96 76.gün	
Üğgül	26.3	30.0 A*	d**	87.0 A b	61.6 BC bc	151.4 A a	146.3 A a	14.7 A d	14.8 A d
Bakla	23.1	27.1 A b-d		58.8 A-C b	101.7 AB a	112.2 B a	92.2 BC a	47.9 A bc	23.6 A cd
Fiğ+Yulaf	25.0	27.9 A d-f		78.9 AB b	76.9 BC b	103.2 B a	57.3 C c	39.9 A cd	15.1 A ef
Fazelya	25.6	36.6 A c-e		43.4 BC c	51.5 C c	135.3 AB a	105.1 AB b	31.6 A c-e	10.6 A e
Kolza	23.4	28.9 A c		41.7 C c	133.7 A a	84.7 BC b	91.3 BC b	35.5 A c	19.9 A c
Kontrol (bitkısiz)	27.8	43.1 A		73.3 A-C	106.7 AB	52.7 C	67.5 BC	23.5 A	18.9 A
Ortalama***		32.3 d		63.8 c	88.7 b	106.6 a	93.3 b	32.2 d	17.1 e

Varyant Adı	22.8.96				6.9.96		25.9.96		Ortalama***
	27.7.96 80.gün	6.8.96 90.gün	15.8.96 99.gün	22.8.96 106.gün	121.gün	140.gün	25.7 A d	48.5 A	
Üğgül	33.9 A cd	24.0 C d	9.8 B d	16.0 AB d	15.6 A d	25.7 A d	48.5 A	48.5 A	
Bakla	35.8 A b-d	24.0 BC cd	8.1 B d	13.9 AB cd	19.2 A cd	27.1 A cd	45.5 A	45.5 A	
Fiğ+Yulaf	34.2 A de	34.1 AB de	14.6 AB ef	12.5 B ef	13.5 A ef	20.1 A f	40.6 A	40.6 A	
Fazelya	38.7 A cd	34.9 A c-e	9.3 B e	9.1 B e	16.0 A de	22.0 A de	41.8 A	41.8 A	
Kolza	36.4 A c	23.4 C c	12.8 B c	11.4 B c	16.2 A c	25.7 A c	43.2 A	43.2 A	
Kontrol (bitkısiz)	46.0 A	34.8 A	20.5 A	20.3 A	17.1 A	21.4 A	42.0 A	42.0 A	
Ortalama***	37.5 d	29.2 d	12.5 e	13.9 e	16.3 e	23.7 e	42.0 A	42.0 A	

*Büyük harf, varyantların kendi içerisindeki istatistiksel farkı,

**Küçük harf, ölçüm günleri arasındaki istatistiksel farkı vermektedir.

*** Ortalamalara başlangıç (0.gün) değerleri alınmamıştır.



Şekil 6. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Nitrat Azotu İçerikleri

Çizelge 9. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Amonyum Azotu Değerleri (0-60 cm)

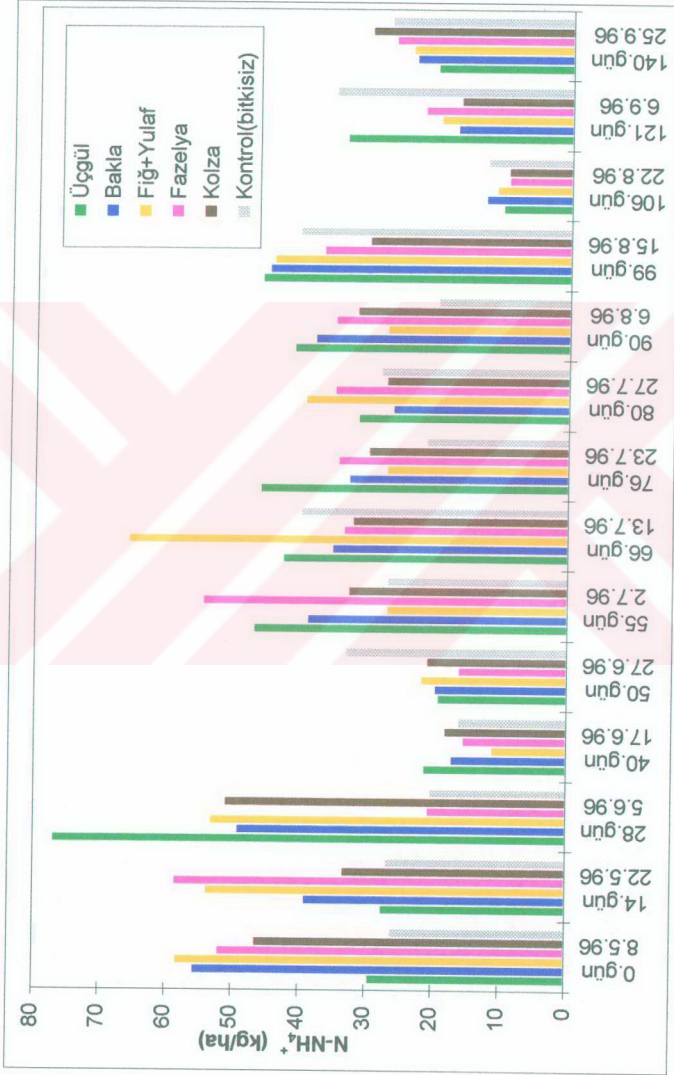
Varyant Adı	NH ₄ -N (kg/ha)														
	8.5.96 0.gün	22.5.96 14.gün	5.6.96 28.gün	17.6.96 40.gün	27.6.96 50.gün	2.7.96 55.gün	13.7.96 66.gün	23.7.96 76.gün							
Üçgül	29.5	27.7 A*	b-e**	77.1 A	a	21.4 A	c-e	19.4 B	c-e	47.0 AB	b	42.7 AE	bc	46.2 A	b
Bakla	55.8	39.2 A	ab	49.3 A	a	17.3 A	a	19.8 B	c-e	39.0 AB	ab	35.3 B	a-c	32.8 B	a-d
Fiğ+Yulaf	58.4	54.0 A	ab	53.3 A	ab	11.2 B	d	21.9 B	cd	27.1 B	b-d	65.8 A	a	27.2 BC	b-d
Fazelya	52.1	58.7 A	a	20.7 B	bc	15.5 AB	bc	16.2 B	bc	54.6 A	a	33.5 B	a-c	34.5 B	a-c
Kolza	46.7	33.5 A	b	51.1 A	a	18.3 A	c-e	21.0 B	b-e	32.8 AB	b	32.2 B	b	30.0 B	bc
Kontrol (biksisiz)	26.2	27.0 A		20.5 B		16.2 AB		33.1 A		27.1 B		40.1 AB		21.4 C	
Ortalama***		40.0 a		45.3 a		16.6 cd		21.9 c		37.9 ab		41.6 a		32.0 b	

Varyant Adı	NH ₄ -N (kg/ha)						Ortalama***						
	27.7.96 80.gün	6.8.96 90.gün	15.8.96 99.gün	22.8.96 106.gün	6.9.96 121.gün	25.9.96 140.gün							
Üçgül	31.6 A	b-e	41.3 A	b-d	46.2 A	b	10.3 A	e	33.7 A	b-e	20.3 A	de	35.8 A
Bakla	26.4 A	b-e	36.2 AB	ab	45.1 AB	a	12.9 A	e	17.2 A	de	23.5 A	e	30.5 AB
Fiğ+Yulaf	39.5 A	a-d	27.4 BC	b-d	44.5 AB	a-c	11.3 A	d	19.7 A	cd	24.0 A	d	32.8 AB
Fazelya	35.1 A	a-c	35.1 AB	a-c	37.1 AB	ab	9.5 A	c	22.1 A	bc	26.6 A	bc	30.7 AB
Kolza	27.4 A	b-d	31.9 AB	b	30.2 B	bc	9.6 A	e	16.8 A	de	30.2 A	de	28.1 B
Kontrol (biksisiz)	28.2 A		19.8 C		40.7 AB		12.7 A		35.5 A		27.2 A		26.9 B
Ortalama***	31.4 b		32.3 b		40.6 a		11.0 d		24.2 c		25.3 cd		

*Büyük harf, varyantların kendi içerisindeki istatistiksel farkı.

**Küçük harf, ölçüm günleri arasındaki istatistiksel farkı vermektedir.

*** Ortalamalara başlangıç (0.gün) değerleri alınmamıştır.



Şekil 7. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Amonyum Azotu İçerikleri

Uygulamalar arasındaki farklar ise tüm ölçüm dönemleri boyunca uygulamalara göre değişmiş ancak örnekleme 28. ve 66. günleri arasında yine belirgin farklar görülmesine rağmen en fazla nitrat azotu iskenderiye üçgünlü uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 8 ve Şekil 6 incelendiğinde, baklagil yeşil gübre bitkileri aracılığıyla atmosferden bağlanan azotun mineralizasyonunun en fazla örnekleme 40. ve 66. günleri arasında olduğu, 66. günden sonra belirgin olarak azaldığı ve uygulamalar arasındaki farkların bu dönemden sonra önemsiz duruma geldiği görülmektedir. Amonyum azotu ise, uygulamalara göre farklılık göstermekle beraber, önemli olacak kadar yüksek bulunmamıştır.

Tüm ölçüm dönemlerinde toprakta nitrit analizi yapılmış, ancak sifıra yakın değerler verdiği için Çizelge'ye alınmamıştır.

4.3. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Toprağın CO₂ Üretimi ve Dehidrogenaz Enzimi Aktivitesi Üzerine Etkisi

Çeşitli yeşil gübre bitkileri uygulanmış topraklardan alınan örneklerin (0-20 cm) CO₂ miktarları Çizelge 10' da ve bu değerlerin zamana bağlı olarak akışı ise Şekil 8' de verilmiştir.

Çizelge ve Şekil' de görüldüğü üzere, tüm uygulamalarda CO₂ miktarları yeşil gübre uygulamasından itibaren ilk dönemlerde artış göstermiş, daha sonraki dönemlerde ise zamana bağlı olarak iniş ve çıkışlar göstermiştir. Ayrıca CO₂ miktarları yönünden uygulamalar arasındaki farklar önemsiz ve birbirine yakın değerler gösterirken, genelde fiğ+yulaf uygulaması tüm ölçüm dönemleri boyunca diğer uygulamalara göre daha yüksek değerler vermiştir.

Yine çeşitli yeşil gübre bitkileri uygulanmış topraklardan alınan örneklerin (0-20 cm) DHA enzim aktivitesi değerleri Çizelge 11' de ve bu değerlerin zamana bağlı olarak akışı ise Şekil 9' da verilmiştir.

Çizelge 10. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Eklili Alanda Topraktaki Karbondioksit Üretimi Değerleri (0-20 cm)

Varyant Adı	mg CO ₂ /100gkt.24h							
	8.5.96 0.gün	22.5.96 14.gün	5.6.96 28.gün	17.6.96 40.gün	27.6.96 50.gün	2.7.96 55.gün	13.7.96 66.gün	23.7.96 76.gün
Üçgül	18.2	20.7 AB* a**	21.3 B a	17.5 A a-c	20.2 AB a	12.4 A d	19.3 A ab	14.8 AB cd
Bakla	17.6	23.3 A a	19.9 B b	15.7 A c-f	18.4 B b-d	12.4 A f	19.4 A bc	14.1 B ef
Fiğ+Yulaf	19.9	22.8 A ab	26.9 AB a	19.3 A bc	24.3 A a	14.2 A d	23.0 A ab	18.6 A b-d
Fazelya	18.3	21.0 AB a-c	23.1 AB a	16.6 A c-e	18.0 B b-d	15.0 A de	21.3 A ab	15.9 AB de
Kolza	19.6	24.1 A ab	29.8 A a	19.0 A b-d	21.4 AB bc	15.6 A cd	21.6 A bc	16.5 AB cd
Kontrol (bitkisiz)	15.7	15.6 B	22.8 AB	15.2 A	19.2 AB	2.8 B	19.8 A	16.1 AB
Ortalama***		21.2 b	24.0 a	17.2 cd	20.3 b	12.0 h	20.7 b	16.0 de

Varyant Adı	6.8.96			15.8.96			22.8.96			6.9.96			Ortalama***
	27.7.96 80.gün	80.gün	90.gün	15.8.96 99.gün	15.8.96 99.gün	15.8.96 99.gün	22.8.96 106.gün	22.8.96 106.gün	22.8.96 106.gün	6.9.96 121.gün	6.9.96 121.gün	6.9.96 121.gün	
Üçgül	15.0 A cd	15.3 A cd	13.7 A cd	13.7 A cd	19.6 A ab	15.8 A b-d	14.6 A d-f	15.6 A c-f	12.1 A f	16.3 A b-e	15.1 A d-f	17.1 BC	
Bakla	17.6 A cd	15.3 A cd	13.7 A d	17.5 A cd	17.5 A cd	17.5 A cd	13.9 A de	15.3 A de	12.4 A e	17.6 A b-d	15.3 A de	16.4 C	
Fiğ+Yulaf	13.9 A de	15.3 A de	12.4 A d	12.7 A d	16.3 A cd	14.5 A d	16.5 A cd	13.7 AB d	12.7 A d	11.9 A	19.4 A	19.2 A	
Fazelya	15.1 A	12.7 B	11.9 A	12.8 gh	17.8 c	13.9 fg	15.4 ef	14.7 ef	12.8 gh	17.8 c	13.9 fg	17.1 BC	
Kontrol (bitkisiz)	15.1 A	12.7 B	11.9 A	12.8 gh	17.8 c	13.9 fg	15.4 ef	14.7 ef	12.8 gh	17.8 c	13.9 fg	18.5 AB	
Ortalama***												14.6 D	

*Büyük harf, varyantların kendi içerisindeki istatistiksel farkı,

**Küçük harf, ölçüm günleri arasındaki istatistiksel farkı vermektedir.

*** Ortalamalara başlangıç (0.gün) değerleri alınmamıştır.



Şekil 8. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Karbondioksit Üretimi Değerleri

Çizelge 11. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Eklili Alanda Topraktaki Dehidrojenaz Enzim Aktivitesi Değerleri (0-20 cm)

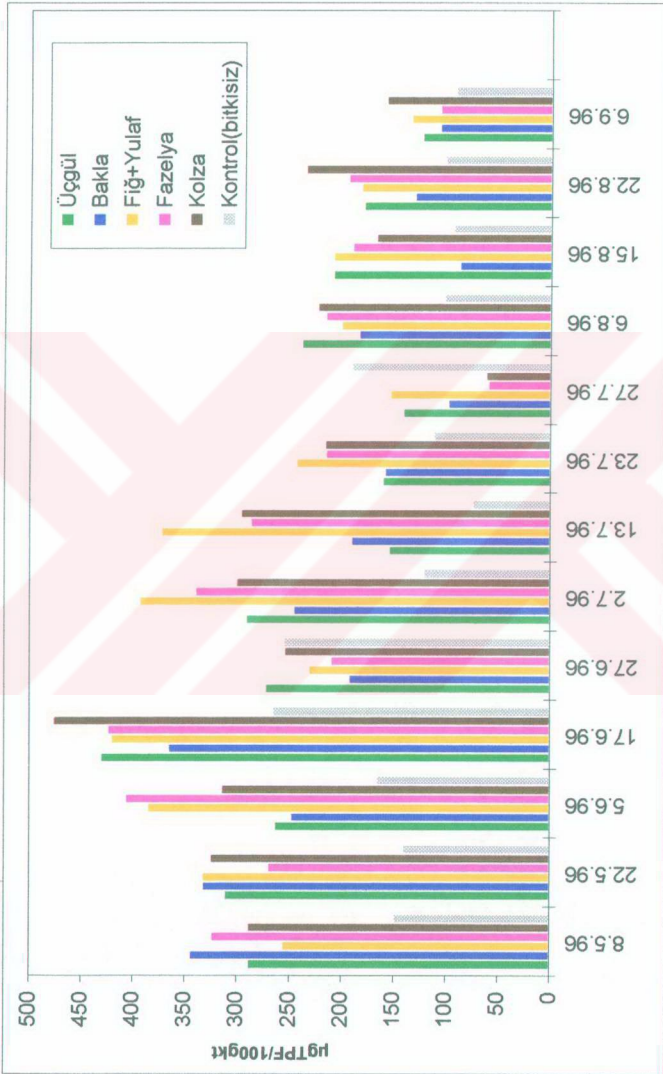
Varyant Adı	µg TPF/10gkt							
	8.5.96 0.gün	22.5.96 14.gün	5.6.96 28.gün	17.6.96 40.gün	27.6.96 50.gün	2.7.96 55.gün	13.7.96 66.gün	23.7.96 76.gün
Üçgül	289	311 A*	b**	264 BC bc	431 AB a	273 A bc	291 BC b-d	154 C a-e
Bakla	345	332 A a		248 BC b	366 B a	192 A bc	246 C b	190 C bc
Fig+Yulaf	256	333 A ab		385 A a	421 AB a	231 A cd	393 A a	373 A a
Fazelya	324	270 AB c-e		407 A ab	424 AB a	210 A de	339 AB bc	287 B cd
Kolza	289	325 A b		314 AB b	477 A a	254 A bc	301 BC b	296 AEb
Kontrol (bikisiz)	150	141 B		166 C	266 C	255 A	121 D	74 D
Ortalama***		285 b	297 b	297 b	397 a	236 c	282 b	229 c

Varyant Adı	6.8.96		15.8.96		22.8.96		6.9.96		Ortalama***
	27.7.96 80.gün	80.gün	90.gün	99.gün	106.gün	106.gün	121.gün	121.gün	
Üçgül	141 AB de	239 A	b-e	209 A	b-e	180 AB c-e	124 AB e		231 B
Bakla	98 Bce	184 A	b-d	88 B	e	131 B	c-e	107 B de	195 C
Fig+Yulaf	154 ABcd	201 A	cd	209 A	cd	182 AB cd	135 AB d		272 A
Fazelya	60 C f	216 A	de	190 A	e	195 AB e	107 B f		243 AB
Kolza	62 C d	224 A	bc	167 A	cd	235 A bc	159 A cd		252 AB
Kontrol (bikisiz)	191 A	102 B		94 B		102 B	92 B		143 D
Ortalama***	118 e	194 d	160 d	171 d	171 d	121 e			

*Büyük harf, varyantların kendi içerisindeki istatistiksel farkı,

***Küçük harf, ölçüm günleri arasındaki istatistiksel farkı vermektedir.

*** Ortalamalara başlangıç (0.gün) değerleri alınmamıştır.



Şekil 9. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulanmış Mısır Ekili Alanda Topraktaki Dehidrogenaz Enzimi Aktivitesi Değerleri

Çizelge 11 ve Şekil 9' dan görüldüğü üzere, tüm uygulamalarda dehidrogenaz enzim aktivitesi yeşil gübre uygulamasından itibaren 66. güne kadar artmış, bu günden sonra azalma göstermiştir. Uygulamalar arasındaki farklar ise uygulamalara göre değişmekle beraber önemli bulunmuş ancak zamana bağlı olarak uygulamaya göre değişmiştir. Bu nedenle hangi uygulamanın daha etkili olduğunu söylemek güçtür. Ancak Çizelge ve Şekil' den açıkça görüleceği gibi, yeşil gübre bitkilerinin kontrol uygulaması (boş parsel = yeşil gübre uygulanmamış, mısır ekimi yapılmamış), yeşil gübre uygulanmış parsellere göre DHA aktivitesi yönünden tüm ölçüm dönemleri boyunca daha düşük değerler vermiştir.

4.4. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Mısır Bitkisinde Verime Etkisi

Çeşitli yeşil gübre bitkisi uygulamalarının mısırdaki verime etkisi ve mısıra bir vegetasyon dönemi boyunca verilen toplam azot ($N_g = \text{gübre } N' + \text{ yeşil gübrelemeden gelen } N$) miktarları Çizelge 12' de verilmiştir.

Çizelge 12' den görüldüğü üzere, yeşil gübre bitkileri uygulamasının mısır verimine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Mısır verimleri bakımından uygulamalar arasında fark görülmemiştir.

Çizelge 12. Bir Vegetasyon Dönemi Boyunca Mısıra Verilen Toplam Azot (Yeşil Gübre N'+Gübre N'u) Miktarına Bağlı Olarak Mısır Verimi

	Verilen toplam N (kg/da)	Verim (kg/da)
İskenderiye üçgülü	27.1	1086 a
Bakla	30.6	979 ab
Fiğ + yulaf	31.3	968 ab
Fazelya	25.9	833 b
Kolza	28.3	946 ab
Kontrol	18.0	1024 a

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan tüm analiz ve ölçümler sonucunda denitrifikasyonla azot kaybı değerlerinin zamana ve uygulamaya göre değişmekle beraber tüm ölçüm dönemleri boyunca 0 ile 79.9 kg N₂O-N/ha.yıl, ortalama değerler itibariyle de 7.7 - 14.4 kg N₂O-N/ha.yıl arasında değiştiği görülmüştür. Yıllık ortalamalar itibariyle en fazla denitrifikasyon kaybı fiğ+yulaf uygulamasından elde edilmiş (14.4 kg N₂O-N/ha.yıl), bunu sırasıyla bakla (14.2 kg N₂O-N/ha.yıl), kolza (13.9 kg N₂O-N/ha.yıl), fazelya (11.3 kg N₂O-N/ha.yıl) ve üçgül (7.7 kg N₂O-N/ha.yıl) uygulamaları izlemiştir.

Deneme boyunca yapılan ölçüm sonuçlarına göre nitrat azotu değerleri 12.5 ile 106.6 kg/ha arasında, amonyum azotu 11.0 ile 45.3 kg/ha arasında değişime göstermiştir. Yıllık ortalama değerler itibariyle en yüksek nitrat azotu üçgül uygulamasından (48.5 kg/ha) elde edilmiş, bunu sırasıyla bakla (45.5 kg/ha), kolza (43.2 kg/ha), fazelya (41.8 kg/ha) ve fiğ+yulaf (40.6 kg/ha) uygulamaları izlemiştir. Yıllık ortalamalar itibariyle en yüksek amonyum azotu ise yine üçgül uygulamasından elde edilmiş (35.8 kg/ha), bunu sırasıyla fiğ+yulaf (32.8 kg/ha), fazelya (30.7 kg/ha), bakla (30.5 kg/ha) ve kolza (28.1 kg/ha) izlemiştir.

Genel ortalamalar itibariyle denitrifikasyonla azot kaybı ile toprağın nitrat içeriği arasında ters bir ilişki bulunmuştur. Denitrifikasyonla kaybolan azotun toprağın nitrat içeriğine oranı ise en fazla fiğ+yulaf uygulamasından (0.35) elde edilmiştir. Bir vegetasyon dönemi boyunca verilen toplam azot miktarları yönünden en fazla azot fiğ+yulaf uygulamasında iken en fazla denitrifikasyonla azot kaybı yine fiğ+yulaf uygulamasında bulunmuştur.

Deneme sonuçlarına göre toprağın yıllık değerler ortalaması itibariyle nitrat ve amonyum azotu miktarlarında uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Baklagil yeşil gübre bitkileri aracılığıyla atmosferden bağlanan azotun mineralizasyonunun en fazla örnekleme 40. ve 66. günleri arasında olduğu, 66. günden sonra belirgin olarak azaldığı ve uygulamalar arasındaki farkların bu dönemden sonra önemsiz duruma geldiği görülmüştür.

CO₂ miktarları yönünden uygulamalar arasındaki farklar önemsiz ve birbirine yakın değerler gösterirken genelde, fiğ+yulaf uygulaması tüm ölçüm dönemleri boyunca daha yüksek değerler vermiştir. DHA aktivitesi yönünden uygulamalar arasındaki farklar uygulamalara göre değişmekle beraber önemli bulunmuş ancak zamana bağlı olarak uygulamaya göre değişmiştir. Bu nedenle hangi uygulamanın daha etkili olduğunu söylemek güçtür ancak tüm parsellerde kontrole oranla daha yüksek değerler ölçülmüştür.

Yeşil gübre bitkileri uygulamasının mısır verimine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Mısır verimleri bakımından uygulamalar arasında fark görülmemiştir.

Yeşil gübre bitkileri uygulamaları, toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmelerinin yanısıra, aynı zamanda biyolojik yolla atmosfer azotunu da toprağa kazandırdıkları için büyük öneme sahiptir. Özellikle Çukurova bölgesinde, yılda 2 ürün alınması mümkün olduğundan, üretim desenine yeşil gübre bitkilerinin eklenmesi hem verilen mineral azot tasarrufuna hem de toprağın geçici bir süre de olsa fiziksel özelliklerinin düzelmesine olanak tanıyacaktır. Alet ekipman yönünden de yeşil gübre bitkileri ile Çukurova bölgesinde tarımı yapılan bitkiler arasında fark olmaması, çiftçilerin yeşil gübre bitkileri uygulamalarını kolaylaştırmaktadır.

KAYNAKLAR

- AUBERT, C., 1981. Organischer Landbau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 102-113.
- AULAKH, M.S., DORAN, J.W., WALTERS, D.T., and POWER J.F., 1991. Legume Residue and Soil Water Effects on Denitrification in Soils of Different Textures. *Soil Biol. Biochem.* 23:1161-1167.
- BEAUCHAMP, E.G., TREVORS J.T. and PAUL, J.W., 1989. Carbon Sources for Bacterial Denitrification. *Adv. Soil Sci.* 10:113-142.
- BECKER, M., LADHA, J.K., SIMPSON, I.C. & OTTOW, J.C.G. 1994. Parameters Affecting Residue Nitrogen Mineralization in Flooded Soils. Published in *Soil Sci. Am. J.* 58:1666.
- BENCKISER, G., G. HAUS, K.-M. SYRING, K. HAIDER, D. SAUERBECK, 1987. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.* 150, 241-248.
- BENCKISER, G., LORCH, H.J., OTTOW, J.C.G., 1995. Quantification of Total Denitrification Losses from Undisturbed Field Soils by the Acetylene Inhibition Technique. *Field Methods* Chapter 10. p 473-478.
- BHARDWAJ, K.K.R., DATT, N. 1995. Effect of Legume Green-Manuring on Nitrogen Mineralization and Some Microbiological Properties In an Acid Rise Soil. *Biol Fertil Soils* 19:19-21.
- BREIMER, T., 1981. Environmental Factors and Cultural Measures Affecting the Nitrate Content in Spinac.
- BROADBENT, F.E., 1979. Mineralization of Organic Nitrogen in Paddy Soils. P.105-117. In *Nitrogen and Rice*. IRRI, Manila, Philippines.
- BROADBENT, F.E., 1979. Mineralization of Organic Nitrogen in Paddy Soils. P.105-117 in *Nitrogen and Rice*. IRRI, Manila Philippines.
- DELWICHE, C.C., BISSEL, S. AND VIRGINIA, R., 1978. Soil and other Sources of Nitrous Oxide. In: "Nitrogen in the Environment". Edits: Nielsen, D.R. And Mc Donald, V.G., Vol 1. Academic Press. New York, 163-172.

- DIEKMAN, K.H., DATTA, S.K.De and OTTOW J.C.G., 1993. Nitrogen 15 Balance in Lowland Rice as Affected by Green Manure and Urea Amendment. *Plant Soil* 148:91-99.
- DOWDEL, R.J., BURFORD, J.R. and CREES, R., 1979. Losses of Nitrous Oxide Dissolved in Drainage Water from Agricultural Land. *Nature (London)* 278:342-343.
- ELÇI, Ş., 1969. Baklagiller Familyasından Yem Bitkileri Yetiştirme ve Islahı (Ders Notları). Türk Agronomi Derneği Yayınları.
- FOX, R.H., MYERS, R.J.K. and VALLIS, I., 1990. The Nitrogen Mineralization Rate of Legume Residues in Soil as Influenced by their Polyphenol, Lignin, and Nitrogen Contents. *Plant Soil* 129:251-259.
- FRANCAIS, A.J., SLATER, J.M., DODGE, C.J., 1989. Denitrification in Deep Subsurface Sediment. *Geomicrobiology* 7:103-116.
- GÖK, M., 1988. Toprak Mikroorganizmalarının Ozon Parçalayıcı Bazı Gazların (N_2O , NO) Oluşumundaki Rolü. Çevre 89. Beşinci Bilimsel Ve Teknik Çevre Kongresi. Adana, 1989. S: 452-463.
- GÖK, M., ANLARSAL, A.E., ÜLGER, A.C., YÜCEL, C., ONAÇ, I., 1995. Bazı Baklagil Yeşil Gübre Bitkilerinde N_2 -Fiksasyonu ve Biyomas Verimi. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt II, 207-216.
- GÖK, M., J.C.G. OTTOW, 1988. Effect of Cellulase and Straw Incorporation in Soil on Total Denitrification and Nitrogen Immobilization at Initially Aerobic and Permanent Anaerobic Conditions. *Biol. Fertil. Soils* 5, 317-322.
- GÖK, M., SAĞLAMTIMUR, T., 1991. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkilerinin Toprağın Nmin İçeriğine Etkisi. 11. TİD Bilimsel Toplantı Tebliğleri, 391-402.
- GRANT, I.F., and SEEGERS, R., 1985. Tubificid Role in Soil Mineralization and Recovery of Algal Nitrogen by Lowland Rice. *Soil Biol. Biochem.* 17:559-563.
- HAUSEN BULLER R.L. et. al., 1959. The Use of Green Manures and Cover Crops in Central Washington Vineyards. *Soil and Fertilizer Abstracts*. 1960. Vol 23. No:1469.

- JAGNOW, G., H. SÖCHTING, 1983. *Plant Res. Develop.* 17, 68-88.
- KAHNT, G., 1983. *Gründungung*, DLG Verlag, Stuttgart, 67-105.
- KHIND C.S., MASKINA, M.S., MEELU, O.P., 1987. Effect of Time of Application of Sesbenia Aculeata Green Manure and Fertilizer Nitrogen on Yield of Wetland Rice. *J. Indian Soc. Soil Sci* 35:143-145
- KILIAN, S., WERNER, D. 1996. Enhanced Denitrification In Plots Of N₂ -Fixing Faba Beans Compared to Plots of a Non-Fixing Legume and Non-Legumes. *Biol Fertil Soils* 21: 77-83.
- KNOWLES, R., 1982. Denitrification *Mikrobiol. Rev.* 46, 43-70.
- LETEY, J., N. VOLARES, D.D. FOCHT, J.C. RYDEN, 1981. Nitrous Oxide Production and Reduction During Denitrification as Affected by Redox Potential. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 727-730.
- LIND, A.M., EILAND, F., 1989. Microbiological Characterization and Nitrate Reduction in Subsurface Soils. *Biol. Fertil. Soils* 8:197-203.
- MALHI, S.S., NYBORG M, SOLBERG, E.D., 1990. Potential for Nitrate-N Loss in Central Alberta Soils. *Fert. Res.* 25:175-178.
- MANN, H.H., 1958. Field studies in Green Manuring. *Soil and Fertilizer Abstracts* 1958. Vol 21, No: 1902.
- MAYNARD, D.N., 1978. Critique of "Potential Nitrate Levels In Edible Plant Parts". In. "Nitrogen In The Environment" Edits: Nielsen, D.R. and Mc Donald, V.G., Vol 12, Academic Press. New York, 221-233.
- MC ELROY, M.B., J.W. ELKINS, S.C. WOFSY, Y.L. YUNG, 1976. Sources and Sinks for Atmospheric N₂O *Rev. Geophys Space Phys.* 14, 143-150.
- MCCARTY, G.W., & BREMNER, J.M. 1992. Availability of Organic Carbon for Denitrification of Nitrate In Subsoils. *Biol Fertil Soils* 14:219-222.
- MCGILL, W.B. and MYERS, R.J.K., 1987. Controls on Dynamics of Soil and Fertilizer Nitrogen. P:73-99. In R.F. FOLLET Et. Al. (Ed.) *Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Production Systems*. SSSA Spec. Publ. 19 ASA and SSSA, Modison, WI.

- MCKENNEDY, D.J., WANG, S.W., DRURY, C.F. & FINDLAY, I. 1993. Denitrification and Mineralization in Soil Amended with Legume, Grass and corn Residues. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1013-1020.
- NEETSON, J.J. and VAN VEEN, J.A., 1987. Mechanistic and Practical Modelling of Nitrogen Mineralization-Immobilization in Soils. P.145-155 in WILSON, J.R., (ed.) Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems. CAB International, Wallingford, England.
- ONAÇ, I., GÖK, M., ÜLGER, A. C., IŞIK, A., ANLARSAL, E., ÇAKIR, B., COŞKAN, A., GÖKSAL, C., 1997. Değişik Baklagil Yeşil Gübre Bitkilerinin Farklı Mekanizasyon uygulamaları Altında Toprakta N-Mineralizasyonu, İmmobilizasyonu ve Mısırdı Verime Etkisi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi Kitabı, 22-25 Eylül, Samsun.
- OTTOW, J.C.G. & BENCKISER, G. 1994. Effect of Ecological Conditions on Total Denitrification and N₂O Release from Soils. Nova Acta Leopoldina NF 70, Nr. 288: 251-262.
- PALM, C.A. and SANCHEZ, P.A., 1991. Nitrogen Release from the Leaves of Some Tropical Legumes as Effected by their Lignin and Polyphenolic Contents. Soil Biol. Biochem. 23:83-88.
- PARKIN T.B., MEISINGER J.J., 1989. Denitrification Below the Crop Rooting Zone as Influenced by Surface Tillage. J. Environ. Qual. 18:12-16.
- PAUL, E.A. and CLARK, F.E., 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press. Toronto.
- ROHMANN, U., H. SONTHEIMER, 1985. Nitrat im grundwasser:ursachen-Bedeutung - Lösungswege. DVGW Forschungsstelle am Engler-Bunter-Institut der Universität Karlsruhe.
- RUDELL, W.S., BONE, B.S., HILL, M.J., WALTER, C.L., 1976. Gastric-Juice Nitrite Acid Factor for Cancer in The Hypachlorhydric Stomach. The Lancet. 2, 1037-1039.

- RYDEN, J.C., LUND, L.J., FOCHT, D.D., 1979. Direct Measurement of Denitrification Losses from Soils: I. Laboratory Evaluation of Acetylene Inhibition of Nitrous Oxide Reduction. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:104-118.
- SANDHU, J., SINHA, M. and AMBHOST, R.S., 1990. Nitrogen Release from Decomposing Litter of *Leucaena leucocephala* in the Dry Tropics. *Soil Biol. Biochem.* 22:859-863.
- SCHWARZ, J., KAPP, M., BENCKISER, G., & OTTOW, J.C.G. 1994. Evaluation of Denitrification Losses by the Acetylene Inhibition Technique in a Permanent Ryegrass Field (*Lolium perenne* L.) Fertilized with Animal Slurry or Ammonium Nitrate. *Biol Fertil Soils* 18: 327-333.
- SIMARMATA, T., BENCKISER, G., & OTTOW J.C.G. 1993. Effect of an Increasing Carbon:Nitrate-N Ratio on the Reliability of Acetylene in Blocking the N_2O -Reductase Activity of Denitrifying Bacteria in Soil. *Biol Fertil Soils* 15:107-112.
- SIMARMATA, T., BENCKISER, G., & OTTOW, J.C.G. 1991. The Effect of Inorganic N in Combination with Straw or Compost on Denitrification Losses (Acetylene Inhibition Technique) from a Silty Loam Soil. *Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellsch.*, 66: II, 731-734.
- SINGH, Y., SINGH, B., KHIND C.S., 1992. Nutrient Transformations in Soil Amended with Green Manures. *Adv. Soil Sci* 20:238-298.
- SIVAPALAN, K., FERNANDO, V., and THENABADU., 1985. N Mineralization in Polyphenol-Rich Plant Residues and their Effect on Nitrification of Applied Ammonium Sulfate. *Soil Biol. Biochem.* 17:547-551.
- SÜMER, E., WEISKE, A., BENCKISER, G. & OTTOW, J.C.G. 1995. Influence of Environmental Conditions on The Amount of N_2O Release from Activated Sludge in a Domestic Waste Water Treatment Plant. *Birkhauser Verlag Basel* 95: 14-47.
- THOMPSON, C.A., LIBRA, R.D., HALLBERG, G.R., 1986. Water Quality Related to Agchemicals in Alluvial Aquifers in IOWA. In: *Agricultural Impacts on Ground Water*. National Water Well Association, Dublin, Ohio, pp 224-242.

- TRUDELL M.R., GILLHAM, R.W., CHERRY, J.A., 1986. An In-situ Study of the Occurrence and Rate of Denitrification in a Shallow Unconfined Sand Aquifer. *J. Hydrol* 83:251-268.
- ÜLGEN, H., 1972. Türkiye'nin Bazı Kültür Topraklarından İzole Edilen Bazı Bakterilerin Azot Tespit Güçleri ve Bunlarla Aşılamanın Bitkilerde Mahsul Verimine Etkisi. Doktora Tezi.
- ÜLGEN, H., 1975. Baklagil Bitkilerinin Nodül Bakterileri ile Aşılması. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınları No: 40.
- VIGIL, M.F., KISSEL, D.E. and SMITH, S.J., 1991. Field Crop Recovery and Modelling of Nitrogen Mineralized from Labeled Sorghum Residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1031-1037.
- WALTERS, D.T., AULAKH, M.S. and DORAN, J.W., 1992. Effects of Soil Aeration, Legume Residue and Soil Texture on Transformations of Macro- and Micronutrients in Soils. *Soil. Sci.* 153:100-107.
- WERNER, D., 1987. Pflanzliche und Mikrobielle Symbiosen. Georg Thime Verlag, Stuttgart. New York.
- WERNER, D., 1987. Pflanzliche und mikrobielle Symbiosen. George Thime Verlag- Stuttgart New York, 48-102.
- YEOMANS, J.C., BREMNER J.M., McCARTY, G.W., 1992. Denitrification Capacity and Denitrification Potential of Subsurface Soils. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal* 23:919-927.
- ZALDIVAR, R., 1976. Nitrate Fertilizers as Environmental Pollutants Positive Correlation Between Nitrates Used Unit are and Stomach Cancer Rates. *Experianta* 33/2, 264-265.

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Adana'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Adana'da tamamladım. 1991 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümünü kazanarak lisans eğitimime başladım. 1995 yılında anılan fakülteden mezun olarak aynı yıl yüksek lisans eğitimime başladım. 1997 yılında Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandım.

Halen Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktayım ve Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası dalında, özellikle mikrobiyel azot fiksasyonu, azot transformasyonu konularında yüksek lisans çalışmamı sürdürmekteyim.