

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Dürdane YILMAZ**

**YEŞİL GÜBRELEMENİN KÜLTÜR BİTKİLERİNDE MİNERAL  
AZOT GİRDİSİ TASARRUFU VE ÇEVRE AÇISINDAN ÖNEMİ**

**TOPRAK ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2010**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YEŞİL GÜBRELEMENİN KÜLTÜR BİTKİLERİNDE MİNERAL  
AZOT GİRDİSİ TASARRUFU VE ÇEVRE AÇISINDAN ÖNEMİ**

**Dürdane YILMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TOPRAK ANABİLİM DALI**

**Bu tez .../...../..... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

.....	.....	.....
Prof. Dr. Mustafa GÖK	Prof. Dr. Zülküf KAYA	Prof. Dr. Cengiz DARICI
Danışman	Üye	Üye

Bu tez Enstitümüz Toprak Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No**

**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL  
Enstitü Müdürü**

Bu Çalışma ..... Tarafından Desteklenmiştir.  
**Proje No:.....**

**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**

**YEŞİL GÜBRELEMENİN KÜLTÜR BİTKİLERİNDE MİNERAL AZOT  
GİRDİSİ TASARRUFU VE ÇEVRE AÇISINDAN ÖNEMİ**

**Dürdane YILMAZ**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof.Dr.Mustafa GÖK

Yıl: 2010, Sayfa: 81

Jüri : Prof.Dr.Mustafa GÖK

Prof.Dr. Zülküf KAYA

Prof.Dr.Cengiz DARICI

Bu çalışmada, yeşil gübrelemenin kültür bitkilerinde mineral azot girdisi tasarrufu ve çevre açısından önemi konusunda yapılan çalışmaların irdelenmesi ve yorumlanması amaçlanmıştır. Araştırmanın materyalini yurtiçi ve yurtdışında, konuya ilişkin farklı toprak ve iklim koşullarında yapılmış araştırmalara ait literatür bilgilerinin taranması sonucunda elde edilen veriler oluşturmuştur. Veriler bir sistem içeriğinde düzenlenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. İrdeleme ve değerlendirme sonucunda da özellikle tek yönlü ticari gübre kullanımının çevre açısından sakıncaları ön plana çıkarılarak yeşil gübrelemenin ve bağlanan azotun artırılması yönünde geliştirilen öneriler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Yeşil gübre bitkileri olarak baklagiller; azot fiksasyonu, fiksasyonu etkileyen faktörler ve toprağa bağlanan azot miktarı toprakta azot mineralizasyonu yönünden ele alınmış, ayrıca kültür bitkilerinde kimyasal gübrelemede azot uygulanmasının sakıncaları toprak, su ve hava kirliliği açısından irdelenmiş ve topraktaki azotun yıkanmasına, denitrifikasyon olayına etkisi incelenmiştir. Çalışmanın devamında yeşil gübreleme ile biyolojik aktivite ilişkileri üzerinde durulmuş, baklagil bitkilerinin tercih edilme nedeni ile nödüllerinde bulunan Rhizobium bakterileri ve bunların azot fiksasyonundaki önemini ortaya koyan araştırma sonuçlarına yer verilmiştir.

Konuyla ilgili incelenen çalışmalardan mineral gübrenin kısa sürede verim açısından etkili olmasına karşın uzun vadede yeşil gübrelemenin gerek toprak verimliliğinin artırılması gerekse toprak, hava, su kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca kimyasalların taban suyuna karışarak insan sağlığını kısmen tehdit ettiği baklagil yeşil bitkileri ile bağlanan azotun toprakta kalarak mineral azot gübre girdisini önemli ölçüde azalttığı tesbit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeşil gübreleme, N<sub>2</sub>- Fiksasyonu, Mineralizasyon, Rhizobium, Baklagil Simbiyozu

**ABSTRACT**  
**MSc THESIS**

**THE IMPORTANCE OF GREEN MANURE ON MINERAL NITROGEN  
INPUT NITROGEN ECONOMY OF CULTURE PLANTS AND  
ENVIRONMENT**

**Dürdane YILMAZ**

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

Supervisor : Prof.Dr. Mustafa GÖK

Year: 2010, Pages:81

Jury : Prof.Dr.Mustafa GÖK

Prof.Dr. Zülküf KAYA

Prof.Dr.Cengiz DARICI

In this study, it has been aiming that the importance of green manuring of mineral nitrogen input, economy and environmental aspect were reviewed. The material of this study is to national and international research results related with green manuring systems which carried out on different soil and climatic conditions. The data were evaluated using classification and results were examined comparatively. After these analyze and evaluation, especially the effects of the one-way commercial fertilizer (nitrogen) usage on the environment (soil, water, atmosphere system) in terms of highlighting the negative effects of green manuring and increased of nitrogen fixation suggestion were summarized as a technical point.

Green manure crops as beans, legumes, nitrogen fixation, nitrogen fixation factors affecting the soil and nitrogen content in the soil, nitrogen mineralization, negative effects of chemical fertilizer usage on culture plants, all subjects were discussed in the light of soil, water and air pollution in terms dealt with in the soil of nitrogen waste, de nitrification and green manuring which is focusing on relations with the biological activity. The relation between green manures and biologic activities, the preferences of legume plants and *Rhizobium* bacteria in nodules and importance of nitrogen fixation studies were reviwewed in the last part of the thesis. As a result of various studies it is concluded that green manuring is very important for short term aspect of production while has many positive effects on plant, soil, air and water quality aspect in long term.

Chemicals involved in ground water in the soil as a big treat for human health while green manuring fix nitrogen in the soil which improve soil quality. Chemical mineral nitrogen usage leads to ozone layer deformation while green manuring improved.

**Key Words:** Green manure, Nitrogen fixation, Mineralization, *Rhizobium*, Leguminous Symbiosis

## **TEŞEKKÜR**

Tez alıőmam sũresince bilgi ve deneyimini paylaőarak yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Mustafa GÖK'e sonsuz teőekkũrlerimi sunarım. Hocalarım Prof.Dr. Zũlkũf KAYA, ve Prof. Dr. Cengiz DARICI'ya teőekkũr ederim.

Çalıőmam sũresince hep yanımda olup desteğini esirgemeyerek bana yardımcı olan sevgili arkadaőım Ziraat Mũhendisi Ece ÖZEL CURA'ya teőekkũr ederim.

Beni yetiőtiren ve bugũnlere gelmemi sağlayan değerli insanlar babam Kamuran SALER ve annem Dũriye SALER'e, manevi destekleriyle beni yũreklendirerek hep yanımda olan eőim Hakan YILMAZ'a, ocuklarım Elif, Mustafa, Ece ve İkbal'e sonsuz őũkranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER.....	VI
ŞEKİLLER.....	VII
1.GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL ve METOD.....	9
3.KONUyla İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....	10
3.1.Yeşil Gübre Bitkilerinin Genel Tanımı.....	10
3.1.1.Baklagil Yeşil Gübre Bitkileri.....	11
3.1.2.Yeşil Gübrelemenin Toprak Verimliliği Açısından Önemi.....	14
3.1.3.Türkiyede ve Dünyada Yeşil Gübreleme.....	18
3.2.Azot Döngüsü.....	19
3.2.1.Baklagillerde Azot Fiksasyonu.....	22
3.2.1.1.Azot Fiksasyonunu Etkileyen Faktörler.....	25
3.2.1.2.Azot Fiksasyonunun Gübreleme Açısından Önemi.....	30
3.2.1.3. Bakteri Aşılması ve Azot Bağlanması.....	33
3.2.1.4. Toprak Özelliklerinin Azot Bağlanmasına Etkisi.....	40
3.2.2. Azot Mineralizasyonunu Etkileyen Faktörler.....	43
3.2.3. Topraktaki Azot Miktarının Denitrifikasyon Yoluyla Kaybı.....	47
3.3. Kültür Bitkilerinde Azot Gübrelemesi.....	53
3.4. Biyolojik Azot Fiksasyonunun Mineral Azot Girdisi Tasarrufuna Etkisi.....	57
3.5. Mineral Gübrelemenin Çevresel (Toprak, Su Hava Kirliliği) Etkisi.....	60
4.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
4.1.Sonuçlar.....	65
4.2.Öneriler.....	68
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	80

## ÇİZELGELER

## SAYFA

Çizelge 1.1 Yeşil Gübrelemede Ürünlere Göre Azot Kazancı.....	3
Çizelge 1.2. Bazı Bitkilerin Yeşil Gübre Olarak Kullanılmaları İle Toprağa Kazandırdıkları Besin Elementleri Ve Yeşil Ot Verimleri .....	3
Çizelge 3.1. Yeşil Gübre Bitkileri.....	10
Çizelge 3.2. Baklagillerle Dekara Sağlanan Besin Maddeleri .....	15
Çizelge 3.3. Değişik Ekosistemlerde Biyolojik Fiksasyonla Tutulan Azot Miktarları .....	23
Çizelge 3.4. Dünyada Farklı Ekosistemlerde Biyolojik N <sub>2</sub> -Fiksasyonu İle Bir Yılda Kazanılan Tahmini Azot Miktarı .....	26
Çizelge 3.5. Sıcak Ve Tropik İklim Bölgelerinde Baklagil Bitkilerince Fiske Edilen Azot Miktarları.....	28
Çizelge 3.6. Heterotrof Olan Prokaryotik Diazotroflar ve Prokaryotik Ökaryotik Sistemler.....	35
Çizelge 3.7. Baklagil Bitkilerine Uygun Rhizobium türleri.....	38
Çizelge 3.8. Çeşitli Topraklar İçin Yaklaşık N Denitrifikasyon Tahminler.....	50

## ŞEKİLLER LİSTESİ

## SAYFA

Şekil 1.1. Danimarka Topraklarında Yıllık 720 Ton Azot İçin İnorganik Azot Dengesi.....	4
Şekil3. 1. Azot Döngüsü. Rezervuar Üniteleri Mol -N, Akışlar İse mol y-1 Olarak Belirtilmiştir.....	20
Şekil 3.2. Nitrogenaz Enzim Yapısı .....	31
Şekil 3.3. İnfeksiyon Şeması Ve Nodül Oluşumu .....	34
Şekil3.4. Organik azotun toprak mikroorganizmaları tarafından mineralizasyonu...44	



## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusu hızla artmaktadır. Artan nüfusun besin ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan çalışmalar arasında bitkisel üretimin veriminin artırılması büyük önem taşımaktadır. Verim artışını sağlayan en önemli besin elementlerinden birisi de azottur. Azotun temel besin elementlerinden biri olmasının nedeni, bitkinin organik yapısı içinde yer alması ve bitkinin daha çabuk büyümesini sağlamasıdır.

Atmosferde en yüksek oranda (%78) bulunan azot ( $N_2$ ) canlıların alabileceği formda ( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ) değildir. Bitkiler çevrelerindeki tonlarca azota rağmen bu elementin noksanlığında fonksiyonlarını yeterince gerçekleştiremezler. Bitkilerin ana azot kaynağı atmosfer azotunun yarayışlı formlara geçmesi için üçlü bağının ikili bağa indirgenmesi ve hidrojen ya da oksijenle birleşmesi gerekir. Diğer bir deyişle bitkiler  $NH_4^+$  ve  $NO_3^-$  formundaki azotu kullanabilir. Bunun da doğadaki canlılar içinde özellikle toprakta bulunan serbest ve serbest olmayan bakteriler (Prokaryotik bakteriler) tarafından gerçekleştirildiği bildirilmektedir (Fritsche, 1990).

Gerek dünya protein gereksiniminin giderek artması, gerekse mineral azotlu gübrelerin üretimi ve kullanımı sırasında ortaya çıkan çevre sorunları nedeniyle; doğada azot bağlayıcı mikroorganizmalar, özellikle *Rhizobium spp.* bakterilerinin baklagil bitkileri ile ortak yaşamı sonucu gerçekleştirilen biyolojik azot fiksasyonunun önemi gün geçtikçe artmaktadır (Gök, 2009).

Bitkilerin azot gereksinimi, atmosfer azotunun bakterilerce toprağa bağlanmasının yanı sıra, mineral gübrelerin toprağa verilmesi ile de karşılanmaktadır.

Günümüzde bitkilerin azot gereksinimlerini karşılamak için toprağın azot miktarını artırmada önemli rolü olan baklagillerin ekim nöbetine konulması yerine çoğunlukla mineral azot gübrelemesi yoluna başvurulması, sanayi yoluyla yapılan bu üretimden kaynaklanan çok büyük enerji kayıplarına neden olmaktadır. Bu amaçla dünyada yılda  $50 \times 10^6$  ton azot üretilmektedir. Yalnızca enerji masraflarıyla da kalmayıp, kullanılan mineral azot gübrelerinin bir kısmı yıkanma, bir kısmı denitrifikasyon yoluyla 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 bileşiklerin taban suyuna ve içme suyuna karışması çevre kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca Denitrifikasyon sonucu ortaya çıkan azot gazları küresel ısınmaya neden olmaktadır (Coşkan, 2004; Doğan ve ark., 2006; Gök ve ark.,2006).

Baklagil veya baklagil olmayan çeşitli yeşil gübre bitkilerinin çiçeklenme dönemi sonunda uygun şekilde parçalanarak toprağa karıştırılması olayına "yeşil gübreleme" adı verilmektedir.

Yeşil gübreler; toprağa ekilecek yeni ürünün yararlanabileceği azot ile diğer besin maddeleri yönünden katkıda bulunurlar. Toprağa organik madde ve azot kazandırarak toprağın verimlilik gücünü artırır, toprağı erozyondan korurlar, toprağın fiziksel şartlarını düzelterek bitkilerin besin elementlerinden daha fazla yararlanmalarını sağlarlar, yıkanmayı önleyerek besin maddelerinin birikmesini kolaylaştırır ve toprak tavını koruyarak topraktaki biyolojik faaliyeti artırır. Bu gibi bitkiler, kendilerinden sonra ekilecek ürünlerin veriminde yüzde 100 artış sağlayabilirler.

Yeşil gübrelemede fiğ, bakla, soya fasulyesi, taş yoncası gibi havanın azotundan istifade ederek köklerinde azot biriktiren ve bu sebeple toprağı azotça zenginleştiren bitkilerin seçilmesi uygun olmaktadır. Pek çok deneme ile bunların kendilerinden sonra gelen ürünün verimini % 20-100 arasında artırdığı gözlenmiştir (Anonymous, 2006).

Özellikle baklagiller, köklerindeki nodüller yardımıyla havanın azotunu bağlayarak bitkiye gerekli azotu sağlarlar. Baklagiller dışında yeşil gübre olarak kullanılan bitkiler de vardır. Ancak bunlar, toprağa havanın azotunu verme özelliğine sahip değildir (Ekici, 2004).

Yeşil gübre bitkileri yaklaşık olarak % 90 çiçeklendikleri dönemde uygun şekilde parçalandıktan sonra pullukla sürülerek toprağa karıştırılır ve toprakta parçalanmaları sağlanır. *Rhizobium* ve *Bradyrhizobium* bakterileri baklagillerle ortak yaşam sonunda havanın serbest azotunu bitkiye kazandırmaktadır.

Baklagillerin aşılansarak ekilmesi ile önemli miktarda azot kazancı sağlanabilir. Ürünlere göre azot kazançları Çizelge 1.1'de verilmektedir.

Çizelge 1.1.Yeşil Gübrelemede Ürünlere Göre Azot Kazancı (Anonymous, 2006).

Ürün	Kazanç (kg N/da.yıl)
Yonca	24
Mercimek	13
Fiğ	10
Bezelye	9
Soya fasulyesi	7

Elde edilen azot kazancının gübre olarak değeri; ekilen baklagilin cinsine bağlı olarak 33-114 kg amonyum sülfata, 27-92 kg amonyum nitrata eşittir (Anonymous, 2006).

Gülümser (1986) tarafından yapılan bir araştırmaya göre bazı bitkilerin yeşil gübre olarak kullanılmaları ile toprağa kazandırdıkları besin elementleri ve yeşil ot verimleri (Çizelge 1.2) de verilmiştir.

Çizelge1.2.Bazı Bitkilerin Yeşil Gübre Olarak Kullanılmaları İle Toprağa Kazandırdıkları Besin Elementleri Ve Yeşil Ot Verimleri (Gülümser, 1986).

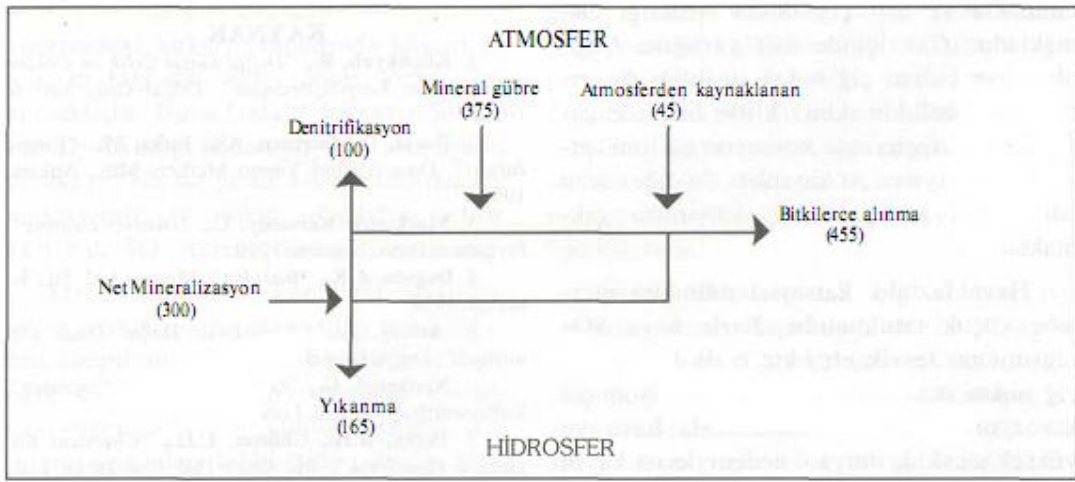
Bitkini türü	Azot(N) (kg/ton)	Fosfor(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg/ton)	Potasyum(K <sub>2</sub> O) (kg/ton)	Yeşil ot (ton/da)
Hayvan Bezelyesi	5,5	1,1	5,0	2,0-4,0
Hayvan Baklası	4,4	0,6	4,2	2,0-5,0
Acı Bakla	5,0	1,1	1,0	1,5-3,0
Fiğ	5,9	1,2	5,1	1,5-3,0
Çavdar	5,2	1,3	1,5	1,2-2,5
Kolza	4,5	1,3	3,8	2,0-4,0

Toprağa azot ilavesinin temel amacı bitkilerin azot ihtiyaçlarının karşılanmasıdır. Buna karşılık bitkiler, ilave edilen azotun ancak bir kısmını kullanabilmekte (yaklaşık % 50'si), geriye kalan kısmı ise toprağa uygulanmalarını

takiben kısa bir süre sonra çeşitli yollarla kayba uğramaktadır. Azotlu gübreler toprağa karıştırıldığında üç temel kimyasal olay gerçekleşmektedir:

- a.  $\text{NH}_4\text{-N}$ 'un nitrifikasyonu
- b.  $\text{NO}_3\text{-N}$ 'un denitrifikasyonu
- c.  $\text{NH}_3$  şeklinde buharlaşma

Özellikle havalanması iyi olan topraklarda  $\text{NH}_4^+$  2-6 hafta içerisinde  $\text{NO}_3^-$ 'a okside olmaktadır. Danimarka'da (1980) yapılan bir araştırmada azot döngüsüne ilişkin bazı değerler Şekil 1.1'de toplanmıştır.



Şekil 1.1. Danimarka topraklarında yıllık 720 ton azot için inorganik N dengesi (Schröder, 1990).

Burada, topraktaki N akümülyasyonu minimum kabul edilmiştir. Diğer ülkeler için de buna benzer bir dengenin söz konusu olduğu bildirilmiştir. Temel azot kayıp yollarından birisi azotun  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$  gibi gaz emisyonları şeklinde atmosfere uumasıdır. Toprağa ilave edilen azotun 1/3 kadarının atmosfere karıştığı bildirilmektedir (Aksoy ve Karakaş, 1990).

Topraklardaki azot kaybının ana kaynağı denitrifikasyon olayıdır. Denitrifikasyon olayı, nitrat formundaki azotun, moleküler azot ( $\text{N}_2$ ) ya da nitroz oksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ) formunda gaz halindeki azota mikrobiyel redüksiyonudur. Denitrifikasyon olayı, elverişli oksijen düzeyinin düşük olduğu ve kolayca ayrışabilen organik madde miktarının fazla olduğu koşullarda ortaya çıkmaktadır.

Gerek yıkanma ve denitrifikasyon yoluyla topraktan azot kaybını azaltmak, gerekse toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerini iyileştirmek bakımından

özellikle ülkemiz koşullarında baklagil bitkilerinin ekim sistemine konması büyük önem taşımaktadır. Baklagil bitkileri bir yandan kökleri aracılığı ile toprakta humus oluşumuna katkıda bulunmakta, strüktür oluşumunu teşvik etmekte, toprakta su hareketini ve toprağın sürümünü kolaylaştırmakta, diğer yandan dekara yaklaşık 10-30 kg N bağlayarak kendisinden sonra gelecek bitki için daha az mineral azot uygulanmasını sağlamaktadır. Organik formda olan azot süreç içerisinde mineral forma dönüşerek bitkinin kullanımına hazır duruma gelmektedir (Gök, 2009).

Topraktaki nem düzeyi de toprak havalanmasını etkilemek suretiyle bu olayda etkili bir faktördür. Toprakta nem düzeyinin artması ile birlikte havalanma azalmakta ve anaerobik koşullar hakim olmaktadır. Sonuç olarak  $\text{NO}_3^-$ 'taki oksijen mikrobiyel solunumda kullanılmakta ve böylece denitrifikasyon olayı ortaya çıkmaktadır. Söz konusu reaksiyon aşağıdaki gibi cereyan etmektedir (Brohi ve ark.. 1995):



Toprak nemi ile birlikte sıcaklık ve toprak pH'sı da denitrifikasyonu kontrol etmektedir.

Baklagil bitkilerinin yeşil gübre amacıyla ara ürün olarak yetiştirilmesi sonucunda, toprağın C:N oranını düşürdüğü, toprak işlemeyi kolaylaştırdığı, toprağa azot kazandırdığı, derinlere gidilebilen kökleri yardımı ile toprağın alt katmanlarında mono kültür nedeniyle oluşan sertliği ve yabancı ot yoğunluğunu azalttığı belirtilmekte ve bu etkilerden dolayı da özellikle ağır bünyeli topraklarda bu tip uygulamaların mutlaka yapılması önerilmektedir (Kahnt, 1983).

Ozon kaybının %70'ine ise denitrifikasyon ve diğer olaylarla açığa çıkan azot gazları yol açmaktadır. Oluşan azot gazları atmosferde uğradıkları transformasyon olaylarına bağlı olarak ozon tabakasını etkilemektedir. Gübre azotunun amonyak ( $\text{NH}_3$ )'a dönüşmesi de atmosferik kirliliğe yol açmaktadır. Gübre azotunun  $\text{NH}_3$  gazı şeklinde buharlaşarak atmosfere karışması olayına "amonyak buharlaşması" adı verilmektedir.  $\text{NH}_3$  buharlaşması ile azot kaybı pH, sıcaklık, rüzgâr durumu, uygulanan gübrenin cins ve miktarı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Gübre

uygulamasını takiben, özellikle 3-5 gün içerisinde  $\text{NH}_3$  şeklinde buharlaşma üst düzeye ulaşmaktadır. Gaz şeklinde amonyak kaybı, hayvancılığın da yer aldığı tarımsal işletmelerde, diğer tarımsal alanlara göre daha ciddi boyutlardadır. Tarımsal alanlarda özellikle amonyak ya da üre formunda azotlu gübre uygulandığında amonyak şeklindeki azot kayıpları daha fazla olmaktadır (Brohi ve ark. 1995).

Avrupa ülkelerinde yapılan araştırmalarla atmosferde  $\text{NH}_3$  konsantrasyonunun geçen 30-40 yıl içerisinde %50 oranında arttığı tespit edilmiştir. Atmosferde artan  $\text{NH}_3$  konsantrasyonu ise;

**a.** Çeşitli oksidasyon olaylarını etkilemektedir (örneğin  $\text{SO}_2$ ' nin oksidasyonunu).

**b.** Doğal ekosistem içerisinde diğer azotlu bileşiklerin taşınması ve birikmesi üzerinde temel etkiye sahiptir.

**c.** Toprağın asitleşmesine yol açmaktadır.

Amonyakın asitliğin hızlandırılması olayında yer alması ile iklim arasında bir ilişki söz konusudur. N'lu gübrelerden kaynaklanan doğal amonyak emisyonunun 4.5 milyon ton olduğu sanılmaktadır (Anonymous, 2009).

Atmosferik amonyak ayrıca görüşü zayıflatmakta, paslanma ve çürümeyi hızlandırmaktadır. Sonuç olarak ozon tabakası ve çevre sağlığını tehdit eden  $\text{N}_2\text{O}$  ve diğer azot gazlarının oluşumuna yol açan üç temel olay bulunmaktadır:

**a.** Atmosferde cereyan eden  $\text{N}_2$  transformasyon olayları,

**b.** Doğal azot döngüsü,

**c.** Toprağa ilave edilen organik ve inorganik azotlu gübrelerin maruz kaldıkları reaksiyonlar,

**d.** Endüstriyel faaliyetler.

Azot gazlarının normal seviyelerde tutulması açısından ilk iki olaya müdahale etmek pek mümkün değildir. Ancak özellikle gübre uygulamalarında dikkat etmemiz gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Örneğin havalanması zayıf olan ve pH'sı yüksek olan topraklara yüksek düzeyde uygulanacak olan azotlu ve özellikle  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_3$  formundaki gübreler,  $\text{N}_2\text{O}$  oluşumu ve  $\text{NH}_3$  şeklindeki buharlaşmayı artıracaktır. Dolayısıyla alınacak olan en önemli tedbir, gübre uygulamasında tarımsal verim artışı ve çevrenin korunması açısından en uygun gübre çeşidi, gübre

dozu, uygulama zamanı gibi kriterlere dikkat edilmesi ve ortam koşullarının dikkate alınmasıdır (Brohi, 1995; Karaman, 1995).

Çim veya üçgül, tıfildan hazırlanan kompostlar yüksek konsantrasyonlarda K (%1.3-4.4) içerirler ve kullanımlarında yüksek Kondaktivite değerlerinin doğuracağı zararlardan kaçınmak için besin elementlerince fakir bir materyal ile karıştırılarak uygulanmalarına ihtiyaç duyulur. Şehir kompostundaki K uygulanacak potasyum sülfattaki potasyumun % 64'ü kadar yararlıdır.

Alternatif N-kaynakları kullanımına yönelik önlemlerden biri de kompost edilmiş şehir ve yeşil ev atıklarının kullanımınıdır. Bahçe ve şehir atıkları tipik olarak % 1.4-1.7 N içerir, bunun yaklaşık % 0.1'i mineral N olup C:N oranı yaklaşık 15:1 dir.

Yeşil atık kompostu alınan kaynağa bağlı olarak değişiklikler göstermesine karşın gösterdiği farklılık çiftlik gübresi kompostundan daha azdır. Yeşil atık kompostu ahır gübresi kompostuna alternatif olarak kullanıldığında rotasyonda daha düşük verim elde edilme eğilimi vardır. Bu durum azotu daha stabil formda içermelerinden kaynaklanır. İki kaynaktan kompost kullanıldığında yararlanılabilir N % 1- 4 iken ahır gübresi kompostunda %6 civarındadır. Yararlanılabilirlik söz konusu olduğunda kompostan organik iyileştiriciler ve mineral gübrelere daha fazla P ve K temin edilir.

Mineral gübre kullanımının artması sonucu ürün kalitesi düşmekte, toprak zayıflamakta, zayıf toprakta yetişen kültür bitkilerinin hastalık ve zararlılara direnci azalmakta, bu da gittikçe artan miktarlarda zirai mücadele ilacı kullanılmasına neden olmaktadır. Artan mineral gübre kullanımı ile üretilen domateslerin dayanıklılıkları, tatları, kaliteleri bozulmakta, toprak ve çevre sorunları ortaya çıkmakta ve daha fazla gübre-daha fazla ilaç kısır döngüsüne girilmektedir (Brohi, 1995; Karaman, 1995).

Toprağa mineral gübrelere verilen N önce Nitrate, sonra Nitrite dönüşmekte, sonuçta nitrosamin problemine yani kanserojen etkiye neden olmaktadır. Bunun dışında, topraktaki N bağlayıcı bakterileri öldürmesi, meyvelerde şekil bozuklukları oluşturması, kalıtsal özelliklere zarar vermesi, sinir sisteminde bozukluklar, beyin fonksiyonlarının azalması ve hafıza kaybı, immün sisteminin ve troit bezinin zayıflamasına etkileri de bilinmektedir (Kozak,1996).

Bu çalışmanın amacı yeşil gübrelemenin kültür bitkilerinde mineral azot girdisi tasarrufu ve çevre açısından önemine yönelik araştırma sonuçlarını irdelemek ve yorumlayarak daha sağlıklı çevre açısından alternatif N-kaynakları kullanımına yönelik önlemler geliştirmektir.



## 2. MATERYAL ve METOD

Araştırmanın materyalini yurt içi ve yurt dışında, konuya ilişkin, farklı toprak ve iklim koşullarında yapılmış araştırmalara ait literatür bilgilerinin taranması sonucunda elde edilen veriler oluşturmuştur.

Veriler bir sistem içinde düzenlenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. İrdeme ve değerlendirme sonucunda da özellikle tek yönlü ticari gübre (azot) kullanımının çevre (toprak, su, atmosfer sistemi) açısından sakıncaları ön plana çıkarılarak yeşil gübrelemenin ve bağlanan azotun artırılması yönünde öneriler geliştirilmiştir.



### 3.KONUUYLA İLGİLİ ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Yeşil Gübre Bitkilerinin Genel Tanımı

Yeşil gübre esas olarak toprakta gerekli organik maddeyi sağlamak amacıyla yetiştirilen bitkilerin, gelişmelerinin belli bir devrelerinde ve henüz yeşil halde iken sürülerek toprak altına getirilmesidir.

Yeşil gübrelemede daha çok fiğ, bakla, üçgül, yonca,, taş yoncası gibi havanın azotundan istifade ederek köklerinde azot biriktiren ve bu sebeple toprağı azotça zenginleştiren bitkinin seçilmesi en uygundur.

Yeşil gübre bitkileri yaklaşık olarak % 10 çiçeklendikleri dönemde pullukla sürülerek toprağı gömülür ve toprakta çürümeleri sağlanır. Yeşil gübre bitkisi olarak çok sık yetiştirilen bitkiler Çizelge3.1' te verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yeşil gübre bitkileri (Kacar ve Katkat 1999)

Baklagil bitkileri	Baklagil olmayan bitkiler
Yonca	Çavdar
Çayır üçgülü	Yulaf
Taş yoncası	Arpa
<b>Soya fasulyesi</b>	Darı
Kanada yem bezelyesi	Karabuğday
Yem börülcesi	Buğday
Kırmızı üçgül	Çim
Japon üçgülü	Sudan otu
Yabani tüylü fiğ	Hardal
Avusturya bezelyesi	Kolza

Dogbe (2010), Ghana da sürdürülebilir tarım için yeşil gübreler başlıklı çalışmasında, Calopogonium'un yıllık kuru madde üretiminin Kasım-Aralık aylarında 5-8 t / ha olduğunu bildirmektedir. Bunların yere düşen tohumlar olduğu ve nadasa bırakılan yerlerde Nisan ayında, yağmurların başlaması ile yeşermeye başladığını bildirmektedir. Daha sonra bu tohumların büyüyürek Haziran ayında

1-3 t / ha arasında %2 N içeren biyokütle oluşturduğunu ve 3 yılda Calopogonium'un toprak organik madde ve katyon değişim kapasitesini önemli ölçüde iyileştirdiğini ifade etmektedir.

### 3.1.1. Baklagil Yeşil Gübre Bitkileri

Yeşil gübre bitkisi olarak çok çeşitli bitkiler yetiştirilirse de baklagil bitkileri daima baklagil olmayan bitkilere tercih edilmekte ve bunlar en iyi yeşil gübre bitkileri olarak kabul edilmektedir. Baklagillerin yeşil gübre olarak tercih edilme nedeni köklerinde bulunan nodüller yardımıyla havadaki serbest azotu organik formda toprağa bağlayarak toprağa azot kazandırmasıdır.

Özellikle baklagiller, köklerindeki nodüller yardımıyla havanın azotunu hapsederek bitkiye istenen azotlu besinleri sağlarlar. Baklagiller dışında yeşil gübre olarak kullanılan bitkiler de vardır. Ancak bunlar toprağa havanın azotunu verme özelliğine sahip değildir. En çok kullanılan yeşil gübre bitkileri baklagillerden tırfıl, yonca, hayvan börülcesi, yer fıstığı, soya fasulyesi, kışlık bezelye, bakla, lüpen (acı bakla), Japon tırfılı(lespedeza); baklagil olmayanlardan ise yulaf, çavdar, sudan otu, akdarı ve mısırdır (Ekici,2004).

Çengel ve ark (2009), iki farklı lokasyonda yürütülen (Manisa- Horozköy ve Alaşehir – Yeşilyurt) organik bağ denemelerinde; arpa+ fiğ (A+F), bakla + fiğ (B+F) ve çiftlik gübresi (ÇG) uygulamalarının topraktaki mikrobiyal aktivite üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada yeşil gübre olarak uygulanan bakla+fiğ 10+4 kg/da; arpa+fiğ ise 5+6 kg/da olarak çiftlik gübresi ise 1 t/da olarak uygulanmıştır. Denemeler 2000- 2004 yılları arasında yürütülmüştür. Deneme süresince her yıl Eylül ayında 0- 25cm derinlikten toprak örnekleri alınmış ve bu örneklerde mikrobiyolojik analiz olarak toprak solunumu, mikrobiyal biyomas, proteaz enzim aktivitesi ve azotobakter sayımları yapılmıştır. Ayrıca toprakların toplam organik karbon (TOK), azot ve humik madde miktarları da belirlenmiştir. Manisa-Horozköy denemesinde, çalışmanın üçüncü yılında, diğer denemede ise dördüncü yılda TOK değerleri önemli düzeylerde yükselmiştir. Topraktaki TOK miktarının artışında en fazla etkili olan uygulama A+F, humik madde artışında ise A+F ve B+F

uygulamaları olmuştur. Topraktaki mikrobiyolojik aktiviteyi de en fazla uyaran uygulamalar yeşil gübreler olmuştur. Alaşehir-Yeşilyurt topraklarında diğer denemeye oranla uygulamaların olumlu etkisi çok daha az oranlarda ortaya çıkmıştır. Bu toprakların kumlu tın bünyeye sahip olması, büyük olasılıkla söz konusu organik gübrelerin toprakta hızlı bir şekilde ayrışarak etkisinin azalmasına neden olmuştur. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar; toprağın kimyasal özellikleri üzerine çiftlik gübresinin, biyolojik özellikleri üzerine ise yeşil gübrelemenin daha fazla etkisi olduğunu göstermektedir. Akdeniz iklim bölgesi topraklarında yüksek sıcaklığa bağlı olarak hızlı gerçekleşen mineralizasyondan dolayı, topraklarda organik madde miktarını artırmak son derece zordur. Deneme topraklarında kontrole oranla yeşil gübre uygulamaları ile % 73'e, çiftlik gübresi uygulaması ile de % 35'e varan organik karbon artışları önemli bir sonuçtur. Aynı şekilde mikrobiyal aktivite de önemli oranda yükselmiştir. Araştırmadan elde edilen diğer bir sonuç, Alaşehir-Yeşilyurt topraklarında diğer denemeye (Manisa-Horozköy) oranla uygulamaların olumlu etkisinin çok daha az oranlarda ortaya çıkmasıdır. Bu toprakların % 68 oranında kum içermesi, büyük olasılıkla söz konusu organik gübrelerin toprakta hızlı bir şekilde ayrışarak etkisinin azalmasına neden olmuştur. Araştırma sonuçları, topraklara yeşil gübreleme ve çiftlik gübresi uygulamalarının toprağın kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerindeki etkisinin toprak özelliklerine ve özellikle de bünyeye göre değişebileceğini göstermektedir.

Beşirli ve ark (2003 ), araştırma 2000- 2002 yılları arasında Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü organik tarım parselinde yürütüldüğü denemede domates (*Lycopersicon esculentum L.*) ve ıspanak (*Spina oleraceaeL.*)'ın organik tarım koşullarında yetiştirilebilirliği araştırılmıştır. Araştırmada H 2274 domates çeşidi ile Matador ıspanak çeşidi kullanılmıştır. Deneme yeşil gübre uygulaması yapılan ve yeşil gübre uygulaması yapılmayan iki ana parselde tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre, üç tekerrürlü olarak çakılı deneme desenine göre yürütülmüştür. Yeşil gübre olarak adi fiğ (*Vicia sativa L.*) kullanılmıştır. Denemede organik bitki besin maddeleri ile mineral gübrelerin domates ve ıspanağın verim ve kalitesi ile toprak yapısına etkileri incelenmiştir. Organik bitki besin maddesi olarak sığırcı gübresi (SG), tavuk gübresi (TG), koyun

gübresi (KG), deniz yosunu (DY), ve bioenzim (BİO) kullanılırken mineral gübre olarak azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, elde edilen bulgular ile maliyet analizi yapılarak geleneksel üretim ile organik tarım üretim sistemleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada, brüt kar (BK) analiz yöntemi kullanılmıştır. Domates denemesinde bir parsel alanı 16.2 m<sup>2</sup> iken ispanak denemesinde 6.75 m<sup>2</sup>'dir. Denemede, dikim öncesi ve hasat sonrası toprak analizleri yapılarak toprak yapısındaki değişimler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, domates denemesinde incelenen tüm kalite ve verim kriterleri üzerine yeşil gübreleme olumlu etki yapmıştır. Bitki besin maddesi uygulamaları birbiri ile karşılaştırıldığında ise genel olarak iki grup oluşmuştur. Birinci gruba kontrol ile yaprakdan uygulanan DY ve Bio girerken ikinci gruba SG, KG, TG ve NP uygulamaları girmiştir. İkinci grup uygulamalarında verim yönünden çeşitin ortalama verim potansiyeline ulaşılırken birinci grup uygulamalarında bu potansiyelin altında kalmıştır. 4 682 kg/da verim ile KG uygulaması ilk sırada yer alırken, bunu SG (4 300 kg/da), TG (4 242 kg/da) ve NP (4 078 kg/da) uygulamaları takip etmiştir. Yeşil gübreleme yapılmayan parselde göre yeşil gübreleme yapılan parselden %49.54 oranında daha yüksek verim elde edilmiştir. Ispanak denemesinde de ön bitki uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur. Ancak bu denemede yeşil gübre uygulaması yapılmayan parselde bitkisel özellikler ve verim değerleri daha üstün bulunmuştur. Yeşil gübreleme yapılan uygulamaya göre (817.48 kg/da) yeşil gübreleme yapılmayan uygulamadan (904.74 kg/da) %9.64 oranında daha yüksek verim elde edilmiştir. Ispanakta nitrat miktarı üzerine bitki besin maddelerinin etkisi ön bitki uygulamalarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Her iki ön uygulamada en fazla nitrat miktarı NP uygulamasında bulunmuştur. Nitrat miktarı, yeşil gübreleme yapılan NP parsellerinde üretilen bitkilerde 529.73.mg/kg ile ilk gruba girerken, yeşil gübreleme yapılmayan NP parsellerinde üretilen bitkilerde 348.86 mg/kg ile ikinci grupta yer almıştır. SG ve DY uygulamalarında yeşil gübreleme yapılan parsellerde nitrat miktarı sırası ile 75.65 mg/kg ve 54.24 mg/kg'dır. Yeşil gübre uygulaması yapılmayan SG ve DY uygulamalarının bu değerleri ise; 123.14 mg/kg ve 134mg/kg'dır. Diğer bitki besin maddesi uygulamalarının nitrat birikimi üzerine etkisi ön bitkiye bağlı olarak önemli olmamıştır. Domates ve ispanak denemelerinin

her ikisinde de yeşil gübre uygulamasının toprak yapısı üzerine olumlu etki yaptığı belirlenmiştir. Yapılan maliyet analizi sonucunda; domates denemesinde yeşil gübreleme yapılan alanda, tüm uygulamalarda BK pozitif çıkmıştır. Yeşil gübreleme yapılmayan üretim alanında ise; yalnızca BİO ve DY uygulamalarında BK negatif çıkmıştır. Bu denemede, yeşil gübreleme yapılan alanda en yüksek BK, KG uygulamasından elde edilirken, yeşil gübreleme yapılmayan alanda en yüksek BK SG uygulamasından elde edilmiştir. Ispanak denemesinde ise; üç yıllık ortalamalarda pozitif BK hesaplanamamıştır. Ancak, 2002 yılı denemelerinde yeşil gübreli alanda TG uygulamasından pozitif BK elde edilmiştir. Deneme sonucunda, KG, SG ve TG organik gübrelerinin kullanımı ile en az mineral NP kullanımı kadar verim alınabileceği, DY ve BİO gibi uygulamaların tek başına yetersiz olduğu belirlenmiştir. Bu uygulamaların KG, SG ya da TG ile kombine edilerek kullanımının hem toprak verimliliğinin sürekliliği hem de yeterli miktarda ürün elde edebilmek için önemli olduğu tesbit edilmiştir. Ayrıca yeşil gübrelemenin ürün kalitesi, verimlilik ve toprak yapısının iyileştirilmesi için önemli olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda ekim nöbeti programlarının belirlenmesi, yeşil gübreleme, kompost yapımı ve organik tarımda kullanılacak yerel bitki besin maddesi ve pestisitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

### **3.1.2. Yeşil Gübrelemenin Toprak Verimliliği Açısından Önemi**

Yeşil gübrelemenin en önemli yararı toprağı organik madde yönünden zenginleştirmesidir. Özellikle ahır gübresinin az bulunduğu yerlerde yeşil gübreleme yoluyla toprağın organik madde düzeyi önemli miktarda artırılmaktadır. Yeşil gübre olarak uygulanan bitkinin azot içeriğine bağlı olarak yeşil gübreleme ile toprağı azot verilir. Eğer yeşil gübre olarak baklagil bitkileri kullanılmış ise toprağı göreceli olarak daha fazla azot sağlanır.

Mubarik (1999), tarafından tropik bölgedeki ovada pirinç üretiminde yeşil gübre kullanımı konulu çalışmasında, yeşil gübre bitkilerinin, kısa sürede gıda ve yem bitkisi olarak düşünüldüğünde mineral azot ve organik azota göre daha karlı

olduğu belirtilmiştir. Pirinçteki verim artışı olarak düşünüldüğünde ise yeşil gübrelemenin kısa sürede katkı sağlamayacağı buna karşın uzun sürede yararlılığının arttığı görülmüştür.

Baklagillerle dekara sağlanan azot, fosfor ve potasyum miktarları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Baklagillerle dekara sağlanan besin maddeleri miktarı (kg) (Atilla 1999)

Bitki, ot olarak	Ürün, kg	Azot		Fosfor		Potasyum	
		Üst	Kök	Üst	Kök	Üst	Kök
Börülce	182,6	10,6	2,5	2,2	0,7	7,6	1,5
Soya fasulyesi	213,1	8,4	1,5	2,4	0,6	8,5	1,6
Soya fasulyesi	253,7	18,5	1,0	4,7	0,2	12,2	0,7
Bakla	194,3	19,2	3,6	3,4	0,7	17,1	2,2
Fiğ	243,5	17,1	3,0	4,1	0,8	18,3	2,5
Çayır üçgülü	253,7	15,5	4,9	3,6	1,5	17,0	3,6

Yeşil gübreleme ile toprağa organik materyalin uygulanması, toprak mikroorganizmalarına besin kaynağı sağlanması nedeniyle, toprakta mikroorganizmaların nicelik ve işlevleri üzerine olumlu etki yapar.

Yeşil gübreleme ile yetiştirilen bitkiler toprağın derinliklerinden aldıkları bitki besin elementleri ile toprağın üst kısımlarının varsıl hale gelmelerine yardımcı olurlar. Yeşil gübre bitkileri toprak yüzeyini çeşitli etkenlere ve özellikle erozyona karşı korurlar. Bir bitkinin amaca uygun yeşil gübre bitkisi olabilmesi için hızlı gelişmesi, bol miktarda vejetatif organ oluşturması ve yoksul topraklarda bile iyi yetişebilmesi gerekir.

Yeşil gübre bitkileri en uygun zamanda toprakla karıştırılmalıdır. Burada en önemli nokta bitkinin C:N oranıdır. C:N oranı büyük bitkilerin toprakta ayrışmaları için daha uzun zamana gereksinimleri vardır.

Gök ve Sağlantimur (1991), ülkemiz toprakları genellikle organik madde yönünden fakir olduğu için, toprakların hem total azot ve potansiyel Nmin içerikleri hem de fiziksel-kimyasal-biyolojik verimlilikleri oldukça düşüktür. Buna karşın bitkilerin azot gereksinimlerini karşılamak için toprağın azot miktarını arttırmada önemli rolü



olan baklagillerin ekim nöbetine konması yerine çoğunlukla mineral azot gübrelemesine başvurulmaktadır.

Bu çalışmada fiğ, yulaf, fiğ+yulaf karışımı, üçgül, bakla gibi yeşil gübre bitkilerinin ve bunların farklı uygulamalarının tarla koşullarında toprakta mineralize olabilen azot (nitrat + amonyum+nitrit) kapsamına etkisi araştırıldı. Denemede ayrıca ahır gübresi ile gübrelenmiş ve nadasa bırakılmış alanlarda mineral azot izlenmiştir. Deneme sonuçları öncelikle gerek farklı yeşil gübre bitkilerinin, gerekse bunların farklı uygulamalarının topraktaki nitrat içeriğini önemli derecede etkilediğini göstermiştir. Yeşil gübre bitkisi olarak fiğ, fiğ+yulaf ve baklanın etkili olduğu parsellerdeki nitrat içeriği yulaf, ahır gübresi ve nadas alanlarına oranla 56 günlük süreçteki tüm ölçümlerde çok daha yüksek bulunmuştur. Bu, Baklagil bitkilerinde simbiyotik yolla bağlanan azotun mineralize olmasından kaynaklanmıştır. Amonyum içeriği bakımından varyantlar arasında önemli bir fark görülmemiş, nitrit miktarı ise tüm varyantlarda oldukça düşük bulunmuştur.

Onaç ve ark (1997), belirli dönemlerde alınan toprak örneklerinde yaptıkları nitrat ve amonyum sonuçlarına göre mineral azotun önemli bölümünün nitrat azotundan oluştuğu, az bir bölümünün ise amonyum azotundan oluştuğu görülmüştür. Tüm örnekleme dönemi boyunca toprağın nitrat ve amonyum içeriği, Baklagil (bakla+fiğ karışımı ve iskenderiye üçgüğü) uygulamasına ve mekanizasyon (rotatüler, rotatüler+sapkese ve sapkese+diskli pulluk) uygulamasına göre değişmiştir. Farklı mekanizasyon uygulamaları ile toprağa karıştırılmış yeşil gübre bitkilerinin mısır ekili alanda zamana bağlı olarak toprağın mineral azotunun önemli bölümünün (özellikle yeşil gübrelemeyi izleyen ilk 2-2.5 aylık dönemde) nitrat azotundan oluştuğu, az bir bölümünün ise amonyum azotundan oluştuğu görülmüştür. Yine farklı mekanizasyon uygulamaları ile toprağa karıştırılmış, bazı baklagil yeşil gübre bitkilerinin mısır ekili alanda zamana bağlı olarak toprağın amonyum azotu içeriği tüm örnekleme dönemleri boyunca 0.4 - 3.2 kg/da arasında değişmiş, ancak genel ortalamalar itibarıyla toprağın amonyum azotu miktarlarında, ne yeşil gübre bitkilerinin çeşidine, ne de farklı mekanizasyon uygulamalarına göre belirgin bir "fark görülmemiştir. Ayrıca, yeşil gübreleme, yapılmış parsellerdeki amonyum miktarları ile kontrol (buğday+mısır) uygulaması arasında da belirgin bir fark bulunamamıştır. Farklı mekanizasyon uygulamaları altında ban baklagil

yeşil gübre bitkilerinin, mısırdaki verime etkisi sadece verimler dikkate alınarak yapılan istatistiki analizler sonucunda, en yüksek mısır dane verimi 1160 kg/da ile iskenderiye üçgülü' nün sapkeser+diskli pulluk uygulamasından elde edilmiştir. En düşük mısır dane verimi ise 937 kg/da ile bakla+fıg' in rotatiller uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca yine yeşil gübre uygulanmamış kontrol (buğday+mısır) parsellerinden elde edilen mısır verimi, yeşil gübre bitkisi uygulanmış parsellere göre oldukça düşük bulunmuştur.

Akbolat ve ark.(2004), sürdürülebilir tarımın bir gereği olan azaltılmış ve korumalı tarımda tahıl atıklarının toprağa dönüşümünün sağlanması önemli bir etkidir. Toprağa karıştırılan bitkisel atığın iyi işlenememesi ve miktarının fazlalığı gerek tohum yatağı hazırlığı gerekse sonraki aşamalarda tohumun çimlenmesi ve gelişimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için tohum yatağı hazırlığı amacıyla toprak işleme sırasında bu atıkların küçük boyutlarda parçalanması ve toprak içine tekdüze olarak dağıtılması gerekmektedir. Bu şekilde işleme uğratılan materyalin toprakla değinimi artacağından ayrışma süresi kısalmaktadır. Bir yandan mineralizasyonla içerdiği bitki besin elementleri yararlı forma dönüşecek diğer yandan hüminifikasyon ile toprağın hümin madde içeriği artacaktır. Yapılan çalışmalardan, toprak işleme sistemlerinin ve aletlerinin bitkisel materyalin ayrışmasına etkisi daha çok parça boyutunu küçültmesi ve toprak solunumunu artırabilme oranıyla ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Kulaklı pulluğun organik materyali parçalama etkisinden çok toprağı çok fazla alt-üst etmesi nedeniyle havalanmayı artırdığı bu nedenle ayrışmayı hızlandırdığı, işleme derinliği artışıyla toprağa gömülen materyalin yüzeyde kalan materyale göre daha hızlı ayrıştığı önceki çalışmalardan anlaşılmaktadır. Alışlagelmiş sistemin sürdürülebilir tarımdaki güncelliğini kaybetmesi ile bitkisel atıkları yüzeysel olarak toprağa karıştıran veya doğrudan ekim sistemlerinin önemi artmıştır. Dönel toprak işleme aletlerinin toprağa atıkları karıştırma sırasında materyali parçalayarak tekdüze dağılımı sağlaması, işlem sayısını azaltması ve kombinasyon aleti için uygun olması nedeniyle sürdürülebilir tarımda önemli bir işleve sahiptir.

### 3.1.3. Türkiye’de ve Dünyada Yeşil Gübreleme

Ülkemizde ve dünyada, yeşil gübre bitkileri temel olarak Esas bitki, Alt bitki, Anıza Ekim bitkisi olarak yetiştirilmektedir.

Esas bitki yeşil gübreleme yapılacak tarlada o vejetasyon periyodunda sadece yeşil gübre bitkisinin yetiştirilmesidir. Ülkemizde nadasa bırakılan yerler için düşünülebilir. Fakat bu sistemde de yeşil gübre bitkisinin en geç ilkbahar sonunda toprağa gömülmesi gerekir. Aksi takdirde parçalanma için yeterli su bulamaz ve sonbahar ekimlerinde problemler doğar.

Alt bitki yeşil gübre bitkisinin alt bitki olarak yetiştirilmesi özellikle bol yağış alan (600 mm’nin üstünde) ve özellikleri iyi olan topraklarda çok iyi olmaktadır.

Bu sistemin uygulanmasında su ve toprak özellikleri yanında bitki tesiri olarak üst bitkinin gelişme süresinin de dikkate alınması ve seçilecek üst bitkinin gelişmesini mümkün olduğu kadar çabuk tamamlayarak tarlayı en kısa zamanda terk etmesi gerekir.

Anıza ekim bitkisi esas bitkinin hasadından sonra anız üzerine yeşil gübre bitkilerinin ekiminin yapıldığı bir sistemdir. Ekilecek bitkiye göre sonbahar veya ilkbaharda toprağa karıştırılır.

Snapp ve ark (2002), Güney Afrika’da, sınırlı imkanlar nedeniyle gübrelenemeyen alanlarda yapılan mısır üretiminde elde edilen verimin çok düşük olduğunu ancak sisteme bir baklagil yeşil gübre bitkisi dahil edilmesi halinde 1 dekar toprağa 50 kg’a kadar organik azot kazandırılabileceğini rapor etmişler, bu uygulama ile elde edilen ürün miktarında belirgin artışlar sağlanabileceğini de bildirmişlerdir.

Ayrıca yeşil gübre bitkisi olarak dünyada ve ülkemizde de uygulanan azola bitkisinin, su ihtiyacı fazla olması nedeniyle, yaygın olmamakla beraber Ege bölgesinde ekimi yapılmaktadır.

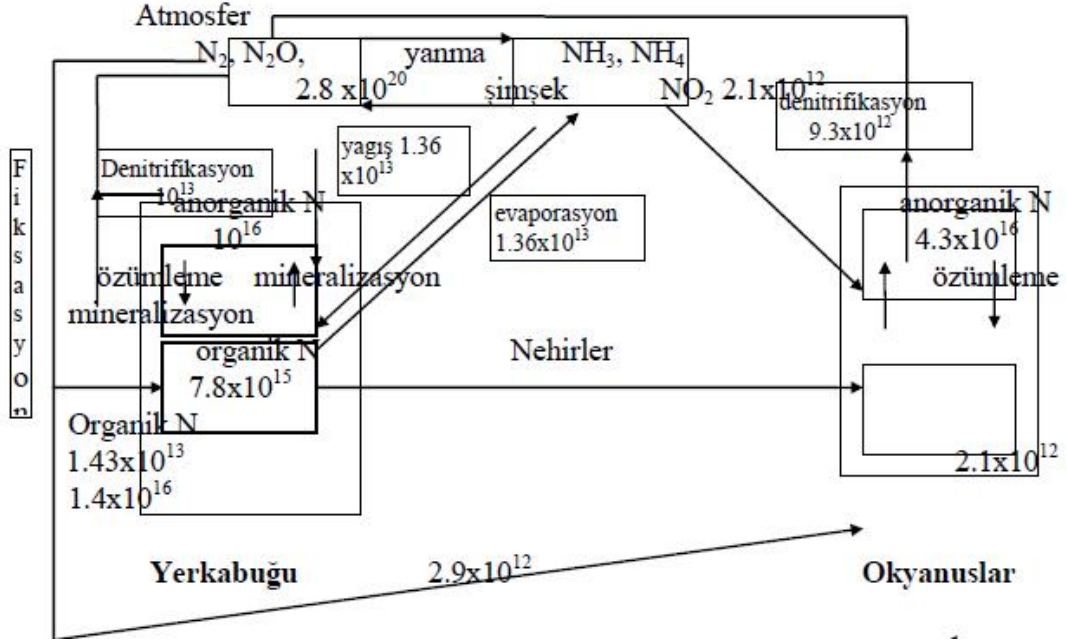
Gevrek ve Yağmur (2001), yeşil gübre bitkisi olarak kullanılan azola bitkisi ile ilgili (*Azola anabaena*) yapılan çalışmada azola bitkisinin *Salviniciaceae* familyasından, tohumuz bitkiler grubuna girdiğini, sucul bir eğrelti otu olup sulama problemi olmayan tüm ülkelerde yeşil gübre bitkisi olarak kullanılabilirliği belirtmişlerdir. Özellikle *Azola mexicana* – 2026 Azola türünün, İzmir bölgesi çevre

koşullarına uyum sağladığı belirtilmiştir. Araştırmanın temel amacı olarak Azola bitkisinin tarımsal özellikleri ve Akdeniz iklim bölgesine adaptasyonunun belirlenmesine değinilmiştir. Yapılan bu araştırmanın sonucu olarak, Azola bitkisinin Akdeniz bölgesinin etkisi altında kalan Ege - Akdeniz kıyı şeridinde iyi uyum sağladığını tespit etmişlerdir. C/N oranının 10'a yakın olması, eğrelti otunun kısa sürede mineralizasyonuna ve organik madde oranının yüksekliği nedeniyle de iyi bir organik madde kaynağı olduğu da anlaşılmıştır. Makro ve mikro element içeriğinin yüksekliği ise Azola bitkisinin besin elementlerince zengin olduğunu göstermiştir. Böylece Azola bitkisinin bitki besin maddelerince destekli organik madde arayışına iyi cevap verebilecek bir özelliğe sahip olduğu anlaşılmıştır.

### 3.2. Azot Döngüsü

Toprakta ve bazı bitki gruplarının köklerindeki yumrulara azot bağlayan bakteriler yaşar. Bu bakteriler, azot gazını amonyağa dönüştürür. Yumrulardaki bakteriler, besinlerini bitkiden alırken, bunun karşılığında bitkilere gereksinim duydukları azotu sağlar. Fazla amonyak, toprağa salınır ve burada nitrifikasyon bakterileri tarafından önce nitrite, sonra da nitrate dönüştürülür. Nitrat bitkiler tarafından alınır ve protein gibi önemli moleküllerin üretiminde kullanılır. Böylece azot besin zincirine girer. Azot, bitkiler ve hayvanlar atık ürettiklerinde ya da öldüklerinde, ayrışma işlemiyle amonyak formunda tekrar toprağa döner. Toprakta bulunan denitrifikasyon bakterileri de nitrit ya da nitratı tekrar azot gazına dönüştürür. Böylece azot tekrar atmosfere karışır. Bakteriler azot bağlama işlemi için nitrojenaz enzimi kullanırlar. Atmosferde, %78 oranında azot bulunmaktadır. Diğer gazlar geri kalan %22'sini oluşturur.

Azot ayrıca kayaçların bileşimine girdiğinde litosferde, suda çözülmüş halde hidrosferde ve canlı bünyesinde bulunduğundan biyosferde de bulunmaktadır. Yer kabuğunda bulunan azotun  $10^{16}$  molü inorganik,  $7.8 \times 10^{15}$  molü ise organik azot formları halindedir. Çoğunluğunu okyanus sularının oluşturduğu akuvatik ekosistemlerde ise  $4.3 \times 10^{16}$  mol inorganik,  $1.4 \times 10^{16}$  mol organik azot bulunmaktadır. Azotun genel döngüsü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Azot döngüsü. Rezervuar üniteleri mol -N, akışlar ise mol yıl olarak belirtilmiştir (Haktanır ve Arcak,1997)

Doğada azot bir seri oksidasyon basamaklarında bulunur. Bunlar -3 değerlik ile  $NH_3$ , 0 değerlik ile  $N_2$ , +1 değerlik ile  $N_2O$ , +3 değerlik ile  $NO_2$  ve +5 değerlik ile  $NO_3^-$ 'dir.

Bitkiler ve mikroorganizmaların çoğu atmosferde bulunan  $N=N$  gazından besin maddesi olarak yararlanamazlar. Ancak bazı özelleşmiş mikroorganizma grupları serbest azot gazını redükte ederek amonyak formuna çevirirler. Bu olay biyolojik *azot fiksasyonu* olarak tanımlanmaktadır. Bitkiler ise nitrat ( $NO_3^-$ ) ve amonyum ( $NH_4^+$ ) iyonları halindeki azotu kullanabilirler.

Toprakta bulunan yarıyışlı azot formları yer kabuğunda bulunan azotun çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Birincil tüketiciler (herbivor) ve ikincil tüketiciler (karnivor ve predatörler) ise ancak aminoasit formundaki organik azottan yararlanabilirler.

Azot döngüsü nispeten az sayıda olay içermektedir. Bunlar mineralizasyon, fiksasyon, asimilasyon ve denitrifikasyondur.

Mineralizasyon olayı esas olarak aminoasit formundaki organik azotun amonyak, nitrit ve nitrat şekillerine dönüşümünü tanımlamaktadır.

Azot, fosfor ve potasyum ile birlikte topraktan en fazla kaldırılan bitki besin elementi olup, bunlar içinde mikrobiyal transformasyona en duyarlı olan element azottur. Azotun toprak verimliliğinde ve bitkisel üretimdeki önemli görevi nedeniyle, topraktaki azot noksanlığı, hem ürün kalitesini hem de alınan ürün miktarını olumsuz etkiler.

Azot, hem gaz halinde, hem de yıkanma ile kaybolan bitki besin elementlerinden biridir. Atmosferdeki azot gazının yukarıda tanımlanan çeşitli yollar ile toprağa katılması, bitki ve hayvan dokusuna girmesi, daha sonra bu dokuların ayrışması ile mineralize olması ve bu sırada kayıplara uğraması azot döngüsü içinde gerçekleşmektedir.

Azotun doğadaki döngüsü oldukça dinamik olup atmosfer, hidrosfer, toprak ve canlı dokusu gibi çevre bileşenleri arasında hızlı bir etkileşim bulunmaktadır. Kompleks azotlu bileşiklerin, ayrışma ve transformasyonlar sonucunda basit inorganik azot formlarına dönüşmesine *mineralizasyon*, bunun tersine olarak mineral azot formlarının canlı organizma dokularına alınarak karmaşık bileşikler içinde organik olarak tutulması olayına *asimilasyon* veya *azot immobilizasyonu* adı verilmektedir.

Azot mineralizasyonunun hızı, ayrışmaya uğrayan organik bileşiklerin C/N oranlarına bağlıdır. Şayet bu oran 25/1'den büyükse, mikroorganizmalar azot açığını kapatmak için toprak azotundan yararlanır ve bu nedenle bitkiler ile rekabete girerler. azot mineralizasyonu ve amonifikasyonu gerçekleştiren mikroorganizmalar toprağın nem düzeyindeki değişimlerden, diğer bir deyimle kuruma ve ıslanmadan etkilenirler.

Azot tarımsal üretimde en önemli bitki besin maddelerinden biridir. Bir tarım toprağı diğer besin maddelerince (örneğin K ve P) zengin ve bunların noksanlıkları görülmeden yıllarca üretim yapılabildiği halde, azotun çok hareketli olması ve bitkiler tarafından yüksek oranda alınması nedeniyle gelişme dönemi içerisinde noksanlıkları görülebilmektedir. Azotun bu dinamik doğasını anlamak azot döngüsünü anlamaktan geçer. Azot döngüsü amonyak ( $\text{NH}_4^+$ ) ve nitratın ( $\text{NO}_3^-$ )

organik maddelerin mineralizasyonu düşünülür. Azot mineralizasyonu organik azotun inorganik azot formlarına ( $\text{NH}_4^+$ , ve  $\text{NO}_3^-$ ) dönüşmesidir. Bu olay heterotrofik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir (Jansson ve Pearson, 1982). Mineralizasyon sonucu açığa amonyum, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından alınarak yeni inorganik bileşikler sentezlenmekte veya amonyum topraktaki kil mineralleri tarafından tutulmaktadır. Bunun yanında amonyum nitrifikasyon bakterileri tarafından bitkilerin en çok tercih ettiği form olan  $\text{NO}_3^-$ 'a oksitlenebilmektedir (Olsen ve Kurtz, 1982). Bitki ve mikroorganizmalar  $\text{NO}_3^-$ 'ı topraktan alarak organik olarak bağlarlar. Azot bu toprak ve bitki döngüsü içerisinde kayba uğramakta veya bitkiler tarafından alınmaktadır. Azot topraktan hasat, yıkanma, erozyon, denitrifikasyon ve bitki artıklarının yakılması şeklinde uzaklaşmaktadır. Döngüde toprağa azot ilavesi kimyasal gübreler, organik atıklar, biyolojik fiksasyon ve yağışlarla olmaktadır.

### 3.2.1. Baklagillerde Azot Fiksasyonu

Atmosferde bulunan moleküler azotun amonyum formlarına indirgenerek yararlı duruma geçmesine azot fiksasyonu denir.

Azot fiksasyonu genel olarak fide döneminde başlar ve vejetatif gelişme dönemi boyunca devam eder. Çiçeklenme döneminde azot fiksasyonu maksimuma ulaştığı ve bakla dolumuyla da hızla düştüğü belirtilmektedir (Spert 1976; Anonymous, 1996; Adjei ve ark., 2002; Krouma ve Abdelly, 2003; Coşkan, 2004; Chau, 2006; Doğan, 2007'den).

Biyolojik azot fiksasyonu ise atmosferde bulunan bitkilerce doğrudan kullanılamaz haldeki inorganik, moleküler yapıdaki azotun biyolojik olarak fikse edilmesi ve organik forma çevrilmesidir. Bu olay birçok farklı tipteki toprak organizmalarınca yürütülmektedir. Biyolojik azot fiksasyonu, ekili tarımsal alanlarda genellikle düşük düzeydedir. Buna karşılık baklagil bitkilerinin ekildiği alanlar, çayır, ormanlar, küçük ölçüde de çeltik için biyolojik azot fiksasyonu oldukça önemli bir azot kaynağıdır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Değişik ekosistemlerde biyolojik fiksasyonla tutulan azot miktarları (Hauck,1971).

Ekosistemler	Biyolojik N <sub>2</sub> kazancı, kg N/ ha/ yıl
Tarım arazisi	7-28
Çayır,baklagil içermeyen	7-114
Çayır, baklagil içeren	73-865
Orman alanı	58-594
Çeltik tarımı	13-99
Nehir ve göller	70-250

Baklagiller toprak mikroorganizmaları ile simbiyotik yaşayarak azot fiksasyonunu yaparlar. Baklagiller köklerinde bulunan nodüller aracılığıyla toprağa azot bağlayarak azotun topraktan atmosfere kaybının yanı sıra mineral formda topraktan kaybolmasını önlemektedir.

Kızıl ve Çoban (2004), yaptıkları çalışmalarında baklagil bitkilerinin dışında tüm bitkilerin azot gereksinimlerini topraktan karşıladığını, bu nedenle, azotun topraktaki içeriği ve toprakta hangi formlarda bulunduğunun çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. Atmosferde bulunan yüksek düzeydeki elementer azotun bitkilere yararlı hale dönüştürülmesi için fazla enerji ve yatırımın gerektiğini, aynı zamanda azotlu bileşikler kolayca gaz ve çözünebilir bileşiklere parçalanarak toprakta yağmur suları ile yıkanılır veya gaz halinde uçarak bir kısmının bitkilere yararlı hale dönüştüğünü tespit etmişlerdir. Bunun sonucunda, topraklarda net azot kazancı açısından azotu alınabilir formda içeren ya da kolay ayrışabilir bileşiklerin toprağa ilavesi gerektiğini, biyolojik azot kazancı, atmosferde bulunan ve bitkilerce doğrudan kullanılamaz haldeki inorganik, moleküler yapıdaki azotun, biyolojik olarak fikse edilmesi, organik forma çevrilmesi ve tarımsal sisteme kazandırılmasını sağladığını tesbit etmişlerdir.

Yapılan bu araştırmaların sonucunda, toprakta çok çeşitli azot kayıp olaylarının söz konusu olduğunu ve bu nedenle, topraklarda net azot kazancı



açısından azotu alınabilir formda içeren ya da kolay ayrışabilir bileşiklerin toprağa ilavesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bu çerçevede; gerek simbiyotik ve gerekse simbiyotik olmayan yolla doğal azot kazancı, özellikle sürdürülebilir tarım açısından mutlaka değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Simbiyotik yaşayan bakteriler “konukçu” denilen bir bitkinin kökleri içinde yaşarlar. Bakteri konukçu bitkiden kendi ihtiyacı olan karbohidratları alarak yaşar ve bu sırada havadan aldığı azotu konukçu bitkiye verir. Karşılıklı bir işbirliği esasına dayalı bu yaşam şekline “simbiyotik yaşam” denir. *Rhizobium* bakterisi konukçu bitki üzerinde nodül denen yumrular oluşturur ve nodül içinde azot fiksasyonu yaparlar. Simbiyotik azot fiksasyonu nitrogenaz enzimi ile katalize ettiği tanımlanmıştır (Conradson ve ark., 1994; Doğan, 2007).

Dakora ve Keya (1997) Afrika sürdürülebilir tarımı için azot bağlayıcı baklagillerin katkısı başlıklı çalışmalarında, tane baklagillerin 15-210 kgN/ha bağladığını ve bundan dolayı geleneksel üretim deseninin önemli bir parçası olduğunu ancak, yüksek azot kullanımı ve diğer çeşitli çevresel faktörlerin sınırlandırıcı etkisi olduğunu bildirmektedirler. Çalışma sonucunda mevcut geleneksel üretim sisteminin sürdürülebilir olmaktan çok uzak olduğunu ve baklagil ağaçlarının da yaklaşık 43-581 kg N/ha/yıl bağladıkları ve bu ağaçların yapraklarının da buradaki ormancılığın sürdürülebilirliğinde önemli bir bileşen olduğu aktarılmaktadır. Bu konuda, bir yılda *Sesbania sesban* ve yapraklarının bir hektar tahılın verdiği kadar 27,3 kg mg / kg N, 31,4 kg P, 125 kg K, 114 kg Ca sağlayabildiği ve bu konuda daha detaylı çalışmalara gerek olduğu vurgulanmaktadır.

Vance ve Graham (2000), ‘Azot fiksasyonu’ başlıklı çalışmalarında azot fiksasyonu ve *Rhizobial* bakterilerin kullanımına bağımlılığın azaldığını işaret etmektedirler. Araştırmacılar, bu çalışmalarında, entansif ve yaygın uygulanan üretim sistemlerinde biyolojik olarak bağlı azotun ekstansif ve entansif sistemlere katkısına karşın başlıca katkıların sürdürülebilirlik olasılıkları üzerinde durmakta ve araştırma ve yayım alanında gerekli detaylı azot fiksasyonu iyileştirici moleküler biyolojideki gelişmelere ilişkin fırsatlar konularında bilgi vermektedirler.

### 3.2.1.1. Azot Fiksasyonunu Etkileyen Faktörler

Simbiyotik yol ile azot fikse eden organizmaları iki büyük grupta toplayabiliriz. Bunlardan birincisini baklagil bitkileri ile simbiyoz oluşturan Rhizobium bakterileri, ikinci grubunu ise baklagil dışındaki ağaç türünden yüksek bitkiler ile simbiyoz oluşturan aktinomisetler oluşturmaktadır.

Azot bağlayan prokaryotik mikroorganizmaların hepsi bakteri olup bunlar ya serbest yaşarlar (freeliving bacteria), ya diğer bir canlı ile ortak yaşarlar (symbiotic bacteria) veya diğer bir canlı ile yan yana (associative bacteria) yaşarlar. Diazotrof diye tanımlanan bu bakteriler karbon kullanım özelliklerine göre de ototrof veya heterotrof olmak üzere ikiye ayrılırlar (Anonymous, 1982; Anonymous, 1984; Beck ve ark., 1993). Biyolojik olarak azot bağlayan bakterilerin tamamı ve birlikte yaşadıkları canlılarla oluşturdukları sistemlerin, dünyaya kazandırdıkları azot miktarının Çizelge 3.4'te görüldüğü gibi 175 milyon ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir (Beck ve ark., 1993;Gök ve ark., 2001; Gök ve ark., 2006; Doğan, 2007).

Bitkide azot üretim birimi olarak görev yapan nodüllerin oluşmaları ve fiksasyonlarını yerine getirebilmeleri hem makro hem de mikro symbiontların genetik yapısı yanı sıra ortam koşulları ile de (pH, sıcaklık, ışık, su, toprağın biyolojik ve fiziksel özellikleri, besin maddeleri durumu) çok yakından ilgilidir. Biyolojik azot fiksasyonunun artırılması genetik manipulasyon (Ahmad ve ark.,1988) ve ıslah çalışmaları ile artırılması yanı sıra, uygun ortam koşullarının sağlanması ve ideal bitki tiplerinin ortaya çıkarılması ile mümkün olduğu belirtilmiştir (Carool ve ark.,1985; Sprent, 2001; Goormachting ve ark., 2004; Adjei ve ark., 2002; Doğan, 2007).

Çizelge 3.4. Dünyada Farklı Ekosistemlerde Biyolojik N<sub>2</sub>-Fiksasyonu İle Bir Yılda Kazanılan Tahmini Azot Miktarı (N milyon ton/yıl) (Gök ve ark, 2001)

<b>N<sub>2</sub>- Fiksasyonu Ekosistemi</b>	<b>Fikse Edilen Azot Miktarı (milyon ton/yıl)</b>
Baklagiller	75
Çeltik	7
Baklagil olmayan diğer bitkiler	8
Okyanus ve denizler	28
Orman, çayır ve benzeri alanlar	57
<b>Toplam</b>	<b>175</b>

Yapılan birçok araştırma sonucunda; asidik ve bazik koşullar genellikle mikroorganizmalar için stres faktörü olduğu, nodülasyonun, pH'nın 6.0'ya düşmesi durumunda azaldığı tanımlanmıştır (Tang ve Robson,1993; Koga ve ark., 2003; Kanazawa ve ark., 2005; Chau, 2006; Doğan, 2007).

Yüksek derecede asit toprakların (pH-4.0) çoğunlukla düşük P, Ca, Mo düzeyleri ve yüksek düzeyde alüminyum ve mangan içermesi nedeniyle toksik etki oluşacağı, bu nedenle toprak asitliğinin; nodülasyon bitki gelişimi ve azot fiksasyonu üzerine daha yüksek düzeyde olumsuz etkisi olduğu, yüksek alkalın topraklarda (pH-8.0), sodyum klorür, bikarbonat ve bor yüksek derecede tuzlulukla birleştiği zaman azot fiksasyonunda azalma eğilimi görülmüştür(Fung and Wong, 2004; Chau, 2006; Doğan, 2007).

*Rhizobium/Bradyrhizobium*'ların gelişmesi için en uygun pH 6.8 olarak belirlenmiştir. *Rhizobium/Bradyrhizobium* bakterilerinin gelişmeleri için pH 4.0-8.5 arasında değişiklik göstermektedir. pH aralığının geniş olması bunların farklı ortamlarda kullanımını olası hale getirdiği belirtilmektedir (Kızıloğlu, 1995; Chau, 2006; Doğan, 2007).

Yağış ve kuraklığın etkisi ise, yağışı az olan yörelerde yeşil gübrelemenin yapılması çok daha fazla dikkati gerektirir. Toprakta sınırlı düzeyde bulunan su, yeşil gübre bitkisi tarafından da kullanılacağı için asal bitkinin su güclüğü çekmesi

olasıdır. Öte yandan toprakta suyun az bulunması nedeniyle yeşil gübre bitkisinin çürümesi de bir sorun olur. O nedenle kurak yörelerde yeşil gübrelemenin yararına göre zararı kimi durumlarda daha fazla olabilir.

Altıntaş ve Cebel (1990), soyada etkin bakteri izolatlarının saptanması amacıyla farklı bölgelerde yürüttükleri denemelerinde, 1987-1988 yıllarında Şanlıurfa'da denemenin kurulduğu dönemde aşırı sıcaklar nedeniyle nodülasyonun oluşmadığını, bu nedenle buradaki denemelerin değerlendirmeye alınmadığını belirtmişlerdir.

Biederbeck ve ark (2005), yaptıkları çalışmada, buğday hasadı sonrası tarlaya doğrudan ekim metodunun diğer metotlarla karşılaştırılmasını amaçladıklarını ve 6 yıl süren 4 ayrı ekim deseninde toprak mikrobiyolojisi, mikrobiyel kütle, (MB) ve farklı ortamlardaki aktivitelerin tespit edildiğini bildirmektedirler. Denemenin altıncı yılında 0-10 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinin analizi, toprağın biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin önemli derecede iyileştiğini göstermiştir.

Boddey (1997), çalışmasında, toprakların uzun vadeli verimli kullanımı için hasad artıklarının korunarak toprak organik madde içeriğinin iyileştirilmesi için rotasyon veya nadas uygulaması önermektedir. Bu amaçla, tropik bölgelerde uygulanan farklı tarım sistemlerinde yeşil gübreleme metotları ile bunların amanejman olasılıkları, baklagillerin stratejik kullanımı yoluyla tarımsal verimliliğin korunması için uygun amanejman seçenekleri ve bu sistemlerin mera ve ürün üzerindeki etkileri konusunda bilgiler verilmektedir.

Yapılan bir araştırmada, sıcak ve tropik iklimde baklagillerce fikse edilen azot miktarları aşağıdaki Çizelge3.5' te sunulmuştur.

Çizelge 3.5. Sıcak ve tropik iklim bölgelerinde baklagil bitkilerince fiske edilen azot miktarları (Widjajanto, 1996)

İklim	Bitki çeşidi	Azot fiksasyonu kg/ha/yıl	Ortalama, kg/ha/yıl
Sıcak iklim	Yonca	55-600	200
	Lezeme	55-600	
	Soya	90-200	
	Bezelye	33-160	
Tropik ve Subtropik iklim	Çayır-baklagil	10-129	100
	Fasulye	64	
	Bakla	97-152	

pH ve sıcaklığın yanı sıra toprak nemi de nodülasyon ve azot fiksasyonunu etkileyen faktörlerden biridir.

Düşük su potansiyeli azot fiksasyonunu doğrudan etkilemekte, nodül solunumunu azaltmakta, azotun nodüllerden dışarı taşınmasını azaltmaktadır. Dolaylı olarak asimilat üreten fotosentez merkezlerinin bozulması nedeniyle etkilendiği tanımlanmıştır (Spent,1976; Sprent, 2001; Adjei ve ark., 2002; Goormachting ve ark., 2004; Doğan ,2007).

Aşırı su da, azot fiksasyonu üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Nodülün yüzeyinde suyun ince bir tabaka halinde bulunması oksijenin difüzyonunu düşürmekte ve büyük olasılıkla buna bağlı olarak azot fiksasyonunda önemli şekilde azalmaktadır. Kök bölgesinden suyun uzaklaşmasının olduğu şartlarda karbondioksit oluşumu artacak ve bu nedenle oluşan yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında nodül oluşumu engellenmiş olacaktır (Bordeleau ve Prevast, 1994; Sprent, 2001; Gök ve ark., 2006).

Kahindi ve ark (2007), tropik bölgelerde ekosistem, toprak çeşitliliği ve tarımsal entansifleşme de azot bağlayıcı bakterilerin rolü başlıklı çalışmalarında, azot ( $N_2$ ) bağlayıcı bakteriler arasında, baklagiller ile ortak yaşam süren rhizobiaların genellikle tarımda en önemli grubu oluşturmasına rağmen Frankia aktinomiseti ve serbest heterotrofik- serbest yaşayan azot bağlayıcıların da belirli koşullarda önemli miktarda azot bağlayabildiklerini bildirmektedir. Araştırmacı çalışmada, azot bağlayıcı bakterilerin de diğer türlerde olduğu gibi zoolojik sistemdeki sınıflamasının moleküler gelişmelere bağlı olarak değişim göstereceğini ve bu gruplar arasındaki ekolojik ilişkileri de dikkate alarak yapılacak sınıflamanın daha faydalı sonuçlar vereceğini ifade etmektedir.

Gök ve ark (2004), yaptıkları çalışmada, farklı Rhizobium spp. suşları (B1 = Rh. 19+380; B2=Rh. 377+379) ile aşılanmanın kontrollü koşullarda (saksı denemesi) farklı demir (0, 15 ve 30 ppm Fe) ve molibden (0, 0.5 ve 1.0 ppm Mo) dozları uygulamalarında yerfistiği bitkisinde (NC 7) nodül oluşumu, biyomas oluşumu ve azot fiksasyonuna etkisi araştırılmıştır. Deneme sonuçları bakteri aşılmasının bitkide nodül sayısı bakımından belirgin bir etkisinin olmadığını ancak, bazı bakterilerin (B2) ortalama nodül ağırlığı ve buna bağlı olarak bitki başına nodül ağırlığını önemli derecede artırdığını ortaya koymuştur. Fe ve Mo uygulamaları da gerek nodül sayısı, gerekse nodül ağırlığı önemli derecede artırmıştır. Biyomas oluşumu bakımından bakteri aşılmasının etkisi kök gelişiminde görülmektedir. Fe ve Mo (özellikle Mo<sub>2</sub>) uygulamaları da hem kök, hem kök üstü gelişimini önemli derecede artırmıştır. Kök ve kök üstü aksamda azot miktarı ve bitki başına alınan toplam azot miktarı yönünden bakteri aşılması olumlu etki yapmıştır. (Azot konsantrasyonu açısından Fe ve Mo uygulamalarının belirgin etkisi görülmemiş, ancak bitki başına alınan toplam azot miktarı yönünden özellikle Fe uygulamasının pozitif etkisi görülmüştür.)

Coşkan ve ark (2006), Çukurova bölgesinde yaygın uygulama olan anız yakımı ile tek el sigara fabrikaları atığı olan tütün atığının farklı dozlarının (0, 500 ve 1000 kg/da) toprağa karıştırılmasının soya-rhizobium simbiyozu ile azot bağlanmasına ve soyanın biyomas ve dane verimlerine etkilerini araştırmak amacıyla iki yıllık tarla denemesi yürütmüşlerdir. Denemeden elde edilen değerler, tütün atığı uygulamalarının azot fiksasyonunun ile biyomas ve dane verimlerini olumlu yönde

etkilediğini göstermiştir. İki yıllık ortalama değerler itibariyle en yüksek kök ve kök üstü biyomas değerleri yanmış anız, 1000 kg/da tütün atığı uygulanmış parsellerden elde edilmiştir (83, 473 kg/da). Hasat döneminde belirlenen bitki azot içerikleri yönünden en yüksek değerler anızlı, tütün A varyantında belirlenmiştir (kök, % 0.87; kök üstü %0.95). İki yıllık ortalama değerler itibariyle en yüksek dane azot içeriği ise anızlı tütün A varyantından elde edilmiştir. Deneme sonunda belirlenen dane verimi değerleri denemenin birinci yılında anız yanmış parsellerde verimin daha yüksek olduğunu göstermiştir. İkinci yılda anız yakımı uygulaması istatistiksel bir fark oluşturmamıştır. Tütün atığı uygulamaları denemenin her iki yılında da verimi kontrol uygulamasına oranla artırmıştır. Birinci yılda en yüksek verim değeri 452 kg/da ile anız yanmış parseller üzerine 1000 kg/da tütün atığı uygulanan varyantta belirlenirken ikinci yılda en yüksek değer 528 kg/da ile anızlı parseller üzerine 1000 kg/da tütün atığı uygulanan varyantta belirlenmiştir.

### **3.2.1.2. Azot Fiksasyonunun Gübreleme Açısından Önemi**

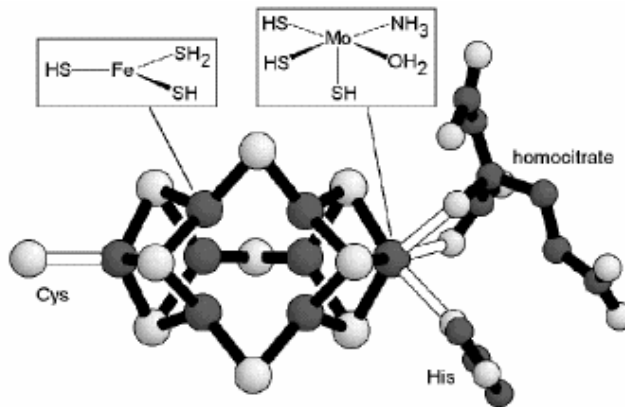
Bitkiler kendileri için gerekli olan azotu ya mineral gübreleme ile veya mikroorganizmalar yardımıyla atmosferden alabilmektedirler. Mineral azot girdisini azaltmanın yanısıra toprağın yapısını iyileştirilmesi için yapılan araştırmalarda, yeşil gübre bitkileri kullanılmış ve olumlu neticelerle karşılaşmıştır.

Yeşil gübreleme, toprakların organik maddesini artırmak koşuluyla uygun olmayan fiziksel ve biyolojik özelliklerini iyileştirmektedir. Ancak kullanılan yeşil gübre bitkisinin baklagil olması durumunda toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirici etkinin dışında, köklerinde simbiyotik olarak yaşayan Rhizobium bakterileri aracılığıyla havanın azotunun toprağa kazandırılması da söz konusu olmaktadır. Yeşil gübreleme amacıyla ekilen baklagil bitkileri, Rhizobium bakterileri aracılığıyla atmosferden organik formda bağladıkları azotu, yeşil gübrelemeyi izleyen ana kültür bitkisi ya da, uygulandıkları alandaki kültür bitkileri (bağ, meyve bahçesi vb.) için toprağa kazandırmaktadırlar (10-20 kg N/da). Bağlanan bu azot kültür bitkilerinin azot gereksinimlerinin önemli bir kısmını

karşılıdığı için yeşil gübrelemede baklagil bitkilerinin kullanılması ayrı bir ekonomik ve ekolojik önem arz etmektedir (Kahnt, 1983).

Azot fiksasyonunda moleküler azotun amonyağa çevrimi enerji gerektirir. Ticari azotlu gübre üretiminde, bu iş Haber-Bosch yöntemi ile yüksek basınç ve sıcaklıkta gerçekleştirilir. Bu amaçla petrol gibi yenilenemeyen fosil yakıtların fazlaca kullanılması gerekmektedir. Oysa biyolojik olarak azot fiksasyonu, bazı mikroorganizmalar tarafından (bakteri ve cyanobacter) daha öncede bahsetmiş olduğumuz nitrogenaz enzimini kullanarak düşük enerji tüketimi ile gerçekleştirilebilmektedir.

Topraklardaki bitki besin elementlerinin bitki gelişimi için yeterli ve dengeli olması genelde büyük önem taşımaktadır. Ancak, bitkideki bazı fonksiyonlar için mutlak gerekli olan ya da bazı yapı birimlerinin yapısında yer alan bazı elementlerin toprakta yeteri kadar bulunması ya da bitki tarafından alınabilir olmasının ayrı bir önemi vardır. Demir (Fe) ve molibden (Mo), baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonunda görev yapan Nitrogenaz enziminin yapısında yer almaktadır. Dolayısıyla bu besin elementlerinin topraktaki miktarı ve bitki tarafından alınımı baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonunu doğrudan etkilemediği belirtilmiştir (Vincent, 1982; Werner, 1987; Durrant, 2001; Doğan,2007). Nitrogenaz enzim yapısı Şekil3.2.de



Şekil 3.2. Nitrogenaz enzim yapısı (Durrant, 2001)



Nitrogenaz enzimleri, moleküler azotu ( $N_2$ ), bitkilerin kullanabileceği azot formlarına ( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ) indirgeyerek katalize eder. Nitrogenaz enziminin yapısı, demir-sülfür, Fe, Mo ve bu iki elementlerin karışımları ile oluşmuş olan Fe ve Mo Fe proteinlerinden oluşmuştur. Nitrogenaz enziminin çalışması için mutlak olarak bu iki elemente (Fe, Mo) ihtiyaç vardır. Enzimin yapısında bulunan bu metal kümeleri, moleküler azotun redükte olmasında önemli rol oynarlar. Fe-proteinlerinden veya Mo Fe proteinlerinden gelen elektronlar, moleküler azotu indirgeyerek bitkiler için yararlı forma dönüştürürler. Bu sırada elektronların etkili transferleri için ATP hidrolizi gerekli değişimleri sağlar (Durrant, 2001; Corbett ve ark., 2004; Doğan, 2007).

Güleç ve ark.(2004), yapmış oldukları çalışmada toprak bitki sisteminde azot dengesinden bahsederken azot girdilerinde ticari gübre çiftlik gübresi ve yem bitkilerinden sağlanmış olan yeşil gübre bitkilerinin tablosunu vermişlerdir. Sonuç olarak herhangi bir tarımsal sistemde, çiftlik gübresi ya da ticari gübrelerle uygulanan azot miktarı, bitki ihtiyacından fazla olduğu sürece, azot yikanmasının söz konusu olacağını belirtmiştir.

Widjang ve ark (2004), gübrelerin azot fiksasyonundaki rolleri konulu çalışmalarında, Endonezya'nın yılda üç ürün almaya olanak veren koşullarında Pirinç-soya-Börülce ve pirinç-mısır-Börülce olmak üzere iki farklı üretim sisteminde 2 yıl 6 hasadda azot fiksasyonundan elde edilen azot yüzdesinin Börülce için %12 ve soya için %33 olduğu ve tohumla alınan azot miktarının fiksasyondan alınan miktardan daha fazla olduğunu bildirmektedirler. Azot gübre kullanım etkinliği, yağışlı zamanlarda (900-1300 mm yağış) yukarı kısımlarda % 9-18 ve kuru sezon (410-840 mm yağış) mısırdaki ise % 32-40 arasında değişim gösterdiği aktarılan bir diğer sonuçtur.

Bitkilerin verimini artırmak için uygun gübre çeşidinin ve miktarının belirlenmesi çalışmalarının yanı sıra aşılama uygulamaları da önem kazanmış ve gübreleme ile tohumu veya bitkiyi aşılamanın üründe artışlara neden olduğu görülmüştür.

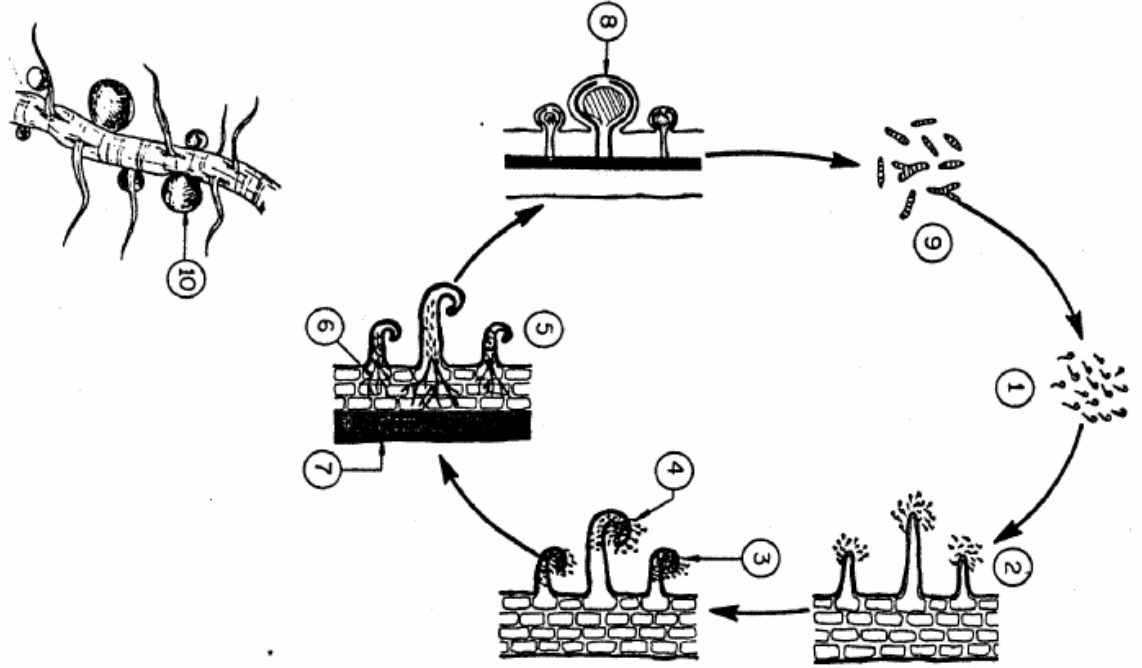
Coşkan ve ark (2003), farklı P dozlarında değişik *Bradyrhizobium spp.* ve mikoriza türleri ile aşılamanın soya bitkisinde azot fiksasyonu, kuru madde oluşumu

ve fosfor alımına etkisi araştırılmıştır. Bakteri aşılması yapılan bitkilerde, rhizobial aşılamanın kök ve köküstü azot konsantrasyonunu belirgin şekilde etkilediği, bu etkinin artan P dozlarına bağlı olarak azaldığı, *Rhizobium* uygulamalarına bağlı olarak ise değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bitki kök ağırlığına bakteriyel aşılamanın herhangi bir etkisi görülmemiştir. Köküstü kuru ağırlık değerleri hem artan P dozuna bağlı olarak, hem de bakteri aşılamaına bağlı olarak belirgin artış göstermiştir. Artan P dozu uygulamaları, kök azot konsantrasyonunu olumsuz yönde etkilemiş, köküstü azot konsantrasyonuna etkisi de, kök azot konsantrasyonu sonuçlarına benzer şekilde bulunmuştur.

### 3.2.1.3. Bakteri Aşılması ve Azot Bağlanması

Protein değeri yüksek olan gıda maddelerinin ve hayvansal yemlerin üretilmesinde baklagil bitkilerine ve dolayısı ile simbiyotik azot bağlanmasına büyük önem verilmektedir. Bu nedenle 19. yüzyılın sonlarından beri, ekilen tohumların azot tesbit etme yeteneği yüksek *Rhizobium* bakterileri ile aşılansarak ekilmesi ve bu yolla tesbit edilen azotun garanti altına alınması için çalışmalar yapılmaktadır.

Konukçu bir bitkinin *Rhizobium* bakterileriyle aşılması, bakterilerin kılcal kök hücrelerine girmesiyle başlamaktadır. Bakteriler, burada kökün korteks dokusuna doğru büyüyen bir iplik tarafından çevrelenmektedir. Bakteriler daha sonra iplikten korteks hücrelerine göç edebilirler. Nodülasyon bu aşamadan sonra başlar ve enfekte olmuş hücrelerin dağılmasını içine alır. Bakteri bu şekilde, hacimce orjinal bakteriden yaklaşık 40 kat daha büyük olan bir bakterioide çevrilir (Atlas ve Bartha, 1992). Aşağıdaki şekil 3.3’de nodül oluşum şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.3. İnfeksiyon şeması ve nodül oluşumu (Doğan 2007)

Tohum, etkili bakteri suşları ile aşılansak ekilirse bitki köklerinde gelişmenin erken dönemlerinde nodüller oluşur ve bitki topraktaki azot eksikliğinden etkilenmeden gelişimini tamamlayabilir. Nodüller aracılığıyla bitkiye sağlanan azot, organik bileşikler halinde bitki metabolizmasına girmekte ve bitki bu bileşiklerden kolaylıkla faydalanabilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Havanın serbest azotunu baklagillerle simbiyotik yaşam kurarak toprağa bağlayan ve genel olarak *Rhizobium spp.* olarak bilinen mikroorganizmalar aşılama ile toprağa verilmediği durumda genellikle toprakta az sayıda bulunurlar veya etkili olmazlar ve bu nedenle de aşısız koşullarda biyolojik yolla toprağa bağlanan azot miktarı da düşük olur şeklinde tanımlanmıştır (Gök ve ark., 1995; Lindemann ve Glower, 2003; Doğan,2007).

Simbiyotik azot fiksasyonunun en önemli tarafı bakteri ve baklagil ilişkisidir. Baklagiller geniş bir aile olup 18.000 türü içermektedir (Anonymous,2003; Grieve, 2003). Bunlardan yaklaşık 13.000'inin toprak mikroorganizmaları ile simbiyotik yaşayarak azot fiksasyonu yaptıkları tanımlanmıştır (Anonymous, 1983; Sprent,

2001; Gök, 2001; Cheng, 2003; Goormachting ve ark., 2004; Doğan, 2007). Çizelge 3.6'da azot fiksasyonu ekosistemi görülmektedir.

Çizelge 3.6. Heterotrof Olan Prokaryotik Diazotroflar ve Prokaryotik-Ökaryotik Sistemler

<b>Serbest Yaşayanlar</b>	<b>Simbiyotik Yaşayanlar</b>	
	<b>Macrosimbiont/Diazotrof</b>	
<u><b>AEROBİK</b></u>	<b>Nodülsüz Symbiosis</b>	<b>Nodüllü Symbiosis</b>
Azotobacter		
Azotomonas	Rizosfer	Baklagil /Rhizobium
Azotococcus	Paspalum/	Phaseolus/
Beijerinckia	Azotobacter	Rhizobium
Drexia	Digitaria/	Baklagil olmayan/
Rhizobium	Azospirillum	Actinomycetes
Azospirillum	Fillosfer	Alnus/Frankia
<u><b>FACULTATİVEANAEROBİK</b></u>	Variedgenera	Myrica/Frankia
Bacillus	Beijerinckia	Baklagil olmayan/Rhizobium
Klebsiella	Azotobacter	Trema/Rhizobium
<u><b>ANAEROBİK</b></u>	Klebsiella	Legumen değil/ Mavi ve
Clostridium	Enterobacter	Yeşil Algler
Desulfovibrio		Gunnera/Nostoc
Desulphotomaculum		

Baklagillerde simbiyotik sistem sonucu kazanılan azot miktarı 150-200 kg/ha/yıl düzeyindedir (Burnus ve Hardy, 1975; Almaca ve Gök, 1997; Doğan, 2007). İyi şartlar altında soya-Bradyrhizobium japonicum ikilisi simbiyotik yolla 300 kg/ha/yıl düzeyine yakın azot fikse edilebilir (Keyser ve Li, 1992; Doğan, 2007).

Gök ve Martinin (1993)'e göre Ülkemizde bakteriyal aşılama soyada bir süredir uygulanmasına karşın diğer baklagillerde hemen hiç yapılmamaktadır. Ayrıca bakteri aşılmasının etkisi aşılama kullanılan bakteri süşunun moleküler azot fiksasyonu yönünden etkinliğine büyük ölçüde bağlıdır.

Çukurova koşullarında üçgül ve fiğden izole edilen *Rizobium leguminosarum* ve yurt dışından sağlanan ve soyadan izole edilmiş olan *Bradyrhizobium japonicum* ile yapılan denemelerde bakteri aşılmasının soya ve üçgülde azot fiksasyonunu, bitki kuru madde ağırlığını önemli ölçüde arttırdığı, fiğde ise izole edilen suşların etkin olmaması nedeniyle önemli bir etkide bulunmadığı gözlenmiştir. Ayrıca denemeye alınan suşların gerek nodül oluşumu, gerekse azot fiksasyonu ve kuru madde oluşturma yönünden etkilerinin sipesifik olduğu görülmüştür.

Cebel ve Haktanır (1995) tarafından Amsoy-71 soya çeşidiyle yapılan bir tarla denemesinde nodül oluşturmada rekabet gücü ve azot fiksasyon yeteneği yüksek olan 4 bakteri izolatu ile azotsuz ve aşısız (kontrol) 5 kg N/da uygulamalarına yer verilmiştir. *B.japonicum* bakteri izolatları tek olarak pit (peat) ile karşılaştırılarak tohuma bulaştırılmıştır. Ekimden 2 ay sonra yapılan nodül kontrolünde, bitki başına nodül sayısı ve kuru ağırlıkları, dane verimleri danelerin toplam azot içerikleri ve her bakteri izolatının nodül oluşturma yüzdesi gibi veriler değerlendirilmiştir. Tüm veriler göz önünde tutulduğunda başta TAL 102 olmak üzere TAL 379 ve TAL 377 bakteri izolatlarının ülkemizde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Doğan (2007)'a göre, bakteri aşılması ile, soya ve diğer baklagillerde tohum verimi önemli miktarda artmaktadır. Joshi ve ark (1986), Zambia'da bakteri aşılması ile %35.6'lık artış sağlayarak dekara 209 kg tohum verimi alırken, Kim ve ark (1988), Kore'de %3-8, Pandzou ve ark (1990), Kongo'da %25-41 arasında verim artışları tanımlanmıştır.

Her bitki kendine özel bakteri istemekte ve aşılama çoğu zaman gerekli olmaktadır (Gök, 2001).

Baklagillerde bakteriyel aşılamanın vegetatif gelişme, kuru madde oluşumu, dane verimi, nodülasyon, vejetatif aksam, nodül ve danede azot içeriğini etkilediği birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur tanımlanmıştır (Onaç ve Gök, 1995; Gök ve ark., 2004; Gök ve ark., 2005; Doğan 2007'den).

Doğan (2007)'ın bildirdiğine göre, Gök ve Onaç (1995), yaptıkları araştırmada, bakteri ile aşılamanın, kontrol (aşısız) varyantlarına oranla dane verimi, azot fiksasyonu, kuru madde oluşumu ve nodülasyonu olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır. Araştırılan özellikler yönünden aşılama kullanılan bakteri

izolatlarının ve soya çeşitlerinin de birbirinden farklılık gösterdiği saptanmıştır. İslam (1981), Bangladeş’de yaptığı nohutta inokulasyon çalışmalarında, inokulasyon ile tohum veriminin %25-36 arttığını, Keating ve Saxena. (1986) ise kışlık ekilen nohutta bitkinin azot ihtiyacının %50-80 ile azot fiksasyonu ile sağladığını rapor etmişlerdir.

Doğan (2007) bildirdiğine göre, Onaç ve Gök (1995), soyada simbiyotik olarak azot bağlayan etkin *B.japonicum* izolatlarının tarla koşullarında azot fiksasyon etkinliklerinin araştırılması amacıyla yürüttükleri çalışmada, A3127 ve Sa88 soya çeşitlerine değişik bakteri suş ve izolatları (So11, So56, 110, 1755, 1756, 1809, 30131, ON1, ON2 ve ON3) aşulararak dane verimi, kuru madde oluşumu, nodülasyon, bitkinin kök, köküstü, nodül ve dane aksamındaki azot düzeylerini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda 2. bakteriyle aşılamanın kontrol varyantlarına oranla dane verimi, azot fiksasyonu, kuru madde oluşumu ve nodülasyonu olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Araştırılan özellikler yönünden bakteri izolatlarının ve soya çeşitlerinin birbirinden farklılık gösterdikleri saptanmıştır. Nodül sayısı ve nodül ağırlığı yönünden 1756 ve 1809; danede ve nodülde yüzde azot yönünden 30131; dane verimi yönünden 1756; toplam kuru madde oluşumu yönünden de 1809 nolu bakteri suşları en etkin bulunmuşlardır. Ayrıca % azot ve dane verimi yönünden bakteri izolatları arasındaki farklılık önemli bulunurken, diğer özellikler yönünden bakteri x çeşit interaksiyonu oldukça önemli bulunmuştur. Çukurova Bölgesi’nde izole edilmiş olan ON1, ON2 ve ON3 bakteri izolatlarının diğerlerine göre etkin olmadığı saptanmıştır.

*Rhizobium* türleri için belli bir konukçu spesifitesi vardır. Fiksasyonun etkili olabilmesi için, baklagil bitkilerinin uygun *Rhizobium* türleriyle aşılması gerekir Çizelge 3.7’de Baklagil bitkilerine uygun *Rhizobium* türleri verilmiştir.

Çizelge 3.7. Baklagil bitkilerine uygun *Rhizobium* türleri.

Bitki Grubu	Bakteri Grubu	Bitki
Yonca Grubu	<i>R. meliloti</i>	Taş yoncası, yonca
Üçgül Grubu	<i>R. trifoli</i>	Üçgüller
Bezelye Grubu	<i>R. leguminosarum</i>	Bezelye, fiğ, mercimek
Fasulya Grubu	<i>R. phaseoli</i>	Fasulyeler
Bakla Grubu	<i>R. lupini</i>	Bakla, sardelle
Soya Grubu	<i>R. japonicum</i>	Soya fasülyesi
Börülce Grubu	<i>R. kowpea</i>	Hayvan börülcesi Yer fıstığı, Akasya

Onaç (1998), Çukurova koşullarında değişik bakteri izolatları ile aşılamanın farklı soya çeşitlerinde nodülasyon, azot fiksasyonu ve verime etkisini saptamak amacıyla yaptığı bir çalışmada, kökteki yüzde azot içerikleri, 1993 yılında A3127 soya çeşidinin 1809 nolu bakteri izolatı ile oluşturduğu kombinasyondan %0,83 ile en yüksek azot değeri alınırken, 1994 yılında A3127 x 110 kombinasyonundan %0,84 ile en yüksek kök azot değeri alınmıştır.

İşler ve Coşkan (2009)'ın farklı bakteri aşılama yöntemlerinin soyada azot fiksasyonu ve tane verimlerine etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları deneme iklimlendirme kabiniinde yürütülmüştür. Bakteriyel aşılama basit tohum aşılama, üst aşılama, 2 defa üst aşılama, tohum yatağına pulverize aşılama ve peat ile aşılama olarak uygulanmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 8 tekrarlamalı saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Deneme materyali olarak Sa88 soya çeşidi tohumlar ile *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi 1809 nolu suşu kullanılmıştır. Çiçeklenme ve hasat olgunluğu döneminde nodülasyon gözlemleri ve bitki analizleri yapılmıştır. Denemeden elde edilen sonuçlar incelendiğinde; soyada uygulanan bakteri aşılama yöntemlerinin azot fiksasyonunu arttırdığı ve bu yöntemlerin pratiğe aktarılabilir olduğu belirlenmiştir. En yüksek bitki tane sayısı (9,08 adet/bitki) ve bitki tane verimi (3,36 g/bitki) tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir.

Havanın serbest azotunu baklagillerle simbiyotik yaşam kurarak toprağa bağlayan ve genel olarak *Rhizobium spp.* olarak bilinen mikroorganizmalar aşılama

ile toprağa verilmediği durumda genellikle toprakta az sayıda bulunurlar ya da etkili olmazlar. Bu nedenledir ki aşısız koşullarda biyolojik yolla toprağa bağlanan azotun miktarı da düşük olarak tanımlanmıştır(Gök ve Onaç, 1995: İşler ve Coşkan, 2009).

Coşkan ve ark.(2009)'a göre tüm dünyada giderek artan ancak ülkemizde giderek azalan öneme sahip olan soya, geleceğin endüstriyel bitkisi olarak tanımlanabilecek önemli bir baklagil bitkisidir. Isparta ilinde soya üretimi yaygın olarak yapılmamaktadır. Bu çalışmada gelecekte önem taşıyabilecek ve Isparta'da alternatif ürün olarak yetiştirilebilecek soya bitkisinde bakteriyel aşılamanın (*Bradyrhizobium japonicum spp.*) biyolojik azot fiksasyonuna, vejetatif gelişime ve dane verimine etkisini araştırmak amacıyla bir yıllık tarla denemesi yürütülmüştür. Denemede 2 farklı soya çeşidi (Sa88 ve Asgrow) ve 2 farklı *Rhizobium* suşu (110, 1809) kullanılmıştır. Denemeye ayrıca mineral gübreli ve aşısız varyantlar da eklenmiştir. Araştırmada çiçeklenme döneminde kök, toprak üstü ve nodül, hasat döneminde ise kök, toprak üstü ve dane kuru ağırlıkları ve azot içerikleri ile danenin mikrobesele elementlerinden Fe, Zn, Mn ve Cu içeriği belirlenmiştir. Denemede hiç aşılama yapılmayan "aşısız" ve "mineral gübre" uygulamalarında hiç nodül oluşmadığı görülmüştür. Aşılama kullanılan suşlardan 110 nolu suş etkin nodül oluşturmuştur. Diğer suş olan 1809 nolu suş ise nodül oluşturmuş ancak sayı, ağırlık ve azot içeriği bakımından 110 nolu suşa oranla çok düşük düzeyde kalmıştır. Verim değerleri yönünden Sa88 tohum çeşidinden genelde daha yüksek verim elde edildiği görülmüştür. Ancak her iki tohum çeşidinde de etkin infeksiyon gösteren 110 nolu suşun aşılandığı parseller dikkate alındığında Sa88 ile Asgrow tohum çeşidi arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Bakteri aşılması yönünden dane azot içeriği değerleri incelendiğinde 110 nolu suşun diğerlerine oranla daha etkili olduğu, mineral gübre ve 1809 nolu suş ile aşılamanın ikinci derece etkili olduğu, tüm uygulamaların verimi kontrole oranla artırdığı tesbit edilmiştir. Tohum çeşitleri arasında azot içeriği bakımından fark bulunmuş olmakla birlikte fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.



#### 3.2.1.4. Toprak Özelliklerinin Azot Bağlanmasına Etkisi

Azotun bağlanmasına bakterilerin rolü kadar, toprak özelliklerinin de etkisi bulunmaktadır. Toprağın bu özellikleri; pH, tuzluluk, bitki besin elementleri içeriği, sıcaklık, nem, toprağın işlenip işlenmemesi (sürümsüz tarım) ve topraktaki azot miktarıdır.

Asidik ve bazik koşullar genellikle mikroorganizmalar için stres faktörüdür (Chau, 2006). Toprak asitliği ile ilgili olarak farklı bakış açıları doğrultusunda simbiyotik yaşam üzerinde durulmuştur. Bununla ilgili olarak *Rhizobium/Bradyrhizobium*-baklagil ortak yaşamının her fazında farklı etkileşimler olabileceği belirtilmiştir (Fung ve Wang, 2004; Krouma ve Abdelly, 2003; Sprent, 2001). Bunlar, rizosferde gelişen ve toprakta yaşayan *rhizobial* organizmalar üzerine infeksiyon ve gelişebilmiş nodül üzerine, nodülün fiksasyonu, bitkinin gelişimi üzerine etkisi olarak göz önünde bulundurulmuştur. Toprak asitliğine toleransına göre birbirine benzemeyen birçok *Rhizobium/Bradyrhizobium* türleri bilinmektedir. Yavaş gelişen *Bradyrhizobium* türleri genellikle hızlı gelişen (*Rhizobium*'lar) türlerinden özellikle *R. meliloti*'den fazla olarak aside tolerans göstermişlerdir (Adjei ve ark., 2002; Doğan, 2007).

Doğan'ın (2007) bildirdiğine göre, Gök (1993), soya, bakla ve fiğ bitkilerine ait değişik *Rhizobium spp.* suşların ekolojik yönden önemli bazı özelliklerinin laboratuvar koşullarında belirlenmesi üzerine yaptığı bir araştırmayla soyadan izole edilmiş olan *Bradyrhizobium spp.* suşlarının kullanılan tüm antibiyotiklere karşı dirençli olduklarını, asidik ve alkali ortamlarda üreyebildiklerini, tuza dayanıklı olduklarını ortaya koymuştur. Bakla, üçgül ve fiğden izole edilmiş olan *Rhizobium spp.* suşlarının ise, özellikle Tetracycline karşı duyarlı oldukları, tuza dayanıklılık, asidik-alkali ortamlarda üreme yönünden değişkenlik gösterdikleri ifade edilmiştir.

Değişik bakterilerin gelişmesi ve azot fiksasyonu kapasitesi, artan tuz konsantrasyonuna paralel olarak düşmektedir. Sulama suyunda artan tuz konsantrasyonunun soya bitkisinde bakla ve nodül ağırlığını önemli miktarda düşürdüğü, %0.8 NaCl ve %1.5 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'ta soyanın gelişiminin tamamen gerilediği

ve bununla beraber, %0.1'lik sodyum sülfat'ın büyüme teşvik ettiği tespit edilmiştir (Anonymous, 1982).

Hava sıcaklığı yanında toprak sıcaklığı da soyanın büyüme ve gelişmesini etkilemektedir. Nodül oluşumu için optimum toprak sıcaklığı 27°C'dir. Bu sıcaklık derecesinde soya bitkisi ekim işleminden 10-15 gün sonra nodül oluşturmaya başlamaktadır. Toprak sıcaklığı 33°C'nin üzerine çıktığı zaman nodül oluşumunun durduğu tanımlanmıştır (Arioğlu, 1989; Doğan,2007).

Nem, nodülasyon ve azot fiksasyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Düşük su potansiyeli azot fiksasyonunu direkt olarak etkilemekte, nodül solunumunu azaltmakta, azotun nodüllerden dışarı trasprasyonunu azaltmaktadır. Dolaylı olarak asimilat üreten fotosentez merkezlerinin bozulması nedeniyle etkilenmektedir (Spent, 1976; Sprent, 2001; Adjei ve ark., 2002; Goormachting ve ark., 2004;Doğan,2007).

Aşırı su da azot fiksasyonu üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Nodülün yüzeyinde suyun ince bir tabaka halinde bulunması oksijenin diffüzyonunu düşürmekte ve büyük olasılıkla buna bağlı olarak azot fiksasyonu da önemli şekilde azalmaktadır. Kök bölgesinden suyun uzaklaşmasının olduğu şartlarda karbondioksit oluşumu artacak ve bu nedenle oluşan yüksek CO2 konsantrasyonlarında nodül oluşumu engellenmiş olacaktır (Bordeleau ve Prevast, 1994; Sprent, 2001; Gök ve ark., 2006; Doğan, 2007).

Doğan (2007)'in bildirdiğine göre, Chamber (1980), bir araştırmada Amsoy-71 soya çeşidiyle aşısız koşullarda 0, 50, 100 kg/ha dozlarında azot uygulanmıştır. Azot uygulamasının, aşılama yapılmamış kontrol parsellerinde dane verimini 2450 kg/ha'dan 3660 kg/ha'a, ham protein verimini 572 kg/ha' dan 1261 kg/ha' a, yağ verimini ise 538 kg/ ha'dan 711 kg/ha'a artırdığı saptanmıştır. Ekimden önceki azot uygulaması nodülasyonu azaltırken, çiçeklenme döneminde verilen 50 kg N/da dozu bitkilerde nodül kuru ağırlığını 244 mg/bitki'den 326 mg/bitki'ya artırmıştır.

Topraklardaki bitki besin elementlerinin bitki gelişimi için yeterli ve dengeli olması genelde büyük önem taşımaktadır. Ancak, bitkideki bazı fonksiyonlar için mutlak gerekli olan ya da bazı yapı birimlerinin yapısında yer alan elementlerin toprakta yeteri kadar bulunması ya da bitki tarafından alınabilir olmasının ayrı bir önemi vardır. Bu çerçevede demir (Fe) ve molibden (Mo), baklagillede simbiyotik azot

fiksasyonunda görev yapan Nitrogenaz enziminin yapısında yer almaktadır. Dolayısıyla bu besin elementlerinin topraktaki miktarı ve bitki tarafından alınımının baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonunu doğrudan etkilediği belirtilmiştir (Vincent, 1982; Werner, 1987; Battistoni, 2002; Gök ve ark.2005).

Gök ve ark.(2005), farklı *Rhizobium spp.* suşları (BO: Bakterisiz, Bl: 19+380, B2:377+379, B3:19+380+377+379) ile aşılanmanın arazi koşullarında farklı demir (0, 15 ve 30 ppm Fe) ve molibden (0, 0.5 ve 1.0 ppm Mo) dozları uygulamalarında yerfıstığı bitkisinde (NC7) nodul oluşumu, biyomas oluşumu ve azot fiksasyonuna etkisini araştırmışlardır.

Çiçeklenme zamanı verilerine göre uygulamaların etkileri genel olarak önemli istatistiksel farklılıklar yaratmamıştır. Özellikle kök ve nodul azot içeriklerinde demir uygulamaları önemli etki yapmıştır.

Hasat zamanı verilerine göre, tane verimi, kök üstü azot ve tanede azot içerikleri ile bitkide azot alımı parametreleri, bakteri uygulamaları ile artmıştır. Kök+nodül ile tanede azot içerikleri ve tanede Fe değerleri artan demir dozlarıyla orantılı olarak artmıştır. Molibden uygulaması ise tanede azot oranlarını olumlu yönde etkilemiştir.

Deneme sonuçlarından hareketle, özellikle bazik pH'ya sahip topraklarda baklagil yetiştiriciliğinde topraklardaki özellikle yarayışlı demir miktarının dikkate alınmasında, bunun için de tarla koşullarında en uygun demir dozu kullanımına yönelik denemeler yapılmasında yarar vardır. Bu yönde yapılacak denemelerde, artı Mo uygulaması yapmak suretiyle topraklardaki yarayışlı molibden miktarının ve uygun bakteri suşları aşılama suretiyle topraklardaki mevcut *Rhizobium sp.* bakterilerinin yeterli olup olmadığının test edilmesi de, maksimum azot fiksasyonu ve yüksek verim sağlanması bakımından önem taşımaktadır.

“*Rhizobium* ve Mikorizanin soya bitkisinde (*Glycine max. L.*) nodül oluşumu, mikorizal infeksiyon, kuru bitki ağırlığı ve azot ve P alımı üzerine etkisi” konulu çalışmada, baklagillerle ortak yaşam süren, *Rhizobium* ve Mikoriza gibi mikroorganizmalar çoğunlukla bitkinin çeşitli gereksinimlerinin karşılanmasında önemli yararlar sağlamakla beraber, bazı olumsuz koşullarda bitki için parazitik duruma da geçebilmektedir (Çoşkan ve ark., 2004).

Soya bitkisine aşılanan farklı iki *Rhizobium* bakterisi (*Bradyrhizobium japonicum*) ile Mikoriza mantarı aşılamaının birbirleri ve aşısız uygulamalarla

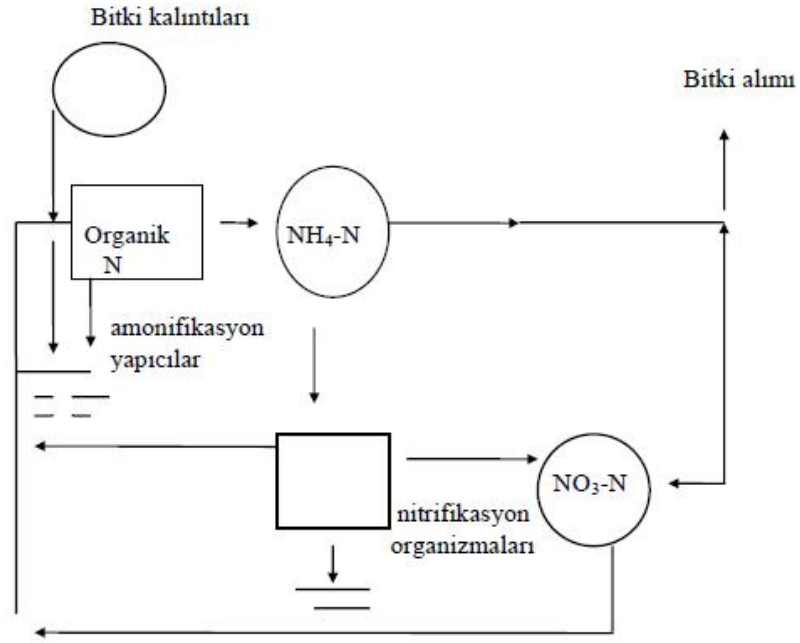
karşılaştırmalı olarak saksı denemesi (iklim odası) koşullarında etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, bitki köklerinde nodül oluşumu, mikorizal infeksiyon, bitki kök ve kök üstü kuru ağırlıkları, kök ve kök üstünde azot ve fosfor konsantrasyonları, saksı başına bitkilerce alınan toplam azot ve fosfor miktarları ile uygulamalara bağlı olarak bitkilerin fenolojik görünümleri tesbit edilmiştir.

Sonuçlar, bakteri aşılmasının, nodül oluşumu dışındaki özelliklere belirgin bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Mikoriza aşılması ise mikorizal infeksiyonu ve bitki kök ve kök üstünde fosfor konsantrasyonunu önemli ölçüde artırmış, ancak bitki gelişimini (kök ve kök üstü ağırlık) ve saksı başına bitkilerce alınan azot ve fosfor (özellikle kökte) miktarını belirgin olarak azaltmıştır. Bu bulgulardan hareketle, mikoriza aşılmasının, bitki gelişimini teşvik etmenin aksine, yürütülen bu araştırma koşullarında olumsuz etkilediği (parazitik etki!) söylenebilir. Fenolojik gözlemlerle ilgili bulgular da bu görüşü desteklemektedir. Çalışma, bitki ile ortak yaşayan mikroorganizmaların, optimal olmayan büyüme koşullarında bitki için parazitik duruma geçebileceğini ortaya koyması yönüyle uygulama koşulları için önem arz etmektedir.

*Rhizobium* bakterilerinin su stresi, toprak asitliği, hastalık ve zararlılara oldukça duyarlı olduğunu, her bitkinin kendine özel bakteri istediğini ve aşılamanın çoğu zaman gerekli olduğunu bildiren bir çok çalışma mevcuttur (Anonymous, 1982;Gök, 1993; Adjei ve ark., 2002; Coşkan, 2004; Gök ve ark., 2005).

### **3.2.2.Azot Mineralizasyonuna Etki Eden Faktörler**

Organik azotlu bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak mineral formlarına dönüştürülmesi olayına azot mineralizasyonu adı verilmektedir. Bunun sonucunda iki ana ürün ortaya çıkmaktadır. Bunlar amonyum ve nitrat iyonlarıdır. Azot mineralizasyonu topraktaki azot döngüsünün çok önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Organik azotun toprak mikroorganizmaları tarafından mineralizasyonu Şekil 3. 4'de şematize edilmiştir.



Şekil 3.4. Organik azotun toprak mikroorganizmaları tarafından mineralizasyonu. Ardışık basamaklar, amonifikasyon ve nitrifikasyon ürünlerini, kare semboller heterotrofik diğerleri ise kemoototrofik nitrifikasyon bakterilerini tanımlamaktadır (Haktanır ve Arcak ,1992)

Toprak organik fraksiyonunda bulunan azotlu bileşikler, doğada uzun zaman dirençli olabilmektedir. Topraktaki bu azot rezervuarının her yıl küçük bir kısmı mineralizasyon ile serbest hale geçmektedir. Toprakta bulunan inorganik azot (Ni) miktarındaki net değişim şu eşitlikle tanımlanabilir:

Bu eşitlikte, Na mikroflora tarafından özümlenen, Nb bitkiler tarafından alınan, Ny yıkanma ile kaybolan ve Nd ise denitrifikasyon yolu ile gaz halinde kaybolan azot fraksiyonlarını tanımlamaktadır.

$$Ni = \text{Mineralize olan organik-N} - (Na + Nb + Ny + Nd)$$

Organik azotun amonyum ve nitrata çevrilen oranı mineralizasyon oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Bu oranın hızı, azotça zengin bitki kalıntıları bulunan çevrelerde günde 1 ile 20 ppm azot düzeyindedir.

Organik materyalin parçalanmasında, C:N oranı ile zaman arasındaki ilişkiyi inceleyen bazı araştırmacılar C:N oranı 25:1 olduğu zaman sürenin 1-2 hafta olduğunu belirtmişlerdir. Bunun önemi şöyle açıklanmıştır: Toprağa herhangi bir

organik materyal verildiği zaman belirli bir sürenin geçmesine gerek vardır. Bu süre sonunda mineralizasyon başlar ve bitkiler toprakta yarayışlı halde bulunan azottan yararlanabilirler. Bu nedenle toprağa ekimden önce organik materyal karıştırılırsa bu materyalin C:N oranının bilinmesi ve ekim zamanının buna göre ayarlanması gerekmektedir. Öte yandan C/N oranı büyük olan materyalin toprağa karıştırılması halinde parçalanma süresini kısaltmak için azotlu gübrenin aynı zamanda toprağa verilmesi gerekmektedir. Böylece organik materyalin C:N oranı düşer ve mikroorganizmaların etkilerini tamamlama süresi de kısaltılmış olur (Gök, 1987; Crecchio ve ark., 2001; Marschner ve ark., 2003; Gök ve ark., 2004).

Toprağa uygulanan bitkisel artıkların bileşimi, özellikle de azot içeriği ve buna bağlı olarak C/N oranı, toprağa karıştırılan organik materyalin dekompozisyonu için önemlidir. C/N oranı ve lignin içeriğinin yüksek olması mineralizasyonu azaltmaktadır (Mengel ve Schmeer, 1985).

Gök ve ark. (2004), tarafından yapılan çalışmada ülkemizde bağ yetiştiriciliğinde genelde yeterli gübreleme yapılmadığını, bu nedenle de bağcılıkta hem kantite hem kalite yönünden sorunlar yaşandığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada farklı yeşil gübre bitkileri (fig+buğday+ çavdar, fiğ, üçgül, fasulye, bezelye) ve hayvan gübresi (3 t/da) uygulamalarının bağ vejetasyonu altında toprakta azot mineralizasyonuna ( $\text{NO}_3^-$ -N ve  $\text{NH}_4^+$ -N ) ve toprağın biyolojik aktivitesine ( $\text{CO}_2$  üretimi, dehidrogenaz aktivitesi = DHA) etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla çeşitli yeşil gübre bitkileri çiçeklenme dönemi sonunda parçalanarak toprağa karıştırılmış, bu uygulamaların paralelinde ayrı parsellere karşılaştırma amacıyla hayvan gübresi uygulaması yapılmış ve belirli aralıklarla parsellerden alınan toprak örneklerinde (0-20 cm) nitrat, amonyum,  $\text{CO}_2$  ve DHA analizleri yapılmış ve sonuç olarak yeşil gübre bitkilerinin toprağa önemli miktarda azot kazandırdığını, azot mineralizasyonunun, organik substratların C/N oranına bağlı olarak mevcut deneme koşullarında 2-3 aylık bir sürede pik noktaya geldiğini, mineralize olan azotun önemli kısmının (% 85-95) nitrat formuna dönüştüğünü göstermişlerdir. Yeşil gübre bitkilerinden fiğ ve fiğ+buğday+çavdar uygulamalarında toprağa sırasıyla 16.7 kg N/da ve 15.4 kg N/da organik azot kazandırılmış olup (sadece kök üstü aksam ile), bunu bezelye (10.1 kg N/da), iskenderiye üçgülü (4.3 kg N/da) ve fazelya (4.1 kg N/da) izlemiştir. Hayvan

gübre uygulaması ile toprağa verilen azotun ise 24.9 kg N/da olarak ölçümünü yapmışlardır.

Azot toprağa gübre olarak inorganik veya organik formlarda verilmektedir. Organik azot biyolojik olarak mineralizasyona uğrayarak önce amonyum azotuna, bu da nitrifikasyona uğrayarak sonuçta nitrat azotuna dönüşmektedir (Güneş ve Aktaş, 1992; Bellitürk ve Sağlam 2005).

Toprak pH'sı toprakta yaşayan mikroorganizmaların sayısına ve aktivitesine etki ettiğinden, organik azotun inorganik azota dönüşümü de bundan etkilenmektedir (Kacar, 1977; Kızıloğlu ve ark., 2001; Bellitürk ve Sağlam 2005'den).

Bellitürk ve Sağlamın (2005) bildirdiklerine göre, Paul ve Clark(1989), nitrifikasyonla oluşan hidrojen iyonlarının, topraktaki pH'nın düşmesine yardımcı olduğunu tanımlamıştır.

Bellitürk ve Sağlamın (2005), 'Tekirdağ İli Topraklarının Mineralize Olan Azot Miktarları İle Mineralizasyon Kapasiteleri Üzerinde Bir Araştırma' konulu araştırmaları Tekirdağ ili'nden alınan farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip topraklardaki organik formda bulunan azotun mineralizasyonunu belirleyebilmek amacıyla laboratuarda yürütülmüştür. Bu amaçla topraklar 14 günlük inkübasyona tabi tutulmuş , inkübasyon süresince topraklarda günlük olarak ( $\text{NH}_4^+ \text{NO}_3^- \text{NO}_2^-$ ) azot analizi yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, toprak örneklerinin % 90'ı organik maddece yetersiz bulunurken, %45'i fosfor bakımından zengin bulunmuştur. Toprak örneklerinin mineralizasyon kapasitelerinin 0.01 ppm ile 8.08 ppm arasında olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin kireç miktarları ile mineralizasyon kapasiteleri arasında  $r = 0,611$  düzeyinde pozitif ilişkiler belirlenmiş ve bu değer istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0,01$ ). Toprakların organik madde miktarı, toplam azot miktarı, kil ve pH değerleri ile mineralizasyon kapasiteleri arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

### 3.2.3. Topraktaki Azot Miktarının Denitrifikasyon Yoluyla Kaybı

Toprak azotunun gaz bileşikler şeklinde kaybolmasına etken olan en önemli olay denitrifikasyondur. Bunun sonucunda nitrat ve amonyum iyonları azot oksit ( $N_2O$ ) ve serbest azot gazı ( $N_2$ ) şekline çevrilir. Bu olay çok asit olmayan koşullarda ve zayıf havalanma koşullarında ortaya çıkmaktadır. Topraktaki mikroorganizmaların ve organik maddenin varlığı, sıcaklık ve nem denitrifikasyon için uygun koşullar sağlamaktadır.

Koçyiğit'in (2004), bildirdiğine göre, denitrifikasyon  $NO_3^-$ 'in biyolojik olarak azot gazlarına indirgenmesi olayıdır. Bu olay anaerobik koşullarda fakültatif bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Denitrifikasyon bitkiye yararlı azotun gaz halinde atmosfere geçmesine neden olmaktadır. Denitrifikasyonla azotlu gübrelerin bitkiler tarafından kullanım oranı % 20 ile % 50 oranında azalmakta (Aulakh ve ark., 1991) ayrıca gübrenilmiş ve gübrenmemiş topraklarda meydana gelen azot kayıplarının % 80'ini denitrifikasyon sonucu meydana gelmektedir (Duxbury ve McConnaughey, 1986). Fakat diğer taraftan, denitrifikasyonun azotun yer altı sularını kirletme potansiyelini azaltması bakımından bir avantaj olduğu düşünülmektedir (Lamond ve ark., 1987). Denitrifikasyon mikroorganizmaları yeraltı sularından  $NO_3^-$  azotunu uzaklarır atmosferdeki azot oksit konsantrasyonuna katkıda bulunur. Denitrifikasyon atmosferdeki  $N_2O$ ,  $NO$  ve  $N_2$  konsantrasyonlarını artırmaktadır. Azot oksit sera gazı olup küresel ısınmaya ve strosferde bulunan ozon tabakasının ayrışmasına neden olmaktadır (Kinzing ve Socolow, 1994). Azot oksit tek başına toplam küresel ısınmanın % 2'si ile % 4'lük kısmını kontrol etmektedir (Mosier ve ark 1996; Grant ve Pattey, 2003). Denitrifikasyon sonucu salınan azot gazlarının miktarı toprakta birçok faktör tarafından kontrol edilmektedir.

Toprakta denitrifikasyon uygun denitrifikasyon bakterilerinin varlığına, organik karbona, toprağın havalanmasına ve diğer çevresel faktörlere bağlıdır (Firestone, 1982; Koçyiğit 2004). Denitrifikasyon genellikle toprak pH, tektürü, organik C kaynağı, hasat artıklarının yönetimi, toprak sıcaklığı, azotlu gübreler ve nitrat, toprak havalanması ve toprağın su içeriği tarafından kontrol edilmektedir. Denitrifikasyon bakterileri fakültatif kemoheterotrofik bakteriler olup  $NO_3^-$ 'i



elektron alıcı olarak kullanırlar. En yaygın denitrifikasyon bakterileri *Pseudomonas* ve *Alkaligenes* olarak bilinmektedir (Parkin ve Meisinger, 1989; Koçyiğit 2004).

Gök ve ark.(1999)' na göre, genel olarak Türkiye topraklarında olduğu gibi Çukurova Bölgesi topraklarında da organik madde oldukça düşük düzeydedir (%1-2). Buğday hasadından sonra anızın yakılması ise toprakların verimlilikle ilgili sorunların boyutunu daha da artırmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, buğday anızı (5 t/ha) ve bir endüstriyel atık olan tütün atığının çeşitli dozlarının (tütün A = 5 t/ha, tütün B = 15t/ha, tütün C = 25 t/ha) mısır bitkisi vejetasyonu altında toprakta azot mineralizasyonu, denitrifikasyonla azot kaybı ve toprağın bazı biyolojik özelliklerine etkisinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür. Tarla koşullarında denitrifikasyon kaybının belirlenmesi için ( $N_2O$  olarak) "Asetilen İnhibisyon Tekniği" (=AIT) uygulanmış ve asetilen kaynağı olarak kalsiyum karbid ( $CaC_2$ ) kullanılmıştır. Organik substratlar mısır ekiminden 2 hafta önce toprağa karıştırılmıştır.

Sonuçlar, yoğun mineralizasyon dönemlerinde mineralize olan azotun büyük bir kısmının nitrat azotundan oluştuğunu göstermiştir. Bu dönemlerde toprakların nitrat içeriği (0-60 cm) 59-171 kg  $NO_3^-$ -N/ha iken (tütün B = 171 kg  $NO_3^-$ -N/ha, tütün C = 144 kg  $NO_3^-$ -N /ha, kontrol "mineral gübre" = 59 kg  $NO_3^-$ -N/ha) amonyum içeriği 61-80 kg  $NH_4$ -N arasında değişmektedir.

Denitrifikasyonla azot kaybının, özellikle gübrelemeyi izleyen dönemlerde yüksek olduğu, vejetasyon süresi içerisinde meydana gelen  $N_2O$  kaybının 4.6-20.2 kg  $N_2O$  -N/ha (anız yanmış kontrol = 4.6 kg  $N_2O$  -N/ha, organik substrat uygulanmamış kontrol "mineral gübre" = 20.2 kg  $N_2O$  -N/ha, tütün C =17.1 kg  $N_2O$  -N/ha; buğday anızı, tütün A ve tütün B= 7,6-8.8 kg  $N_2O$ -N/ha) arasında değiştiği görülmüştür. Sonuçlar ayrıca, meydana gelen  $N_2O$  kaybının, topraktaki nitrat miktarına ve toprağın nem içeriğine büyük ölçüde bağlı olduğunu da göstermiştir. Topraktaki biyolojik aktivite ( $CO_2$  üretimi ve Dehidrojenaz aktivitesi) önemli ölçüde tütün atığından olumlu yönde etkilenmiştir. Sözkonusu etkinin, uygulanan tütün atığı dozuna bağlı olarak arttığı görülmüştür.

Koçyiğit'in(2004) bildirdiğine göre denitrifikasyon toprak suyuyla çok yakından ilgilidir. Toprak su içeriğindeki artış  $O_2$ 'nin toprağa difüzyonunu arttırarak toprakta anaerobik bölgelerin oluşmasına neden olur ve bunun sonucu olarak

toprakta denitrifikasyon artar. Denitrifikasyon genellikle toprak su tutma kapasitesinin % 60'na ulaştığında ölçülebilir durumdadır (Aulakh, 1989).

Killi topraklar kumlu topraklara oranla daha küçük pore dağılımına sahiptirler. Küçük porlar ve yüksek nem içeriği bu topraklarda  $O_2$  difüzyonunu engeller. Yaz aylarında düşük nem içeriği ile birlikte yüksek oksijen difüzyonu toprakta denitrifikasyon enzimini engellemektedir (Limmer ve Steele, 1982).

Toprakların drenaj durumunda toprağın havalanması ve denitrifikasyonu etkilemektedir. Colbourn ve Harper (1987) yapmış oldukları çalışmada drenaj yapılmış toprakta denitrifikasyonla oluşan kayıpların % 65 azaldığını ortaya koymuştur. Sel baskını altında kalmış yeterince  $NO_3^-$ -N ve C içeren topraklar denitrifikasyona çok uygun topraklardır. Bu topraklarda  $NO_3^-$ -N genellikle denitrifikasyonu en fazla sınırlayan faktördür. Çünkü, havasız koşullarda nitrifikasyon sınırlandırdığı için organik maddenin mineralizasyonu ile açığa çıkan azot  $NH_4^+$ -N halinde toprakta kalmaktadır diye tanımlanmıştır (Aulakh, 1988).

Gök (1993), genel olarak denitrifikasyonda görev yapan azot redükte edici enzimlerin tamamen anaerobik koşullar altında üretildiği ya da aktive edildiği kabul edilmektedir. Oysa özellikle son yıllarda saf kültürlerle yapılan bazı çalışmalar denitrifikasyonun oksijenli koşullarda yürütülebileceğine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Ancak oksijen varlığında nitratın H-akseptör olarak kullanılıp kullanılmadığı, kullanılıyorsa bunu hangi faktörlerin etkilediği kesin olarak aydınlatılmış değildir.

Aerobik ve anaerobik koşullarda denitrifikasyonun nasıl yürüdüğünü ve oksijenin oluşan gazların bileşimini nasıl etkileyeceğini açıklamak için model deneme yapıldı. Bu amaçla topraklar siterilize edildi, *Bacillus brevis* B18 ile aşılandı ve inkübasyon süresince oluşan gazlar gaz kromatografisinde izlenmiştir.

Deneme sonuçları, gerek mineralizasyonun gerekse azot oluşumunun anaerobik koşullara göre aerobik koşullarda daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Aerobik koşullarda fazla mineralizasyondan dolayı gerek duyulan H-akseptör büyük olasılıkla  $O_2$  yanında nitratın da karşılanmakta idi ve bu durum denitrifikasyonun oksijen varlığında daha yüksek olmasını sonuçluyordu. Denemede ayrıca denitrifikasyon ürünü olarak azot dışında anaerobik koşullarda NO ve

$N_2O$ 'nun aerobik koşullarda ise  $N_2O$ 'nun oluştuğu, ancak bu gazların daha sonra H-akseptör olarak kullanıldığı bulunmuştur.

Denitrifikasyon genellikle sürümsüz tarımda sürümlü tarıma göre daha yüksektir. Sürümsüz tarım nitrifikasyon bakterilerinin miktarını azaltırken denitrifikasyon bakterilerinin miktarını artırmıştır (Broder ve ark., 1984). Bu iki populasyon arasındaki farkın nedeni, sürümlü ve sürümsüz tarım sistemlerinde toprak sıcaklığı ve neminin farklı olduğunu tanımlamıştır.

Güleç ve Derici (2004)'e göre çoğu tarımsal sistemlerde denitrifikasyon olayını etkileyen en önemli faktör toprağın oksijen içeriğidir. Düşük oksijen içeriği ise, genellikle topraktaki hava dolu gözeneklerin su ile dolması sonucu ortaya çıkmaktadır (Bremner ve Shavv 1958; Firestone, 1982). Bu nedenle, denitrifikasyonla ilgili tahminler yapılırken birinci derecede toprakların drene olma durumu, dolayısıyla su-hava oranı dikkate alınmıştır. Bununla birlikte, toprakta yüksek düzeyde kolay alınabilir karbon bulunduğunda, toprak mikroorganizmalarında hızlı bir oksidasyon süreci başladığı ve iyi havalandırılan topraklarda dahi oksijen noksanlığı söz konusu olabildiği saptanmıştır (Parkin, 1987; Sextone vd., 1985). Denitrifikasyonla yaklaşık azot kaybı denitrifikasyonu birinci derecede etkileyen toprağın drenaj durumu ve organik karbon içeriği göz önünde bulundurularak Çizelge 3.8'deki gibi tahmin edilmektedir.

Çizelge 3.8. Çeşitli topraklar için yaklaşık N denitrifikasyon tahminleri (Kissel ve Smith, 1978); (Crasswell ve Vlek, 1979); (Legg ve Meisinger, 1982); (Ryden ve Lund, 1980).

Toprak	drenaj			sınıflandırması	
	Oldukça iyi drenaj	İyi drenaj	Orta derecede iyi drenaj	Kısmen zayıf drenaj	Zayıf drenaj
Organik madde içeriği, %	Topraktaki inorganik N'un denitrifikasyona uğrayan oranı %				
<2	2-4	3-9	4-14	6-20	10-30
2-5	3-9	4-16	6-20	10-25	15-45
5<	4-12	6-20	10-25	15-35	25-55

Gök ve ark (1999), tarafından tarla koşullarında yürütülen bir çalışmada, Çukurova Bölgesi' nde pratikte de uygulanması mümkün olan buğday anızı, mısır ve soya sapı, hayvan gübresi ve endüstriyel bir atık olan tütün atığı gibi organik materyaller, buğday ekimi öncesi belirli miktarlarda toprağa karıştırılmış ve toprakta azot mineralizasyonu ve immobilizasyonu, denitrifikasyonla azot kaybı ve toprağın mikrobiyel aktivitesinde meydana gelen değişimler; incelenmişlerdir. Bu amaçla, buğday hasadı sonuna kadar belirli aralıklarla alınan toprak örneklerinde nitrat, nitrit ve amonyum analizleri, arazide Asetilen İnhibisyon Tekniği (AİT) yöntemi ile denitrifikasyonla azot kaybı, CO<sub>2</sub> üretimi, dehidrogenaz enzimi aktivitesi (DHA) ve buğdayda dane verimi belirlenmiştir. Sonuç olarak Uygulanan organik atıkların buğday ekili alanda toprağın nitrat ve amonyum içeriği, uygulamadan sonra artmaya başlamış ve 47. günde maksimuma ulaşmış ( 9-18 kg NO<sub>3</sub>-N/da ) ancak tütün atığı uygulamasında tüm ölçüm değerleri boyunca diğer uygulamalara oranla daha yüksek nitrat azotu değeri ölçülmüştür. Buğdayda uygulanan farklı organik atıkların toprağın amonyum azotu içeriğine etkisi uygulamalara göre çok büyük farklılıklar göstermemiş ve tüm uygulamalarda toprağın amonyum azotu içeriği 0.5 ile 4.9 kg/da arasında değişmiştir.

Bazı uygulamalarda, toprak profilinde görülen bu yüksek nitrat içeriğinin yıkanma yoluyla taban suyuna karışabileceği ve bu yolla kirlilik unsuru olabileceği hususu dikkatlerden kaçmamıştır.

Denitrifikasyonla azot kaybı etkisi uygun nem koşulları ve uygun sıcaklık (30-35 °C ) mineralizasyonu teşvik etmektedir. Ancak denitrifikasyon genelde NO<sub>3</sub>-N'nun yüksek olduğu dönemlerde fazla miktarda meydana gelmektedir. Nitratın fazla olduğu dönemlerde denitrifikasyonla azot kaybının da yükseldiği, daha sonra ise özellikle toprağın nem içeriğine ve sıcaklığa bağlı olarak azalma ve artmalar gösterdiği görülmüştür. Denitrifikasyon kaybı miktarında özellikle mineral azot gübresi ve atmosfer sıcaklığının önemli rol oynadığını değişik koşullarda bu yönde araştırma yapan araştırmacılar vurgulamaktadırlar. Ancak sonuçlar özellikle mısır sapı uygulamasında diğer uygulamalara oranla ilerleyen dönemlerde daha yüksek denitrifikasyon kayıpları verdiğini de göstermiştir.

Nitrat yıkanmasının en az düzeye indirilebilmesi için, azot uygulaması bir defa da yapılmamalı, ekim ile birlikte uygulanan bir miktar başlangıç gübrelemesini takiben, büyüme dönemi boyunca bitki ihtiyacına bağlı olarak azotlu gübreler birkaç defada bölünerek uygulanmalıdır (Güleç ve ark., 1997; Karaman ve ark., 2000: Güleç ve Derici 2004).

Coşkan ve ark.(2002), tarafından yapılan bir çalışma buğday anızı mısır sapı ve tütün atığı gibi çeşitli organik atık ve atıkların uygulama koşullarında önerilen miktarının azot mineralizasyonu ve denitrifikasyon kaybına ( $N_2O-N$ ) etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla, belirli zaman aralıklarında alınan topraklarda nitrat ve amonyum analizleri ve tarla koşullarında Asetilen İnhibisyon Tekniği (AIT) ile denitrifikasyon kaybı ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlar, organik substrat uygulamalarının mineralizasyonu önemli derecede artırdığını göstermiştir. Mineralizasyonun ve nitrifikasyonun yoğun olduğu dönemlerde ise buğday anızı uygulamasında 163.0 kgN/ha, mısır sapı uygulamasında 177.7 kgN/ha, tütün atığı uygulamasında 226.6 kgN/ha maksimum  $NO_3^-N$  değeri elde edilmiştir (0-60 cm). İnsitu denitrifikasyon ölçüleri, mineralizasyonun yoğun olmasının, sıcaklık ve toprak nemine bağlı olarak denitrifikasyonu önemli ölçüde artırdığını göstermiştir (uygulamalara göre değişmekle beraber 7.58- 17.40 kg $N_2O-N$ /ha). Sonuçlar ayrıca, toprağa ilave edilen organik substrakların denitrifikasyonla meydana gelen azot kaybına olan etkilerinin, ilave edilen organik substraklara göre değiştiğini, organik substrak C/N oranının burada önemli rol oynamadığını ortaya koymuştur.

### 3.3. Kültür Bitkilerinde Azot Gübrelemesi

Azot'un temel besin maddelerinden birisi olma sebebi, bitkinin organik yapısı içinde yer alması ve bitkinin daha çabuk büyümesini sağlamasıdır.

Bitki gelişimi sırasında sürekli azot alırlar. Ancak alım her zaman aynı seviyede olmaz.

Gübre miktarlarının istenilen seviyede tutulması, hem doğru kaynak kullanımı, hem karlılık , hem de çevre kirliliği ve sağlık yönünden önem kazanmaktadır (Özyazıcı ve ark.,2001: Bellitürk ve Sağlam 2005).

Birim alana kullanım itibariyle azotlu gübrelerde Türkiye’de hektara 50,5kg’a karşılık Trakya’da 101 kg yani iki kat gübre kullanılmaktadır (Bayraktar, 1997: Bellitürk ve Sağlam 2005 ).

Kızıloğlu ve Bilen (2004), konulu çalışmalarında *azotobacter sp.* izolatu ile aşılamanın, toprağa ve yaprağa uygulanan azotlu gübrelemenin sera şartlarında buğday (*Triticum aestivum*) bitkisinin kuru madde ve toplam azot içeriği üzerine olan etkisini belirlemişlerdir. Deneme sonunda kimyasal azotlu gübreleme ve aşılama ile bitkilerin kuru madde ve toplam azot içeriklerinin artış gösterdiği belirtilmiştir. Topraktan gübre uygulaması yapraktan gübre uygulamasına göre daha etkili olmuştur, en yüksek kuru madde ve toplam N içeriği 75 kg/daN dozundan ve *Azotobacter sp.* izolatu ile aşılama uygulamasından elde edilmiştir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar kısaca şöyle özetlenebilir. Azotlu gübreleme dozunun artışına bağlı olarak buğday bitkisinin kuru madde miktarları ve toplam azot içerikleri artış göstermiştir. *Azotobacter sp.* ile bitkilerin aşılması aşılamanın göre daha yüksek kuru madde miktarı ve toplam azot değeri göstermiş, aşılamanın önemli artış sağladığı belirlenmiştir. Bitkilere topraktan uygulanan azotlu gübreleme, yapraktan uygulamaya göre daha yüksek kuru madde miktarı ve toplam azot içeriği ortaya koymuştur. Uygulamalar arasında N<sub>75</sub> (75 kg/ha N) gübre uygulaması diğer uygulamalara göre en yüksek kuru madde ve toplam azot içeriği değeri göstermiştir. Makro elementlerin yaprak gübresi olarak küçük yapraklı bitkilerde uygulanmasının uygun olmayacağı düşünülse bile, ekonomik açıdan maliyet ve karlılık analizinin yapılması sonucu bazı bölgelerde uygulanabilirliğinin göz önüne alınması fikrini ortaya koymaktadır.

Kızıloğlu ve Bilen’in (2004) bildirdiğine göre, Aksoy ve ark. (1980), sera koşullarında azotlu gübrelemenin çeltik bitkisinde doz artışına bağlı olarak bitkinin ürün miktarının artış gösterdiğini, en fazla artışın üre gübresinden elde edildiğini belirtmiştir.

Kızıloğlu ve Bilenin (2004) bildirdiğine göre, Sezen (1983) ve Aydın (1995), değişik azotlu gübrelerin çeltik bitkisinde üre dozunu artışına bağlı olarak ürün miktarının ve bitkinin azot içeriğinin artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, birim alandan daha fazla verim almak için buğday bitkisine

yapraktan ve topraktan azotlu gübre uygulaması yanı sıra *Azotobacter* ile aşılamanın bitkinin kök ve kök üstü aksamının kuru madde miktarına ve toplam azot içeriğine etkisini belirlemek için yapılmıştır.

Kılıç ve arkadaşlarının (2004) bildirdiğine göre, Rivero ve ark. (1984), soya fasulyesinde mikrobiyal gübreleme ile mineral gübreleme arasındaki farkı belirlemeye çalışmış ve sonuçta mikrobiyal gübrelemenin mineral gübrelemeden daha fazla ürün artışı sağladığını ifade etmiştir. Elkoca ve ark. (2001), şeker pancarında *Bacillus* (M-3, M-10, M-13, M-27, M-58 ve BA-140) izolatları ile aşılamanın etkisini araştırdıkları çalışmada, bitki başı sürgün ağırlığı, kuru ağırlığı, yaprak alanı ve azot içerikleri üzerine önemli etkide bulunduğunu ve kontrole göre önemli artışlar sağladığı bulunmuştur. Bu çalışmada, organik, mikrobiyal (*Bacillus* OSU-142 ve *Bacillus* M-13) ve mineral gübre uygulamalarının tarla şartlarında kuru fasulye (Araş 98, Yakutiye 98) bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine olan etkileri incelenmiştir şeklinde tanımlanmıştır.

Dyck ve Liebman (1995) 1989 -1991 yıllarında kırmızı üçgül (*Trifolium incarnatum* L.) kalıntısını mineral gübre kalıntısına karşı mısır (*Zea mays* L.) silaj üretiminde karşılaştırmalı olarak deneme yürütülmüştür, rotasyon uygulamasının ikinci yılında bitkiye farklı oranlarda amonyum nitrat gübresi uygulandığını son hasat üründe kurumadde birikiminin gübre uygulanan gruba göre % 34 daha düşük azot kaynağının büyümeyi önemli düzeyde etkilemediğini bildirmektedirler. Ayrıca, mineral gübre ve yeşil gübre uygulamaları arasında her iki bitkisel üretimde de kuru madde birikimi arasında fark olmadığı diğer sonuçlarında, son hasatta her iki bitkide de kurumadde birikimi % 65 düşük ve gübrelemede % 131 daha yüksek olarak gerçekleştiğini aktarmaktadırlar.

Toomsan ve ark (2000), düşük organik maddeli topraklarda yerbıstığı da dahil olmak üzere (*Arachis hypogaea*), mung-bean (*Vigna radiata*), *Sesbania* (*Sesbania rostrata*) ve *Sesbania* ile Bөрölce (*Vigna unguiculata*)'nin Thailand' ın Kuzey Doğu bölgesi kumlu topraklarında baklagil yeşil gübre bitkilerinin pirinç veriminde olumlu sonuçlar alınabileceğini bildirmektedirler. Ayrıca, çiftçiler için *Sesbania*-Bөрölce seçeneğinin sadece pirinç verimi açısından değil, toprak verimliliğinin

arttırılması ve yenilebilir ürün üretimi açısından da gelecek vaat eden bir sistem olduğunu ifade etmektedirler.

Soya ve ark (2005), tarafından yapılan bir araştırma 1995 Yaz döneminde Salihli/Manisa'da üretici tarlasında gerçekleştirilmiştir. Denemede; azotlu gübre formları (Üre-Amonyum Sülfat-Amonyum Nitrat) ve veriliş zamanlarının (Tamamı ekimde, 1/2'si ekimde-1/2'si 1. biçimden sonra, 1/3'ü ekimde-1/3'ü 1. biçimden sonra-1/3'ü 2. biçimden sonra) etkisi incelenmiştir. Araştırmada Pioneer-988 melez çeşidi ve 15 kg/da azot miktarı ele alınmıştır. Bölünmüş Parseller deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulan denemede parsel boyutları  $5m \times 2m = 10 m^2$  olmuştur. Azotlu gübre formları ve veriliş zamanları ele alınan tüm karakterlerde (Yeşil ot verimi, kuru madde verimi, sap oranı) etkili olmamıştır. Gübre Formu x Veriliş Zamanı interaksyonu yeşil ot ve kuru madde verimlerinde önemli olmuş, en yüksek verimlere Amonyum Sülfat gübresinin 1/2'si ekimde, 1/2'si 1. biçimden sonra ve Amonyum Nitrat gübresinin 1/3'ü ekimde, 1/3'ü 1. biçimden sonra, 1/3'ünün de 2. biçimden sonra uygulanması durumunda ulaşılmıştır.

İnal ve Güneş (1995) şekerpancarının verim ve nitrat içeriğine artan düzeylerde uygulanan azotun etkisini belirlemeyi amaçlayan bir çalışmalarında tarla koşullarında yürütülmüştür. Toprağa 0, 5, 20, 50, 100, 200, 500 mgN/kg düzeylerinde ikiye bölünerek uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin yaprak ve kök ağırlıkları, yaprak ve kökün toplam azot ve  $NO_3-N$  içerikleri belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları,  $NO_3-N$  ve toplam azot içerikleri artan azot düzeylerine bağlı olarak artmıştır. En yüksek ürün,  $NO_3-N$  ve toplam azot içerikleri sırasıyla 200 ve 500 mg/kg azot uygulamalarından elde edilmiştir.

Yağmur ve Engin (2004), tarafından dört farklı fosfor, dört farklı azot dozları ve *Rhizobium* bakterisi ile aşılamanın ILC 482 nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidinin tane verim ve bazı verim öğelerine etkilerini belirlemek için 1997 ve 1998 yıllarında Van ekolojik koşullarında bir çalışma yürütülmüştür. Deneme tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş deneme desenine göre üç tekrarlı olarak kurulmuştur. Denemenin ilk yılında azot dozları bitki boyu, birincil dal, toplam bakla, bitkide tane sayısı ve tane verimini artırmış, 1998 yılında ise bitki boyu, birincil ve ikincil dal sayısı,



toplam bakla, bitkide tane sayısını ve tane verimini önemli derecede etkilemiştir. Fosfor dozlarının artan seviyeleri 1997 yılında ILC 482 nohut çeşidinin bitki boyu, birincil dal, bitkide tane sayısı ve tane verimini istatistiki bakımdan önemli derecede artırmıştır. Denemenin tekrarlandığı 1998 yılında ise fosfor dozları birincil ve ikincil dal sayıları ile toplam bakla ve bitkide tane sayılarını önemli seviyede arttırmıştır. Fosfor dozları ikinci yılda tane verimini istatistiki bakımdan ( $P<0.05$  ve  $P<0.01$  düzeyinde) önemli derecede etkilemediği saptanmıştır. Tane verimi ortalamaları 1997 yılında, fosforun farklı doz seviyelerinde 103.49 kg/da (0 kg/da) ile 122.75 kg/da (6 kg P205/da) arasında değişmiştir. 1998 yılında ise 64.57-78.96 kg/da arasında değişmiştir. Azot dozları bakımından deneme sonuçları incelendiğinde; her iki yılda da en yüksek tane verimi 6 kg N/da dozunda (sırasıyla 132.87 ve 87.95 kg/da) saptanmıştır. Aşılamanın tüm karakterler üzerine olan etkisinin her iki yılda da istatistiki ( $P<0.05$  ve  $P<0.01$  düzeyinde) bakımdan önemli olmadığı saptanmıştır.

Uzun ve ark (2005), tarafından Bursa koşullarında kışlık ara ürün olarak ot üretimi ve yeşil gübreleme amacıyla yetiştirilen adi fiğın, farklı azot dozları uygulanarak yetiştirilen mısır bitkisinde tane verimi ve bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. Deneme, 1999-2002 yıllarında Bursa koşullarında üç yıllık olarak yapılmıştır. Buğday anızının kontrol olarak kullanıldığı çalışmada mısırdaki 0, 7.5, 15.0, 22.5, 30.0 ve 37.5 kg N/da dozları ele alınmıştır. Mısır bitkisinde ot üretimi amacıyla yetiştirilen adi fiği izleyen mısırdan 1470.2 kg/da değeri ile en yüksek tane verimi elde edilmiştir. Ot üretimi uygulamasını 1391.7 kg/da ve 1391.5 kg/da değerleri ile buğday anızı ve yeşil gübreleme takip etmiştir. Ot üretimi parsellerinde elde edilen tane verimi yeşil gübrelemede elde edilen verimden % 5.66, buğday anızından elde edilenden % 5.64 daha yüksek bulunmuştur. Azot dozu arttıkça tane verimi de düzgün bir artış göstermiş ve en yüksek değerine 30 kg N/da dozunda ulaşmış, ondan sonra düşüşe geçmiştir. Bu sonuçlara göre, ot üretimi amacıyla yetiştirilen adi fiği izleyen mısırdaki 0.0 kg N/da dozunda elde edilen verime (1411.3 kg/da), yeşil gübreleme amacıyla yetiştirilen adi fiği izleyen mısırdaki 7.5 kg N/da dozunda (1407.3 kg/da), buğday anızı üzerine ekilen mısırdaki ise 15.0-22.5 kg N/da dozları arasında elde edildiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak; Bursa koşullarında kışlık ara ürün olarak baklagil yem bitkilerinin yetiştirilebileceği, bu ekimin

kendisinden sonra gelecek mısır ekimi zamanını geciktirmeyeceği, mısır veriminin tek yıllık baklagil ekimlerinden sonra artışının az olmasına karşılık uzun yıllarda bu artışın daha belirgin olacağı kanısına varmışlardır.

#### 3.4.Biyolojik Azot Fiksasyonunun Mineral Azot Girdisi Tasarrufuna Etkisi

Bitkiler nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) iyonları halindeki azotu kullanabilirler. Bitkilerin alabildikleri bu inorganik formdaki azot, mineral gübre olarak doğrudan verilmektedir. Bunun da toprak su ve hava kirliliği açısından sakıncaları olduğu bilinmektedir. Bu anlamda biyolojik azot fiksasyonu sorunları ortadan kaldırdığı gibi bitki için yararlı formdaki azotu kullanıma sunarken toprağın iyileştirilmesinde de rol oynamaktadır.

Aulakh ve Pasricha (1998) Güney Asya'nın yarı kurak subtropik topraklarında Hardal (*Brassica napus*) ve pirinç rotasyonunda ürün miktarının iyileştirilmesinde azot gübresi uygulaması ile yeşil gübrelemenin etkisine yönelik karşılaştırmalı çalışmalarında, Hardal bitkisinin tohum verimi 100 kg N/ ha'a kadar önemli ölçüde artış gösterdiği ancak sonra daha fazla azot gübresi kullanımı (150 kg N/ha) ile azalma eğiliminde olduğu bildirilmektedir. Yeşil gübre olarak kullanılan börülcenin hardaldan önce Eylül-Ekim döneminde 45-50 gün içinde yetiştiği ve 62-86 kgN/ha birikimi sağladığı ifade edilmektedir. Yeşil gübrelemenin, hardal verimini önemli ölçüde artırdığı ve 4 yıllık deneme boyunca, 100 kgN/ha yeşil gübre uygulamasının (diğer bir deyişle optimum düzey) herhangi bir azot gübre dozu ile ulaşılamayan düzeyde hardal verim artışı sağladığı araştırma sonuçlarında verilmektedir.

Özyazıcı ve Manga (2000), Çarsamba Ovası sulu koşullarında, kışlık ara ürün olarak yetiştirilebilecek baklagil yem bitkilerinin yem ve yeşil gübre değerlerini belirlemeye çalışmışlardır.

Deneme sonuçlarına göre, yeşil gübrelemeden sonra yetistirilen yazlık ana ürün mısır ve ayçiçeği bitkilerinde en yüksek tane verimi, koca fiğ ve adi fiğin tüm aksamalarının toprağa karıştırıldığı yeşil gübreleme uygulamalarından (mısırdaki, 974.2 ve 963.3 kg/da; ayçiçeğinde, 493.8 ve 492.5 kg/da) elde edilmiştir. Bu yeşil gübre

uygulamaları kontrole göre, mısırdaki sırasıyla %51.7 ve %50.0, ayçiçeğinde ise sırasıyla %36.8 ve %36.4'lük verim artışı sağlanmıştır. Söz konusu yeşil gübreleme işlemlerinin ana ürünlerde sağladığı bu yüksek verimlerin, dekara uygulanan 10 ve 20 kg azotlu gübreleme ile elde edilen verimlere (mısırdaki 943.7 ve 1060.0 kg/da; ayçiçeğinde, 436.7 ve 531.5 kg/da) eşdeğer olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada bölgenin önemli tarımsal atıklarından olan çeltik kavuzunun ana ürünlerde verime etkisinin olmadığı, tütün tozunun ise gübre olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Özyazıcı ve ark (2009), sürdürülebilir tarım açısından büyük önem taşıyan yeşil gübrelemenin, kendisinden sonra yetiştirilen mısır ve buğday ana ürünlerinde mineral gübrelerin kullanımını azaltma olanaklarını belirlemek, yeşil gübrelemeyi ekim nöbeti sistemi içerisinde yerleştirmek amacıyla planlanmıştır. Araştırma, 2000-2004 yılları arasında Çarşamba Ovası koşullarında üç münavebe periyodu halinde yürütülmüştür. Denemeler tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak kurulmuş ve "yeşil gübreleme + mısır + buğday" münavebe sistemi uygulanmıştır. Yeşil gübre bitkisi olarak yem baklası (*Vicia faba L.*) kullanılmıştır. Araştırmada yeşil gübrenin iki farklı uygulama şekli ve her iki yeşil gübreleme uygulamasında yetiştirilen mısır ve buğday ürünlerine verilen 4 farklı azot dozları araştırma konusu olarak ele alınmıştır. Buna göre; yeşil gübre yem baklasının tamamıyla toprağa gömülmesi ve yem baklasının otu biçilip parselden kaldırıldıktan sonra geriye kalan anızın toprağa gömülmesi suretiyle iki farklı yeşil gübre uygulaması yapılmıştır. Her iki yeşil gübre uygulamasından sonra münavebe içeriğinde mısır ve buğday bitkileri yetiştirilmiş ve azot dozları olarak mısır için 0, 6, 12, 18 kg N/da, buğday için 0, 5, 10, 15 kg N/da uygulanmıştır. Ayrıca araştırma konusu olarak; münavebede yer alan mısır ve buğday bitkilerine toprak analiz sonuçlarına dayanan azot, fosfor ve potasyumlu gübre uygulayarak "geleneksel sistemde mısır ve buğday yetiştirilmesi" sistemi ile boş geçen (yeşil gübresiz) kışlık ara devreden sonra azot verilmeksizin mısır+buğday münavebe sistemini içeren uygulamalar da ele alınmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; Çarşamba Ovası koşullarında ele alınacak münavebe sistemi içerisinde kışlık ara devrede yeşil gübre olarak yem baklası bitkisi yetiştirme olanağı vardır. Yeşil gübreleme amacıyla yetiştirilip toprağa gömülen yem

baklası üzerine ekilen mısıra 12 kg/da N, mısırdan sonra yetiştirilen buğdaya ise 10 kg/da N verilmesinin, yeterli olacağı tespit edilmiştir.

Baklagillerde simbiyotik sistem sonucu kazanılan azot miktarı 150-200 kg/ha/yıl düzeyinde olduğu tanımlanmıştır (Burnus ve Hardy, 1975; Almaca ve Gök, 1997; Doğan 2007). İyi şartlar altında soya-*Bradyrhizobium japonicum* ikilisi simbiyotik yolla 300 kg/ha/yıl düzeyine yakın azot fikse edilebilir (Keyser ve Li, 1992; Doğan 2007).

Simbiyotik yaşam, Actinomycete alnı-kızılağaç ve Actinomycete-elagin iğdegiller gibi birçok odunsu bitkiler arasında da vardır. Bu şekildeki simbiyotik yaşamla 60 kgN/ha/yıl düzeyinde azot fiksasyonu gerçekleşmekte olduğu tanımlanmıştır (Kızıloğlu, 1995;Doğan 2007).

Baklagiller aracılığı ile fikse edilen azot miktarının 70-100 kg/ha.yıl (bezelye ve fasulye) ile 300 kg/ha yıl (üçgül ve yonca) arasında olduğu bazı araştırmacılarca belirlenmiştir (Postgate, 1982; Anonymous, 1982; Anonymous, 2003).

Doğan'ın (2007) bildirdiğine göre, Gök ve ark. (1995)'nin yaptıkları bir çalışmada bazı baklagil yeşil gübre bitkilerinin kontrol toprağına oranla toprağı kazandırdıkları azot miktarının bitki ve uygulama şekline göre 7,5 ile 13,0 kg N/da arasında değiştiğı saptanmıştır.

Simbiyotik azot fiksasyonu ile birlikte simbiyotik olmayan yolla tesbit edilen azot miktarı ile bulgular çok değişik olmakla beraber, genellikle yılda 0,5-1,0 kg/da olarak tahmin edilen miktar, ortalama olarak kabul edilebilir. Baklagiller tarafından simbiyotik yolla tesbit edilen azot miktarı ise dekar başına, yaklaşık olarak 10-20 kg arasında bulunmaktadır. İyi şartlar altında soya *Bradyrhizobium japonicum* ikilisi simbiyotik yolla 300 kg/ha.yıl düzeyine yakın azot fikse edebilirler (Keyser ve Li, 1992;Doğan 2007).

### **3.5. Mineral Gübrelemenin Çevresel (Toprak,Su ve Hava Kirliliğine) Etkisi**

Azot, ürün verimini belirleyen en önemli elementlerden birini oluşturmaktadır ve bitkilerin azot gereksinimleri genel olarak mineral gübreleme ile

karşılanmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle azotlu gübrelerin dünyadaki üretimi diğer bitki besin elementlerini içeren gübrelere oranla daha fazla artmaktadır.

Bugün azotlu gübrelerin bütün dünyadaki üretimi tarımsal ürünler tarafından kaldırılan azot miktarını karşılamaya yeterli değildir. Ayrıca sanayi yoluyla yapılan bu üretim için büyük enerji girdisine gerek duyulmaktadır. Sorun, sadece yüksek enerji girdileri ile kalmamakta, kullanılan mineral azot gübrelerinin bir kısmı yıkanma yoluyla, bir kısmı denitrifikasyon yoluyla topraktan uzaklaştığı için kullanılan azotlu gübrelerden bitkilerin optimum şekilde yararlanması da mümkün olmamaktadır.

Mikroorganizmalardan yararlanılarak doğal azot fiksasyonu yoluna gidilmesinin yararı, mineral azot girdisini azaltarak daha ucuz yolla toprağa azot kazandırmak yanında mineral azotun sebep olabileceği çevre sorunlarının boyutunu da azaltmaktadır (Gök, 1995; Uğan, 2007)

Tarımda ve endüstrideki gelişmelerin doğal azot dengesine etkileri, sularda ve bazı topraklarda  $\text{NO}_3^-$  ve atmosferde nitroz oksit ( $\text{NO}_2$ ) birikimi şeklinde olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Coşkan ve ark., 2007; Doğan ve ark., 2006; Coskan, 2004).

Gök (1988), bitkilerin azot gereksinimlerini karşılamak amacıyla verilen nitratın 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 aracılığıyla  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  gibi gazlara redükte olarak atmosferdeki stratosfer tabakasına kadar ulaşmaktadır. Stratosfere ulaşan  $\text{N}_2\text{O}$  ve  $\text{NO}$  gazları ise ozonun parçalanmasına neden olmaktadır. Ancak toprağa uygulanan nitratın söz konusu bu gaz bileşiklerine dönüşme hızı ve oluşan gazların cinsi topraktaki birtakım faktörlerin etkisi altındadır. Toprak mikroorganizmalarının  $\text{O}_2$  içeriği anız uygulaması gibi bazı faktörlere bağlı olarak  $\text{N}_2\text{O}$  ve  $\text{NO}$  gazları oluşumundaki rolünü ve bazı denitrifikant saf kültür bakterilerin bu gazların oluşumundaki etkilerini açıklamak için model deneme yapılmıştır. Bu amaçla, anaerobik pleksiglaslar içerisine konulmuş olan doğal floralı veya saf sültürle aşılınmış değişik oksijen içeriklerindeki anızlı-anızsız toprak örnekleri ya da besiyerleri kontrollü koşullarda inkübe edildi ve oluşan  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  gazları

gaz kromatografisinde ölçülmüştür. Gerek doğal flora gerekse saf kültürle yapılan denemeler toprağa yada besi yerine uygulanan nitratın toprak mikroorganizmaları tarafından ozon parçalanmasında rolü olan gaz bileşiklerine dönüştüğünü göstermiştir. Doğal flora ile yapılan denemelerde bu ürün hem anaerobik hem aerobik koşullarda N<sub>2</sub>O 'dan ibaretti. Saf kültürle toprakta yapılan denemelerde ise bu ürün anaerobik koşullar altında N<sub>2</sub>O ve NO'dan, aerobik koşullar altında N<sub>2</sub>O 'dan ibaretti. Büyük olasık ile doğal kültür ortamında oluşan NO toprakta NO-redüktaz enzimi salgılayan mikroorganizmalar tarafından derhal N<sub>2</sub>O ya redükte olmakta ve böylece toprakta ölçümü mümkün olmamaktadır. Bunlara ek olarak deneme sonuçları genel olarak oksijenin N<sub>2</sub>O oluşumunu artırdığını, anız uygulamasının azalttığını gösterdi. Saf kültürlerin N<sub>2</sub>O oluşumundaki etkilerinin ise spesifik olduğu bulundu.

Fazla nitratın insan sağlığı açısından diğer olumsuz etkileri, çeşitli azotlu bileşiklerin yiyeceklerde kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Genellikle bozulmayı önlemede kullanılan azotlu, çeşitli katkı maddeleri 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 sorunu ortaya koyması bakımından önemlidir (Doğan,2007).

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 çevre kirliliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla beraber denitrifikasyon sonucu açığa çıkan azot gazları küresel ısınmaya neden olmaktadır (Coşkan, 2004; Doğan ve ark., 2006; Gök ve ark., 2006).

Doğan (2008)'a göre bilinçsiz ve aşırı dozlarda kullanılan mineral gübreler ve kimyasal maddeler ekosistemi ciddi boyutta kirlenmektedir. Toprak, su ve atmosferik açıdan kirliliğe neden olan bu tür uygulamalar için acil ve mantıklı çözümler üretilmedikçe, ilgili ekosistemdeki tüm canlılar bundan olumsuz yönde etkilenmeye devam edecektir.

Yüksek düzeyde mineral gübre, pestisit ve hormon kullanımı sonucu topraklar, içme suları, akarsular ve bitkilerde zararlı maddeler birikmektedir.

Ekosistemde bu tür maddelerin birikimi kanser ve diğer ciddi hastalıklara neden olarak insan sağlığını tehdit etmektedir.

Mineral gübreleme, taban suyu ve içme sularının kirlenmesinin ana kaynağı olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek oranda gübre kullanılması durumunda besin elementleri çeşitli yollarla topraktan uzaklaşmakta ve ekosistemde önemli düzeyde kirlenme meydana gelmektedir. Aşırı miktarlarda mineral azot ve fosfor kullanımı sonucu nitrifikasyon, biyolojik oksijen ihtiyacı, plankton oluşumu artmakta, makro algler ve diğer su bitkileri aşırı miktarda büyümekte ve zehirli, iyonize olmamış amonyak oluşmaktadır. Ayrıca, oksijen yetersizliği taban sularının sığ kısımlarında oldukça zehirli olan hidrosülfidlerin oluşumuna neden olabilmektedir (Gök ve ark., 1991;Doğan 2008).

Nitrat, nitrit ve diğer bazı bileşiklerin, insan ve hayvanlarda sindirim sisteminde nitrozaminlere dönüşerek kanserojen etkilerde bulunduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Ispanak, marul gibi bazı yaprağı yenen sebzelere fazla azotlu gübre kullanımı ile bitkide uç yapraklarında nitrat birikimi arasında pozitif bir korelasyonun olduğu tespit edilmiştir (Gök ve ark 1991; Anonymous,1996;Doğan 2007).

Crews ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada, azot gübrelerinin kullanımının artışına bağlı olarak çeşitli çevre zararlarına neden olduğu ve biyolojik azot fiksasyonunu sağlayan baklagillerin sürdürülebilir azot dengesinin üretim desenlerinde çevre koruma açısından sağlıklı ve sürdürülebilir bir kaynak olduğu öne sürülmektedir. Çalışmada, ekolojik bütünlüğün, enerji bilimi ve gıda güvenliği bağlamında, baklagillerden ve endüstriyel kaynaklardan azot üretiminin sürdürülebilirliğinin karşılaştırılması üzerinde durulmuş ve baklagillerden azot üretiminin diğer kaynaklara göre daha sürdürülebilir olduğu bildirilmiştir.

Daha önce yapılmış birçok çalışmalardan da anlaşılmıştır ki bitkilere gereğinden fazla azotlu gübre kullanılması ile insan ve çevre sağlığı açısından birçok olumsuzluklar meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukların giderilmesi için biyolojik azot fiksasyonuna önem verilmesi gerekmektedir şeklinde tanımlamıştır (Gök ve ark., 2004; Doğan ve ark., 2006: Doğan 2007).

Yine yoğun tarımda aşırı mineral gübrelemenin neden olduğu tarımsal kaynaklı gazların (NO, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>) artış göstermesinden dolayı ozon tabakasında meydana gelen değişimler ve ozon tabakasındaki bozulmalar, çalışmaların bu yönde ve özellikle alternatif gübreleme tekniklerine yer verilerek yapılmasını gerektirmektedir (Mc Elroy at all., 1976; Rohmann ve Sontheimer, 1985; Doğan 2007).

Doğan'ın (2007) bildirdiğine göre, tarımsal alanlarda uygulanan mineral azot (nitrat) bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucu (örneğin denitrifikasyon) N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO gibi gazlara redükte olmaktadır (Rohmann ve Sontheimer, 1985). Oluşan bu N<sub>2</sub>O ve NO gazları ise stratosfere kadar ulaşarak burada ozonun bozulmasına neden olabilmektedir (Leteyve ark., 1981; Knowles, 1982).

Gerek soya gerekse bakla ve üçgülde bakteri aşılması nodülasyon, kuru madde oluşumu, yüzde azot içeriği ve bitki başına total azotu kontrol bitkisine göre önemli derecede etkilemektedir. Ancak aşılama kullanılan suşların etkinlikleri birbirinden farklıdır. Bu nedenle toprak, su ve hava kirlenmesinde önemli yeri olan mineral azot (özellikle nitrat) gübresini tarımdaki kullanımını, bitki paterninde baklagil bitkilerine yer vermesi ve aşılama etkin bakterilerin kullanılması suretiyle azaltılabilir. Bu yolla biki toprağa kazandırılacak olan atmosfer azotu hem çevre kirliliğinin boyutunu azaltacak hemde enerji tasarrufu sağlayacaktır (Gök ve Martin,1993).

Azotlu gübre kullanımını neticesinde verimdeki artışla birlikte fazla azotlu gübrelerin ve azotlu bileşiklerin taban suyuna ve içme suyuna karışması neticesi ortaya çıkan problemler bilim adamları tarafından çevre kirliliği açısından gündeme getirilmekle beraber bu güne kadar sorunun çözüm için üzerinde yeterli çalışmalar yapılmış değildir (Gök ve ark. 1999; Uğan, 2007).

Bilindiği üzere, özellikle aşırı nitrat gübrelemesi durumunda toprakta nitrat formunda bulunan azot sebzeler tarafından (özellikle ıspanak, marul, lahana v.b.) alınarak sebze ve insan bünyesinde nitrit formuna indirgenmek suretiyle kandaki hemoglobinin methemoglobine dönüşümüne neden olmakta ve böylece toprak için kirlenici bir unsur görevi yapmaktadır. Nitrat, nitrit ve diğer bazı bileşiklerin, insan ve hayvanlarda sindirim sistemlerinde nitrozaminlere dönüşerek kanserojen etkilerde



bulunduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Gök ve ark., 2004, Koponen ve ark., 2004, Rudell ve ark., 1976; Maynard, 1978:Doğan 2007)



## 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

### 4.1. Sonuçlar:

Yeşil gübrelemenin kültür bitkilerinde mineral azot girdisi tasarrufu ve çevre açısından öneminin tespit edilmesi amacıyla bu araştırma yapılmış aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Türkiye’de kültür bitkilerine ve toprak özelliklerine göre değişmekle beraber ortalama mineral azot kullanımı hektara 150-200 kg’dır. Buna karşın kullanımı çevre ve üretim açısından daha fazla avantaj sağlayan yeşil gübreleme yeterince yaygın değildir.

Yeşil gübre bitkilerinden fiğ, fiğ+yulaf ve bakla,yonca gibi baklagil bitkilerinin toprağa kazandırdığı azot ahır gübresi, nadas ve sadece yulafa göre daha yüksektir.

Makro ve mikro element içeriği yüksek olan Azola bitkisi de Ege-Akdeniz kıyı şeridinde yeşil gübre olarak kullanılmaya elverişlidir.

Buğday bitkisi üretiminde; toprağa uygulanan azot, yapraktan uygulanan azota göre daha etkilidir. En yüksek kuru madde ve azot içeriği azotobacter izolatu uygulaması ile edilmektedir

Çeltik ve buğday bitkisi üretiminde kısa vadede en fazla ürün artışı mineralli gübrelerle yapılan üre uygulamasındaki azottan elde edilmektedir. Kumlu topraklarda yetiştirilen pirinç veriminde baklagil yeşil gübre bitkilerinin etkisi olumlu olmuştur.

Azot fiksasyonunda rol oynayan mikroorganizmalar, mineral azot girdisini azaltarak hem daha ucuz yolla toprağa azot kazandırmakta,hemde mineral azotun sebep olabileceği çevre sorunlarını en aza indirmektedir.

Baklagillerle toprağa fikse edilen azot miktarı 70-300 kg/ha/yıl olup; yeşil gübreleme yapılmış olan toprağa ekilen ve bitkiler içerisinde en fazla azota ihtiyaç duyan mısıra 120 kg/ha dozunda azot, mısırdan sonra yetiştirilen buğdaya ise 100 kg/ha azot verilmesi yeterli olmaktadır. Oysa mısır bitkisi en yüksek verimine 300 kg N/ha dozunda mineral gübre uygulamasıyla ulaşmaktadır. Mineral gübre kullanılarak

üretilen buğdayda en yüksek verim 150-200 kg N/ha arasındaki dozdan elde edilmektedir.

Domates ve ıspanakta yeşil gübreleme yapılmayan parselde göre yeşil gübreleme yapılan parselden %49.54 oranında daha yüksek verim elde edilmektedir. Koca fiğ ve adi fiğin tüm aksamalarının toprağa karıştırıldığı yeşil gübreleme uygulamalarından elde edilen dane verimi, yeşil gübrenin çeşidine göre sırasıyla mısırdan, 974.2 ve 963.3 kg/da; ayçiçeğinde 493.8 ve 492.5 kg/da olup elde edilen verim miktarları ürün sırasına göre dekara uygulanan 10 ve 20 kg azotlu mineral gübrelemeden elde edilen verimlere eşdeğerdir.

Baklagil bitkilerinin aşılmasında kullanılan bakteri izolatlarının etkinliğinde nem, pH gibi diğer faktörlerin yanı sıra toprak sıcaklığının optimum 27°C olması önemlidir. Bakteri izolatlarının etkinliğine bağlı olarak sıcak iklim kuşağında yeşil yem bitkileri toprağa yılda 200 kg/ha azot bağlarken tropik ve subtropik iklimlerde 100 kg/ha azot bağlamaktadır.

Kök ve kök üstü gelişimi üzerine Fe ve Mo'nin etkisi önemli olup; mineraller bitki başına alınan toplam azot miktarına bu yolla olumlu etki yapmaktadır. Toprakta bulunan azot konsantrasyonu açısından ise Fe ve Mo uygulamalarının belirgin etkisi görülmemiştir.

Türkiye koşullarında soyada nodül sayısı ve nodül ağırlığı yönünden So1756 ve So1809; danede ve nodülde azot oranı yönünden So30131; dane verimi yönünden So1756; toplam kuru madde oluşumu yönünden de So 1809 nolu Rhizobium suşları etkin olup; TAL 102, TAL 379 ve TAL 377 ise en uygun bakteri izolatlarıdır.

Yoğun mineralizasyon dönemlerinde mineralize olan azotun büyük bir kısmı nitrat azotunu oluşturmaktadır. Toprak kireç miktarları ile mineralizasyon kapasiteleri arasında  $r = 0,611$  düzeyinde pozitif ilişkiler belirlenmiş ve bu değer istatistiki olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0,01$ ).

Uygun nem ve uygun sıcaklık (30-35°C ) koşullarında gerçekleşen mineralizasyon ve nitrifikasyonun yoğun olduğu dönemlerde; buğday anız uygulamasında 163.0kgN/ha, mısır sapı uygulamasında 177.7 kg N/ha, tütün atığı uygulamasında 226.6 kgN/ha maksimum NO<sub>3</sub>-N değerleri elde edilmektedir.

-Mineralizasyon sonucunda yoğun olarak oluşan  $\text{NO}_3\text{-N}$  denitrifikasyonla azot kaybı etkisini artırdığı ve denitrifikasyonla azot kaybının gübrelemeyi izleyen dönemlerde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu olayda vejetasyon süresi içerisinde meydana gelen  $\text{N}_2\text{O}$  kaybı 4.6-20.2 kg  $\text{N}_2\text{O-N/ha}$  kadardır.  $\text{N}_2\text{O}$  kaybı, topraktaki nitrat miktarına ve toprağın nem içeriğine büyük ölçüde bağlı olmaktadır.

Topraktaki en fazla inorganik azot (%25-55), organik madde içeriğinin %5'in üzerine çıktığı kısmen zayıf ve zayıf drenajın olduğu topraklarda denitrifikasyona uğramaktadır.

Fazla azotlu gübre kullanımı verimde sağladığı yüksek artışa rağmen, yüksek nitrat içeriği nedeniyle yıkanma yoluyla taban suyuna ve içme suyuna karışarak çevre kirliliğe, ayrıca ortaya çıkan nitroz asiti de atmosferdeki ozon tabakasında incelmeye neden olmaktadır. Güneşin zararlı ışınlarının dünyaya direkt geçmesini engelleyen atmosferin incelmeye, küresel ısınma problemi yaratmaktadır.

Mineral gübrelerin fazla kullanımı sonucunda toprakta biriken nitratın ıspanak, marul, lahana gibi sebzelerin bünyesine birikmesi ve bu ürünlerin insanlar tarafından yenmesiyle mevcut nitrat, nitrit formuna indirgenmektedir. Nitrit ise kanda oksijen taşınmasında görevi olan hemoglobinin, methemoglobine dönüşmesine yol açmaktadır. Nitrat ve nitrit gibi bileşikler, insan ve hayvanların sindirim sistemlerinde nitrozaminlere dönüşerek kanserojen etki yapmaktadır.

#### 4.2. Öneriler

Tarımsal girdilerden birisi olan gübre, çoğalan dünya nüfusunun dengeli ve düzenli beslenmesi için ihtiyaç duyulan gıdaların üretim için son derece gereklidir. Fazla azotlu gübre kullanımı, toprak florasındaki olumsuz etkilerinin yanında bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı dirençlerini azaltması, taban suyuna ve içme sularına karışması, çeşitli bitkilerde depolanması ve bu bitkilerin yenilmesi yolu ile insan sağlığı ve genel ekonomi üzerinde önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Son yıllarda verim artırılması yönünde mineral gübrelere alternatif olarak düşünülenler arasında yeşil gübreleme ön plana çıkmaktadır. Yeşil gübrenin sahip olduğu

avantajlardan dolayı; kullanılmasının yaygınlaştırılması, teşvik edilmesi, gerekirse zorunlu kılınması gerekmektedir.

Yeşil gübreler arasında azot fiksasyonu bakımından daha üst sıralarda yer alan aşılınmış baklagil yeşil gübre bitkileri kullanımda tercih edilmelidir.

Tarım topraklarında verimliliği sağlayan koşulların sağlanması kaçınılmaz ve gerekli olmakla birlikte; toplumun ve gelecek kuşakların yaşam ortamını oluşturan su, toprak ve havanın kirletilmemiş olması son derece önemlidir. Bu amaçla; tarımsal üretimde çevre üzerinde zararlı etki oluşturan yöntem ve araçların yerine, zararsız veya daha az zarar verenlerin kullanılması tercih edilmelidir.

Çevreye ve insan sağlığına duyarlı sürdürülebilir tarımsal üretim yapılması amacıyla iyi tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, çiftçilerin ve ilgili kitlelerin eğitilmesi, duyarlı hale getirilmesi, mevzuat düzenlemelerinin uygun ve yeterli hale getirilmesi gereklidir.

## KAYNAKLAR

- AKBOLATI, D., EKİNCİ, K., CAMCI ÇETİN, Ç., COŞKAN, A., 2004. Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Toprakta Organik Maddenin Ayrışmasına Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Isparta, 8-3, 152-160.
- AKSOY, A. Ş., KARAKAŞ, T., 1990, Ozon Tabakasında Olan İncelme, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 27, Sayı:1, İzmir. Atlas, R.M., Bartha, R., 1992. Microbial Ecology, Fundamentals and Applications. Third Edition. The Benjamin /Cummings Publishing Company Inc. Redwood City, CA 94065, USA.
- ALTINTAŞ, S., CEBEL, N., 1990. Değişik Yerlerden Sağlanan Nodozite Bakteri Kültürleri ile Aşılamanın Soya Fasulyesinin Verimine ve Danelerinin Azot Kapsamlarına Etkisi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No. 170. Ankara.
- ANONYMOUS, 1982. Application of Nitrogen-Fixing Systems in Soil Management. FAO. Rome.
- ANONYMOUS, 2003. International Legume Database & Information Service, KKEW, <http://www.botanical.com/botanical/mgmh/b/broom-70.html>. 9 p.
- ANONYMOUS, 2006. Kategorisi Gübreler. Rehber Ansiklopedisi 2.
- ANONYMOUS, 2009. Mikrobiyolojik Gübreleme. Tarım Bakanlığı Yayınlarından, 2009. İzmir.
- ATILLA, A., 1999. Yeşil Gübreleme. Ekolojik Tarım. Ekolojik Tarım Eğitimi Ders Notları, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir, 60-78
- AULAKH M. S., PASRICHA N. S. 1998. The Effect of Green Manuring and Fertilizer N Application on Enhancing Crop Productivity in Mustard-Rice Rotation in Semi-Arid Subtropical Regions. European Journal Of Agronomy ISSN 1161-0301 1998, vol. 8, no 1-2, pp. 51-58 (13 ref.)
- BECK, D. P., MATERON, L. A. AFANDI, F., 1993. Practical Rhizobium- Legume Technology Manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Technical Manual no: 19. Syria.

- BELLİTÜRK, K., SAĞLAM, M. T., 2005. Tekirdağ İli Topraklarının Mineralize Olan Azot Miktarları İle Mineralizasyon Kapasiteleri Üzerinde Bir Araştırma Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 89
- BEŞİRLİ, G., SÜRMEİ, N., SÖNMEZ, İ., M. KASIM, U., BAŞAY, S., PEZİKOĞLU, F. Ü., KARİK, G., ŞARLAR ÇETİN, K., ERDOĞAN, S., ÇELİKEL, F.G., EFE, E., HANTAŞ, C., UZUNOĞULLARI, N., CEBEL, N., GÜÇDEMİR, İ. H., KEÇECİ, M., GÜÇLÜ, D., TUNCER, A. N., AKSOY, U., 2003 Domates ve Ispanağın Organik Tarım Koşullarında Yetiştirilebilirliğinin Araştırılması Sonuç Raporu, Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler Yayın No: 173, 95 s, Yalova
- BİEDERBECK, V. O., ZENTNER, R. P., CAMPBELL, C. A., 2005. Soil Microbial Populations and Activities as Influenced by Legume Green Fallow in a Semiarid Climate. Soil Biology and Biochemistry Volume 37, Issue 10, October 2005, Pages 1775-1784
- BORDELEAU, L.M., D. PREVOST, 1994. Nodulation and Nitrogen Fixation in Extreme Environments. Plant and Soil. 161: 115-125.
- BORDEY , R. M., 1997. The Contribution of Biological Nitrogen Fixation for Sustainable Agricultural Systems in the Tropics. Soil Biology and Biochemistry Volume 29, Issues 5-6, May-June 1997, Pages 787-799
- BRODER, M. W., DORAN, J.W., PETERSON, G.A., FENSTER, C.R., 1984. Fallow Tillage Influence on Spring Population of Soil Nitrifiers, Denitrifiers and Available Nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1060-1067.
- BROHİ, A. R., AYDENİZ, A., ve KARAMAN, M. R., 1995. Toprak Verimliliği, Gaziosmanpaşa Univ., Ziraat Fak. Yayınları: 5, Kitaplar Serisi: 5, Tokat.
- BROHİ. A., KARAMAN, R., 1995. Azotlu Gazların (N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, NO, NH<sub>3</sub>) Atmosferik Dönüşüm Olayları ve Çevrede Yolaçtığı Olumsuz Etkiler. Gaziosmanpaşa Üniv.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü ,Tokat.
- COŞKAN, A., GÖK, M., ONAÇ, I., İNAL, İ., SAĞLAMTİMUR, T., 2002. Buğday Anızı, Mısır Sapı ve Tütün Atığının Buğday Vejetasyonu Altında Toprakta



Denitrifikasyon Kaybına Etkisi. Türk J Agric For ,26 (2002) ,349-353

TÜBİTAK

COŞKAN, A., GÖK, M., ONAÇ, I., ORTAŞ, İ., 2003. Soya Bitkisinde Mikoriza-Rhizobium İnteraksiyonunun N<sub>2</sub>-Fiksasyonu, Kuru Madde Oluşumu ve Fosfor Alımına Etkisi Ç.Ü.Z.F. Dergisi 18 (1): 35-44 Adana

COŞKAN, A., 2004. Anız Yakımı ve Tütün Atığı Uygulamalarının Soya Vejetasyonu Altında Toprakta Azot Mineralizasyonuna, Denitrifikasyona ve Dane Verimine Etkisi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı. Doktora Tezi. ADANA .

ÇOŞKAN. A., GÖK. M., ONAÇ. I., ORTAŞ. I., 2004. Einfluss von Mykorrhiza- und *Rhizobiumbeimpfung* bei Sojabohne (*Glycine max. L.*) auf Knöllchenbildung, Mycorrhizainfektion, Trockenmasse sowie N- und P- Aufnahme

COŞKAN, A., GÖK, M., DOĞAN, K., 2006. Anız Yakılmış ve Yakılmamış Parseller Üzerine Uygulanan Tütün Atığının Soyada Biyolojik Azot Fiksasyonuna ve Verime Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 12 (3) 239-245 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

COŞKAN, A., GÖK, M., DOĞAN, K., 2007. Effect of Wheat Stubble Burning and Tobacco Waste Application on Mineral Nitrogen Content of Soil at Different Depth. International J. of Soil Sci. ISSN 1816-4978.

COŞKAN, A., İŞLER, E., KÜÇÜKYUMUK, Z., ERDAL, İ., 2009. Isparta Koşullarında Soyada Bakteri Aşılmasının Nodülasyona ve Dane Verimine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 4 (2): 17-27, 2009 ISSN 1304-9984, Araştırma Makalesi

CRASSWELL, E. T., VLEK, P. L. G., 1979. Fate of Fertilizer Nitrogen Applied to Wetland Rice.p. 175-192. In Nitrogen and Rice .IRRI,Los Bafios,Phiippines.

CRECCHIO, C., CURCI, M., MININNI, R., RICCUITI, P., RUGGIERO, P., 2001. Short Term Effects of Municipal Solid Waste Compost Amendments on Soil Carbon and Nitrogen Content, Some Enzyme Activities and Genetic Diversity. Biology and Fertility of Soils 34, 311-318.

- CREWS, T. E., PEOPLES, M. B., 2004. Legume Versus Fertilizer Sources of Nitrogen: Ecological Tradeoffs and Human Needs. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 102, Issue 3, May 2004, Pages 279-297
- ÇENGEL, M., OKUR, N., YILMAZ, F. I., 2009. Organik Bağ Topraklarında Yeşil Gübre Bitkileri ve Çiftlik Gübresi Uygulamalarının Topraktaki Mikrobiyal Aktiviteye Etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2009, 46 (1): 25-31 İZMİR
- DAKORA, F. D., KEYSERLING, S. O., 1997. Contribution of Legume Nitrogen Fixation to Sustainable Agriculture in Sub-Saharan Africa. *Soil Biology and Biochemistry* Volume 29, Issues 5-6, May-June 1997, Pages 809-817
- DOGBE, W., 2010. Green-Manure Crops for Sustainable Agriculture In The Inland Valleys of Northern Ghana. [http://www.idrc.ca/en/ev-31936-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://www.idrc.ca/en/ev-31936-201-1-DO_TOPIC.html).
- DOĞAN, K., GÖK, M., COŞKAN, A., 2006. Denitrification Related Soil Respiration with Respect to Organic Substrate Applications. Proceedings of the International Workshop for the Research Project on the Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas (ICCAP), Kyoto, Japan, March 9-10, 2006
- DOĞAN, K., 2007. Yerfıstığı Bitkisinde Bakteriyel Aşılama İle Demir Uygulamalarının Nodülasyon, Biyomas Ve Verime Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı. Adana, 2007 Doktora Tezi.
- DOĞAN, K., AĞCA, N., YALÇIN, M., DAĞHAN, H., 2008. Mineral Gübreleme ve Kimyasal Uygulamaların Çevresel Etkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi. 8-10 Ekim 2008, Konya. s. 723-730.
- DURRANT, M. C., 2001. Controlled Protonation of Iron-Molybdenum Cofactor by Nitrogenase: A structural and theoretical Analysis. Department of Biological Chemistry, John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, U.K.
- DYCK, E., LIEBMAN, M., 1995. Crop-Weed Interference as Influenced by a Leguminous or Synthetic Fertilizer Nitrogen Source: II. Rotation Experiments With Crimson Clover, Field Corn, And Lambsquarters

Agriculture, Ecosystems & Environment Volume 56, Issue 2, December 1995, Pages 109-120

- EKİCİ, Y., 2004. Toprağın Gıdası , Organik Atıklar Adlı Makale Buğday Ekolojik Yaşam Kapısı
- FRİTSCHÉ, W. 1990. Mikrobiologie. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- GEVREK, M. N., ve YAĞMUR, B., 2004. Yeşil Gübre Bitkisi Olarak Kullanılan Azola (*Azola anabaena*) İle İlgili Bazı Çalışmalar. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Cilt:1,893-900
- GÖK, M., 1987. Einfluss energiereicher Substrate (Cellulose oder Stroh)und O<sub>2</sub>-Partialdruck auf Quantität und Qualität der Denitrifikation eines sandigen Lehms.Doktora tezi Hohenheim Üniversitesi(FRG).
- GÖK, M., 1989. Toprak Mikroorganizmalarının Ozon Parçalayıcı Bazı Gazların (N<sub>2</sub>O, NO) Oluşumundaki Rolü. Çevre 89. Beşinci Bilimsel Ve Teknik Çevre Kongresi. Adana, 1989. S: 452-463.
- GÖK, M., SAĞLAMTİMUR, T., 1991. Çeşitli Yeşil Gübre Bitkilerinin Toprağın Nmin İçeriğine Etkisi. TİD. 11. Bilimsel Toplantısı, Yayın No. 6, S. 391-401.
- GÖK,M., 1993. Aerobik Ve Anaerobik İnkübasyonun *Bacillus brevis*'te Denitrifikasyon İntensitesi Ve Oluşan Gaz Bileşimine Etkisi.Doğa –Tr.J.of Agricultural and Forestry ,TÜBİTAK,17(1993) ,77-85
- GÖK, M., MARTIN, P., 1993. Farklı Rhizobium Bakterileri ile Aşılamanın Soya, Üçgül ve Fiğde Simbiyotik Azot Fiksasyonuna Etkisi. Doğa-Tr. J. of Agricultural and Forestry 17, 753-761.
- GÖK, M., COŞKAN, A., ONAÇ, I., SAĞLAMTİMUR, T., TANSI, V., KARİP, B., İNAL, İ., 1999. Organik Gübrelemenin Toprakta N-Mineralizasyonuna Denitrifikasyonla Azot Kaybına ve Mikrobiyel Aktiviteye Etkisi.
- GÖK,M., COŞKAN, A., ONAÇ, I., SAĞLAMTİMUR, T., TANSI, V., KARİP, B., İNAL, İ., 1999. Organik Gübrelemenin Toprakta N-Mineralizasyonuna Denitrifikasyonla Azot Kaybına Ve Mikrobiyel Aktiviteye Etkisi. GAP I. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı .Şanlıurfa .Cilt 2, 971-978.
- GÖK, M., SAĞLAMTİMUR, T., COŞKAN, A., İNAL, İ., ONAÇ, I., TANSI, V., 2001. Organik ve Mineral Gübrelemenin Tarla Koşullarında Toprakta Azot

- Transformasyonuna ve Denitrifikasyonla Azot Kaybına Etkisi. Kesin Sonuç Raporu, Proje No:TARP-1785, TÜBİTAK.
- GÖK, M., DOĞAN. K., ANLARSAL. A. E., COŞKAN. A., TANSI. V., TANGOLAR. S., BİLİR. H., 2004. Farklı Yeşil Gübre Bitkileri Uygulamalarının Bağ Vejetasyonu Altında Toprakta Azot Mineralizasyonuna Ve Biyolojik Aktiviteye Etkisi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre Tokat
- GÖK, M., DOĞAN, K., COŞKAN, A., ARIOĞLU, H., 2004. Bakteriyel Aşılama İle Demir Ve Molibden Uygulamalarının Yerfıstığı Bitkisinde Nodülasyon Ve Biyomas Oluşumuna Etkisi. 3. Ulusal Gübre Kongresi “Tarım Sanayi Çevre”, 11-13 ekim 2004 Tokat. Bildiriler Kitabı, 2. cilt, S. 909-920.
- GÖK, M., DOĞAN, K., COŞKAN, A., ARIOĞLU, H., 2005. Yerfıstığı Bitkisinde Bakteriyel Aşılama ile Demir ve Molibden Uygulamalarının Nodülasyon, N2-Fiksasyonu ve Verime Etkisi. IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 21-23 Eylül, Şanlıurfa. S. 844-852.
- GÖK, M., DOĞAN, K., COŞKAN, A., 2006. Effects of Divers Organic Substrat Application on Denitrification and Soil Respiration under Different Plant Vegetation in Çukurova Region. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture. April 4-8, 2006, Adana-Turkey
- GÖK, M., 2009. Ekolojik Tarım Ders Notları Bölüm 2, Çukurova Üniv. Adana
- GÜLEÇ, H., KARAMAN, M. R., 2004. Tarımsal Sistemde Potansiyel Azot Kazancı Ve Azot Dengesi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Cilt:1,663-671
- GÜLEÇ, H., DERİCİ, M. R., 2004. Tarımsal Sistemde Potansiyel Azot Kaybı. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Cilt:1,673-684.
- GÜLÜMSER, A., 1986. Baklagillerin Ekim Nöbetindeki Yeri ve Önemi O.M.Ü.Zir.Fak.Derg.I(1).
- HAKTANIR, K., ARCAK, S., 1997. Toprak Biyoşojisi. Toprak Ekosistemine Giriş. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Toprak Böl. Yayın No: 1486. Ders Kitabı: 447. ANKARA

- HAUCK, R. D.,1971. Quantitative Estimates of Nitrogen-Cycle Processes, Concepts and Review.<sup>15</sup>Nin Soil and Plant Studies.65-80p.,IAEA,Vienna.
- İNAL, A., GÜNEŞ, A., 1995. Azotlu Gübrelemenin Şeker Pancarında Nitrat Birikimi ve Ürün Üzerine Etkisi.Ankara Üniversitesi Tarım Bilimler Dergisi, Ankara,1 (1) 2730.
- İŞLER, E., COŞKAN, A., 2009. Farklı Bakteri (*Bradyrhizobium japonicum*)Aşılama Yöntemlerinin Soyada Azot Fiksasyonu ve Tane Verimine Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi 2009, 15 (4) 324-331 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
- JANSSON, S. L., PERSSON, J., 1982. Mineralization and İmmobilization of Soil Nitrogen. p. 229–252. In F.J.
- KAÇAR, B., KATKAT, A.V., 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:144, Vipaş Yayın No: 20, Bursa.
- KAHİNDİ, J. H. P., WOOMER, P., GEORGE, T., SOUZA MOREİRA, F. M. ,KARANJA, N. K., GİLLER, K. E. 2007. Agricultural İntensification, Soil Biodiversity And Ecosystem Function İn The Tropics: The Role Of Nitrogen-Fixing Bacteria.Applied Soil Ecology Volume 6, Issue 1, August 1997, Pages 55-76
- KAHNT, G., 1983. Die Bedeutung der Leguminosen in der Fruchtfolge. Nungesser Agririps, No:1,Seite:1-2, Mai 1983.
- KAHNT, G., 1985. Welchen Vorfruchtwert Haben Körnerlegüminosen DLG Mitteilungen, Nr. 3, 138-140
- KILIÇ, E., TURAN, M., BİLEN, S., ŞAHİN, F., 2004. Farklı Azotlu Gübre Kaynaklarının Kuru Fasulye (*Phaseolus Vulgaris*) Bitkisinin Verim Ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Cilt:1, 953-958
- KIZILOĞLU, T., ÇOBAN, S., 2004. Tarımsal Sistemde Biyolojik Azot Kazancı. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Cilt:1, 853-860.
- KIZILOĞLU, F. T., BİLEN, S., 2004. Toprakdan ve Yaprakdan Uygulanan Azotlu Gübreleme ve Azotobacter sp. İzolatı İle Aşılamanın Buğday Bitkisinin Kuru Madde Miktarı ve Toplam Azot İçeriği Üzerine Etkisi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Cilt:1, 945-952.

- KISSEL D. E., SMITH, S. J., 1978. Fate of Fertilizer Nitrate Applied to Coastal Bermuda Grass on Swelling Clay Soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:77-80.
- KOÇYİĞİT, R., 2004. Tarımsal Ekosistemde Toprak Yönetim Sistemlerinin Denitrifikasyona Etkisi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Cilt:1,655-662.
- KOZAK, B., 1996. Örtü Altı Domates Yetiştiriciliğinde Organik Gübreleme ve Mineral Gübrelemenin Ürün Kalitesiyle Bazı Hastalıklara Etkisi, Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, S.1, Adana.
- LEGG, J. O., MEISINGER, J. J., 1982. Soil Nitrogen Budgets. p. 503-566. In F.J. Stevenson(ed) Nitrogen in Agricultural Soil. Argon. Monogr. 22. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- MARSCHNER, P., KANDELER, E., MARSCHNER, B., 2003. Structure and Function of The Soil Microbial Community in a Long Term Fertilizer Experiment. Soil Biology & Biochemistry 35 (2003) 453-461.
- MENGEL, K., SCHMEER, H., 1985. Effect of Straw, Cellulose and Lignin on the Turnover and the Availability of Labelled Ammonium Nitrate. Biol. Fert. Soils 1,175-181.
- MUBARIK, A., 1999. Evaluation of Green Manure Technology in Tropical Lowland Rice Systems. Field Crops Research Volume 61, Issue 1, 1 March 1999, Pages 61-78
- OLSEN, R. A., KURTZ, L.T., 1982. Crop Nitrogen Requirements, Utilization, And Fertilization. In: Nitrogen in Agricultural soils, F.J. Stevenson(ed). Agronomy Monograph No. 22, ASA-CSSA-SSSA, pp. 567-604.
- ONAÇ, I., GÖK, M., ÜLGER, A., IŞIK, A., ANLARSAL, A. E., ÇAKIR, B., COŞKAN, A., GÖKSAL, C., 1997. Değişik Baklagil Yeşil Gübre Bitkilerinin Farklı Mekanizasyon Uygulamaları Altında Toprakta N-Mineralizasyonuna, İmmobilizasyonuna Ve Verime Etkisi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, 487-491.
- ONAÇ, I., 1998. Çukurova Koşullarında Değişik *Bradyrhizobium japonicum*

- İzolaları ile Aşılamanın Farklı Soya Çeşitlerinde Nodülasyon, N<sub>2</sub>-Fiksasyonu ve Verime Etkisi. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Toprak Anabilim Dalı.Doktora Tezi. ADANA.
- ÖZYAZICI, M. A., MANGA, I., 2000. Çarsamba Ovası Sulu Kosullarında Yeşil Gübre Olarak Kullanılan Bazı Baklagil Yembitkileri ile Bitki Artıklarının Kendilerini İzleyen Mısır ve Ayçiçeğinin Verim ve Kalitesine Etkileri. Turk J Agric For 24 (2000) 95–103
- ÖZYAZICI, M. A., ÖZYAZICI, G., ÖZDEMİR, O., 2009. Yeşil Gübre Uygulamalarının Mısır-Buğday Münavebesinde Bitkilerin Verim Ve Bazı Tarımsal Özellikleri Üzerine Etkiler. Anadolu Tarım Bilim. Derg., 24 (1): 21-33
- POSTGATE. J. R., (1982). The Fundamentals of Nitrogen Fixation. Cambridge : Cambridge University Press.
- RYDEN ,J. C., LUND, L. J., 1980. Nature and Extent of Directly Measured Denitrification Loses fom Some İrrigated Vegetable Crop Production Units. Soil Sci. soc. Am. J. 44:505-511
- SCHRÖDER, H., 1990. Agricultural Production and The Environment of The Baltic and Adjacent, Seas, in Fertilization and The Environment, 11-19 pp.
- SNAPP, S. S., ROHRBACH, D. D., SİMTOWE, F., FREEMAN, H. A .,2002. Sustainable Soil Management Options for Malawi: Can Smallholder Farmers Grow More Legumes Agriculture, Ecosystems and Environment, 91:159-174.
- SOYA, H., ULUSOY, Ö., KIR, B., DEMİROĞLU, G., 2005. Sorgum Sudanotu Melezinde Değişik Azotlugübreler Ve Veriliş Zamanlarının Verim Ve Verim Özelliklerine Etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Antalya (Araştırma Sunusu Ciltli, Sayfa 907-912)
- TOOMSAN , B., CADİSCH, G., SRİCHANTAWONG, M., THONGSODSAENG, C., GİLLERAND , K. E., LİMPİNUNTANA, V., 2000. Biological N<sub>2</sub> Fixation and Residual N Benefit of Pre-Rice Leguminous Crops and Green Manures. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, Volume 48, Issue 1, 2000, Pages 19-29

- UĞAN, G., 2007. Çukurova Bölgesi Yerfıstığı Ekim Alanlarında Rhizobial Potansiyelin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı. Adana, 2007 Doktora Tezi
- UZUN.A., ÖZ. M., KARASU. A., BAŞAR. H., TURGUT. İ., GÖKSOY. A. T., AÇIKGÖZ. E., 2005. Yeşil Yem ve Gübreleme Amacıyla Yetiştirilen Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.)’den Sonraki Mısırın Verim Özellikleri. Bursa Uludağ. Üniv. Zir. Fak. Derg., 19 (2): 83-96
- UZUN, A., ÖZ, M., KARASU, A., BAŞAR, H., TURGUT, İ., GÖKSOY, A. T., AÇIKGÖZ, E., 2005. Yeşil Yem ve Gübreleme Amacıyla Yetiştirilen Adi Fiğ (*Vicia sativa* L.)’den Sonraki Mısırın Verim Özellikleri. Bursa Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., (2005) 19 (2): 83-96
- YAĞMUR, M., ENGİN, M., 2004. Nohut (*Cicer arietinum* L.)’ta Fosfor ve Azot Dozları ile Bakteri (*Rhizobium ciceri*) Aşılamanın Bazı Morfolojik Özellikler ile Tane Verimi Üzerine Etkileri ve Bazı Bitkisel Özellikler Arasındaki İlişkiler. YYU Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 103-112
- VANCE, C. P., GRAHAM, P. H., 2000. Nitrogen Fixation in Perspective: an Overview of Research and Extension Needs. Field Crops Research Volume 65, Issues 2-3, March 2000, Pages 93-106
- WIDJANG H. S., MITROSUHARDJO, M. M., RASJİD, H., MYERS R. J. K., 2004. The Relative Roles of N Fixation, Fertilizer, Crop Residues And Soil in Supplying N in Multiple Cropping Systems in a Humid, Tropical Upland Cropping System. Plant and Soil, Volume 121, Number 1 / January, 1990
- WIDJAJANTO, D. W., 1996. Environmental Advantages and Disadvantages of Different of Nitrojen in Agricultural Systems. Fertilizer and Environment. Kluwer Academic Publication. Vol:66,253-257p., Netherlands.



## ÖZGEÇMİŞ

16.11.1966 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı.

1985 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nü kazanarak lisans eğitimine başlayıp 1989 yılında mezun oldu 1996 Aralık ayında sınıf öğretmeni olarak göreve başladı. 2001 yılında Tarım Bakanlığına geçiş yaptı. Doğrudan Gelir Desteği Projesinde 5 yıl süresince Malatya İl Koordinatörlüğü yaptıktan sonra halen Malatya İl Tarım Müdürlüğü Proje İstatistik Şubesinde Yem Bitkileri Desteği ve Arı Koloni Desteği projesinde İl Sorumlusu olarak görev yapmakta.

Evli ve 4 çocuk annesi.