

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI AŞILAMA YÖNTEMLERİ İLE BAKTERİ
(*Bradyrhizobium japonicum*) AŞILAMASININ SOYADA AZOT
FİKSASYONUNA VE TANE VERİMİNE ETKİSİ**

ERDİNÇ İŞLER

Danışman: Doç. Dr. Ali COŞKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2009**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından TOPRAK ANABİLİM DALI'nda oybirliği/oyçokluğu ile YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. İbrahim ERDAL

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü

Üye : Doç.Dr. Ali COŞKAN (Danışman)

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü

Üye : Yrd.Doç.Dr. Muharrem KAYA

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

ONAY

Bu tez 26/01/2009 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda, yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

....../....../2009

Prof. Dr. Mustafa KUŞCU

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Soya Bitkisinin Genel Özellikleri	4
2.2. Ülkemizde ve Dünyada Soya Üretimi.....	9
2.3. Soyada Bakteri Aşılması ve Önemi.....	12
2.4. Azot Fiksasyonu.....	15
2.4.1. Biyolojik Olmayan Azot Fiksasyonu	18
2.4.2. Endüstriyel Azot Fiksasyonu	18
2.4.3. Biyolojik Azot Fiksasyonu	19
2.4.4. Nodül Oluşum Mekanizması	24
2.5. Azot Fiksasyonunu Etkileyen Etmenler	26
2.5.1. Toprakta Azotun Durumu.....	26
2.5.2. Sıcaklık	27
2.5.3. Toprak Reaksiyonu (pH)	29
2.5.4. Toprak Nemi	30
2.5.5. Besin Elementlerinin Etkisi	31
2.5.6. Tuzluluk (EC)	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1. Materyal.....	34
3.1.1. Deneme Toprağının Genel Özellikleri	34
3.1.2. Denemede Kullanılan Soya Bakteri Suşları ve Tohum Çeşidi	34
3.1.3. Deneme Toprağının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	34
3.2. Yöntem	35
3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi	35

3.2.2. Bakteri Üretimi ve Aşılama	36
3.2.3. Denemede Yapılan Bitki ve Toprak Analizleri	37
3.2.3.1. Bitki Analizleri.....	37
3.2.3.2. Toprak Analizleri	38
3.2.4. İstatistiki Değerlendirme	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	39
4.1. Çiçeklenme Döneminde Nodül Sayısı ve Ağırlığı.....	39
4.2. Uygulamaların Çiçeklenme Döneminde Kuru Ot Verimine Etkisi	40
4.3. Çiçeklenme Döneminde Nodül, Kök ve Toprak Üstü Azot İçeriğine Etkisi	41
4.4. Hasat Döneminde Kök, Toprak Üstü ve Toplam Bitki Ağırlığına Etkisi	41
4.5. Hasat Döneminde Belirlenen Tane Sayısı ve Tane Verimi.....	42
4.6. Hasat Döneminde Kök, Toprak Üstü ve Tanenin Azot İçeriği	43
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	44
6. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI AŞILAMA YÖNTEMLERİ İLE BAKTERİ (*Bradyrhizobium japonicum*) AŞILAMASININ SOYADA AZOT FİKSASYONUNA VE TANE VERİMİNE ETKİSİ

Erdoğan İŞLER

**Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı**

Juri: Prof.Dr. İbrahim ERDAL
Doç.Dr. Ali COŞKAN (Danışman)
Yard.Doç.Dr. Muharrem KAYA

Bu araştırma, farklı bakteri aşılama yöntemlerinin soyada azot fiksasyonu ve tane verimlerine etkilerini belirleyebilmek amacıyla 2008 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü İklimlendirme kabinde yürütülmüştür. Bu amaçla 5 farklı (tohum aşılama, üst aşılama, 2 defa üst aşılama, tohum yatağına pulverize aşılama ve peat ile aşılama) bakteri aşılama yöntemi uygulanmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 8 tekrarlamalı saksı denemesi şeklinde planlanmıştır. Deneme materyali olarak Sa88 soya çeşidi tohumları 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.

Anahtar Kelimeler: Soya, Rhizobium, Azot Fiksasyonu, Bakteriyel Aşılama

2009, 54 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INFLUENCE OF DIFFERENT BACTERIUM (*Bradyrhizobium japonicum*) INOCULATION TECHNIQUES ON BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION AND YIELD

Erdoğan İŞLER

Süleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences
Soil Science Department

Thesis Committee: Prof.Dr. İbrahim ERDAL
Assoc.Prof.Dr. Ali COŞKAN (Supervisor)
Asst. Prof.Dr. Muharrem KAYA

This research carried out to determine the effects of different bacterial inoculation methods on soybean grain yield and nitrogen fixation under growth chamber condition in 2008 at Süleyman Demirel University, Faculty of Agriculture Department of Soil Science. For this purpose, 5 different (seed inoculation, top inoculation, 2 times top inoculation, pulverize inoculation to seed bed and inoculation via peat) bacteria inoculation method has been applied. Experiment was conducted as pot experiment according to completely randomized designs with 8 parallel. Sa88 soybean variety and *Bradyrhizobium japonicum* bacteria strain Nr: 1809 were used as an experiment material. During flowering and harvest maturity, nodulation determined and plant analyzes realized.

The results obtained from the experiment revealed that, bacteria inoculation methods increases nitrogen fixation as well as the methods examined in the research can easily transfer to practice. The highest number of grain (9.08 unit plant⁻¹) and plant grain yield (3.36 g plant⁻¹) observed in seed bed inoculation method.

Key Words: Soybean, Rhizobium, Nitrogen Fixation, Bacterial Inoculation

2009, 54 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasındaki uğraşlarının yanı sıra, yakın ilgisi, desteği ile değerli bilgi ve fikirleriyle bana yön veren saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Ali COŞKAN'a teşekkür ederim. Arazi çalışmalarının yürütülmesinde her türlü desteği aldığım başta Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (TARUM) Müdürü Prof.Dr. Atilla AŞKIN olmak üzere tüm TARUM personeline teşekkürlerimi sunarım. Bölümde yapılması gereken analizlerde tüm olanaklarını seferber eden ve aynı zamanda Yüksek Lisans öğrenimime başlamamda en büyük destekçim olan saygıdeğer hocam Ziraat Fakültesi Dekanı Prof. Dr. İbrahim ERDAL'a teşekkür ederim. Yürüttüğüm çalışmanın çeşitli evrelerinde benden yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Atılğan ATILGAN ve laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Arş.Gör. Zeliha KÜÇÜKYUMUK'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütülmesinde işyerinde ihtiyaç duyduğum izinleri sağlayan Mürşide Ermumcu Anadolu Öğretmen Lisesi Okulu Müdürü, Sayın Ramazan Serdar ERKAN'a ve işyeri işlerimde yardımlarını esirgemeyen Ramazan TEKELİ'ye teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimine başladığım günden buyana manevi desteğini ve yardımlarını esirgemeyen Tekstil Mühendisi Mesude ÖZGÜR'e teşekkür ederim.

1740-YL-08 No'lu proje ile Yüksek Lisans çalışmama maddi destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (SDÜ-BAP) Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca hem maddi hem de manevi desteğini esirgemeyen; Yüksek Lisans çalışmamda da bana destek olan başta annem ve babam, Fatma ve Yüksel İŞLER olmak üzere; kardeşim Kemal İŞLER'e ve diğer aile fertlerime sonsuz teşekkürlerimi ifade etmek isterim.

Erdoğan İŞLER
ISPARTA, 2009

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Soya bitkisi meyvesinden bir görünüm	4
Şekil 2.2. 2007 yılı dünya soya üretimi yapan ülkelerin yüzdelik oranları.....	11
Şekil 2.3. 2007 yılı dünya yağlı tohum üretim oranları	12
Şekil 2.4. Doğada azot döngüsü	16
Şekil 2.5. Nodül oluşumunda enfeksiyon öncesi dönem ve enfeksiyonun başlaması.....	25
Şekil 2.6. Bakterinin kök üzerine yapışması ve içeriye alınması	25
Şekil 2.7. Bakterinin nodül oluşturmaları ve nodül oluşturmuş kök görünümü	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Soya proteininde bulunan aminoasitler ve oransal değerleri	6
Çizelge 2.2. Türkiye'de 1987–2006 yılları arası soya ekim alanı, üretimi ve verim durumu	10
Çizelge 2.3. Tüm dünyada yıllık fikse edilen azot miktarı	17
Çizelge 2.4. Heterotroph Olan Procaryotic Diazotroflar ve Procaryotic-Eucaryotic Sistemler	20
Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	34
Çizelge 3.2. YMA besi ortamının bileşimi	36
Çizelge 4.1. Çiçeklenme döneminde belirlenen nodül sayıları ve ağırlıkları	39
Çizelge 4.2. Çiçeklenme döneminde belirlenen kök, toprak üstü ve kök+toprak üstü ağırlıkları.....	40
Çizelge 4.3. Çiçeklenme döneminde belirlenen nodül, kök ve toprak üstü azot içerikleri	41
Çizelge 4.4. Uygulamaların hasat döneminde belirlenen kök, toprak üstü ve toplam bitki ağırlıklarına etkisi	42
Çizelge 4.5. Hasat döneminde belirlenen tane sayısı ve tane ağırlığı değerleri.....	43
Çizelge 4.6. Hasat dönemi kök, toprak üstü ve tane total azot değerleri	43

1. GİRİŞ

Uzun yıllar boyunca insanların dünyada doğal kaynakları aşırı ve bilinçsizle kullanması sonucu habitat ve yeryüzü düzeninde büyük değişiklikler oluşmuş, artan nüfusa bağlı olarak açlık ve dengesiz beslenme sorunları ortaya çıkmıştır.

İnsan beslenmesindeki ana unsuru, bitkisel besinler ve tahıllar teşkil etmektedir. Diğer bir beslenme şekli ise hayvansal protein içerikli besinlerdir. Ancak, hayvansal besin maddelerinin arttırılması, hem beslenme sorununa kesin bir çözüm değil hem de daha fazla hayvansal protein üretimi için daha fazla bitkisel üretim gerekir.

Hem insan beslenmesinde hem de hayvan beslenmesinde kullanılan soya bitkisi, çok amaçlı kullanımından dolayı “Harika Bitki” olarak adlandırılmakta ve her geçen gün ihtiyacı daha da artmaktadır. Dünyada tüketilen protein miktarının büyük bölümü bitkisel orijinlidir. Bu yönden bitkisel üretimin arttırılması için çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Soyanın anavatanı, Uzakdoğu Asya bölgesi olup, 5000 yıl öncesine kadar yetiştiriciliğinin yapıldığı ispatlanmış bir bitkidir. Günümüzde yetiştiriciliği yapılan en önemli 5 bitkisel ürün içinde olmasına karşın ülkemiz de dahil olmak üzere, batılı ülkelerin soya ile tanışması 20’nci yüzyılın başlarında olmuştur. Soya sadece bitkisel bir ürün olmakla kalmayıp, günümüzde sanayide bir çok kullanım alanına sahiptir.

Soya tanesinde; % 40 protein, % 20 yağ, % 34 karbonhidrat ve % 5-6 diğer maddeleri içermektedir. Bu bakımdan soya, diğer baklagil bitkileri içerisinde en çok protein içeriğine sahip bitki olup, içerdiği yağ miktarı ile de yağ bitkileri arasında önemli yere sahiptir (Scott ve Aldrich,1983).

Protein oranı bakımından soya birçok besin maddesinden daha çok protein içerir. Örneğin, peynirde bu oran % 25, et ve balıkta % 20, yumurtada % 8, sütte ise % 4’tür. Gelişmiş ülkelerde, soyanın sütü, peyniri, filizi, sosu, dondurması, eti, unu, mürekkebi, mumu gibi bir çok ürünü kullanılmaktadır. Soya ayrıca biyoyakıt üretimi

için de ekimi yapılabilir alternatif bir bitkidir. Soyanın kalp ve kanser hastalıklarına karşı koruyucu özelliği, yakın zamanda çok tercih edilen bir ürün olmasını sağlamıştır (Coşkan, 2004).

Soya, köklerinde yaşıyan, aşılama yolu ile bulaştırılan *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi sayesinde, havanın serbest azotunu bağlamaktadır. Bu nedenle önemli bir ekim nöbeti bitkisidir. Hem kendisinden sonra ekilecek bitkiye azotça zengin bir tarla bırakmakta, hem de kendi ihtiyacı olan azotu karşılamaktadır. Bu azot bağlanması olayı biyolojik azot fiksasyonu ile meydana gelmektedir. Biyolojik azot fiksasyonunda baklagiller önemli rol oynarlar. 20000 e yakın baklagil bitkisinin yarısından çoğu azot fiksasyonu yapmaktadır.

Baklagillerde azot fiksasyonu, nodül denilen yumrucuklar vasıtasıyla olmaktadır. Bitkilerde azot üretim birimleri olarak görev yapan nodüllerin oluşumu ve fonksiyonlarını yerine getirebilmesi, bitkinin ve etrafındaki bakterilerin genetik yapısı ve ortam koşulları ile yakından ilgilidir.

Baklagiller toprağa sadece nodülleri aracılığıyla azot bağlamakla kalmayıp, ryen kökleri ile de toprağa azot kazandırır. Diğer taraftan, suda eriyebilir organik azot bileşiklerinin nodüller tarafından toprağa salgılanmasıyla da toprağa azot sağlanır. (Werner, 1987).

Isparta ili çevresinde üretimi yapılan kimi ürünlere kota getirilmesi, kimi ürünlerde de karşılaşılan pazarlama sorunları nedeniyle, alternatif tarım ürünlerinin belirlenmesi ve yörede adaptasyon çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir. Ayrıca, daha önce yörede soya üretimi yaygın olarak yapılmadığından bakteri aşılması büyük önem taşımaktadır. Biyolojik azot fiksasyonunun etkin olarak kullanılması durumunda, baklagil bitkileri köklerinde yaşıyan Rhizobium bakterileri aracılığıyla atmosfer azotundan faydalanmakta, bunun sonucunda daha az azotlu gübre uygulamasıyla tarımsal üretim yapmak mümkün olmaktadır. Daha az azotlu gübre kullanımı hem ekonomik hem de ekolojik yönden yarar sağlamaktadır.

Baklagillerde genellikle tohumla aşılama yapılmakla birlikte, gerek aşılamamanın uygun biçimde yapılamaması ve gerekse kullanılan yöntemin otomasyona çok uygun olmayışı şeklinde bazı sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada ekolojik ve ekonomik öneme sahip soya bitkisinin yetiştirilmesi sırasında kullanılabilecek farklı aşılama teknikleri araştırılarak, kullanılan tekniklerin azot fiksasyonu üzerine etkileri belirlenmiş ve tohumla aşılamaya alternatif olabilecek farklı yöntemler önerilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Soya Bitkisinin Genel Özellikleri

Soya, *Rosales* takımında, *Leguminosae* familyasından *Papilionaceae* alt familyasından ve *Glycine* cinsinden bir bitkidir. Soyanın ana vatanı Doğu Asya'dır. Milattan önceki yıllarda ilk üretimi ve gıda maddesi olarak kullanımının Çin'de olduğu kabul edilmektedir (Arıoğlu, 1999).



Şekil 2.1. Soya bitkisi meyvesinden bir görünüm (Anonymous, 2008a)

Soya tek yıllık ve kazık köklü bir bitkidir. Bitki boyu yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişmekte ve 75-125 cm yüksekliğinde olabilmektedir. Kazık kök 2-2,5 m derine kadar inmekte, toprak yüzeyinden 10-15 cm'den itibaren ana kökten yan kökler meydana gelmektedir. Bu yan kökler önce 40-75 cm yanlara doğru gelişip daha sonra aşağı doğru uzayarak 180 cm derinliğe kadar inebilmektedir. Yüz tane ağırlığı 13,5 – 25,0 gr arasında değişmektedir (Lersten ve Carlson, 1987).

Soya, yazlık bir bitkidir. Dolayısıyla sıcaklık isteği oldukça yüksektir. 15 °C'lik toprak sıcaklığında iyi çimlenmekte, günlük ortalama sıcaklık 20-25 °C olduğunda iyi bir vejetatif gelişme göstermektedir (Sağlamtimur vd., 1998).

Soya, kısa gün bitkisidir. Gün uzunluğu arttıkça, çiçeklenme başlangıcı önemli ölçüde gecikmektedir. Soyada çiçeklenme için kritik gün uzunluğu 10-12 saat arasında değişmektedir (Arioğlu, 1999).

Soyanın su gereksinimi oldukça yüksektir. Yetiştirme süreci boyunca toplam 600-700 mm su tüketmektedir ve yıllık yağışı 1000 mm nin üzerinde olan bölgelerde sulanmaksızın yetiştirilebilmektedir. Soyaların çimlenebilmesi için kendi ağırlığının % 50'si kadar su alması gerekmektedir. En çok su ihtiyacı olduğu dönemi çiçeklenme başlangıcından, baklaların olgunlaşmaya başladığı döneme kadar olan süredir. Yıllık su tüketiminin % 65-70'i bu dönemde kullanılmaktadır (Sağlamtimur vd., 1998).

Soya toprak isteği bakımından kanaatkârdır. İyi drene edilmiş, çabuk ısınan tınlı toprakları sevmektedir. Toprak asitliğine karşı dayanıklıdır. Toprak tuzluluğuna karşı toleransı yoktur. Fosfor ve Potasyum gübrelemesine iyi cevap vermektedir. Ülkemiz topraklarında bakterisi bulunmadığından dolayı ekimde; tohumların soya bakterisi *Rhizobium japonicum* ile aşılması, aksi halde azotlu gübre dozunun arttırılması gerekmektedir (Sağlamtimur vd., 1998).

Pamuk ve buğdayın yetiştirildiği her toprakta soya yetiştirilebilir. Soya ekilecek toprağın kumlu-tınlı, organik maddece zengin olması halinde, tohum verimi yüksek olmaktadır. Topraktaki pH soya için çok önemlidir. Toprak pH'sının 6,2-6,8 olması gerekmektedir. Düşük pH derecelerinde nodül oluşumu için çok gerekli olan Molibdenium elementinin alımı azalır. pH'nın yüksek olması durumunda ise; demir, bakır ve çinko gibi elementlerin bitkide eksiklikleri ortaya çıkar (Arioğlu, 1999).

Soya, insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmak üzere, yüksek oranda protein ve yağ sağlayan ve dünyada en fazla üretimi yapılan baklagil bitkisidir (Herridge ve Danso, 1995). Soya, diğer baklagil bitkileri gibi, simbiyotik azot fiksasyonu yapabilmesi nedeniyle tarımsal ekosistemin sürdürülebilirliğinde önemli bir bitkidir. Ayrıca, toprak verimliliğinin arttırılması ve gübre maliyetinin azaltılmasında da ayrı bir öneme sahiptir (Bohlool vd., 1992; Vance, 1997; Pastor ve Binkley, 1998).

Soyada yapraklar, sap boğumlarında oluşur ve bileşik yaprak özelliğindedir. Soya yaprağı genellikle 3 yaprakçıktan meydana gelir. Çiçekleri yaprak koltuklarından çıkar ve demet halindedir. Meyveleri fasulye şeklinde olup, üzeri tüylerle kaplıdır (Arioğlu, 1999).

Soya tohumları yuvarlak, oval veya elips şeklindedir. Genellikle tohum sarı renklidir. Tohumdaki rutubet oranı % 50'ye düştüğünde, tohum fizyolojik olarak olgunlaşır ve rutubet oranı % 16'ya düştüğünde ise, tohumlar hasat olgunluğuna gelirler, % 12'ye düştüğünde ise hasat yapılır. Soyada 100 tohum ağırlığı 13-25 gr arasında değişmektedir. Tohumlarında, % 36-40 protein, % 18-24 yağ, % 26 karbonhidrat ve % 8 madensel maddeler içerir. Tohumda bulunan yağın iyot sayısı ortalama 130 dur. En fazla linoleic ve oleic yağ asidi bulunmaktadır. Proteini önemli aminoasitlerden oluşmuştur. Soya proteininde bulunan amino asitler ve oransal değerleri Çizelge 2.1 de gösterilmiştir (Arioğlu, 1999).

Çizelge 2.1. Soya proteininde bulunan amino asitler ve oransal değerleri

Amino Asitler	% Değeri
Arginine	7,1
Cystine	1,9
Histidine	2,3
Isoleucine	4,7
Leucine	6,6
Lysine	6,5
Methionine	2,0
Phenylalanine	5,7
Threonine	4,0
Tryptophan	1,2
Tyrosine	4,1
Valine	4,2

Soya proteini, çok değerli amino asitler içerdiğinden beslenme değeri oldukça yüksek olup, hayvansal proteinlere çok yakındır. Yüksek oranda protein içeren soya unu, ekmek ununa % 3-5 oranında katıldığında, ekmeklerin lezzetliliği artmakta ve bayatlamaları gecikmektedir. Soya unu katkılı ekmekler insanlar tarafından zevkle tüketilmektedir. Ayrıca soyada nişasta oranı çok düşük olduğu için, ekmek veya

pasta v.s yapımında, buğday ununa % 15-20 oranında katılarak kullanılırsa, zengin protein içeriği yanında, kabarmayı arttırıcı, nemlendirici ve bayatlamayı geciktirici özelliğiyle de olumlu katkılar sağlamaktadır (Anonymous, 2009).

Soya yağı, insan bünyesindeki yağ ve lipit metabolizmasını düzenleyen yağ asitlerini içerdiğinden, şeker hastalığı, damar sertliği ve koroner kalp hastalığı olan kişilere soya ürünleri önerilmektedir. Özellikle atardamar daralmasını önleyici etkiye sahiptir. Soya yağı kandaki kolesterol miktarını düşürmektedir. P/S oranı (doymamış yağ asidi/doymuş yağ asidi) 5,7 olup, diğer bitkisel yağlar ile karşılaştırıldığında, bu değer oldukça yüksektir. Yağdaki P/S oranının yüksek olması istenilen bir özelliktir (Karacaoğlu, 1986).

Soya yağında bol miktarda Ca, Fe, Zn elementleri ile E ve B vitamini bulunmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı da önemli bir yere sahiptir. B vitamininin çok olmasından dolayı, soyalı besinlerin, sindirimi kolaylaştırdığı ve çocuklarda kemik gelişimini arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca, çocuklarda ortaya çıkan kronik sindirim zorluğu ve kabızlığın, soya sütü kullanımı ile büyük oranda atlatıldığı doktorlar tarafından bildirilmektedir. Soyada bulunan E vitamini ise, Parkinson ve Alzheimer hastalıklarının tedavisinde oldukça etkili olduğu ve yaşlanmayı geciktirdiği bildirilmektedir. Düşük yağlı ve soya bazlı beslenen Japonlarda kalp hastalıklarının çok az görülmesi, soyanın özelliklerinden dolayı olduğu anlaşılmıştır. Soya çeşitlerinin kan lipid seviyeleri üzerindeki etkisi de araştırıldığında, soyanın kolesterol seviyesinin düşüşünde önemli bir rol oynadığı ortaya çıkmıştır. Menopoz konusunda yapılan araştırmalar da, soyanın kemiklerin güçlenmesinde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Erkekler açısından da, soyanın yapısında bulunan “genistein” adlı bileşenin, prostat tümör hücrelerinin büyümesini önlediği keşfedilmiştir (Anonymous, 2009).

Hayvan beslemesinde; yüksek yağ ve protein içeriği ve kolay sindirilebilirliği nedeniyle büyükbaş, kanatlı ve su ürünlerinde rasyonlarda en çok tercih edilen yem hammaddesidir. Tam yağlı soya, dengeli amino asit yapısı, enerji, temel yağ asitleri, vitamin ve mineral içeriği ile hayvan beslemede devrim sayılabilecek ölçüde en iyi

besi kombinasyonlarını beraberinde getirmektedir. Ülkemiz gibi hayvansal ürünler üretiminde kendine yeterlilik anlamında sıkıntılar yaşayan ülkeler için tüm besi türlerinde vazgeçilmez olan soya fasulyesi bu sorunun çözümünde çok etkili bir alternatif olabilir. Soya küspesi, doğrudan hayvan yemlerine katkı maddesi olarak kullanılabildiği gibi, öğütülerek elde edilen yağı alınmış soya unu gıda maddesi ve endüstride hammadde olarak kullanılmaktadır.

Soya unu kullanılan mamullerin daha esnek bir yapıya sahip olduğu ve kızaran dış yüzeylerinin daha güzel renge kavuştuğu gözlenmiştir. Kızartmalarda kullanılan soya unu, yiyeceklerin kızarma esnasında daha az yağ çekmesini sağlamaktadır. Ekmek, çörek, kek, bisküvi ve kurabiye gibi unlu mamullerde soya ununun bu özelliklerinden faydalanılmaktadır. Buğday unu ile % 0,5–1 oranında harmanlanarak kullanılan soya unu, kullanılan yağın içindeki linoleic asidi hidroperoksitlere dönüştürür. Bunlar, gluten ile bir reaksiyon yaratarak hamurun yapısını güçlendirir, karıştırma toleransını artırır ve pişirilen ekmeğin daha kabarık ve hacimli görünmesini sağlar. Bunun yanı sıra, unun içindeki enzim 9 aktive olarak renk pigmentlerini bastırır. Böylelikle ekmekte daha beyaz bir görünüm elde edilir (Lusas ve Riaz, 1996).

Soya bir baklagil bitkisi olduğu için, ekim nöbetinde önemli bir yeri vardır. Havanın serbest azotunu toprağa bağlaması ve toprakta bol miktarda organik madde bırakması nedeni ile toprağın verimliliğini arttırmaktadır. Soya bitkisi topraktan kaldırdığı azotun % 33'ünü sap, yaprak ve köklerinde biriktirmektedir (Arioğlu, 1999).

Soya tohumları toprak sıcaklığı 13-15 °C'yi bulduğu zaman normal olarak çimlenebilmektedir. Ekim zamanı birinci ürün olarak yetiştirilmesi durumunda Nisan ayı ortalarında, ikinci ürün olarak yetiştirilecekse Haziran ayı başında ekimi yapılmalıdır. Soyada ekim sıklığı, çeşide ve ekim zamanına bağlı olarak değişmektedir. Ana ürün ve erken ikinci ürün ekimlerinde sıra arası 65-70 cm olmalıdır. Normal ikinci üründe ise sıra arası 50-55 cm ye kadar düşürülmelidir. Sıra arası uzunluğuna bağlı olarak, sıra üzeri aralığı 5-7 cm olmalıdır. Sık ekimlerde bitkiler fazla boylanmakta ve yatmalar meydana gelmektedir. Bu da verimin düşük olmasına neden olmaktadır. Soyada ekim derinliği tavlı topraklar için 5-6 cm olmalıdır (Arioğlu, 1999).

2.2. Ülkemizde ve Dünyada Soya Üretimi

Soya fasulyesi, 5000 yıl önce Doğu Asya ovalarında keşfedilmiş, beş kutsal ekinden (çeltik, soya, buğday, arpa ve mısır) biri olarak kabul edilmiş ve o günden bugüne dek Doğu Asya Ülkelerinin en önemli tarımsal ürünlerinden biri olarak bu bölge insanların besin kaynağı olmuştur. Bugün dünya üzerinde üretimi yapılan en önemli bitkisel ürünlerden biri olmasına karşın soya 100 yıl öncesine kadar uzakdoğu dışında pek fazla bilinmemekteydi (Haskınacı, 2006).

Soya, Asya'da geleneksel bir gıda olarak doğrudan insan beslenmesinde yaygın olarak kullanılmakta; ABD ve diğer batı ülkelerinde ise daha çok sanayide protein ve yağ kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Hymowitz ve Newell, 1981).

Ülkemizde soya, ilk defa 1.Dünya Savaşı sırasında ana ürün olarak Karadeniz bölgesinde yetiştirilmeye başlanmıştır (İlisulu, 1983). 1968-1970 yıllarında Akdeniz ve Ege bölgelerinde ikinci ürün olarak çeşit araştırmalarıyla ekilmeye başlanmıştır (Deniz, 1988). 1980 li yıllardan itibaren uygulanan 2. ürün projesi ile Ege ve Akdeniz bölgelerinin sulanır alanlarında yetiştirilmeye başlanılan soya tarımı, bugün için ağırlıklı olarak Çukurova bölgesinde yapılmaktadır. Sadece Adana ve Osmaniye illeri, Türkiye'nin soya üretiminin % 80-85' ini oluşturmaktadır (Nazlıcan, 2007). Soya, ikinci ürün koşullarına en iyi uyum sağlayabilen bitkilerden birisidir. Ancak, ikinci ürün koşullarında yetiştirilen soya, ana ürün koşullarında yetiştirilen soya ile karşılaştırıldığında verimin daha düşük olduğu ve birçok agronomik özelliğin olumsuz etkilendiği belirtilmiştir (Weaver vd. 1991).

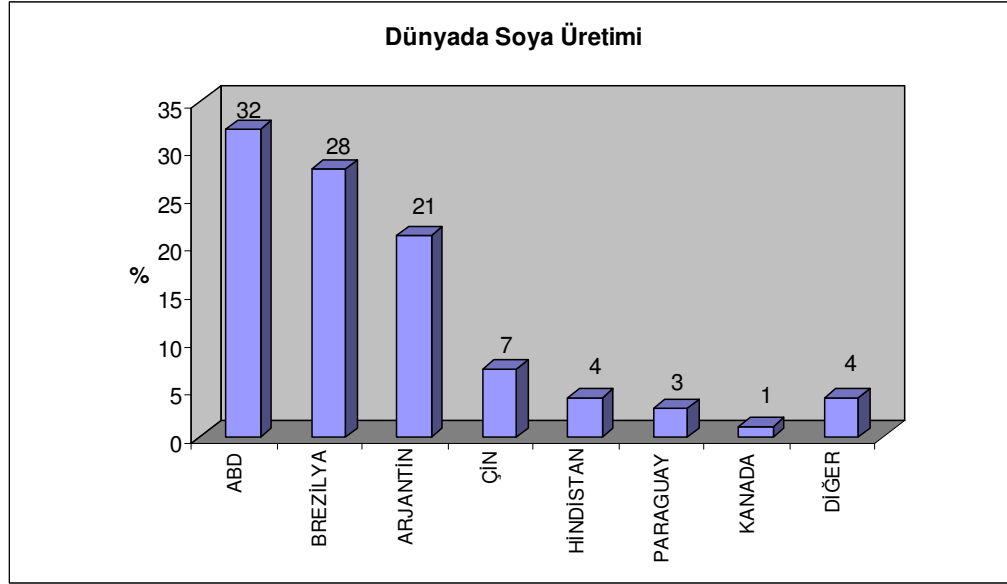
Ülkemizde soya üretimi; 1987 yılında 1 120 000 dekar alandan 250 000 ton iken, 2006 yılında 119 186 dekar alandan 47 300 tona düşmüştür (Çizelge 2.2). Bu durumun genel nedeni olarak çiftçilerin soya bitkisi hakkında yeterli bilgiye sahip olmamasının yanında, devletin soyaya gerekli önemi vermemesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 2.2. Türkiye'de 1987-2006 yılları arası soya ekim alanı, üretimi ve verim durumu (Anonymous, 2008b).

Yıllar	Ekilen alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Verim (Kg / Dekar)
1987	1 120 000	250 000	223
1988	660 000	150 000	227
1989	753 000	161 000	214
1990	740 000	162 000	219
1991	495 000	110 000	222
1992	460 000	95 000	207
1993	267 500	63 000	236
1994	290 000	70 000	241
1995	310 000	75 000	242
1996	205 000	50 000	244
1997	190 000	40 000	211
1998	230 000	60 000	261
1999	240 000	66 000	275
2000	150 000	44 500	297
2001	170 000	50 000	294
2002	255 000	75 000	294
2003	270 000	85 000	315
2004	140 000	50 000	357
2005	86 000	29 000	337
2006	119 186	47 300	397
2007	86 747	30 666	354

120-130 yıl kadar önce soya ile tanışan gelişmiş batılı ülkeler, soya sanayilerini kurarak soya üretimine ve kullanım alanlarının geliştirilmesine önemli katkılar yapmışlardır. Günümüzde 170-180 milyon ton seviyesine ulaşan dünya soya üretimindeki en büyük payı Amerika Birleşik Devletleri almaktadır (Nazlıcan, 2007). Türkiye, buğday hariç diğer yem bitkileri olan soya ve mısırı yurt dışından ithal etmektedir. Her ne kadar son yıllarda uygulanan tarım politikaları sayesinde anılan ürünlerin ekim alanları arttırılsa da, arz talebi karşılamaktan epey uzak bir noktadadır. Ancak Türkiye kendi ihtiyacını karşılayacak potansiyele sahip olmasına rağmen, sadece ihtiyacının % 5'i kadarını kendisi üretmektedir. Bunu tersine çevirmek, çiftçi ve devlet politikalarının birlikte hareket etmesine bağlıdır. 2010 yılında soya ihtiyacının 2,5 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir.

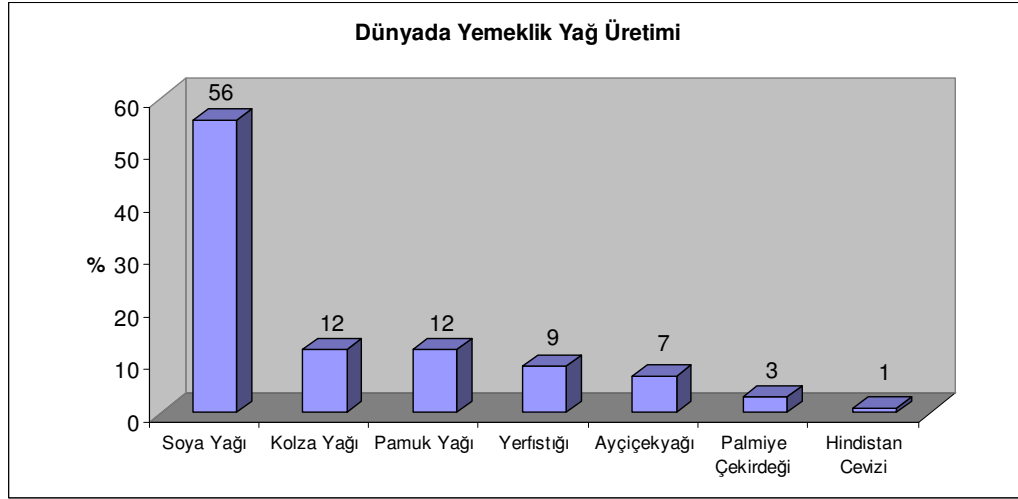
2007 yılı verilerine göre Dünya soya üretiminde, Amerika Birleşik Devletleri % 32 oranında üretim ile ilk sırada yer almaktadır. Amerika Birleşik Devletlerini % 28 ile Brezilya ve % 21 ile Arjantin takip etmektedir (Şekil 2.2) (Anonymous, 2008c).



Şekil 2.2. 2007 yılı dünya soya üretimi yapan ülkelerin yüzdelik oranları

Dünyayı besleyen 5-6 önemli bitkisel üründen birisi olan soyanın, yağı çıkarıldıktan sonra kalan unu ya da küspesi çok besleyici olup, proteince çok zengindir. Bu özelliğinden dolayı gıda sanayisinde de bolca kullanılır. Birçok hastalığa karşı, soyanın insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Gelişmiş ülkelerin tıp çevreleri kendi insanlarını, soyayı özellikle kalp ve kanser hastalıklarına karşı koruyucu olarak tüketmek üzere sürekli bilgilendirmektedir (Nazlıcan, 2007). İnsanlar ve hayvanlar organizmaları için gerekli bütün aminoasitleri kendileri sentezleme yeteneğine sahip değildirler, insanların beslenmesinde mutlak gerekli olan bu aminoasitlerin (valin, leusin, izoleusin, lisin, metionin, treonin, fenilalanin ve triptofan) besinlerle alınması gerekmektedir (Engin, 1989; Özbek vd., 1984).

Dünya yağlı tohumlar bitkisi üretiminde de soya bitkisi ilk sırada yer almaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. 2007 yılı dünya yağlı tohum üretim oranları

Soyadan elde edilen 39 ürün belirlenmiş durumdadır ki bunlardan bir kısmı hayvan beslenmesinde kullanılan maddeleri, salata yağları, bebek beslenmesinde kullanılan maddeler, endüstriyel yapııştırıcılar, macun ve eczacılıkta kullanılan maddeler şeklinde sayılabilir (Keyser ve Li, 1992). Bugün için gelişmiş ülkelerin piyasalarında; soya sütü, peyniri, filizi, sosu, dondurması eti ve unundan, mürekkebi, mumu ve benzinine kadar pek çok soyalı sanayi ürünü bulunabilmektedir. Son yıllarda ülkemizde de, ithal soyalı ürünlerin birçoğunu market raflarında görmek mümkün olmuştur. Özellikle gıda sanayi ürünlerinden yararlanmak, yetersiz beslenme problemiyle boğuşan Türk insanı içinde vazgeçilmez bir seçenektir (Nazlıcan, 2007).

2.3. Soyada Bakteri Aşılması ve Önemi

Soya, protein içeriğinin yüksek olması yanında, kök-nodül bakterileri ile olan simbiyotik yaşam sonucu havanın serbest azotunu toprağa bağlama ve azotlu gübre ihtiyacını köklerinde oluşan nodülleriyle sağlama özellikleri ile de ayrı önem taşımaktadır. Ancak 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 ve bu nedenle de aşısız koşullarda biyolojik yolla toprağa bağlanan azotun miktarı da

yok denecek kadar azdır. Oysa bakteri aşılması yapılması durumunda bağlanan azot 20-30 kgN/da'ı bulmakta, hatta etkin bakteri aşısı ve iyi bakım koşullarında bu değer bazen 50-60 kgN/da'a çıkabilmektedir (Çırpıcı, 2003).

Baklagillerde bakteriyel aşılanmanın vejetatif gelişme, kuru madde oluşumu, tane verimi, nodülasyon, vejetatif aksam, nodül ve tanede azot içeriğini etkilediği birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Gök ve Onaç, 1995).

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 yada etkili olmazlar. Bu nedenledir ki aşısız koşullarda biyolojik yolla toprağa bağlanan azotun miktarı da düşük olur (Gök ve Onaç, 1995). Tohum, etkili bakteri suşları ile aşılanarak ekilirse bitki köklerinde gelişmenin erken dönemlerinde nodoziteler oluşur ve bitki topraktaki azot eksikliğinden etkilenmeden gelişimini tamamlayabilir. Nodoziteler aracılığı ile bitkiye sağlanan azot, organik bileşikler halinde bitki metabolizmasına girmekte ve bitki bu bileşiklerden kolaylıkla faydalanabilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Çırpıcı (2003)'nin yaptığı araştırmaya göre, Soya bitkisiyle ortak yaşayan ve soyada nodül oluşturarak bitkinin gereksinimi olan azotun % 70-80'ini atmosferdeki moleküler azottan bitkiye bağlayan *Rhizobium* bakterilerinin ekim sırasında tohuma aşılanması ile bitkilerde önemli derecede nodül oluşturduğu ve bitkinin azot gereksiniminin önemli bölümünün bu nodüller aracılığıyla sağlanmasına bağlı olarak daha yüksek verim elde edildiğini göstermiştir.

Dube (1976)'nin Hindistan'da yaptığı bir araştırmada daha önce hiç soya ekilmemiş bir alanda soya denemesi kurulmuş ve *Rhizobium* bakterileri ile aşılama yapılmıştır. Sonuç olarak birinci yıl verim % 27-84 oranında, ikinci yıl ise % 41-92 oranında arttığı belirlenmiştir.

Birim alandan elde edilecek verimin arttırılması, üzerinde çalışılan bitkiye özgü yapılan araştırmalar ve yetiştirme tekniklerinin geliştirilmesi ile sağlanacaktır. Yemelik tane baklagiller köklerinde simbiyotik yaşayan *Rhizobium* bakterileri aracılığı ile havadaki serbest azotu bitkinin faydalanabileceği forma dönüştürmekte ve toprağa azot bağlayabilmektedir. Bu yüzden o bitkiye özgü etkin *Rhizobium* bakterilerinin toprakta bulunması veya aşılama ile toprağa verilmesi büyük önem taşımaktadır. Nohut bitkisi ekim zamanı ve çevre koşullarına bağlı olarak azot ihtiyacının % 42-70'ini simbiyotik yolla sağlayabilmektedir (Beck, 1988). Türkiye'de 500-2000 m rakımlı yerlerde yapılan çalışmalarda *Rhizobium ciceri*'nin az sayıda ve azot fiksasyon kapasitelerinin yetersiz olduğu ve bu nedenle inokulasyon yapılması gerektiği belirlenmiştir (Keatinge vd., 1995).

Akdağ ve Şehirali (1995), Tokat'ta yazlık olarak yetiştirilen nohutta bakteri aşılmasının bitkide tane sayısını olumlu yönde etkilediğini saptamışlardır. Çakır (2005) Eskişehir koşullarında nohut bitkisinde farklı bakteri suşları ile aşılamanın tane sayısını % 13,8-27,6 oranında, bitki boyu değerlerini ise % 1,6-3,6 arttırdığını saptamıştır.

Akçin ve Işık (1995) ve Meral vd. (1998) İç Anadolu koşullarında yazlık olarak yetiştirilen nohutta bakteri aşılama ve 4 kg N/da uygulamalarından en yüksek bitki boyunu elde etmişlerdir.

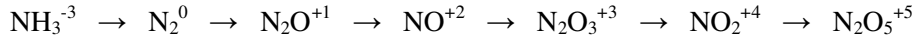
Tippanaver vd. (1990), Vaishya ve Dube (1988) ve Çakır (2005) kullanılan bakteri suşlarına bağlı olarak nodül ağırlığı değerlerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Baklagillerin *Rhizobium* bakterileri ile aşılama suretiyle verimlerinin arttırılabildiği bilinmekle beraber, her bir baklagil türünde yörelere göre verim artışının ne kadar olabileceği üzerinde yurdumuzda yeterince araştırma yapılmamıştır (Karuç, 1992).

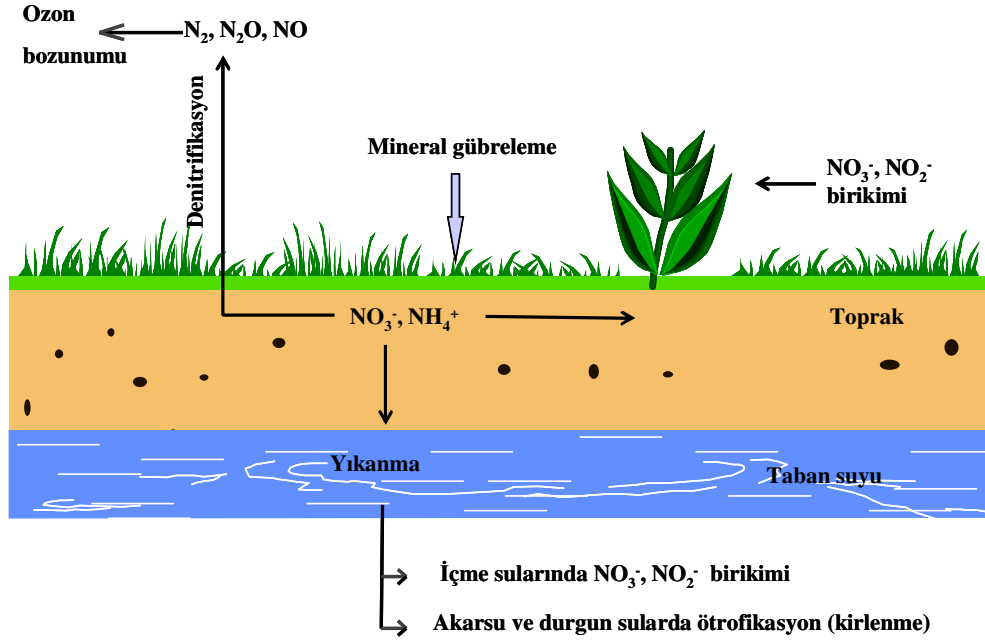
2.4. Azot Fiksasyonu

Bütün canlılar yaşamlarını sürdürebilmek için, karbon, oksijen, hidrojen, azot, kalsiyum, kükürt, demir, magnezyum, potasyum, fosfor başta olmak üzere birçok elemente ihtiyaç duymaktadır. Tüm elementlerin belli bir çevirime girmesi zorunludur.

Azot, amino asitlerle, bunlardan türeyen proteinler başta olmak üzere, amin, amid, nitro bileşikleri gibi organik maddelerin yapısına girebilen bir elementtir. İnorganik bileşikler ise, azot atomunun dış yörüngesindeki elektron sayısı nedeniyle -3 ile +5 arasında değişen değerliklerde azot ihtiva edebilirler. Aşağıdaki sıralamaya göre hemen tümü gaz halde olan ve beşinci ile yedincisi kuvvetli asit anhidriti olan çeşitli inorganik azot bileşikleri doğada bulunur:



Bu sıralamada NO ve NO₂ bileşikleri önemli hava kirleticilerinden olup, yüksek sıcaklık proseslerinden veya atmosferde yıldırım, şimşek gibi elektrik deşarjları sırasında havanın N₂ ve O₂'inden kimyasal reaksiyon yoluyla oluşur. Ancak, çevresel önemlerine karşılık biyokimyasal reaksiyonlara girmeyen bu maddelerin dışında kalan NH₃, NO₂, N₂O₃, ve N₂O₅ gibi azotlu bileşikler, çeşitli yollardan organik azotlu bileşiklere dönüştürülebilmektedir. Örneğin, atmosferde elektrik deşarjları sırasında NO ve NO₂'nin yanısıra oluşan, bir üst seviyedeki oksitlenme ürünü azotpentaoksit (N₂O₅), atmosferde yağış ile yıkanarak nitrik asit (HNO₃) şeklinde toprağa inmektedir. Toprakta bir bitki besleyici olan NO₃ iyonu, klorofilli bakterilerce özümленerek, protein üretiminde kullanılır. Şekil 2.4'de azot döngüsü özet olarak gösterilmiştir. Bu döngü tabiattaki yaşamla doğrudan ilgilidir.



Şekil 2.4. Doğada azot döngüsü

Atmosfer ve biyosferdeki azot çevirimi incelendiğinde, ana kaynağın atmosferik azot olduğu görülmektedir. Atmosferin % 78'i azot olmasına rağmen, elementer azottan doğrudan doğruya yararlanabilen canlı sayısı çok azdır. Bazı bakteriler (*Rhizobium*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Amylobacter*), mavi-yeşil algler (*Anabaena*, *Nostoc*, *Calothrix*, *Oscillatoria*) ve mantarlar (*Mycorrhiza*) atmosferdeki azotu tespit eder. Bunlardan *Rhizobium* bakterisi, konak seçici olup, *Leguminosae* familyasındaki bitkilerle birlikte bulunur; bu bitkilerin köklerinde nodüller oluşturarak azot tespitini sağlar. Bitki ve bakteri arasında, simbiyotik bir ilişki söz konusudur. Bakteriler, bitkiden enerji sağlayıp elementer azotu bağlar; bu sırada açığa çıkan amonyaktan da bitkiler yararlanarak aminoasit sentezini gerçekleştirirler.

Belirtilen işlemler iki kademeli olarak aşağıda gösterilmiştir:

1. $2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2$ (Azot tespiti)
2. $2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH} + 3\text{O}_2$ (Aminoasit sentezlenmesi)

Reaksiyonlar sonucunda, amonyak ve aminoasitin yanı sıra, oksijenin de açığa çıktığı görülmektedir. *Rhizobium* ve *Azotobacter* gibi, serbest azotu tutan bakterilerin

özel bir enzim sisteminde, demir içeren iki ayrı bileşen bulunmaktadır. Azotu bağlayan birinci bileşen, molibden içermektedir; ikinci bileşik ise ATP ile aktif hale gelmektedir. Reaksiyonlar sırasında Ferrodoksenden elektronlar alınır ve birinci bileşiğe bağlı olan azota aktarılır, aşama aşama amonyak sentezi gerçekleştirilir. Amonyakın, havadaki azottan başlayarak süren biyolojik sentezinde büyük miktarda enerji harcanır (Boşgelmez vd., 2000).

Atmosferde bol miktarda bulunan moleküler azotun amonyum formlarına indirgenerek yararışlı duruma geçmesine azot fiksasyonu denmektedir. Atmosfer azotunun biyolojik olarak bir yıl içindeki fiksasyonu 175 milyon ton olup, tüm azot fiksasyonunun % 75'ini oluşturmaktadır. Çizelge 2.3'de azot fiksasyonu olayları ve düzeyleri görülmektedir.

Çizelge 2.3. Tüm dünyada yıllık fikse edilen azot miktarı (Haktanır ve Arcak, 1997).

N-Fiksasyonu	Milyon Ton/Yıl
Endüstriyel (Haber-Bosch)	40
Atmosferik (Elektrik Gerilimleri)	10
Yanma (Endüstriyel, oto)	20
Ozonlama	15
Biyolojik	175

Azot Fiksasyonu genel olarak 3 yolla gerçekleşir. Bunlar;

1. Biyolojik olmayan azot fiksasyonu,
2. Endüstriyel Azot Fiksasyonu (Haber-Bosch),
3. Biyolojik Azot Fiksasyonu şeklindedir.

Çiçekli bitkiler içerisinde 3. büyüklükteki familya olan Baklagiller familyasında ki 20.000'e yakın türden 13.000 kadarı azot fiksasyonu yapmaktadır. Baklagil bitkilerinde azot fiksasyonu, köklerindeki nodüller ile olur. Bunun yanında baklagil bitkilerinin hasattan sonra çürüyen kökleriyle ve suda eriyebilir organik azot bileşiklerinin nodülleri yardımı ile toprağa sağlanması şeklinde de azot fiksasyonu gerçekleşir (Werner, 1987).

2.4.1. Biyolojik Olmayan Azot Fiksasyonu

Mikroorganizmalar tarafından fikse edilen moleküler azotun yanı sıra, azot atmosferden biyosfere azot bileşikleri şeklinde ve yağmur suyunda çözünmüş olarak geçer. Aslında yağmur suyunda çeşitli azotlu bileşikler bulunmaktadır. Bunların bir kısmı albuminoid azot olarak bilinen ve atmosferde süspansiyon halinde bulunan toz tanecikleri ve kolloidal organik atıklardaki organik azottur. Fakat yağmur suyundaki iki temel azot formu amonyum(NH_4) ve nitrattır (NO_3) (Haktanır ve Arcak, 1997).

Atmosferdeki azot gazı, doğal olarak gerçekleşen hava olayları sonucunda (şimşek, yıldırım) bitkilerin kullanabilecekleri azot formuna dönüşür ve bitkiler azotunu bu yolla temin ederler. Bu şekilde gerçekleşen azot fiksasyonu (azot dönüşümü) diğer fiksasyonlara göre küçük miktarda olmasına rağmen önemli bir yer teşkil etmektedir.

2.4.2. Endüstriyel Azot Fiksasyonu

Endüstriyel azot fiksasyonunda 400 °C sıcaklığa ve 200-350 atm basınca ihtiyaç duyulur. Yüksek enerji girdisine rağmen elde edilen azot miktarı yılda 40 milyon tondur. Bu üretim sisteminde hem çevre kirliliği oluşmakta hem de daha çok iş gücü gereksinimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Azot fiksasyonunda moleküler azotun amonyağa çeviriminde enerji gereksinir. Ticari azotlu gübre üretiminde, bu iş Haber-Bosch yöntemiyle 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) nitrogenaz enzimini kullanarak düşük enerji tüketimi ile gerçekleştirilebilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

2.4.3. Biyolojik Azot Fiksasyonu

Biyolojik azot fiksasyonu birçok mikroorganizma tarafından gerçekleştirilir. Bu organizmaların bir kısmı bağımsız olarak bu işlevi gerçekleştirirler. Buna serbest azot fiksasyonu denmektedir. Bunun yanında bazı toprak bakterileri, baklagil bitkileri ile simbiyoz durumunda önemli azot fikse edici organizmalar olarak tanınırlar. Ayrıca mavi yeşil algler ve aktinomiset yüksek bitki ortaklığı şeklinde azot fikse eden formlar da bilinmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Canlılar alemi içinde sadece bazı *procaryotic* organizmalar, yani mikro organizmalar gaz halindeki moleküler azotu indirgeyebilir. Bu organizmalar sahip oldukları genetik yapıları sayesinde azotun indirgenmesinde kullanılan nitrojenaz denilen enzim sentezleme yeteneğine sahiptirler.

Procaryot'larda 17 azot fiksasyonu geni bulunmakta, bunlar nitrogenaz proteininin sentezlenmesini, nitrogenaz proteinine Mo ve Fe'nin bağlanması için gerekli elektron transferini, nitrogenazın O₂'den korunmasını, aynı zamanda bağlanan veya ortamda bulunan azot miktarına ve meydana gelen bileşime göre nitrogenazın faaliyetinin regülasyonunu sağlar. Bütün bu olaylar azotun indirgenmesinde biyolojik organizasyonun ne kadar hassas ve kompleks bir şekilde gerçekleştiğinin açıklanması bakımından oldukça önemlidir (Imshenetskii, 1962).

Azot bağlayan procaryotic mikroorganizmaların hepsi bakteridir (Çizelge 2.4). Bunlar ya serbest yaşarlar (freeliving bacteria), ya da diğer bir canlı ile ortak yaşarlar (symbiotic bacteria) veya diğer bir canlı ile yan yana (associative bacteria) yaşarlar. Diazotroph diye tanımlanan bu bakteriler karbon kullanım özelliklerine göre de ototroph veya heterotroph olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Çizelge 2.4. Heterotroph Olan Procaryotic Diazotroflar ve Procaryotic-Eucaryotic Sistemler (Havelka vd., 1982).

Serbest Yaşayanlar	Simbiyotik Yaşayanlar	
	Macrosymbiont/Diazotroph	
	Nodülsüz Symbiosis	Nodüllü Sybiosis
AEROBIC	RHIZOSPHERE	LEGUME/RHIZOBIUM
Azotobacter	Paspalum/	Phaseolus/
Azotomonas	Azotobacter	Rhizobium
Azotococcus	Digitaria/	NONLEGUME/
Beijerinckia	Azospirillum	ACTINOMYCETES
Derrica	PHYLLOSPHERE	Alnus/Frankia
Rhizobium	Varied genera	Myrica/Frankia
Azospirillum	Beijerinckia	NONLEGUME/
FACULTATIVE ANAEROBIC	Azotobacter	RHIZOBIUM
Bacillus	Klebsiella	Trema/
Klebsiella	Enterobacter	Rhizobium
ANAEROBIC		NONLEGUME/
Clostridium		BLUE-GREEN ALGAE
Desulfovibrio		Gunnera/Nostoc
Desulphotomaculum		

Serbest azot fiksasyonu toprakta bazı serbest yaşayan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu organizmalar *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Spirillum*, *Enterobacter* ve *Pseudomonas* cinsi ile mavi alglerden *Anabaena* ve *Nostoc* cinsi olarak sayılabilir (Aktaş, 1995). Simbiyotik olmayan serbest azot fiksasyonu, pH ve toprağın oksijen içeriğinden önemli derecede etkilenmektedir (Özbek vd., 1984).

Serbest azot fiksasyonu ile tespit edilen azot miktarı ile bulgular çok değişik olmakla birlikte, genellikle yılda 0-2,5 kg N/ha olarak tahmin edilmektedir. Baklagiller tarafından serbest azot fiksasyonu ile tespit edilen azot miktarı dekar başına yaklaşık 10-20 kg arasında bulunmaktadır. Meraların bu yolla azot girdisi ise 1,0 – 1,6 kg N/da dır (Ülgen, 1978).

Toprakta serbest yaşayan veya yüksek bitkilerle simbiyotik olarak yaşayan bazı mikroorganizmaların Nitrogenaz enzimi üretme yeteneği vardır. Bu enzim, oldukça stabil olan ve atmosferde çok yüksek oranda bulunan N_2 'nin NH_3 'e dönüşümünü katalize etmektedir ve bu yolla organik-N bileşiklerinin oluşumu mümkün olmaktadır (Özbek vd., 1993).

Doğada sadece procaryotlar havanın serbest azotunu bağlama yeteneğindedirler. Biyolojik azot fiksasyonunda yüksek bitkilerle ortak yaşayan (simbiyotik) ve serbest yaşayan (non-simbiyotik) mikroorganizmalar prokaryotların bir üyesi olup diazotrof olarak isimlendirilirler (Kızıloğlu, 1995).

M.Ö.2000 yılından daha önceki yıllarda yaşayan Romalı yazarlar baklagil bitkilerinin yararlı etkilerine işaret etmişlerdir. Azotun atmosferden alınışı ile ilgili ilk fikir 1813 yılında Sir Humpry Davey'den gelmiştir. Davey buğday yetiştirilen toprağı hazırlamak için önce bezelye ve fasulye bitkilerinin yetiştirilmesinin iyi olduğunu açıklamıştır. Böylece bitki rotasyonunda baklagiller kullanılmaya başlamıştır. J.B. Bossingault 1837 den 1842 ye kadar derlediğı ve kendi tarlasında baklagil bitkileriyle yaptığı rotasyon çalışmalarını Fransa'da bir dizi makaleler halinde yayınlamıştır. Almanya'da 1856'da Albert Thaer beyaz üçgül ile 1857'de Lawes Gilbert ve Pugh tarafından Rothamsted deneme istasyonunda yapılan denemelerde, baklagil bitkisi ekilen topraklarda azot miktarının yüksek olduğunu ve simbiyotik azot fiksasyonunu keşfetmişlerdir (Kızıloğlu, 1995).

Simbiyotik azot fiksasyonunu özellikle baklagillerde ortak yaşayan *Rhizobium*'lar yapmaktadır. Bu gruba giren baklagillerin simbiyotik yaşam sürdükleri bitkiler ve bu bitkilere özgü bakteri türleri birbirlerinden belirgin olarak farklıdır. Bu nedenle yeni baklagil ekilen bir alanda, ürün artışını önemli derecede sağlayan uygun bakteri ile aşılama yapılması önerilmektedir. *Rhizobium*'lar iyi havalandan, hafif asidik veya hafif bazik toprakları severler. Simbiyotik yaşam, *Actinomyces alani*-kıızıl ağaç ve *Actinomyces elaeagni*-iğdegilller gibi birçok odunsu bitkiler arasında da vardır. Bu şekildeki simbiyotik yaşamlar 60 kg N/ha.yıl düzeyinde N_2 -fiksasyonu gerçekleştirmektedir (Özbek vd., 1993).

Soya, hem topraktan kaldırdığı azotu hem de *Bradyrhizobium japonicum* bakterileri vasıtasıyla atmosferden fikse ettiği azotu kullanabilme yeteneğine sahip bir bitkidir (Papakosta ve Veresoglou, 1989). Soyada tohum verimi artışı sağlamak için azotlu gübrelemenin ekonomik bir uygulama olmadığı (Weber, 1966; Welch vd., 1973), bununla birlikte; azotlu gübre uygulamasına ek olarak, simbiyotik azot fiksasyonunun soyada yüksek verim için gerekli olduğu belirtilmektedir (Weber, 1966; Harper, 1974). Azot gübresi kullanımı sonucunda; fitotoksite, amonyum buharlaşması ve nitrat birikimi gibi olumsuz çevre faktörleri ortaya çıkmaktadır (Bremner, 1995).

Makrosimbiont olan baklagil bitkisi ile mikrosymbiont olan *Rhizobium* bakterilerinin azotu indirgeyip bitkinin yararlanabileceği formlara dönüştürmesi, birçok işlemlerden sonra gerçekleşebilmektedir. Bitki tarafından gereksinim duyulan azot bakteri tarafından sağlanırken bakterinin gereksinim duyduğu enerji ve besin maddeleri de bitki tarafından sağlanmaktadır (Bergersen, 1980).

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 (Haktanır ve Arcak, 1997).

Simbiyotik azot fiksasyonunda, yonca, çayır üçgülü, bakla, mercimek, fasulye, bezelye, soya fasulyesi, fiğ ve bazı yem bitkileri büyük önem arz etmektedir. Dünyada Baklagil-*Rhizobium* ortaklığı ile tespit edilen azot miktarı, yılda yaklaşık 110 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Biyolojik azot fiksasyonu, fotosentezden sonra dünyadaki en önemli biyokimyasal çevrim olarak kabul edilmektedir. Yüksek üretimli mer'alarda baklagil-*Rhizobium* ortaklığı ile önemli miktarda biyolojik N₂ fiksasyonu gerçekleşir. Meralarda N eksikliğinin görülmesindeki esas faktörler büyümenin azlığı ve simbiyotik N fiksasyonunun düşüklüğüdür. Bu durum uygun baklagil türlerinin yokluğuna, *Rhizobium*'ların zayıf veya etkisiz nodul oluşturmalarına, baklagil-*Rhizobium* ortaklığı için gerekli olan fosfor, kükürt veya diğer elementlerin eksikliğine, toprak asitliğine ve diğer toprak faktörlerine bağlıdır. Baklagillerin fazla olduğu mer'alarda düşük azotlu topraklarda simbiyotik N

fiksasyonuyla yılda 50 kg/da'nın üzerinde azot sağlanabilir. Buna karşılık toprakta N biriktiği ve toprak azotunun mineralizasyonu arttığı zaman, simbiotik fiksasyon azalır ve çoğunlukla bu şekildeki girdiler 10-30 kg/da.yıl arasında değişir. Baklagillerin gelişmesi toprakların azot durumları yanında fosforlu gübre, otlatma idaresi, toprak nemi, hayvan dışkılarının dönüşü, böcek zararı ve toprak asitliği ile etkilenir (Gökkuş ve Koç, 1993).

Azot fiksasyonu genellikle, baklagil bitkisinin fide dönemi süresinde devam eder, çiçeklenmede en yüksek seviyeye çıkar ve tane dolumunda ise hızla düşüşe geçer. Bununla beraber çeşitler arasında değişim göstermektedir (Sprent, 1976).

Azot ve su, tarımsal ürünü en çok kısıtlayan iki faktördür. Baklagiller familyasındaki bitki türleri, köklerini enfekte ederek yerleşen ve oluşturduğu kök yumruları (nodül) içinde azot fiksasyonu yapan *Rhizobium* bakterileri ile mükemmel bir simbiyoz oluştururlar. Bir baklagil bitkisi bu yol ile çoğunlukla bir hektar toprağa 200-300 kg bitkiye yarayışlı azot sağlar. Bazen bu miktar daha çok olabilir. Ancak bu işlev toprak azotça doğal olarak fakir ve simbiyozu gerçekleştirecek üyeler ortamda birlikte bulunabiliyorlar ise gerçekleşir. Bu bitkiler ile *Rhizobium* bakterilerinin simbiyozu, toprak-bitki sistemine biyolojik azot girdisi mekanizmasının en önemli şeklidir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Rhizobium bakterisi, spor oluşturmeyen bir türdür. Doğal toprak, nodül bakterileri için uygun bir ortam olmakla birlikte, tarla toprakları yetiştirilen baklagil türü ile uyumlu olmayan ve azot fiksasyon yetenekleri zayıf bakteri soyları içermektedir. Bitki kök bölgesi (rizosfer) bitki köklerinin salgıları nedeni ile *Rhizobium* ve diğer bakteri türlerinin normal topraktan daha fazla bulunduğu bir toprak kısmıdır. Özellikle baklagil ve nodül bakterisi arasındaki özel etkileşimler nedeni ile baklagil rizosferi normal topraktan çok daha büyük sayılarda *Rhizobium* popülasyonu içerir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Simbiyotik yaşayan bakteriler “konukçu” denilen bir bitkinin kökleri üzerinde yaşarlar. Bakteri konukçu bitkiden kendi ihtiyacı olan karbonhidratları alarak yaşar

ve bu sırada havadan aldığı azotu konukçu bitkiye verir. Karşılıklı bir işbirliği esasına dayanan bu yaşam biçimine “Simbiyotik Yaşam” denir. *Rhizobium* bakterisi konukçu bitki üzerinde nodül denilen yumrular oluşturur ve nodül içinde azot fiksasyonu yaparlar (Aktaş, 1990).

Azot fiksasyonu gerçekleştiren mikroorganizmalar heterotrofturlar. Bu mikroorganizmalar bitkilerin yaralanmış kısımlarından, kılcık köklerinden veya epidermisin hiç bozulmamış kısımlarından bitki içerisine girebilirler. Tüm bu aşamalarda iki hücre duvarı veya orta lamellerde organizmaların kabul edilmeleri gerekmektedir. Bitki içerisine herhangi bir organizmanın bulaşabilme yeteneği, mikroorganizmalar tarafından enzim üretilmesine, ilk hücre duvarının sertliğine ve ikinci hücre duvarının dağılımına bağlıdır (Sprent ve Faria, 1988).

2.4.4. Nodül Oluşum Mekanizması

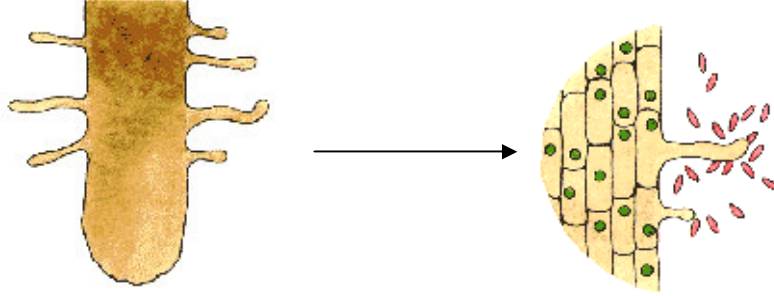
Baklagil bitkilerinde nodül oluşumu, bitki ile *Rhizobium* bakterileri arasında karşılıklı etkileşimler sonucu gerçekleşir. Bakterilerin belirli türleri ile kökler üzerinde azot fiksasyonu etme yeteneğinde olan veya olmayan nodüller oluştururlar. Diğer bir deyişle belirli bir grup baklagil bitkisini enfekte eden yalnız bir tür bakteri vardır. Bakteriyi kabul eden bu “konukçu” bitkiler, çapraz inokulasyon grupları altında toplanmıştır. Bir çapraz-inokulasyon grubu, belirli bir bitki grubunun herhangi birinin nodüllerinden izole edilmiş bakteri ile etkileştirildiğinde aktif nodül oluşturan baklagil türünü belirtir.

Rhizobium bakterileri, bitki kök sistemindeki nodülleri üç kademeyle oluşurlar;

1. Enfeksiyon Öncesi Dönem:

Bu dönemde bitki ile bakteri arasında bazı interaksiyonlar gerçekleşir. Önceki bitki kökünden triptofan maddesi salgılanır bu madde rizosferde bakteri çoğalmasını uyarırken bakterilerde indol asetik asit (IAA) oluştururlar. Bu bir kök gelişim hormonu olup bitki kökünün hızlı gelişmesini ve aynı zamanda kılcık köklerin özel bir şekil almasına neden olur. Daha sonra bakteri tarafından kök hücrelerini esnek

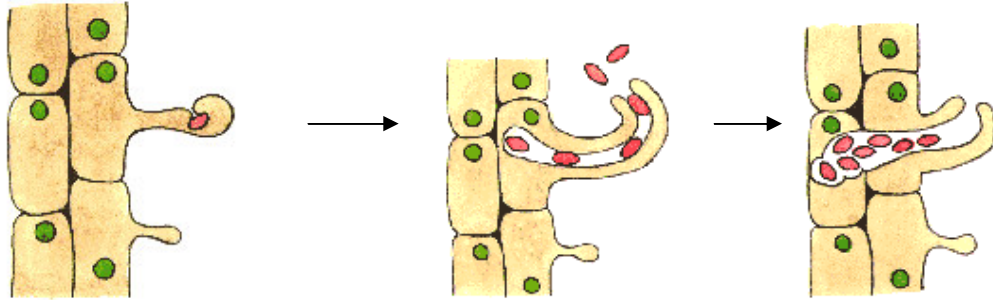
duruma getiren poligalatunaz (PG) enzimi salgılanır. Her iki metabolit kök hücrelerini bakterinin girebileceği esnek bir yapıya çevirir.



Şekil 2.5. Nodül oluşumunda enfeksiyon öncesi dönem ve enfeksiyonun başlaması (Anonymous, 2008d).

2. Enfeksiyon Şeridinin Oluşması:

Bakterinin kök hücrelerine girmesi ile birlikte kılcak köklerde korteks hücrelerine ulaşan bir borucuk oluşur. Buna enfeksiyon şeridi veya iplikçiği adı verilmektedir. Bu oluşumun görevi kök meristem hücrelerindeki bakterileri korteks hücrelere taşımaktır. Bu sırada bakteriler hızla çoğalır ve aynı zamanda konukçu bitki hücreleri de çoğalmaya devam ederek nodül oluşumunu başlatırlar.

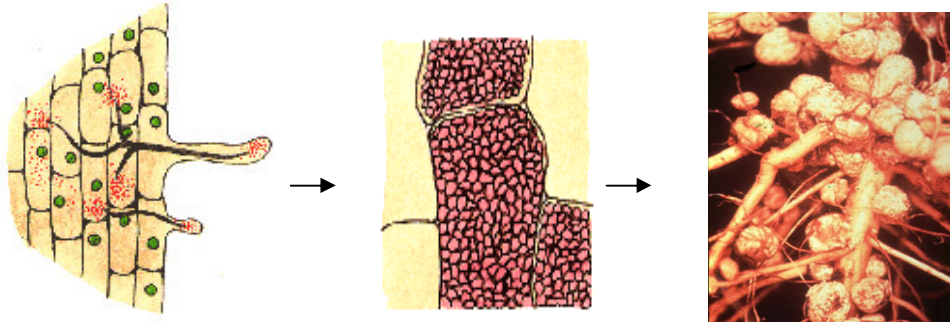


Şekil 2.6. Bakterinin kök üzerine yapışması ve içeriye alınması (Anonymous, 2008d).

3. Nodül Oluşumu:

Enfeksiyon şeridi, korteks bölgesinde tetraploid (genel kromozom sayısının iki kat fazla olduğu hücre) hücreye ulaşır. Bu ve etrafındaki komşu hücreler hızlı bir

bölünme ile çoğalır ve kök hücre sitoplazması içinde dağılırlar. Çoğalma olayından sonra bakteriler karakteristik karakteristik çubuk veya kısa çubuk şekillerini kaybederek iri yapılı X, Y veya düzensiz pleomorfik nitelik kazanırlar. Rhizobium bakterilerinin bu formuna bakteroid adı verilir. Bakteroidler nodül içinde bölünmeye uğramazlar, yapay besin ortamlarında geliştirilememişlerdir. Azot fiksasyonu yalnızca bakteroid formlarda gerçekleşir (Haktanır ve Arcak, 1997).



Şekil 2.7. Bakterinin nodül oluşturmaları ve nodül oluşturmış kök görünümü (Anonymous, 2008d).

2.5. Azot Fiksasyonunu Etkileyen Etmenler

Azot fiksasyonunu etkileyen etmenleri genel olarak 6 başlık altında toplanabilir.

Bunlar;

- a) Topraktaki Azotun Durumu
- b) Sıcaklık
- c) Toprak Reaksiyonu (pH)
- d) Toprak Nemi
- e) Besin Elementlerinin Etkisi
- f) Tuzluluk (EC)

2.5.1. Toprakta Azotun Durumu

Toprakta yayışlı azot (mineral azot) fazlalığı nodülasyonu olumsuz yönde etkilemektedir. Çok düşük C:N oranı nodül oluşumunu ve azot fiksasyonunu azaltmakta, C:N oranının 15-30 olması durumunda nodülasyon ve azot fiksasyonu

normal olmakta, daha yüksek C:N oranında ise engelleyici etkisi olmaktadır. Nitratın engelleyici etkisi, kılcak köklerin azalması ve özellikle deformasyonundan kaynaklanmakta ve enfeksiyon iplikçiklerinin oluşması engellenmektedir. Yapılan araştırmalar, toprakta yeterli nitrat, nitrit, amonyum ve üre konsantrasyonlarında enfeksiyon sayısında azalma, ilk nodül oluşumunda gecikme, oluşan nodül sayısı ve ağırlığında düşme olduğunu göstermiştir. Enfeksiyon sürecinde nitrat uygulandığında enfekte kılcak kökler hızla azalmıştır. Nitrat bir gün sonra uygulandığında enfeksiyon sayısı azalmış, enfeksiyonun durdurulması hızlanmıştır. Düşük oranlarda nitrat ve nitrit uygulaması (10 mg N/gt) enfeksiyon süresi uzamış, enfekte olmuş kök sayısında artma olmuştur. Azotun inhibitör etkisinin derecesi, uygulanan konsantrasyona, N formuna, uygulama zamanına, yetiştirme şartlarına, konukçu bitki ve bakteri tür ve etkinliğine göre değişmektedir. Aynı zamanda nitrat, yapraklardaki nitrat redüktaz enzimini stimüle etmekte, sonuçta karbonhidrat alımı yükselerek nodüldeki karbonhidrat yetersizliğine neden olmakta, nodül büyümesi ve azot fiksasyonu düşmektedir (Drevon vd., 1988).

Danso vd. (1987) Romanya ve Yunanistan'da tarla şartlarında yürüttükleri çalışmalarda, soya çeşitlerinde ¹⁵N izotop tekniği ile azot fiksasyonu incelenmiş farklı varyetelerde fiksasyonla kazanılmış azotun % oranı ve miktarında önemli değişimler olduğu görülmüştür. Toprağa 20 kgN/ha uygulamasıyla Romanya'da 25-132 kgN/ha ve Yunanistan'da 22-236 kgN/ha düzeyinde fiksasyon gerçekleşmiştir. Azot fiksasyonundaki artış için akla gelen en uygun durum olarak toprakta düşük N düzeyleri olduğu zamanda, baklagillerde yüksek verim için bu bitkilerin N₂ fiksasyonu ile sağlanan azottan beslenmesi şekli olduğunu belirlemişlerdir. Romanya'da üç çeşitten ikisinde N₂ fiksasyonu, aşırı şekilde uygulanan (100 kgN/ha) azotlu gübre ile şiddetli olarak strese sokulmuştur. Buna benzer olarak Yunanistan'da Chippewa ve Williams çeşitlerinde N₂ fiksasyonunun yüksek oranda azottan dolayı strese sokulduğu belirtilmiştir.

2.5.2. Sıcaklık

Sıcaklık N fiksasyonunu etkileyen temel faktördür. Düşük kök sıcaklığında yeraltı üçgölünde enfeksiyon 7 °C de 19 °C'ye göre gecikme göstermiştir. Ancak, 7 °C'de,

infeksiyon ile nodülasyon arasındaki süre kısalmıştır. Sıcaklık aynı zamanda nodülün değişik bölgelerindeki doku miktarını etkilemekte, örneğin 7 °C’de değişim bölgesi nodülün % 20’sini oluştururken 19 °C’de % 5’ini oluşturmaktadır (Spert, 1976).

Lynch ve Scmith (1993), Montreal ve Quebec’de düşük toprak sıcaklığı şartlarında simbiyotik sistemin sağlanması amacıyla farklı soya genotipleri ile *Bradyrhizobium* suşlarını denemeye almışlardır. Hakkaido’da düşük sıcaklığa sahip topraklardan izole edilmiş 4 ayrı *Bradyrhizobium japonicum* izolatları ile aşılama yaparak fide, gelişme ve çiçeklenme dönemlerinde nodülasyon ve biyomasları saptanmıştır. Serin ilkbahar şartlarında, dört çeşitten ikisi için simbiyotik aktive önemli düzeyde yüksek bulunmuş ve bunların gelişme dönemlerinde toplam N₂ fiksasyonu ve tane veriminde yüksek sonuçlar alınmıştır. Bakteriler sıvı besi ortamında üretilirken 15 °C ve 25 °C şeklinde iki sıcaklık uygulaması yapılmış ve H15 ve H30 izolatlarında 25 °C deki gelişme oranı 0,024 iken 27 °C de bu oran 0,040 olarak belirlenmiştir.

Azot fiksasyonu için optimum sıcaklık, maksimum fiksasyon için her zaman aynı olmamaktadır. Optimum fiksasyonun sınırları 20-40 °C arasındadır. Karbon tüketimine göre azot fiksasyonu 20 °C’ ye kadar olumlu olarak artmakta daha sonra tüketim yükselmektedir.

Soyada nodülasyon ve azot fiksasyonu 20-30 °C arasında olmak üzere geniş bir sıcaklık diliminde gerçekleşmektedir. Kök sistemi, karbonhidratların sağlanması için ana kök üzerinde bulunduğu heterotrofik bir organlar topluluğu olarak düşünülebilir. Yüksek sıcaklıklarda üretilmiş olan soyada kök miktarı düşüktür, kılcal kökler ve yan dallarda gelişme olmaz. Bu nedenlerden dolayı da yüksek sıcaklıklarda nodülasyon başlangıcı ve gelişimi engellenebilir. Böylece tropikal baklagillerde N₂-fiksasyon randımanı temelde etkilenmiş olmaktadır. Bundan başka sıcaklık değişimleri *Rhizobium/Bradyrhizobium* türlerinin rekabet yeteneğini etkilemektedir. Düşük sıcaklıklar ılıman baklagillerde nodül oluşumunu ve azot fiksasyonunu azaltmıştır. Bununla beraber soğuk olan ekstrem şartlarda doğal baklagiller, ılıman baklagiller ile kıyaslanabilecek düzeyde azot fiksasyonu ve nodül oluşturabilir. Bunun nedeni soğuk şartlara adapte olmuş etkin bir şekilde faaliyet gösteren

Rhizobium/Bradyrhizobium bakterileri ve konukçu bitkinin her ikisinin birden uyum sağlaması olarak düşünülebilir (Bordeleau ve Prevosi, 1994).

Yapılan bir araştırmada sıcaklığın soyada genel bitki metabolizmasını etkilediği gibi nodül oluşumu ve N₂-fiksasyonu üzerine de önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir. *Rhizobium/Bradyrhizobium*-baklagil simbiyotik sisteminde optimum kök sıcaklığı 28 °C'dir. Düşük sıcaklıklarda ve yüksek sıcaklıklarda bu sistem zarar görmekte ve *Rhizobium/Bradyrhizobium* bakterileri 40 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda etkinliklerini kaybetmektedirler (Kızıloğlu, 1995).

2.5.3. Toprak Reaksiyonu (pH)

Optimum N₂ fiksasyonu nötr pH civarlarında olmaktadır. Fakat değişik *Rhizobium* türlerine göre optimum pH'da değişimler görülebilmektedir. Ortamın asitliği ve kalsiyum konsantrasyonu *Rhizobiumlar*'ın üremesi ve baklagillere enfeksiyonunda önemli rol oynamaktadır. Kalsiyum, asit koşullarda Al ve Mn iyonlarının N₂ fiksasyonuna olan toksik etkilerini ortadan kaldırır. pH'dan farklı olarak Al'un nodülasyon ve fiksasyona ne gibi etkide bulunduğu bilinmemektedir. Fakat fazla Al'un büyüme ve kök gelişimini sınırlandırdığı bilinmektedir. pH 5'e kadar yüksek Al konsantrasyonuna rastlanmıştır, fakat birçok baklagil Al konsantrasyonuna bakmaksızın düşük pH'da nodül oluşturmaz (Anonymous, 1982).

Yüksek derecede asit topraklarda (pH<4), çoğunlukla yüksek düzeyde Al ve Mn toksitesi oluşabilmektedir. Bu nedenle düşük pH'da nodülasyon, bitki gelişimi ve azot fiksasyonu olumsuz olarak etkilemektedir. Yüksek alkalın topraklarda (pH>8) da sodyum klorür, bikarbonat ve bor iyonlarının yüksek derecede tuzlulukla birleşmesi durumunda azot fiksasyonunda azalma söz konusu olabilmektedir (Bordeleau ve Prevosi, 1994).

Soyada verim ve nodül oluşumunun yüksek düzeyde olabilmesi için toprak pH'sının 6,2-6,8 arasında olması gerekmektedir. Düşük pH derecelerinde nodül oluşumu için gerekli olan molibdenin alımı azalır, alüminyum ve mangan gibi elementler de bitkiye toksik etkide bulunabilirler. Toprak reaksiyonunu yüksek olması halinde ise

demir, bakır ve çinko eksikliği bitkide kendini göstermektedir. Soya ekimi yapılacak toprak fazla asitli ise ekimde üre, amonyum sülfat, süper fosfat ve benzeri gübreler yerine bazik karakterli gübreler kullanılmalı veya bakteri aşılması sırasında belirli ölçüde sönmüş kireç (toz halinde) karıştırılması gerekmektedir. Çünkü asitli ortamda nodül oluşumu gecikmekte veya durmaktadır (Arioğlu, 1992).

Kızıloğlu (1995) yaptığı bir çalışmada *Rhizobium/Bradyrhizobium*' ların gelişmesi için en uygun pH'nın 6,8 olduğunu belirlemiştir. *Rhizobium/Bradyrhizobium* bakterilerinin gelişmesi için pH 4,8-8,5 arasında değişiklik göstermektedir. pH aralığının geniş olması bunların farklı ortamlarda kullanımını olası hale getirmektedir.

Rechciğl vd. (1987), toprak pH'sının (4,1-5,2) farklı *Rhizobium meliloti* suşlarında nitrogenaz aktivitesi (asetilen redüksiyonu) üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, nitrogenaz enzim aktivitesinin tüm suşlarda yüksek pH'da daha fazla olduğunu, bunun yanında denemede kullanılan suşların her iki pH değerinde de nitrogenaz aktivitesi yönünden farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Iruthayatas ve Ulassak (1985), bir bakla çeşidinde yaptıkları denemede aşılama da kullanılan *Rhizobium leguminosarum* suşlarının pH 5,5-6,0 arasında nodül ağırlığı, nitrogenaz aktivitesi, kök ağırlığı, kök azot içeriği yönünden en yüksek aktiviteyi gösterdiklerini, suşların etkinliklerinin ise tüm pH değerlerinde birbirinden farklı olduğunu tespit etmişlerdir.

2.5.4. Toprak Nemi

Düşük su potansiyeli azot fiksasyonunu direkt olarak etkilemekte, nodül solunumunu azalmakta, azotun nodüllerden dışarı taşınması yavaşlamaktadır. Dolaylı olarak asimilant üreten fotosentez birimlerinin bozulması nedeni ile azot fiksasyonu düşmektedir.

Bordeleau ve Prevost (1994) yaptığı araştırmada aşırı suyun azot fiksasyonu üzerine olumsuz etki yaptığını ortaya koymuşlardır. Nodülün yüzeyinde suyun ince bir

tabaka halinde bulunması oksijenin diffüzyonunu düşürmekte ve büyük olasılıkla buna bağlı olarak N₂-fiksasyonunda önemli azalmalar meydana gelmektedir ve Kök bölgesinden suyun uzaklaşmasının olduğu şartlarda büyük olasılıkla karbondioksit oluşumunun artmasına bağlı olarak oluşan yüksek CO₂ konsantrasyonlarında nodül oluşumu engellendiği tespit edilmiştir.

Heatherley ve Spurlock (1993), Güney Amerika’da Soya bitkisi ile yaptıkları bir çalışmada, kuraklığın olduğu yıllarda sulama zamanı sınırının çiçeklenme aşamasında ya da tane oluşum zamanından önceki aşamada olması gerektiği savunulmuştur. Fide dönemi içinde yapılan sulamayla ve ondan sonraki dönemlerde devam eden sulamalarda net ürün artışı en yüksek bulunmuştur.

2.5.5. Besin Elementlerinin Etkisi

Demir, nitrogenaz ve ferrodoksinin yapısında bulunmakta ve bakteri N₂ bağladığı zaman fazla miktarda kullanılmaktadır. Değişik tür bakterilerin demir ihtiyacı farklıdır. Demir eksikliği belirtileri görüldüğünde şelat formunda yapraktan uygulanması gerekir (Kacar, 1977).

Baklagillerde bitki gelişimindeki yetersizlik, asit toprak şartlarında belirgin olarak görülebilmektedir. Ca, Mg, P ve Mo’in alınmaması veya topraktaki eksikliği durumunda, ayrıca Al ve Mn’ in toksik etkisi ile toprak pH’sı düşebilmektedir. Asit toprakların bu kompleksleri nodülasyonu, nodüllerin fonksiyonu ve konukçu bitki gelişimini olumsuz şekilde etkilemekle verimlilikte sınırlamaya sebep olmaktadır. Bu durumun aksine Ca, *Rhizobium*’lar ile bitki köklerinin enfeksiyonu sürecinde ve nodüllerin gelişmesinde olumlu bir rol oynamaktadır (Alva vd., 1987).

Baklagil bitkileri tarafından aktif olarak azot bağlanması bitkinin sağlıklı gelişimi ve besin maddelerinin yararlı oranda alınmasına bağlıdır. Bitki besin maddelerinden fosfor, protein sentezinde rol oynayan en önemli bir elementtir. Baklagil bitkileri fosfor ve kükürdün bulunmaması durumunda yüksek düzeyde alınabilir azot bulunsalar bile protein sentezi yapamazlar. Fosfor, *Rhizobium* bakterilerinin aktivitesini ve kök gelişimini artırarak nodül oluşumunun erken bir sürede, nodüllerin ise daha büyük ve

fazla sayıda olmasına etki eder. Pek çok araştırmacı potasyumun fosfor ile birlikte bulunması halinde azot fiksasyonuna olumlu etkide bulunduğunu saptamıştır (Ülgen, 1978).

K, bitkide nodül sayısında, S ve P ise bitkide nodül sayısında ve nodül büyüklüğünde etkili olmaktadır. Ca, toprak reaksiyonuna etki ederek baklagil bitkilerinin gelişimine, *Rhizobium/Bradyrhizobium* bakterilerinin sayısının artmasına ve yaşamlarını sürdürmelerine yardım etmektedir. Ca tuzlarının özellikle asit topraklarda nodülün oluşumuna, büyüklük ve sayısına ve konukçu bitkinin protein içeriğine olumlu etkisi olmaktadır. Ayrıca kalsiyum iyonları P, B, Mn ve Mo'nun konukçu bitki tarafından alınmasına olumlu yönde etki eder. Mg' nin baklagillerde nodül oluşumunu ve N₂-fiksasyonunu artırdığı saptanmıştır. Fe ise bakteroidlerde N₂-fiksasyonunda rol oynayan protein yapısında yer almaktadır. Fe ve Mo nitrogenazın yapısında bulunmasından dolayı N₂-fiksasyonu için oldukça önemlidir (Kızıloğlu, 1995).

Amerika'da yapılan bir çalışmada soya tarımında 380 kg/da tane veriminin alındığı ve bir dekar alandan 36 kg N, 9 kg P₂O₅ ve K₂O kaldırıldığı saptanmıştır (Arioğlu, 1992).

2.5.6. Tuzluluk (EC)

Rhizobium bakterilerinin N₂ fiksasyonu ve aktiviteleri artan tuza paralel olarak düşmektedir. Sulama suyunda artan tuz konsantrasyonunun soyada tane ve nodül ağırlığını önemli miktarda düşürdüğü tespit edilmiştir (Anonymous, 1982).

Bitkiler tuzlu koşullarda su rejimlerini kontrol altına alabilmek ve daha az su kaybetmek amacıyla, bir yandan stomalarını kapatır diğer yandan da yaprak alanlarını küçültürler. Yaprak alanlarının küçülmesi ve stomaların kapanmasıyla su kaybını önlemekte ancak fotosentez için fikse edilen CO₂ miktarı da azalmaktadır. Tuzluluk probleminin görüldüğü seralarda CO₂ miktarı arttırıcı önlemler alınmasıyla tuzluluğun olumsuz etkileri nispeten giderilmektedir (Güneş vd., 2002).

Soyanın gelişimi % 0,08 NaCl₂ ve % 1,5 NaSO₄'te tamamen gerilemiş, bununla birlikte % 0,1 NaSO₄'ün büyümeyi teşvik ettiği saptanmıştır (Anonymous, 1982). Bu yönde yapılan çalışmalar, baklagillerle simbiyotik yaşayan *Rhizobium/ Bradyrhizobium spp.* bakterilerinin tuza dayanıklılık, optimum pH isteği, dirençlilik v.b. özellikler yönünden önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur (Gök ve Martin, 1993).

Singleton vd. (1982), tarafından besi ortamına çeşitli miktarda tuz ilavesi ile yapılan çalışmalar, ortamın tuz içeriği arttıkça ortamdaki Rhizobial yoğunluğunun düştüğünü, bakteri etkinliğinin azaldığı, buna bağlı olarak kuru madde oluşumu, nodül ağırlığı ve nodül aktivitesinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Toprağının Genel Özellikleri

Deneme, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü laboratuvarında bulunan iklimlendirme kabiniinde 28 °C sıcaklıkta ve 48 tane saksıda gerçekleştirilmiştir. İklimlendirme kabini soya bitkisinin istek duyduğu ışık miktarına göre ışıklandırılması yapılmış ve fan sistemi ile havalandırması gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan toprak, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinden alınmıştır. Denemede kullanılacak toprak için daha önceden ekim ve dikimin yapılmadığı, gübre ve kimyasalın uygulanmadığı arazi ortamı seçilmiştir.

3.1.2. Denemede Kullanılan Soya Bakteri Suşları ve Tohum Çeşidi

Denemede soya çeşidi olarak Sa88 tohumu, bakteri aşılamaında ise 1809 nolu suş kullanılmıştır.

3.1.3. Deneme Toprağının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Denemede kullanılan toprak örneğinin analizi için, toprak yüzeyinin 30 cm derinliğinden alınan toprak kullanılmıştır. Bu toprak üzerinde yapılan analizde aşağıdaki değerler elde edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kum	Silt	Kil	Bünye Sınıfı	Organik Madde	Nt	CaCO ₃
(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)
16	43	41	Siltli Kil	1,08	0,03	27

pH	Tuz	Nmin (kg/da)		P ₂ O ₅	Fe
(1:1 H ₂ O)	(%)	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	(kg/da)	(mg/kg)
8,24	0,018	3,1	1,1	7,24	2,92

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin Kurulması ve Yürütülmesi

Deneme Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarındaki; sıcaklık ve nem ortamı ayarlanabilir, özel sistem ışıklandırılmalı iklimlendirme kabininde 03.03.2008 tarihinde kurulmuş ve bitki gelişme ortamı olarak 48 adet saksı kullanılmıştır. Denemede Sa88 soya çeşidi kullanılmıştır. Saksıların her birine 5.250 gr toprak konulmuştur.

Denemede 6 farklı bakteri aşılama yöntemi uygulanmış ve 8 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme tesadüf parsellerine göre aşağıdaki şekilde planlanmıştır.

Kontrol: Tohumlar herhangi bir işlem yapılmadan direkt olarak ekilmiş, sulama yapılmıştır.

Tohum Aşılama: Aşı materyalinin tohumlara daha iyi yapışmasını sağlamak amacıyla hazırlanan % 4 lük şeker çözeltisi ilave edilerek güneş ışığı almayan yarı karanlık bir yerde tohumlara bulaştırılmış ve nemini çekmesi için bekletildikten sonra ekilmiş, sulama yapılmıştır.

Üst Aşılama: Saksılara tohumlar ekildikten sonra üzerine sprey yardımı ile pulverize bakteri aşılması yarı aydınlık ortamda yapılmış ve hemen ardından sulama yapılmıştır.

2 Defa Üst Aşılama: İlk aşılama 3. uygulamada olduğu gibi aynı şekilde ve zamanda gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada soya bitkileri çimlendikten ve 8-10 cm uzunluğa ulaştıktan sonra toprak yüzeyinden tekrar aşılama yapılmış ve ardından yine sulanmıştır.

Tohum Yatağına Pulverize Aşılama: Tohum yatağı açıldıktan sonra bakteri pulverize olarak uygulanmış ve tohum yerleştirilip toprak ile kapatıldıktan sonra sulanmıştır.

Peat ile Aşılama: Tohum yatakları açılıp tohum yatağına bakteri ile bulaştırılmış su-peat suspansiyonu uygulanmış ardından tohumlar ekilip sulanmıştır.

3.2.2. Bakteri Üretimi ve Aşılama

Denemede, yurt dışından temin edilmiş olan 1809 nolu bakteri suşu yenilenmek amacıyla, önce petri kutularına hazırlanmış olan Yeast Mannitol Agar (YMA) besi ortamına birkaç defa aşıl原因arak üremeye bırakılmış, bunlardan alınan koloniler daha sonra tekrar eğik besiyerine aşıl原因arak buzdolabında (+4 °C’de) saklanmıştır. Çizelge 3.2.’de YMA besiyerinin bileşimi verilmiştir.

Eğik besiyerine alınan *B. japonicum* suşu ekimden 5-6 gün önce erlenlerdeki sıvı besiyerine (150 ml) aşıl原因arak, 30 °C’de, mekanik çalkalayıcıda sürekli çalkalanarak 5-6 gün üremeye bırakılmıştır.

Çizelge 3.2. YMA besi ortamının bileşimi (Jordan, 1984)

	g/litre		
Mannitol	10.0	Mikroelement çözeltisi	
K ₂ HPO ₄	0.5		g/litre
KH ₂ PO ₄	0.5	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.08
MgSO ₄	0.2	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.29
NaCl	0.1	H ₃ BO ₃	1.86
CaCl ₂	0.02	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.121
NH ₄ Cl	0.1	CoSO ₄ .7H ₂ O	0.053
Hefeextrakt	0.5	MnSO ₄ .4H ₂ O	2.23
Agar	15.0		
Mikroel. çöz.	0.5 ml		
Fe-sequestren	2.0 ml		
Destile su	1000 ml		
pH = 6.8-7.0			

3.2.3. Denemede Yapılan Bitki ve Toprak Analizleri

3.2.3.1. Bitki Analizleri

Soya bitkilerinin çiçeklenme dönemi ve hasat döneminde her bir saksıya ait yaş ve kuru kök, kök üstü aksam, nodül ve tane ağırlıkları alınmış olup çiçeklenme döneminde nodül sayısı, hasat döneminde tane sayısı tespit edilmiştir. Soya bitkilerinin kök, tane ve kök üstü kısımlarının çiçeklenme ve hasat dönemi toplam azot değerleri analiz edilmiştir. Analizlere ilişkin yöntem ve kaynakları aşağıda belirtilmiştir.

Toplam Azot

Soya bitkilerinin tane, kök ve kök üstü azot miktarlarını belirlemek için, alınan bitki örneklerinde Kjeldahl yöntemine (Kjeldahl, 1883, Bremner, 1965) göre toplam azot tayini yapılmıştır.

Yaş Ağırlık

Hasat edilen bitkilerin hasattan sonra solma işlemi gerçekleşmeden kök, nodül ve toprak üstü aksamalarının temizlenerek hassas terazi yardımıyla yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

Kuru Ot Verimi

Hasat işleminin gerçekleşmesinin ardından yaş ağırlıkları alınan bitkilerin 65 °C de etüvde kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve kök, nodül, tane ve kök üstü aksamalarının kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Nodül Sayımı

Çiçeklenme döneminde yapılan hasattan sonra her saksıda bulunan 2 bitkinin kökleri musluk suyu ile nodülleri kopmayacak şekilde yıkanmış, saf sudan geçirilerek hemn nodüller ayrılmıştır. Nodüller 65 °C de etüvde kurutularak tartılmıştır.

Tane Sayısı

Hasat döneminde bitkiler yaş ağırlıkları alındıktan sonra 65 °C de kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve taneler kapsüllerinden çıkarılarak sayılmış ve tartılmıştır.

3.2.3.2. Toprak Analizleri

Tekstür

Toprakların bünye analizleri, Bouyoucus (1951) tarafından esasları verilen, hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir.

Kireç

Scheibler'in kalsimetre yöntemi ile belirlenmiştir (Allison ve Moodie, 1965).

Organik Madde

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

Toprak Reaksiyonu

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

3.2.4. İstatistiki Değerlendirme

Araştırmada elde edilen veriler MSTAT-C paket programı yardımıyla (Crop and Soil Sciences Department, Michigan State University, Version 1.2) varyans analizine tabii tutulmuş, Bek (1983)'e göre Duncan testi uygulanarak gruplandırılmıştır. Varyans analizleri tesadüf parselleri deneme deseni modeli kullanılarak hazırlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Farklı aşılama tekniklerinin soya vejetasyonu altında azot fiksasyonuna etkisini belirlemeye yönelik olarak yürütülen bu çalışmadan çiçeklenme ve hasat dönemlerinde biyomas verimleri ve bitki materyalin azot içerikleri belirlenmiştir. Çiçeklenme döneminde 8 paralel olarak hazırlanan her bir uygulamaya ait 4 saksı bozularak bitki materyalleri tartılmış-analiz edilmiş, kalan 4 saksı ise hasat döneminde kullanılmıştır. Yapılan ölçüm ve analizlere ilişkin sonuçlar aşağıda ilgili alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Çiçeklenme Döneminde Nodül Sayısı ve Ağırlığı

Çiçeklenme döneminde hasat edilen saksılardaki topraklar su yardımıyla bitkiden ayrılmış, el ile kök üzerindeki nodüller ayrılarak sayılmış ve 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak ağırlığı belirlenmiştir. Elde edilen nodül sayıları ve nodül ağırlıkları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çiçeklenme döneminde belirlenen nodül sayıları ve ağırlıkları

Uygulamalar	Nodül Sayısı (nodül/bitki)	Nodül Ağırlığı (mg/bitki)
Kontrol	0,10 F	0,18 C
Tohum Aşılama	6,00 E	2,68 C
Üst Aşılama	19,25 C	20,14 B
2 Defa Üst Aşılama	14,00 D	19,63 B
Tohum Yatağına Aşılama	28,00 A	29,42 A
Peat İle Aşılama	23,75 B	28,09 A
Varyasyon katsayısı (%)	14,44	13,94
LSD	2,23	2,39

Nodül sayıları yönünden değerler incelendiğinde en fazla nodülün 28 nodül/bitki ile tohum yatağına aşılama yapılan uygulamada belirlendiği görülmüştür ($p<0,05$). Bunu peat-su süspansiyonu ile yapılan aşılama izlemiştir. Hiçbir aşılamanın yapılmadığı kontrol uygulamasında sadece bir bitkide nodül oluşumu gözlenmiştir. Nodül ağırlıkları yönünden en yüksek değerler 29,42 ve 28,09 mg/bitki ile sırasıyla tohum yatağına aşılama ve peat ile aşılama uygulamalarından elde edilmiştir ($p<0,05$).

Nodül ağırlığı yönünden kontrol uygulaması ile tohum aşılama uygulaması arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Kontrol dışındaki uygulamalar karşılaştırıldığında, pratikte sıklıkla kullanılan tohum aşılama uygulamasında diğer uygulamalara göre daha düşük değerler elde edildiği görülmüştür.

4.2. Uygulamaların Çiçeklenme Döneminde Kuru Ot Verimine Etkisi

Çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkilere ait kök, toprak üstü ve kök+toprak üstü değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Çiçeklenme döneminde belirlenen kök, toprak üstü ve kök+toprak üstü ağırlıkları

Uygulamalar	Kök Ağırlığı (g/bitki)	Toprak Üstü Ağırlığı (g/bitki)	Toplam Ağırlık (g/bitki)
Kontrol	0,31 BC	2,19 B	2,50 B
Tohum Aşılama	0,16 E	0,82 D	0,98 D
Üst Aşılama	0,32 B	2,19 B	2,51 B
2 Defa Üst Aşılama	0,24 D	1,73 C	1,97 C
Tohum Yatağına Aşılama	0,45 A	2,57 A	3,02 A
Peat İle Aşılama	0,29 C	2,22 B	2,51 B
Varyasyon Katsayısı (%)	2,95	7,39	7,67
LSD	0,03	0,15	0,06

Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere en yüksek kök ağırlığı değeri 0,45 g/bitki ile tohum yatağına aşılama uygulamasından, en düşük değer ise tohum aşılama uygulamasından elde edilmiştir ($p<0,05$). Toprak üstü ağırlıkları yönünden, kök ağırlığı değerlerine benzer biçimde en düşük değer tohum aşılama uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek değer yine tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir. Tohum aşılama uygulamasından, kontrol uygulamasına göre daha düşük değerler elde edilmiş olmasının aşılama sırasında tohum kabuğunun ıslanma-kuruma sırasında zarar görmüş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Çiçeklenme Döneminde Nodül, Kök ve Toprak Üstü Azot İçeriğine Etkisi

Çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkilerin nodül, kök ve toprak üstü aksamalarının toplam azot kapsamaları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Çiçeklenme döneminde belirlenen nodül, kök ve toprak üstü azot içerikleri

Uygulamalar	Nodül N (%)	Kök N (%)	Toprak Üstü N (%)
Kontrol	- ^{a)}	2,33 D	4,08 AB
Tohuma Aşılama	3,09	2,68 B	3,98 ABC
Üst Aşılama	3,28	2,43 C	3,87 BC
2 Defa Üst Aşılama	3,86	2,87 A	4,15 A
Tohum Yatağına Aşılama	3,23	2,34 D	3,83 C
Peat İle Aşılama	3,66	2,18 E	4,04 ABC
Varyasyon Katsayısı (%)		2,35	4,16
LSD		0,08	0,25

^{a)} Yeter miktar örnek olmadığından analiz edilememiştir.

Azot kapsamaları bakımından uygulamalar arasında belirgin farklar görülmüştür ($P<0,05$; Çizelge 4.3). Kontrol uygulamasında yeter miktarda nodül oluşumu gerçekleşmediğinden azot analizi yapılamamıştır. Diğer uygulamalarda ise paralel analiz yapmaya yetecek miktarda materyal olmadığı için tüm paralellerden elde edilen nodüller birleştirilerek tek bir analiz yapılmıştır. Bu nedenle nodül azot içeriği değerlerinde istatistik analizi yapılamamıştır.

İki defa üst aşılama uygulamasında hem nodül, hem kök hem de kök üstü azot içeriği yönünden en yüksek değerler elde edilmiştir ($p<0,05$). En düşük kök azot içeriği peat ile aşılama uygulamasında (% 2,18), en düşük toprak üstü azot içeriği ise tohum yatağına aşılama uygulamasında (% 3,83) belirlenmiştir.

4.4. Hasat Döneminde Kök, Toprak Üstü ve Toplam Bitki Ağırlığına Etkisi

Hasat döneminde kök ve toprak üstü kuru ağırlıklar belirlenmiş ve Çizelge 4.4'te ayrı ayrı ve toplam bitki ağırlığı olarak verilmiştir. Kök ağırlığı yönünden en düşük değerler kontrol, 2 defa üst aşılama ve peat ile aşılama uygulamasından elde

edilirken en yüksek değer tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir (p<0,05). Toprak üstü ağırlık yönünden en yüksek değer tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilirken diğer uygulamalar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Toplam bitki ağırlığı değerleri incelendiğinde en yüksek değerin 4,86 g/bitki ile tohum yatağına aşılama uygulamasında olduğu görülmüştür (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Uygulamaların hasat döneminde belirlenen kök, toprak üstü ve toplam bitki ağırlıklarına etkisi

Uygulamalar	Kök Ağırlığı (g/bitki)	Toprak üstü Ağırlığı (g/bitki)	Toplam Ağırlık (g/bitki)
Kontrol	0,64 C	3,44 B	4,08 B
Tohum aşılama	0,73 B	3,40 B	4,13 B
Üst Aşılama	0,76 AB	3,23 B	3,99 BC
2 Defa Üst Aşılama	0,60 C	3,30 B	3,90 C
Tohum Yatağına Aşılama	0,80 A	4,06 A	4,86 A
Peat İle Aşılama	0,64 C	3,36 B	4,00 BC
Varyasyon Katsayısı (%)	8,73	5,85	4,46
LSD	0,06	0,21	0,19

4.5. Hasat Döneminde Belirlenen Tane Sayısı ve Tane Verimi

Hasattan sonra bitkiler kurutulmuş, taneleri ayrılarak bitki başına tane sayısı ve bitki başında tane ağırlığı değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Hasat döneminde belirlenen tane sayısı ve tane ağırlığı değerleri

Uygulamalar	Tane sayısı (tane/bitki)	Tane ağırlığı (g/bitki)
Kontrol	7,23 C	2,31 C
Tohum aşılama	6,84 C	2,33 C
Üst Aşılama	8,14 B	2,68 B
2 Defa Üst Aşılama	7,95 B	2,81 B
Tohum Yatağına Aşılama	9,08 A	3,36 A
Peat İle Aşılama	6,90 C	2,86 B
Varyasyon Katsayısı (%)	4,96	7,77
LSD	0,39	0,22

Çizelge 4.5'ten görüldüğü üzere en yüksek tane sayısı (9,08 tane/bitki) ve tane ağırlığı (3,36 g/bitki) değerleri tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir ($p<0,05$). Tane sayısı değerleri yönünden kontrol, tohuma aşılama ve peat ile aşılama uygulamalarında daha düşük değerler belirlenmiş, bu uygulamalar arasında ise istatistiksel fark bulunmamıştır. Tane ağırlığı değerleri, tane sayısı değerleri ile benzer bulunmuş, en yüksek değer 3,36 g/bitki ile tohum yatağına aşılama uygulamasında, en düşük değerler ise kontrol (2,31 g/bitki) ve tohuma aşılama (2,33 g/bitki) uygulamalarında belirlenmiştir ($p<0,05$).

4.6. Hasat Döneminde Kök, Toprak Üstü ve Tanenin Azot İçeriği

Hasattan sonra kök, toprak üstü ve tanelerin total azot miktarları belirlenmiştir. Elde edilen değerler Çizelge 4.6 da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Hasat dönemi kök, toprak üstü ve tane total azot değerleri

Uygulamalar	Kök N (%)	Toprak Üstü N (%)	Tane N (%)
Kontrol	1,13 C	1,31 D	4,65 C
Tohuma Aşılama	1,75 A	1,62 BC	6,49 A
Üst Aşılama	1,53 B	1,69 B	6,63 A
2 Defa Üst Aşılama	0,94 CD	1,54 C	6,67 A
Tohum Yatağına Aşılama	1,54 B	1,88 A	6,11 B
Peat İle Aşılama	0,89 D	1,89 A	6,06 B
Varyasyon Katsayısı (%)	9,76	3,07	2,93
LSD	0,19	0,08	0,27

Çizelge 4.6. da görüldüğü üzere bitki köklerinde en düşük azot içeriği peat ile aşılama uygulamasından (% 0,89) elde edilirken en yüksek değer tohuma aşılama uygulamasından (% 1,75) elde edilmiştir ($p<0,05$). En yüksek toprak üstü azot içeriği kontrol uygulamasında, en yüksek değerler ise tohum yatağına aşılama ve peat ile aşılama uygulamalarında belirlenmiştir. Tane azot içeriği yönünden değerler incelendiğinde kontrol dışındaki tüm uygulamaların tanenin azot içeriğini artırdığı, en düşük değer ise kontrol uygulamasında (% 4,65) olduğu görülmüştür. En yüksek değerler ise % 6,49, % 6,63 ve % 6,67 ile sırasıyla tohuma aşılama, üst aşılama ve 2 defa üst aşılama uygulamalarında belirlenmiştir ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bir baklagil cinsi bir bölgede ilk kez yetiştirilecekse, uygun bir yöntemle bakteri aşılması yapılması hem ekolojik hem de ekonomik değere sahiptir. Ancak çiftçilerin birçok nedenle aşılama yapmaması nedeniyle baklagillerin azot bağlama potansiyelinden yeterince yararlanılamamaktadır. Zira *Rhizobium spp.* olarak bilinen mikroorganizmalar aşılama ile toprağa verilmediği durumda genellikle toprakta az sayıda bulunurlar ya da etkili olmazlar (Gök ve Onaç, 1995). Biren (2002), daha önce hiç soya yetiştirilmeyen Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti topraklarında yürüttüğü çalışmasında, aşılama yapılmayan kontrol uygulamasında hiç nodülasyonun gerçekleşmediğini bildirmiştir. Bu çalışmada da, üzerinde daha önce baklagil yetiştirilmemiş topraklarda aşılama yapılmadığında nodülasyonun, dolayısıyla azot fiksasyonunun gerçekleşmediği ya da sınırlı düzeyde gerçekleştiği, Isparta koşullarında ilk defa soya yetiştirileceğinde aşılamanın son derece önemli olduğu ortaya konmuştur.

Aşılama genellikle yapıştırıcı bir çözeltisi yardımıyla bakteriler tohumlara bulaştırılmakta ve tohumlar yarı aydınlık ortamlarda kurutulduktan sonra güneş görmesine izin verilmeden ekilmektedir. Bu yöntemde tohumların ıslanması birçok dezavantajı beraberinde getirmektedir. Bu yöntemde tohumlar birbirine veya ekim makinesine yapışabilmekte, bu durum zaten aşılama konusunda isteksiz olan çiftçilerin yöntemi uygulamamasına neden olmaktadır. Aşılama sırasında aşırı su kullanımı tohum kabuğunun zarar görmesine, bunun sonucunda tohumun dış koşullardan daha fazla etkilenmesine neden olabilmektedir. Deaker vd. (2004) tohuma aşılama yönteminin ekim makinesinde canlı bakteri sayısının azalması ve tohum kabuğunun çimlenme sırasında toprak yüzeyine çıkması gibi riskler de taşıdığını rapor etmişlerdir. Brockwell (1977) ise toprağa aşılama yönteminde, özellikle küçük toumlu baklagillerde, tohuma aşılama yöntemine göre tohum başına daha fazla bakteri uygulanabileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada tohuma aşılama alternatif olmak üzere, tohuma aşılama uygulaması ile birlikte toplam 5 farklı aşılama tekniği karşılıklı olarak denenmiş ve bu yöntemler arasında azot bağlama yönünden farklılıkların olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen değerler ışığında, çalışmaya konu olan hemen tüm uygulamaların tohuma aşılama

uygulanmasından daha etkili olduğu görölmüştür. Tohuma aşılamaaya alternatif olarak denenen yöntemlerin tohuma aşılama uygulamasına oranla daha etkin azot fiksasyonu sağlaması ve bu yöntemlerin otomasyona daha uygun olması nedeniyle uygulanan yöntemlerin ekim makinelerine entegre edilerek uygulanması hem kolay hem de etkin aşılama yapılmasına olanak sağlayacaktır.

Burada sonuçları verilen çalışmadan; bakteri aşılmasının azot fiksasyonunda belirgin etkili olduğu belirlenmiştir. Tohum ekildikten sonra toprağa yapılan aşılamanın tohum yatağına kadar ulaşabildiği, bu yöntemle de etkin aşılama yapılabileceği belirlenmiştir. Bu yönüyle aşılamanın sulama suyu EC'sini göz önünde bulundurmak kaydı ile damla sulama sistemleri ile dahi yapılabileceğini açık bir biçimde ortaya koymuştur. İki defa üst aşılama uygulaması, ekimle birlikte uygulanan bakterilerin infeksiyonun gerçekleşeceği zamana kadar zarar görmesi ihtimali göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Ancak araştırma sonucunda özellikle tane sayısı ve tane ağırlığı değerleri göz önüne alındığında iki defa üst aşılama ile üst aşılama uygulamaları arasında fark bulunmamıştır.

Tohum yatağına aşılama yönteminin, özellikle tane verimi ve tane ağırlığı yönünden en iyi uygulama olduğu görölmüştür. Bu yöntem ekim makinesinin tohum yatağı açan ayağının arkasına yerleştirilecek bir düzenek yardımıyla kolaylıkla uygulanabilecek bir uygulamadır. Bu yöntemde tohumlar aşı materyaliyle temas etmemekte ancak aşı materyalinin hemen üzerine bırakılan tohumlar çimlendiğinde kökleri bakteri ile bulaşık toprak içerisinde büyümekte ve etkin infeksiyon sağlanmaktadır. Bu yöntemde Deaker vd. (2004)'nın bildirdiği tohum kabuğunun, dolayısıyla bakterilerin çimlenme esnasında toprak yüzeyine çıkmasının ve Brockwell (1997)'in bildirdiği tohum başına düşük sayıda bakteri uygulamasının da önüne geçilmektedir.

Peat kültürü ile aşılama, aşı materyalinin genellikle peat kültürü içerisinde hazırlanması nedeniyle uygulanan yöntemlerden birisidir. Ancak nemliyen tohuma aşılamanın peat kültürü kuruyacak olursa, tohumdan ayrılmakta ve peat ekim makinesinin alt tarafında birirmektedir (Gault 1978). Ayrıca kuru peat'e bakteri

aşılarken, ıslanma nedeniyle meydana gelen sıcaklık artışı canlı bakteri sayısının azalmasına neden olabilmektedir (Deaker, 2004). Bu çalışmada denenen uygulamada ise peat su ile ıslatıldıktan sonra aşı materyali eklenmiş, süspansiyon haline getirildikten sonra tohum yatağına uygulanmıştır. Elde edilen nodül sayısı ve nodül ağırlığı değerlerinden yukarıda sözü edilen olumsuzlukların yaşanmadığı görülmüş, bu şekilde yapılan uygulamadan da yine etkin azot fiksasyonunu sağlandığı belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen biyomas ve tane verimleri, tarla koşullarında elde edilen verim değerlerinden oldukça düşüktür. Bu durum saksıda yer alan toprağın ve dolayısıyla kök-toprak değiniminin az olması ile açıklanabilir. Saksı denemelerinde arazi denemelerine oranla daha düşük verim alınması beklenen bir durumdur.

6. KAYNAKLAR

- Akçin, A. ve Işık, Y., 1995. Konya Ekolojik Şartlarında Azotlu Gübre Uygulaması ve Bakteri ile Aşılamanın Nohut Çeşitlerinin (*Cicer arietinum* L.) Tane Verimi, Tanenin Kimyasal Kompozisyonu ve Morfolojik Karakterler Üzerine Etkileri. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 6(8):146-159.
- Akdağ, C. ve Şehirali, S., 1995. Bakteri (*Rhizobium* Ssp.) Aşılama, Azot Dozları ve Ekim Sıklığının Nohut (*Cicer arietinum* L.)'Un Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri. Gaziosmanpaşa Ünv. Ziraat Fakültesi Dergisi 12: 122-134.
- Aktaş, M., 1990. Bitki Besleme Toprak Verimliliği. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yay. No:1429, Ankara.
- Aktaş, M., 1995. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği, 3. Baskı A.Ü. Ziraat Fak. Yay.No: 1429. Ankara.
- Allison, L.E. and Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1379-1400. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Alva, A.K., D.G. Edwards, C.J. Asher, S. Suthipradit, 1987. Effects of Acid Soil Infertility Factors on Growth and Nodulation of Soybean. Published In Argon. J. 79: 302-306.
- Anonymous, 1982. Application of Nitrogen Fixing Systems in Soil Management Fao Rome.
- Anonymous, 2008d. <http://www.microbiologyonline.org.uk/forms/rhizobium.pdf> Erişim Tarihi: 14.12.2008, Saat: 17:00.
- Anonymous, 2009. <http://www.adanaciftcilerbirligi.com/sayfa/etarim.php?id=15> Erişim Tarihi: 03.01.2009, Saat:10:00
- Anoymous, 2008a. <http://www.dkimages.com/discover/previews/962/65013052.JPG> Erişim Tarihi 12.12.2008, Saat:15:00.
- Anoymous, 2008b : http://www.tuik.gov.tr/Veribilgi.do?tb_id=45&ust_id=13 Erişim Tarihi 12.12.2008, Saat:15:00
- Anoymous, 2008c. Http://Www.Soystats.Com/2008/Page_30.Htm Erişim Tarihi 12.12.2008, Saat:15:00

- Arioğlu, H., 1992. Yağ Bitkileri (Soya ve Yerfıstığı). Cilt:1, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:35, Adana.
- Arioğlu, H., 1999. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 220, Ders Kitapları Yayın No: A-70, Adana.
- Beck, D.P. 1988. Biological Nitrogen Fixation Studies. Food Legume Improvement Program. Annual Report 1988, Icarda, P.177-183.
- Bek, Y., 1983. Araştırma ve Deneme Metodları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu Yay. No: 92. Adana.
- Bergersen, 1980. Methods For Evulating Biological Nitrogen Fixation. John Willey. New York 702 Pp.
- Biren, S., 2002. Bakteri (*Bradyrhizobium japonicum*) Aşılmasının Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) Koşullarında Soya (*Glycine mac. L.*) Bitkisinde Nodülasyona ve Tane Verimine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Bohlol, B. B., Ladha, J. K., Garrity, D. P. and George, T. 1992. Biological N Fixation For Sustainable Agriculture: A Perspective. Pl. Soil, 141: 1-11.
- Bordeleau, L. M. D Prevosi, 1994. Nodulation and Nitrogen Fixation In Extreme Environments. Plant and Soil 161:115-125.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S., Paslı, N., Kaynaş, S., 2000. Ekoloji-1 ISVAK yayın No.6, 2. Baskı, Ankara.
- Bouyoucus, G.J. 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method of Making Mechanical Analysis of Soil, Agriculture J. 439.
- Bremner, J. M. 1995. Recent Research on Problems on The Use of Urea as a Nitrogen Fertilizer, 42: 321-329.
- Bremner, J.M. 1965. *Total nitrogen*. In. C.A. Black et al (ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9:1149-1178. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Brockwell, J., 1977. Application of Legume Seed Inoculants. In: Hardy, R. W. F., Gibson, A. H. (eds), A Treatise on Denitrogen Fixation, Wiley, Sydney, pp:277-309.

- 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.
- Çakır, S. 2005. Eskişehir Koşullarında Etkin Bakteri Suşuyla Aşılamanın Nohut (*Cicer Arietinum* L.) Çeşit ve Hatlarının Tane Verimi, Morfolojik, Fizyolojik ve Teknolojik Özelliklerine Etkisi. Doktora Tezi (Yayınlanmamış). Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, 115 S.
- Çırpıcı, Ö., 2003. Yüksek Lisans Tezi, Soya Bitkisinde Bakteriyel Aşılama ve Fe Uygulamasının Nodülasyon ve N₂ Fiksasyonuna Etkisi s:2, Adana.
- Danso, S.K.A., Hera, C., Douka, C., 1987. Nitrogen Fixation In Soybean As Influenced By Cultivar and Rhizobium Strain. Plant and Soil. 99:163-174.
- Deaker, R., Roughley, R. J. and Kennedy, I. R., 2004. Legume Seed Inoculation Technology – a review. Soil Biology & Biochemistry (36):1275-1288.
- Deniz, N., 1988. Ankara Yöresinde Sulu Koşullarda Yetiştirilebilecek Soya Çeşitleri. Tarım Orman ve Köy İşl. Bak., Köy Hiz. Gen. Md., Toprak ve Gübre Araş. Enst. Md. Genel Yayın No: 148, Rapor Seri No: R-72. Ankara.
- Deusek, D.A., Musick, J.T., Porter, K.B., 1971. Irrigation of Soybeans In Texas High Plains. Texas Agr. Exp. Sta.
- Drevon, J.J., Heckmann, M.O., Soussana, J.F., Salsac, L., 1988. Inhibition of Nitrogen Fixation By Nitrate Assimilation In Legume-Rhizobium Symbiosis, Plant Physiology and Biochemistry, 26(2). 197-203.
- Dube, J.N., 1976. Yeild Responses of Soybean, Chickpea and Lentil To Inoculation With Legume Inoculants, Symbiotic Nitrogen Fixation In Plants Experiencing Water Deprivation Journals of Experimental Botany. vol.38: 311-321.
- Engin, M., 1989. Yemeklik Tane Baklagiller. Çukurova Üniv. Zir. Fak. Ders Kitabı No:110, Ç.Ü. Basımevi, Adana.
- Gault, R. R., 1978. A Study of Developments and Trends in New Zealand, The USA and Canada in the Technology Associated with the Exploitation of the Nitrogen-Fixing Legume Root Nodule Bacteria, *Rhizobium spp.* For Use in Legume Crops New to Australian Agriculture, Winston Churchill Memorial Trust. Canberra.

- Gök, M., 1987. Einfluss Energiereicher Substrate (Cellulose Oder Stroh) Und O₂-Partialdruck Auf Quantität Und Qualität Der Denitrifikation Eines Sandigen Lehms. Doktora Tezi, Hohenheim Üniv. Stuttgart-Almanya.
- Gök, M., Martin, P., 1993. Farklı Rhizobium Bakterileri ile Aşılamının Soya, Üçgül ve Fiğde Simbiyotik Azot Fiksasyonuna Etkisi. Doğa-Turkish Journal of Agricultural and Forestry 17, 753-761.
- Gök, M., Onaç, I., 1995. Değişik *Bradyrhizobium japonicum* İzolatları ile Aşılamının Farklı Soya Çeşitlerinde Verime, Nodülasyona ve N₂ Fiksasyonuna Etkisi, İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, C-237-244.
- Gökkuş, A., Koç, A. 1993. Mera Ekosistemlerinde Azot Döngüsü. Ekoloji Çevre Dergisi 7: 3-9.
- Güneş, A., Alparslan, M., İnal, A., 2002. Bitki Besleme ve Gübreleme, 2. Baskı, A. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Yayın No: 1526 Ders Kitabı S: 479.
- Haktanır, K., Arcak, S., 1997. Toprak Biyolojisi, Ankara Üniversitesi Yayın No: 1486. Ankara.
- Harper, J. E. 1974. Soil and Symbiotic Nitrogen Requirements For Optimum Soybean Production. Crop Science, 14: 255-260.
- Haskınacı, Ş., 2006. Soya Sektör Raporu, İ.T.O. Etüt ve Araştırma Şubesi, Sektör Araştırma Raporları <http://www.ito.org.tr> Erişim Tarihi: 15.01.2009 Saat:13:99
- Havelka U.D., Bojle M.G. and Hardy R.W.F., 1982. Biological Nitrogen Fixation In "Nitrogen In Agricultural Soils" Edit; Stewen F.J.American Soc. of Agro. Medison No: 22 365-422.
- Heatherly, L.G., Spurlock, S.R., 1993. Timing of Irrigation Termination For Derminate Soybean on Clay Soil. Published In Agronomy. J.85: 1103-1108.
- Herridge, D. F. and Danso, S. K. A. 1995. Enhancing Crop Legume N₂ Fixation Through Selection and Breeding. Plant Soil, 174: 51-82.
- Hymowitz, T., Newell, C.A., 1981. Taxonomy of The Genus Glycine, Domestication and Uses of Soybeans. Economical Botany. 35. 272-288.
- Imshenetskii, A.A., 1962. Evulation of Biological Fixation of Nitrogen Comp. Biochem Physiol 4:353:361.

- Iruthayathas, E.E., Ulassak, K., 1985. The Effect of Soil Ph on Nodulation and N₂ Fixation of Winged Bean *Phosphocarpus tetragonolobus* (L) D.C. Rhizobium Strains. Pflanzenernaehr. Bodenk. 148, P: 544-550.
- İlisulu, K., 1983. Soyanın Türkiye Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. Soya Semineri ve Paneli. Adana.
- İşler, N., 1992. Gap Bölgesinde Soya Yetiştiriciliğinde Olabilecek Sorunlar ve Çözüm Yolları. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 2.Ürün Tarım ve Sorunları Sempozyumu, Şanlıurfa.
- Kacar, B., 1977. Bitki Besleme, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 637, S: 124.
- Karacaoğlu, M., 1986. Soya: Ekonominin Sarı Altını. Maya Matbaacılık Ltd.Şti. Ankara. S:181.
- Karuç, K. 1992. İnokulasyonun Fasulye (*P. vulgaris*) ve Münavebe Bitkisi Buğday (*T. aestivum*) Verimi Üzerine Etkileri ile İnokulasyon Bakterisinin Toprakta Canlı Kalma Süre ve Oranının Belirlenmesi. Köy Hizmetleri Genel Müd., Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 192, 60 S.
- Keatinge, J.D.H., Beck, D.P., Materon, L.A., Yurtseven, N., Karuç, K., and Altuntaş, S., 1995. The Role of Rhizobial Diversity In Legume Crop Productivity In The West Asian High Lands. 4. *Rhizobium ciceri* Experimental Agriculture, 31: P.501-507.
- Keyser, H.H., ve Li. F., 1992. Potential For Increasing Biological Nitrogen Fixation In Soybean. Plant and Soil, 141: 119-135.
- Kızıloğlu, F.T. 1995. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası. Atatürk Ü. Z.F. Yay No. 180, Erzurum.
- Kjeldahl, J. 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Körpern. Zeitschrift für Analytische Chemie. 22:366-382.
- Lersten, N.R., J.B. Carlson, 1987. Vegetative Morphology. J.R. Wilcox (Ed), Soybeans: Improvement Production and Uses. 2nd. Ed. Agronomy Monograph, No:16.
- Lusas, E.W., Riaz, Mn., 1996. Texturization of Soybeans with Low-Cost Extruder. Book of Abstracts-Ifta Annual Meeting. Institute of Food Technologies, Usa.33-10, Chicago.

- Lynch, D.H., Simith, D.L., 1993. Early Seedling Seasonal N₂-Fixing Symbiotic Activity of Two Soybean (*Glycine Max.* (L) Merr.) Cultivars Inoculated With *Bradyrhizobium* Strains of Diverse Origin. *Plant and Soil* 157:289-303.
- Meral, N., C.Y. Çiftçi ve S. Ünver. 1998. Bakteri aşılması ve değişik azot Dozlarının Nohut (*Cicer arietinum* L.)'un Verim ve Verim Öğelerine Etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* vol.7, Sayı.1, s.44-59.
- Nazlıcan, A.N., 2007. Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Soya Yetiştiriciliği.
- Özbek, H., Z. Kaya, M. Gök, H. Kaptan, 1993. *Toprak Bilimi*. P. Schachtschabel, H.-P. Blume, G. Brummer, K.-H. Hartge, U. Schwertmann (Çeviri). Ç.Ü. Zir: Fak. Ders Kitapları Yay. No:16.
- Özbek, H., Z.Kaya, M.Tamcı, 1984. Bitkinin Beslenmesi ve Metabolizması. (K.Mengel'den Çeviri) Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları. No:12. Adana.
- Papakosta, D. K. and Veresoglou, D. S. 1989. Responses of Soybean Cultivars To Inoculation and Nitrogen Application In Greece In Fields Free of *Bradyrhizobium Japonicum*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 163: 275-283.
- Pastor, J. and Binkley, D. 1998. Nitrogen Fixation and The Mass Balance of Carbon and Nitrogen In Ecosystems. *Biogeochemistry*, 43: 63-78.
- Rechcigl, J.E., Edmisten, K.I., Wolf, D.D., Reneau, R.B., 1987. Influence of Calcium, Nitrogen and Ph on Alfalfa Root Growth and Nitrogen Fixation Using The Implanted Soil Mass Technique. *Agronomy*. J.79. 926-928.
- Sağlamtimur, T., Tansı, V., Baytekin, H., 1998. Yem Bitkileri Yetiştirme, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı Yay. No: C-74, Adana.
- Schlichting, E., ve E. Blume. 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul Parey. Hamburg and Berlin.
- Scott, W.O., Aldrich, S.R., 1983. S and A Publications, Inc, Illinois. Usa S.209.
- Singleton, P.W., El Swaiyf, S.A., Bohloal, B.B., 1982. Effect of Salinity on *Rhizobium* Growth and Survival. *Appl. Environm. Microbiology*, vol.44, No.4, P:884-890.
- Spert, J., 1976. *The Biology of Nitrogen Fixing Organism* Mc Grow Book Comp. England.

- Sprent, J.I., 1976. The Effect of Water Stres on Nitrogen Fixing Root Nodules and Effects on Whole Plants of *Vicia faba* and *Glycine max*. New Phytologist 71: 603-661.
- Sprent, J.I., and S.M. De Faria, 1988. Mechanisms of Infection on Plants By Nitrogen Fixing Organisms. Plant and Soil 110: 157-165.
- Tippanaver, C.M., Desai S.A. and Gumaste S.K., 1990. Screening For Efficiency of Rhizobium Strains on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) In Northern Zone of Karnakata. Journal of Agricultural Science, 3:3-4, P.285-287.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Sodic Soils. USDA. Handbook 60. U.S. Gov. Printing Office. Washington D.C.
- Ülgen, H. 1978. Orta Anadolu Koşullarında Fiğ Bitkisi Ürün Miktarı ve Azot Kapsamında En Fazla Artış Sağlayan Nodozite Bakteri Suşlarının Sera ve Tarla Şartlarında Seçilmesi. Tar. ve Köy İşl. Bak. Toprak Su Genel Müd. Top. ve Gübre Araştırma Enst. Md. Yay. No.79 Rapor Yay No. 13 Ankara.
- Vaishya, U.K. and Dube J.N., 1988. Interaction Between *Rhizobium* Strains and Chickpea Varieties. Agricultural Science Digest. 8(3):P.153-156.
- Vance, C. P. 1997. Enhanced Agricultural Sustainability Through Biological Nitrogen Fixation. I: Legocki, A., Ed. Biological Fixation of Nitrogen For Ecology and Sustainable Agriculture. Springer-Verlag, Berlin. Pp. 179-186.
- Weaver, D.B., Akridge, R.L., and Thomas, C.E. 1991. Growt Habit, Planting Date, and Row Spacing Effects on Late Planted Soybean. Crop Sci. 31: 805-810.
- Weber, C. R. 1966. Nodulating and Nonnodulating Soybean Isolines: Ii. Response To Applied Nitrogen and Modified Soil Conditions. Agron. J., 58: 46-49.
- Welch, L. F., Bone, L. V., Champliss, C. G., Christiansen, A. T., Muvaney, D. L., Oldham, M. G. and Pendleton, J. W. 1973. Soybean Yields With Direct and Residual Nitrogen Fertilization. Journal of Agronomy and Crop Science, 65: 547-550.
- Werner, D., 1987. Pflanaliche Und Mikrobielle Symbiosan. Georg Thieme Verlog Stuttgart. New York.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erdiñ İŞLER

Doğum Yeri ve Yılı: Gölpaazarı/BİLECİK – 28.10.1981

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Osmaneli Çok Programlı Lisesi - BİLECİK

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Teknolojisi -
ISPARTA

Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak
A.B.D.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Isparta İli Gelendost İlçesi Çok Programlı Lisesi (2001-2002)

Isparta İli Merkez Milli Eğitim Müdürlüğü (2002-Halen çalışmakta)

Yayınları (SCI ve diğer makaleler):

Atılğan, A., Coskan, A., Isler, E., Oz, H., 2009. Definition of the Amounts of
Nitrogen and Phosphorus related to Agricultural Pollution Elements in
Egirdir Lake. Asian Journal of Chemistry