KONYA YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN KURU FASULYEDEN İZOLE EDİLEN RHİZOBİUM BAKTERİLERİNİN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ümmühan ÇETİN KARACA

DOKTORA TEZİ

TOPRAK ANABİLİM DALI

Konya, 2010

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN KURU FASULYEDEN İZOLE EDİLEN RHİZOBİUM BAKTERİLERİNİN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ümmühan ÇETİN KARACA
DOKTORA TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI
Konya, 2010

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KONYA YÖRESİNDE YETİŞTİRİLEN KURU FASULYEDEN İZOLE EDİLEN RHİZOBİUM BAKTERİLERİNİN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ümmühan ÇETİN KARACA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Refik UYANÖZ
2010, Sayfa : 169

Jüri: Doç.Dr. Refik UYANÖZ
Prof. Dr. Sait GEZGİN
Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
Prof. Dr. Ayten KARACA
Doç. Dr. Ayşen AKAY

Konya yöresinde fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) tarımının yapıldığı alanlardan havanın serbest azotunu bitkiye yarayışlı hale getiren aynı zamanda fasulye bitkisi ile ortak yaşam (simbiyosis) sistemi kuran, *Rhizobium sp.* populasyonunu ve izolatlarının etkinliklerinin belirlenmesi ile fasulye tarımı yapılan alanlarda azotlu gübre kullanılmasının azaltılması, buna bağlı olarak toprak ve taban suyu kirliliğinin önlenmesi, ayrıca milli ekonomiye katkısı amaçlanmıştır.

Laboratuvarda; Leonard'ın şişe denemeleri sonucuna göre, Konya yöresinin farklı yerlerinden izole edilen 94 *Rhizobium sp.* bakterisinden 1, 3, 5, 23, 69 ve 85

nolu izolatlar referans (CIAT 899) bakterisi ile karşılaştırıldığında (etkinlik bakımından) etkili oldukları belirlenmiştir.

Toprak örneklerinde seyreltme metoduyla yapılan *Rhizobium sp.* sayımında nodüllerin toplandığı alanlar karşılaştırıldığında en yüksek *Rhizobium sp.* populasyonu 32.2 x 10^4 adet/10 g toprak ile Ereğli'den alınan topraklarda bulunurken, en düşük *Rhizobium sp.* bakteri populasyonu 6.7 x 10^4 adet/10 g toprak ile Karapınar'dan alınan toprak örneklerinde belirlenmiştir.

Sera koşullarında Yunus 90 fasulye çeşidiyle, Leonard'ın şişe denemesinden elde edilen sonuçlara göre etkinliği yüksek 1, 3, 5, 23, 69 ve 85 nolu izolatların, Yunus 90 fasulye çeşidiyle sera ve tarla denemesi yürütülmüştür. Sonuçlara göre, azotsuz ve azotlu kontrol ile referans (CIAT 899) bakteriye göre fasulye tarlalarından izole edilen 1, 3 ve 5 nolu izolatların deneme bitkisinin verim, toplam verim ve protein miktarlarının artırılmasında daha etkili oldukları bulunmuş ve bu etkinliklerinin de istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).

Azot fikse etmesi bakımından hem sera hem de tarla denemeleri ile 1 nolu izolatın diğerlerine göre daha etkili oldukları belirlenmiştir.

Öte yandan en dikkat çekici hususlardan birisi de, çiftçilerle yapılan görüşmeler sonucunda, uzun yıllar boyunca bilinçsizce yapılan azotlu gübreleme neticesiyle *Rhizobium sp.* populasyonunda azalma olmasıdır. Arazide fasulye bitkilerinin köklerinde nodül olmayışı da ortaya çıkan bu durumu desteklemektedir.

Etkinliği yüksek olan *Rhizobium sp.* izolatlarıyla fasulye tohumlarının aşılanarak ekilmesi ile nodül sayısı, verim ve bitkinin kaldırdığı azot miktarı artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Rhizobium sp.*, Aşılama, Fasulye, Azot fiksasyonu, Verim ve Verim unsurları

ABSTRACT

PhD THESIS

FROM THE ISOLATED DRY BEANS GROWING AREA KONYA THE RHIZOBIUM SP IN THE ACTIVITIES DETERMINATION OF BACTERIA

Ümmühan ÇETİN KARACA

Selcuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Refik UYANÖZ
2010, Page: 169

Jurry: Assoc. Prof. Dr. Refik UYANÖZ
Prof. Dr. Sait GEZGİN
Prof. Dr. Mustafa ÖNDER
Prof. Dr. Ayten KARACA
Assoc. Prof. Dr. Ayşen AKAY

The aim was to investigate the effectivenes of *Rhizobium sp.* population and their isolates which fix free nitrogen of air (in symbiosis with beans) to the soil for available form in bean fields around Konya province. By this way, the reduction of nitrogen fertilizer and ultimately inhibition of soil and ground water pollution prevention, also is intended to contribute to the national economy.

Among the isolates of *Rhizobium sp.* bacteria, collected from different region of Konya province according to laboratory and bottle experiment results of Leonard,

the isolates 1, 3, 5, 23, 69 and 85 were found effective in comparison with control bacteria (CIAT 899).

When the zones, where the nodules were collected, were compared by the way of dilution method in soil samples, the highest population of *Rhizobium sp.* was found in soil samples of Ereğli with 32.2 x 10^4/10 gr soil sample, while the least value was obtained from those collected from Karapınar 6.7 x 10^4/10 gr soil.

According to the findings of greenhouse investigations on bean Yunus 90 and the results of bottle experiments of Leonard, greenhouse and field studies of the most effective isolates 1, 3, 5, 23, 69 and 85 with bean Yunus 90 were conducted. With respect to the results, the isolates 1, 3, and 5 were found more effective for yield, biomass and increment of protein contents according to control plants with or without nitrogen and the reference (CIAT 899), and such effects were statistically significant ($P<0.05$).

When nitrogen fixation potentials were considered, the isolate 1 was found more effective than others, in both greenhouse and field experiments.

On the other hand, as one of the most noteworthy findings of this study, as a result of interviews with the farmers, *Rhizobium sp.* population was found in tendency of reduction due to unconscious usage of fertilizes applied for years. Such findings were further proven by the fact that the roots of beans collected from fields were lacking or in nodules.

By the aid of treating bean seeds with the effective *Rhizobium sp.* lineages, the number of nodules, bean yield, and the nitrogen consumption of beans are increased.

Key Words: *Rhizobium sp.*, inoculation, bean, nitrogen fixation, yield and yield components

TEŞEKKÜR

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Lisansüstü Eğitimime başladığım ilk andan bugüne kadar geçen süredeki çalışmalarımda, çok kıymetli fikirleri ile bana yön veren, özgür çalışma ortamı sağlayan, saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Refik UYANÖZ'e, çalışmam boyunca engin bilgilerinden sürekli yararlandığım ve her türlü desteklerini gördüğüm sayın hocalarım Prof. Dr. Sait GEZGİN'e, Prof. Dr. Mustafa ÖNDER'e, çalışmam boyunca benden destek ve teşviklerini esirgemeyen Sayın Bölüm Başkanım Prof. Dr. Saim KARAKAPLAN'a, her konuda yardımlarını gördüğüm Toprak Bölümümüzün çok değerli hocaları sayın Prof. Dr. Cevdet ŞEKER, Doç. Dr. Ayşen AKAY, Yrd. Doç. Dr. Mehmet ZENGİN ve Yrd. Doç. Dr. H.Hüseyin ÖZAYTEKİN'e, laboratuvar ve sera çalışmalarımda gerekse analiz sonuçlarımın değerlendirilmesinde yardımını gördüğüm Dr. Emel KARAARSLAN'a, yardımlarını gördüğüm arkadaşlarım Dr. Ferhan SABIR ve Dr. Ali SABIR'a, arazi çalışmalarımda yardımını gördüğüm kardeşim Tuncay ÇETİN'e, her türlü yardımını gördüğüm ikiz kardeşim Emine ÇETİN'e, yardımlarını gördüğüm abim Orhan ÇETİN ve kardeşlerim Melek ve Dilek ÇETİN'e hayatımdaki tüm başlangıçlarda ve zorluklarda hep yanımda olan ve beni yüreklendiren, maddi manevi destekleyen aileme özellikle anneme ve babama ve kendilerine daha az zaman ayırmama karşın desteklerini esirgemedikleri için ayrıca biricik oğlum Ege ve hem maddi hem manevi her türlü yardımını gördüğüm eşim Ahmet KARACA ve ailesine sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü'ne desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Konya, 2010 Ümmühan ÇETİN KARACA

İÇİNDEKİLER

ÖZET i

ABSTRACT iii

TEŞEKKÜR v

İÇİNDEKİLER vi

ŞEKİL LİSTESİ xi

ÇİZELGE LİSTESİ xv

EK ÇİZELGE LİSTESİ xvii

KISALTMALAR xix

SİMGELER xx

1. GİRİŞ 1

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 6

3. MATERYAL VE METOT 17

3. 1. Materyal 17

3. 1. 1. Rhizobium sp. 17

3. 1. 2. Azot fiksasyonu 20

3. 1. 2. 1. Biyolojik olmayan azot fiksasyonu 20

3. 1. 2. 2. Endüstriyel azot fiksasyonu 21

3. 1. 2. 3. Biyolojik azot fiksasyonu 21

3. 1. 3. Nodül oluşum mekanizması 22

3. 1. 3. 1. Enfeksiyon öncesi dönem 22

3. 1. 3. 2. Enfeksiyon şeridinin oluşması 23

3. 1. 3. 3. Nodül oluşumu 23

3. 1. 4. Azot fiksasyonunu etkileyen faktörler 24

3. 1. 4. 1. Toprakta azotun durumu 24
3. 1. 4. 2. Sıcaklık 26
3. 1. 4. 3. Toprak reaksiyonu (pH) 27
3. 1. 4. 4. Toprak nemi 28
3. 1. 4. 5. Besin elementlerinin etkisi 29
3. 1. 4. 6. Tuzluluk (EC) 31
3. 1. 5. Kullanılan besiyeri ve kimyasal maddeler 31
3. 1. 5. 1. Yeast ekstrakt mannitol agar (YMA) 31
3. 1. 5. 2. % 0,8'lik su agar ortamı 32
3. 1. 5. 3. Jensen besiyeri 32
3. 1. 5. 4. Inokulant (aşılama) olarak kullanılan bakteriler 32
3. 1. 5. 5. Laboratuvar, sera ve tarla denemelerinde kullanılan fasulye çeşidi 33
3. 1. 6. Araştırma alanının konumu 33
3. 1. 7. Araştırma alanının toprak özellikleri 33
3. 1. 8. Araştırma alanının su kaynakları potansiyeli 34
3. 1. 9. Araştırma alanının tarımsal özellikleri 35
3. 1. 10. Araştırma alanının doğal bitki örtüsü 35
3. 1. 11. Araştırma alanının iklim özellikleri 35
3. 1. 12. Araştırma alanındaki toprak ve nodül örnekleme yerleri 39
3. 2. Metot 42
3. 2. 1. Survey çalışmasında kullanılan metotlar 42
3. 2. 2. Laboratuvar çalışmasında kullanılan metotlar 42
3. 2. 2. 1. Fiziksel analizler 42
3. 2. 2. 2. Kimyasal analizler 42

3. 2. 2. 3. Biyolojik analizler 44
3. 2. 3. Arazide nodül taraması 44
3. 2. 4. Laboratuvarda nodül çalışmaları 46
3. 2. 4. 1. Nodül sterilizasyonu 46
3. 2. 4. 2. Nodülden bakteri izolasyonu 46
3. 2. 4. 3. Bakterilerin çoğaltılması ve saflaştırılması 47
3. 2. 4. 4. Kültürlerin hazırlanması ve tohumların ekimi 48
3. 2. 4. 5. Tohumların sterilizasyonu ve çimlendirilmesi 49
3. 2. 4. 6. Leonard'ın Modifiye Ettiği Şişe-Kavanoz Sisteminin Hazırlanması 51
3. 2. 4. 7. Kavanozların yetiştirme odasındaki bakımı ve hasadı 53
3. 2. 4. 8. Yetiştirme odasında sıcaklık ve nem değerlerinin ölçümü 54
3. 2. 5. Sera denemesinin kurulması 57
3. 2. 6. Tarla denemelerinin kurulması 59
3. 2. 6. 1. Tarla denemesi için aşılama kültürünün elde edilmesi 60
3. 2. 6. 2. Aşılama ve ekim 60
3. 2. 6. 3. Gübreleme 61
3. 2. 6. 4. Sulama ve bakım 61
3. 2. 6. 5. Nodülasyon 61
3. 2. 7. Fasulye bitkisinde yapılan ölçüm ve gözlemler 61
3. 2. 7. 1. Bitki boyu 61
3. 2. 7. 2. Bitkide bakla sayısı 62
3. 2. 7. 3. Bakladaki tane sayısı 62
3. 2. 7. 4. Hasat 62
3. 2. 7. 5. Bin tane ağırlığı 62

3. 2. 7. 6. Tane verimi 62
3. 2. 7. 7. Tanede protein oranı 63
3. 2. 7. 8. Hasat indeksi 63
3. 2. 7. 9. Toplam verim 63
3. 2. 8. İstatistiksel analizler 63
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 64
4. 1. Araştırmada Nodül Toplanan Alanlardan Alınan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 64
4. 2. Araştırma Topraklarının Rhizobium phaseoli sp. Potansiyeli 70
4. 3. Leonard'ın Modifiye Ettiği Ön Denemeden (Şişe Denemesi) Elde Edilen Sonuçlar 77
4. 3. 1. Ön deneme sonucunda izolatların havadan tespit ettikleri azot kapsamları .. 79
4. 4. Sera Denemesi Sonuçları 87
4. 4. 1. Bitki boyu 91
4. 4. 2. Kök uzunluğu 92
4. 4. 3. Nodül sayısı 93
4. 4. 4. Nodül ağırlığı 94
4. 4. 5. Simbiyotik etkinlik 95
4. 4. 6. Etkinlik derecesi 97
4. 4. 7. Yaprakta azot 100
4. 4. 8. Kökte azot 101
4. 4. 9. Toplam azot kapsamları 101
4. 4. 10. Hasat sonrası yetiştirme ortamında azot 103
4. 4. 11. Üst aksam ağırlıkları 104

4. 4. 12. Kök ağırlıkları 105
4.4. 13. Toplam kuru madde ağırlıkları 106
4. 5. Tarla Denemesi Sonuçları 108
4. 5. 1. Bitki boyu 113
4. 5. 2. Bitkideki bakla sayısı 114
4. 5. 3. Bakla boyu 115
4. 5. 4. Baklada tane sayısı 116
4. 5. 5. Bin tane ağırlığı 118
4. 5. 6. Verim 119
4. 5. 7. Hasat indeksi 122
4. 5. 8. Toplam verim 123
4. 5. 9. Yaprakta % N 124
4. 5. 10. Tanede % N 125
4. 5. 11. Tanede protein miktarı 127
4. 6. Sera ve Tarla Deneme Sonuçlarının Değerlendirilmesi 128
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 130
6. KAYNAKLAR 132
ÖZGEÇMİŞ 149

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Nodül oluşumunda enfeksiyon öncesi dönem ve enfeksiyonun başlaması.....22

Şekil 3. 2. Bakterinin kök üzerine yapışması ve içeriye alınması.....23

Şekil 3. 3. Bakterinin nodül oluşturması ve nodül oluşturmuş kök görünümü.....24

Şekil 3. 4. Konya iline ait aylık ortalama sıcaklık verileri.....36

Şekil 3. 5. Konya iline ait aylık toplam yağış verileri.....37

Şekil 3. 6. Konya iline ait aylık ortalama nispi nem verileri.....37

Şekil 3. 7. Nodül ve toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar.....40

Şekil 3. 8. Fasulye köklerindeki nodüllerden bir görünüş.....45

Şekil 3. 9. Arazide bitkiden alınan nodüllerin tüplere aktarılması.....45

Şekil 3. 10. Nodülün ve nodül kesitinin mikroskobik görünümü.....46

Şekil 3. 11. Tüplerde muhafaza edilen ve su içerisinde bekletilen nodüllerden bir görünüş.....47

Şekil 3. 12. Nodüllerden izole edilen bakteriler.....48

Şekil 3. 13. Sıvı besiyerde bakteri kültürlerinin çoğaltılması.....49

Şekil 3. 14. Steril edilen tohumların çimlenmesi için etüve konulması.....50

Şekil 3. 15. Tohumların etüvde çimlendirilmesi.....50

Şekil 3. 16. Çimlenen tohumların yetiştirme ortamına aktarılması.....51

Şekil 3. 17. Leonard'ın modifiye ettiği şişe kavanoz sisteminin görünüşü.....52

Şekil 3. 18. Sistemin altındaki fitili ve solüsyonun görünüşü.....53

Şekil 3. 19. Yetiştirme odasındaki şişe kavanoz denemesinden bir görünüş.....54

Şekil 3. 20. Bitki köklerinde nodüllerin görünümü.....55

Şekil 3. 21. Saksı denemesinde yetiştirme ortamı için kullanılan materyaller.....57

Şekil 3. 22. Yetiştirme ortamı için kullanılan materyallerin 1:1:1 oranında karıştırılması.....58

Şekil 3. 23. Tarla deneme deseni.....59

Şekil 4. 1. Nodül taraması için alınan toprak örneklerinde *Rhizobium sp.* sayıları.....70

Şekil 4. 2. Nodül taraması için alınan toprak örneklerinde ortalama *Rhizobium sp.* sayıları.....71

Şekil 4. 3. Tohuma aşılanan solüsyonlardaki bakteri sayısı.....79

Şekil 4. 4. Sera denemesinden bir görünüş.....88

Şekil 4. 5. Sera denemesinden bir görünüş.....88

Şekil 4. 6. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin bitki boyu (cm) değerleri.....91

Şekil 4. 7. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisindeki kök uzunluğu (cm) değerleri.....92

Şekil 4. 8. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin nodül sayısı (adet) değerleri.....93

Şekil 4. 9. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin nodül ağırlığı (g) değerleri.....95

Şekil 4. 10. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin % simbiyotik etkinlik değerleri.....96

Şekil 4. 11. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin % etkinlik derecesi değerleri.....97

Şekil 4. 12. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin yaprağında % N değerleri.....100

Şekil 4. 13. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin kökünde % N değerleri.....101

Şekil 4. 14. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin yaprak ve kökünde toplam % N değerleri.....102

Şekil 4. 15. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin deneme sonrası toprağında mg kg^{-1} N değerleri 103

Şekil 4. 16. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin üst aksam değerleri (g).....104

Şekil 4. 17. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin kök ağırlığı değerleri (g).....105

Şekil 4. 18. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin toplam kuru madde değerleri (g).....106

Şekil 4. 19. Deneme sonrası fasulye çeşitlerinin köklerinden elde edilen nodül çapları.....107

Şekil 4. 20. Arazi denemesinden genel bir görünüş.....110

Şekil 4. 21. Arazi denemesinin parsellerinden bir görünüş.....111

Şekil 4. 22. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bitki boyu değerleri (cm).....113

Şekil 4. 23. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bitkide bakla sayısı değerleri (adet/bitki).....115

Şekil 4. 24. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bakla boyu değerleri (cm).....116

Şekil 4. 25. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu baklada tane sayısı değerleri (adet) 117

Şekil 4. 26. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bin tane ağırlıkları (g).....119
Şekil 4. 27. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu verim değerleri (kg da-^{1}).....120
Şekil 4. 28. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu hasat indeksi değerleri (%).....122
Şekil 4. 29. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu toplam verim değerleri (kg/da).....124
Şekil 4. 30. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bitki yapraklarında % N değerleri.....125
Şekil 4. 31. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu tanede azot değerleri (kg/da).....126
Şekil 4. 32. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu tanede protein değerleri (%).....127

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3. 1. Tüm Dünyada Yıllık Fikse Edilen Azot Miktarı.....20

Çizelge 3. 2. Toprak ve Nodüllerin Toplandığı Yerlere Ait Ortalama Bazı İklim Verileri (2006–2007).....38

Çizelge 3. 3. Toprak ve Nodüllerin Toplandığı Yerlere Ait Ortalama Bazı İklim Verileri (2008–2009).....39

Çizelge 3. 4**.** Nodül Ve Toprak Örneklerinin Alındığı Lokasyonlar, Koordinatlar ve Örnekleme Sayıları.....41

Çizelge 3. 5. Deneme Süresince Serada Kaydedilen Ortalama Sıcaklık ve Nem Değerleri.....54

Çizelge 4. 1. Nodül Toplanan Örnekleme Yerlerinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....68

Çizelge 4. 2. Nodül Toplanan Örnekleme Yerlerinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (devamı).....69

Çizelge 4. 3. *Rhizobium sp.* Sayısı ve Toprağın Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları.....76

Çizelge 4. 4. Ön Denemede Kullanılan Kumun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....77

Çizelge 4. 5. Sera ve Tarla Denemesi İçin Seçilen Etkili İzolatlar.....78

Çizelge 4. 6. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki Boyu ve Kök Uzunluk Değerleri (n=3).....82

Çizelge 4. 7. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki Boyu ve Kök Uzunluk Değerleri (n=3) (devamı).....83
Çizelge 4. 8. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki ve Kök Uzunluk Değerleri(n=3) (devamı).....84
Çizelge 4. 9. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki ve Kök Uzunluk Değerleri(n=3) (devamı).....85
Çizelge 4. 10. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki ve Kök Uzunluk Değerleri(n=3) (devamı).....86
Çizelge 4. 11. Sera Denemesinde Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....87
Çizelge 4. 12. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen Verim Unsurları.....90
Çizelge 4. 13. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen Azot ve Kuru Ağırlık Değerleri.....99
Çizelge 4. 14. Arazi Denemesinde Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....108
Çizelge 4. 15. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Verim Unsurları.....112
Çizelge 4. 16. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Verim Unsurları.....121

EK ÇİZELGE LİSTESİ

Ek Çizelge 1. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen; Bitki Boyu, Kök Uzunluğu ve Nodül Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları…….....……..148

Ek Çizelge 2. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen Nodül Ağırlığı, Simbiyotik Etkinlik ve Etkinlik Derecesine Ait Varyans Analiz Sonuç.....……...148

Ek Çizelge 3. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen % N (Yaprak, Kök ve Yaprak+Kök) Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları…….....…149

Ek Çizelge 4. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen mgkg^{-1}N, Üst aksam ve Toplam Kuru Madde Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları…….....……...149

Ek Çizelge 5. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Bitki Boyu, Bakla Sayısı ve Bakla Boyu Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları……150

Ek Çizelge 6. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Baklada Tane Sayısı, Bin Tane Ağırlığı ve Verim Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları……...150

Ek Çizelge 7. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Hasat İndeksi, Toplam Verim ve % N (Yaprak) Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları……...151

Ek Çizelge 8. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen % N (Tane) ve Protein Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları……...151

KISALTMALAR

CIAT : Uluslararası Tropik Tarım Merkezi

FAO : Gıda ve Tarım Örgütü

YMA : Yeast Mannitol Agar

ha : Hektar

da : Dekar

g : Gram

kg : Kilogram

kg da^{-1} : Kilogram/dekar

mg N : Miligram azot

me lt^{-1} : Miliekivalant/litre

mg kg^{-1} : Milyonda bir kısım

cm : Santimetre

mm : Milimetre

ml : Mililitre

SİMGELER

N : Azot

NO_3 : Nitrat azotu

NH_4 :Amonyum azotu

P : Fosfor

K : Potasyum

Ca : Kalsiyum

Mg : Magnezyum

Na : Sodyum

Fe : Demir

Cu : Bakır

Mn : Mangan

Zn : Çinko

Mo : Molibden

Cd : Kadmiyum

Co : Kobalt

B : Bor

(%) : Yüzde

^oC : Santigrad derece

µ : Mikron

pH : Asitlik-Bazlık Faktörü

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde kullanılan kimyasal gübrenin her geçen gün artması sonucunda, kimyasallara bağımlı kalınması, bunun sonucunda da toprak ve su kirliliği gibi önemli sorunların ortaya çıkması, doğal kaynakların aşırı sömürülmesi ile ortaya çıkan kaygılar, daha az kimyasal kullanımı, enerji tasarrufu ve kaynakların korunarak kullanılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır.

Bitki besin elementlerinden önemli biri olan toprak azotunun kaynaklarından birisi de değişik bitkilerle ve özellikle baklagillerle karşılıklı yaşamaya dayanan ve havanın serbest azotunu tespit eden toprak mikroorganizmaları yani Azotobakter ve Clostridium gibi bakterilerdir. Kültüre alınmış topraklarda bu yolla fikse edilen azotun en önemli kısmı Rhizobium sp. baklagil ortaklaşmasına dayanmaktadır (Hansen 1994).

Bitki gelişmesini ve alınan ürün miktarını sınırlayan en önemli element azottur. Canlı hücrelerin protoplazmasını ve çekirdeğini oluşturan protein ve aminoasitler azot bileşikleridir. Yüksek bitkilerin NO^-_3 veya NH^+_4 iyonlarına olan ihtiyacı gayet fazla olmasına karşılık, kültüre alınan toprakların çok büyük bir kısmı azotça fakirdir. Bu sebeple, bütün dünyada azotlu kimyasal gübrelerin üretimi hızla artmakta olmasına rağmen ihtiyacın ancak 1/4'ünü karşılayacak durumdadır (Graham et al. 2002).

Diğer besin elementlerine göre azot, bitkiler tarafından fazla kullanılması, topraktaki miktarının genellikle bitkilere yetecek seviyede olmaması, büyük kısmının organik formlarda olması ve az miktardaki inorganik kısmın toprakta çeşitli değişikliklere uğraması sebebiyle besin elementleri ve gübreleme programları içerisinde önemli bir yere sahiptir (Gezgin ve Karakaplan 1992).

Türkiye'de çoğu tarım alanlarında mono kültür uygulaması toprakların veriminin düşmesine neden olmaktadır (Sarıoğlu ve ark. 1993). Bunu önlemek ve verimini yükseltmek için kullanılan aşırı gübrelemenin, maliyetleri artırdığı, toprağın

biyolojik verimliliğini olumsuz olarak etkilediği, ayrıca bitkilerde depolanarak ve içme sularına karışarak insan ve hayvan sağlığı açısından önemli sorunlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı, bitkilerin azot gereksinimlerinin bir kısmını daha az masraflı olan biyolojik azot fiksasyonu ile karşılamanın önemli olduğu açık olarak belirlenmiştir (Graham et al. 2002).

Azotlu gübre yapımında genellikle Haber-Bosch sistemi uygulanmakta ve atmosferde bol miktarda bulunan gaz halindeki azot, bitkilerin kullanabileceği azotlu gübreler haline dönüşmektedir. Tarımsal üretime paralel olarak azotlu gübre yapımı ve uygulanması hızla artmaktadır. Haber-Bosch sistemi ile yapılan gübre üretimi yüksek enerji gerektirmekte ve pahalıya mal olmaktadır. Diğer taraftan toprağa verilen gübrelerden önemli miktarda azot kaybı olmakta, genellikle uygulanan azotlu gübrelerin ancak yarısı bitkiler tarafından alınabilmektedir (Schlegel 1976).

Bu nedenlerle doğadaki azot ekonomisinde biyolojik azot tespiti büyük önem taşımaktadır. Biyolojik azot fiksasyonu bazı mikroorganizmalar tarafından elementel azotun organik bileşiklere çevrilmesi işlemidir.

Biyolojik azot fiksasyonu, başlıca baklagil bitkileri ile ortak yaşam sistemi sürdüren *Rhizobium sp.* bakterileri ve sayıları yüzü aşan serbest yaşayan mikroorganizmalar aracılığı ile gerçekleşir. Baklagil *Rhizobium sp.* ortak yaşam sistemi ile tespit edilen azot tarımsal açıdan büyük önem taşımaktadır (Hansen 1994).

Doğada azotun iki önemli kaynağı; atmosfer ve canlılardır. Bu iki kaynak arasında süregelen bir döngü söz konusudur ve buna azot döngüsü denmektedir. Azot döngüsü, atmosfer azotunun (N_2) azot fiksasyonu ile inorganik azot formlarına dönüştürülmesi, bu inorganik maddelerin organik madde içerisine aktarılması, azotlu organik bileşiklerin biyolojik olarak parçalanması (amonifikasyon, nitrifikasyon) ile yeniden inorganik bileşiklere dönüştürülmesi şeklinde olmaktadır. Daha sonra denitrifikasyonla atmosfere azot gazı verilmektedir. Atmosfer azotunun fiksasyonu; yağmur yağması sırasında şimşek çakması ile oluşan azot fiksasyonu ve biyolojik

azot fiksasyonu olarak iki şekilde gerçekleşmektedir. Birincisinde gerçekleşen azot bağlanması azot fiksasyonunun ancak % 10'unu oluştururken kalan % 90'ı biyolojik azot fiksasyonu ile sağlanmaktadır (Tchobanglous ve Burton 1991).

Bitkilerin kullandığı azotun topraktaki kaynağı, toprakta farklı miktarlarda bulunan organik maddedir.

Topraktaki azotun kaynağı değişik yollarla arttırılabilir.

- Organik madde ilave edilerek (çeşitli organik atıklar, ahır gübresi ve üretim artıkları)
- Azotlu gübre verilerek (amonyum nitrat, amonyum sülfat, üre ve benzerleri)
- Biyolojik olmayan azot tespiti ile
- Biyolojik azot tespiti (*Azotobacter, Clostridium, Cyanobacteria* gibi serbest yaşayan azot fikse edicilerle, değişik bitkiler aracılığıyla ve özellikle baklagillerle karşılıklı yardımlaşmaya dayanan simbiyotik azot tespiti yapan *Rhizobium sp.* gibi organizmalarla) (Hansen 1994, Özdemir 2002).

Azot toprakta çeşitli yollarla kaybolmaktadır. Hasatla kayba uğrayan büyük miktardaki azot açığını kapatmanın iki yolu, toprağa azotlu gübre verilmesi ve baklagil bitkisi ekilmesidir. Baklagil-*Rhizobium sp.* ortak yaşam sistemi ile tespit edilen azot, tarımsal açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu yol ile dünyada kazanılan azot miktarı 175 milyon ton/yıl kadar olup, dünyada üretilen yıllık azotlu ticari gübre miktarına yakındır (Sarıoğlu ve ark. 1993).

Biyolojik azot fiksasyonu, atmosfer azotunun (N_2) toprakta serbest veya simbiyotik olarak yaşayan mikroorganizmalar tarafından amonyağa (NH_3) çevrilerek toprağa bağlanması olayıdır. Toprağa bağlanan azot bitkiler tarafından aminoasitlerin yapısına aktarılır (Vincent 1974).

Baklagil bitkilerinin köklerinde nodül oluşturarak bitki ile simbiyotik yaşam sürdüren *Rhizobium sp.* bakterileri simbiyotik olmayan diğer bakterilere oranla çok

daha fazla miktarda azot tespit edebilmektedir (Schlegel 1976). Bu da azot fiksasyon ekonomisi bakımından *Rhizobium sp.* bakterilerinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Küçük 2004).

Rhizobium sp. bakterilerinin baklagil bitkileri ile olan ilişkilerinin özel olduğu ve her baklagil bitkisine özgü bir *Rhizobium sp.* bakterisinin türü ve hatta izolatı olduğu bilinmektedir (Chen ve Philips 1976). Ancak özel bazı bitkiler arasında çapraz aşılama grupları mevcuttur. Bu nedenle belirli *Rhizobium sp.* türleri belirli baklagil bitkilerini enfekte etmekte ve nodül oluşumunu sağlamaktadır (Ran 1967).

Verimli bir baklagil-*Rhizobium sp.* ilişkisinin kurulabilmesi için baklagil bitkisi ile o baklagilin kendisine özgü efektif ve rekabet etme gücü yüksek *Rhizobium sp.* izolatlarının bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bu da günümüzde bu tip izolatların izole edilip üretilerek biyolojik gübre halinde baklagil tohumlarına aşılanması suretiyle gerçekleşmektedir. Biyolojik azot fiksasyonunun etkinliğini artırarak tane veriminin de artışını sağlayabilmek için her ne kadar öncelikle efektifliği ve rekabet etme gücü yüksek izolatların seleksiyonu gerekse de buna paralel olarak inokulasyon ve tarım tekniklerinin geliştirilmesi ve fotosentez yoluyla elde edilen girdilerle, gübre yoluyla elde edilen girdilerin azot fiksasyonu da göz önünde tutularak iyi bir şekilde koordine edilmeleri gerekmektedir (Milner ve ark. 1976).

Çeşitli *Rhizobium sp.* türleri ile baklagillerin aşılanması sonucu simbiyotik azot fiksasyonu ve bu yolla tabi olarak bitkiye ve toprağa azot kazandırılması yıllardır uygulanmaktadır. Bazı araştırıcılar bu uygulamaları biyogübre uygulaması olarak tanımlamaktadırlar. Biyogübreleme; dar anlamda toprakta biyolojik canlılığın artırılması amacıyla canlı veya dormant durumda azot fikse eden, toprakta fosforu eritip alınabilir hale getiren bakteri veya fungus kültürlerinin uygun zamanda toprağa verilmesi işlemidir (Önder ve ark. 1999).

Rhizobium sp. bakterilerinin toprakta bulunmadığı ya da azot tespiti yönünden etkili olmayan bakterilerin bulunduğu topraklara ekim yapılırken, fasulye

tohumlarının bakteri kültürü ile aşılanması, daha iyi bir ürün ve tarımın önemli girdisi olan azotlu gübre tasarrufu için gereklidir (Özdemir 2002).

Bu araştırmanın temel amacı, Konya ve çevresinde yetiştirilen fasulye kök nodüllerinden izole edilen etkili *Rhizobium sp.* bakterilerinin laboratuvar, sera ve tarla koşullarında etkinliklerinin belirlenmesidir. Söz konusu çeşitde en etkili olarak kullanılabilecek *Rhizobium sp.*'nin saptanması bu yollarla azotlu gübre kullanımının azaltılması ve yerli gen kaynaklarının kullanımının korunmasını artırmada katkı sağlamaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Sims ve Harrington (1968) yapmış oldukları bir çalışmada, 5 kg/da'dan daha fazla azotun, fasulye bitkisinde sürekli vejetatif gelişmeye neden olduğunu ve bakla gelişimini olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir. Bu durumda ise, nodozite bakterilerinin havanın serbest elementel azotundan değil, toprakta bol bulduğu azottan faydalanarak azot fiksasyonu yaptığını ve konukçu bitkiye parazit olmaya başladığını belirlemişlerdir.

Brock (1974)'e göre, baklagil-*Rhizobium sp.* ortak yaşam sistemi ile tespit edilen azot, bitkinin azot miktarını artırarak proteince zenginleşmesini ayrıca toprağın azot miktarına da katkıda bulunarak verimin yükselmesini sağlamaktadır. Baklagiller ekonomik yönden önemli gıda ve hayvan yemi olarak kullanılan, çok sayıda bitki türünü içeren büyük bir gruptur. Tarımdaki önemi sebebiyle baklagil bitkileri ve *Rhizobium sp.* bakterileri arasındaki ortak ilişki diğer ortak ilişkilerden daha fazla ele alınıp incelenmektedir.

Göktan (1974), yaptığı bir çalışmada fasulye nodozite bakterilerinin azot tespit etme gücünü değerlendirmek amacıyla sera denemesinde 48 izolattan 13 izolatın etkili olduğunu bulmuştur.

Ersin (1975), *Rhizobium sp.* izolatlarının etkinliklerini belirlemek için kurduğu sera denemeleri ile yüksek derecede azot tespit etme yetenekleri saptanmış olan *Rhizobium sp.* izolatlarının Ege Bölgesi tarla şartlarında ürüne olan etkisini görmek amacıyla bir çalışma daha yapmıştır. Yaptığı bu çalışmasında kullandığı 6 farklı bakteri izolatının verim yönünden kontrol ve azotlu kontroldan farklı olmadığını, ancak toplam azot analiz sonuçlarına göre 1 nolu izolatın daha fazla azot bağladığını tespit etmiştir.

Gürbüzer (1978) tarafından yapılan bir araştırmada, azot tespit etme *Rhizobium sp. japonicum* yetenekleri sera denemeleriyle belirlenmiş ve toplam

olarak 90 izolatı ile çalışılmış ve en fazla azot tespit eden 17 izolat seçilmiştir. Seçilen izolatların tarla denemeleriyle de etkileri araştırılmış ve elde edilen verilere göre alınan ürün miktarları, tane azot kapsamları ve dekardan kaldırılan toplam azot değerleri bakımından 8 izolatın etkili olduğu ve bu izolatlarla aşılanarak soya tohumlarının ekilmesi ile dekara verilen 4 kg azottan daha kârlı olduğunu belirtmiştir.

Vincent (1980)'nin bildirdiğine göre, genellikle çok yüksek ışık yoğunluğu azot tespitini engeller. Diğer taraftan ışığın normalden daha az olması da azot tespitini azaltmaktadır. Baklagil bitkilerinin büyüme dönemlerinde ışık yoğunluğunda meydana gelen bir azalma, strüktür bakımından tam olan ve etkili olarak fonksiyon yapan nodüllerin tespit ettiği azot miktarında bir düşüşün meydana gelmesine sebep olmaktadır. Köklerin *Rhizobium sp.* tarafından enfeksiyonu ve nodül oluşumu üzerine ışığın doğrudan doğruya önleyici etkisini gösteren çok az sayıda araştırma vardır.

Şehirali ve ark. (1981), Ankara koşullarında fasulyede yaptıkları çalışmada, bakteri aşılaması yapılan parseller ile 5 kg/da saf azot eşdeğeri üre verilen parsellerdeki tane veriminin birbirine yakın ve bu verimin kontrole göre % 98 fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Sharma ve ark (1983), yaptıkları çalışmalarla toprakta doğal olarak bulunan *Rhizobium sp.* bakterilerinin ancak % 25'inin etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu nedenle baklagil bitkileri, doğal *Rhizobium sp.* bakterilerini içeren topraklarda bile aşılamaya olumlu tepki gösterdiği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

Çakmakçı (1987)'nın bildirdiğine göre, yüksek azot tespit etme gücüne sahip aşılama materyali ile doğal populasyon arasında rekabetin doğal populasyon yönünde bozulması azot tespitini olumsuz yönde etkileyen durumlardan birisi olduğunu belirlemiştir.

Cebel (1988), sera koşullarında yürüttüğü bir araştırmada 5 soya çeşidi, 6 değişik soya nodül bakterisi izolatu ile aşılanarak izolatların etkinliklerini araştırmıştır. Sonuçlara göre, kuru ağırlık olarak verime etki yönünden bütün izolatlar etkili olmuş, ancak 1809, 54a ve 649 nolu izolatlar; 56, 543 ve 11 nolu izolatlara nazaran daha etkili olmuşlardır. Bitkilerle kaldırılan toplam azot açısından izolatlar bütün soya çeşitlerinde etkili olmuşlardır.

Vergas ve ark., (1991) tarafından yapılan denemede ise, aşılanmış parseller ile 10.5 kg/da amonyum sülfat gübresi verdikleri parsellerden elde ettikleri fasulye verimi arasında, bakteri aşılananlar lehine % 43'lük bir verim artışının olduğunu yaptıkları çalışma ile tespit etmişlerdir.

Neuvel ve Floot (1992), fasulye bitkisine aşılama ve azotlu gübrelemenin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, kontrole göre en iyi verim artışının aşılama ile birlikte 5 kg/da N uygulamasından elde edildiğini belirlemişlerdir.

Önder (1992), Çumra koşullarında 1987–89 yılları arasında üç yıl süreyle 10 bodur fasulye çeşidi ile tohumlara bakteri aşılama ve farklı azot dozlarının verim ve bazı verim ögeleri üzerine etkilerini incelediği çalışmasında; kontrol parsellerine göre yalnızca aşılama, aşılama + 5 kg N ve yalnızca azot uygulamalarının ele alınan özellikleri üzerinde olumlu etkilerde bulunduğunu, en yüksek değerlerin bakteri aşılama + 5 kg N uygulamasından elde edildiğini, üç yıl ortalaması olarak uygulamalara göre protein oranının % 22.49–25.12; bitki boyunun 38–41.34 cm ve tane veriminin 278.39–323.62 kg/da arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Chaverra ve Graham (1992), aşılamada kullanılan *Rhizobium sp.* izolatları arasında simbiyotik etkinlik bakımından büyük farklar bulunmakta, üstün *Rhizobium sp.* izolatları ile yapılan aşılamaların sonucu olarak, nodül sayısını, nodül ağırlığını ve bitkideki azot miktarını önemli ölçüde artırdığı bazı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir.

Gök ve Martin (1993), *Rhizobium sp.* bakterileri ile yaptıkları bir çalışmada, bakteri aşılamasında kullanılan *Rhizobium sp.* bakterilerinin etkinliklerinin saptanmasında bitkide kuru madde oluşumu ve bitki başına düşen protein içeriğinin kriter olarak alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Aynı araştırıcılar, kontrole göre aşılı bitkilerdeki kök ve kök üstü aksam, dolayısıyla kuru madde oluşumunun bitki başına bağlanmış olan atmosferik azotun oldukça fazla olduğunu göstermişlerdir. Araştırıcılar, yaptıkları çalışmada sonuçların nitrogenaz aktivite ile bitki başına fikse edilen total azot ve hasat sonrasında kuru madde oluşumu arasında bir uyumun olmadığını saptamışlardır. Bu durumu ise, bitki hasadından sonra geçen süre içerisinde nitrogenaz aktivitesinde hızlı bir değişmenin meydana gelmesinden dolayı olduğunu tespit etmişlerdir.

Önder ve Özkaynak (1994), fasulyenin gen merkezinin Anadolu olmaması nedeniyle, topraklarımızda fasulyede etkili *Rhizobium phaseoli* bakterisinin tabi olarak bulunmadığını yapılan çalışmalarla belirlemişlerdir.

Hansen (1994), toprakta serbest olarak veya yüksek bitkilerle simbiyotik olarak yaşayan bazı mikroorganizmaların nitrogenaz enzimi üretme yeteneklerinin olduğunu bildirmiştir. Bu enzimin, oldukça stabil olan ve atmosferde çok yüksek oranda bulunan N_2'nin NH_3'e dönüşümünü kataliz ettiği ve bu yolla organik azot bileşiklerinin oluşumunun meydana geldiği saptanmıştır. Oluşan amonyağın aminoasitler haline dönüşerek bitki tarafından kullanıldığı bildirilmiştir.

Kızıloğlu'nun (1995) yapmış olduğu bir çalışmada, biyolojik azot tespiti ile elde edilen azotun kimyasal yolla tespit edilen azota oranla dört kat daha fazla olduğu ve bunun simbiyotik ve non-simbiyotik yollarla gerçekleştiğini belirlemiştir.

France (1995), Rio Grande topraklarında 3 yıl boyunca yaptığı verim denemesinde Trialba–4 fasulye çeşidinde bakteri aşılaması ile 14 kg/da verim artışı sağladığını tespit etmiştir. Denemede en yüksek nodülasyonun bakteri aşılaması ve 4 kg/da azot verilmesi ile oluştuğunu tespit etmiştir.

Bozoğlu ve ark. (1997), Samsun koşullarında fasulye ile yaptıkları çalışmalarında bakteri aşılama ve gübre uygulamasının tane verimini arttırıcı yönde etkisinin bulunduğunu belirlemişlerdir.

Karahan (1997), Trakya koşullarında Şehirali 90 bodur fasulye çeşidinde bakteri aşılama ve değişik azot dozlarının verim ve verim ögeleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında, bakteri aşılanmış koşullarda +4 kg N/da azot uygulaması ile fasulyede dekara en yüksek ve ekonomik tane verimini elde ettiğini tespit etmiştir.

Popescu (1998)'e göre, fasulyede nodül oluşturan bakterilerin azot fiksasyon aktiviteleri, toprağın besin maddeleri ve toprak reaksiyonu tarafından doğrudan etkilenmekte olup, belli bir miktara kadar uygulanan azotlu gübre nodül bakterilerinin fiksasyon kapasitelerini artırmakta ve nodül bakterilerinin en yüksek faaliyetinin ise bitkilerin çiçeklenme zamanında olduğunu yapılan çalışmalarla belirlemiştir.

Martinez-Romero ve ark. (1998) yapmış oldukları bir araştırmada, Brezilyada izole edilen *Rhizobium sp.* bakterilerinin simbiyotik etkinliklerini belirlemek amacıyla yapılan tarla denemelerinde, bakterilerin fasulyede nodül oluşturdukları ve Brezilyada kullanılan ticari inokulanttan daha etkili olduklarını bulmuşlardır.

Karahan ve Şehirali (1999), Trakya koşullarında fasulye ile yaptıkları bir araştırmada bakteri aşılama ve gübre uygulamasının tane verimini arttırıcı yönde etkisinin bulunduğunu saptamışlar ve ekimle birlikte 4 kg/da azot uygulamasının en yüksek ve ekonomik tane verimini artırdığını bildirmişlerdir.

Özdemir ve ark. (1999), Marmara bezelye çeşidinin inokulasyon ve kimyasal gübre uygulamasına tepkisini araştırdıkları bir çalışmayı 1995–96 ve 1996–97 yıllarında, Hatay'da deneme alanı ve çiftçi tarlasında yürütmüşlerdir. *Rhizobium sp.* aşılamasının her iki yıl ve lokasyonda nodül sayısı ve nodül kuru ağırlığını istatistik olarak önemli derecede artırdığını belirlemişlerdir. Ayrıca, nodülasyonun daha önce baklagillerin ekildiği çiftçi tarlasında daha iyi durumda olduğunu saptamışlardır.

Azot uygulaması ve aşılamanın toprak üstü kuru aksam ağırlığını 1996–97 yıl çiftçi tarlası hariç ve tohum verimini aşılanmayan ve azot verilmeyen parsellere oranla, her iki lokasyonda da arttırdığını ortaya koymuşladır.

Daba ve Haile (2000), *Rhizobium sp.* aşılama ve azotlu gübrelemenin fasulyede verim ve nodülasyona etkisini tespit etmek için iki yıllık bir tarla denemesini Habeşiştanda yürütmüşlerdir. Denemede CIAT izolatlarının karışımı ve azotlu gübre olarak 23 kg N ha^{-1} uygulanmıştır. Karışım izolatlarla aşılama ve azotlu gübre verilmesinin önemli derecede tane verimini, nodül sayısı ve çoğu çeşitlerde kuru madde verimini artırdığını ortaya koymuştur. Yapılan bu çalışma ile, hem tane hem de kuru madde verimi ile nodül sayısı arasında önemli bir korelasyon olduğu görülmüştür ($r = 0.93$ ve $r = 0.87$; $P < 0.05$ tane ve kuru madde verimi için).

Aguilar ve ark. (2001), tarafından yapılan bir çalışmada Arjantin'in kuzeybatı bölgesinde fasulye üretilen alanlardan yaklaşık 400 bakteri izole edilmiştir. Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda, bakteriler arasında çok fazla farklılık olmamasına rağmen fasulye bitkisinde oluşan nodüllerde dominant türün *Rhizobium sp. etli* olduğu saptanmıştır. Sera denemeleriyle fasulye çeşitlerinde etkili olarak bulunan izolatlar iki yıllık tarla denemelerinde inokulant olarak kullanılmıştır. İnokulantlı parsellerin verim artışının, kontrollerle karşılaştırıldığında % 20–30 daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Hungria ve ark. (2001), Brezilya'da Cerradons Bölgesi'nde fasulye tarlalarından seçilen büyük, pembe nodüllerden 200 adet izolat elde etmiş olup, bu izolatlardan Negro-Argel ve Corioca fasulye çeşitlerinde etkinliklerini belirlemek amacıyla çalışmalar yapmışlardır. Sonuçlara göre, izolatlardan 5'i tarla koşullarında etkili olmuş ve fasulye verimini artırmıştır.

Maingi ve ark. (2001), toprakta azotun fazla bulunması durumunda, azotun bitkilerde nodülasyonu geciktirdiğini ve engellediğini bildirmişlerdir.

Kaya ve Sökmen (2001), Ege Bölgesi koşullarında, fasulye bitkisi köklerinden izole edilen 37 izolat ile kurulan sera denemesi sonucunda bitkilerin kuru ağırlıkları dikkate alınarak, 7 izolatın etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Gür (2002a), Elazığ yöresinde üretilen fasulye bitkilerinden etkili *Rhizobium sp. leguminosarum by. Phaseoli* izolatlarının seçimini yaptığı bir çalışmada, izole edilen bu doğal izolatların nodül oluşturma durumları ve simbiyotik etkinliklerini sera şartlarında konukçu fasulye bitkilerinin inokulasyonuyla tespit etmiştir. Çalışma sonunda kuru ağırlık miktarları esas alınarak yapılan değerlendirmeyle izolatların simbiyotik etkinliklerinin % 80 etkili, % 20 orta derecede etkili olduğu bulunmuştur.

Gür (2002b), Elazığ İli'nin mercimek ve fasulye ekili olan farklı yörelerinden toplanan 20 adet toprak örneği bitki infeksiyon metodu ile sera şartlarında yetiştirilen mercimek ve fasulye bitkilerine aşılanmışlardır. Bakterilerin bitki köklerinde nodül oluşturup oluşturmadıkları incelenmiştir. İzolatlar arasındaki farklılıklar kültürel ve biyokimyasal özellikler incelenerek belirlenmiştir. Her iki bitkiye ait bakterinin de *Rhizobium sp.*'lerinin hızlı gelişen grubuna ait özellikler gösterdikleri tespit edilmiştir.

Shinsanya (2002), beş *Rhizobium sp.* izolatı ile yaptığı sera denemesinde tek bir fasulye çeşidinde izolatlardan sadece üçünün iyi nodül oluşturduğunu, diğer iki izolatın ve azot uygulamasının fasulyede nodül oluşumunu olumsuz etkilediğini yaptığı çalışmada belirlemiştir. Araştırıcı; aynı zamanda, oluşan nodül sayısı bakımından da, diğer uygulamalara göre fasulyenin sadece R3254 izolatı ile aşılanmasında diğer uygulamalara göre nodül sayısında önemli farklılık olduğunu belirlemiştir. Bu nodül sayısı etkinliğin ölçümü olarak daima kullanılmaktadır (Olivera ve ark. 1998, Kaya ve Sökmen 2001). Özellikle R12 izolatı ile Göynük 98, R13 izolatı ile Şehirali 90 ve R11 izolatı ile aşılanan Akman 98 çeşidi için bitki başına alınan yüksek nodül sayısı, bu izolatların kullanılan çeşitler için uygun olduğunu göstermektedir.

Mhamdi ve ark. (2002), tarafından fasulye ile yapılan bir tarla denemesinde 0, 25 ve 50 kg/ha amonyum nitrat gübrelemesi ve *Rhizobium sp.* aşılaması uygulamasında nodül ağırlıklarını sırası ile 0.24, 0.23 ve 0.18 g olarak belirlemiş ve bitki ağırlıklarını ise sırasıyla 2.04, 2.25 ve 2.62 g olarak arttığını saptamıştır.

Önder ve ark. (2003), Konya yöresinde fasulye ve nohutta simbiyotik azot fiksasyonun tespiti, etkin *Rhizobium sp.* izolatlarının izolasyonu ve bakteri aşılamasının yapıldığı bir çalışmada, araştırma sonucuna göre, fasulyedeki doğal *Rhizobium sp.* izolatlarının aşırı azotlu gübreleme tehditi altında olduğu tespit etmişlerdir. Ekimde fasulye tohumlarının etkili *Rhizobium sp.* izolatları ile aşılanması nodül sayısını ve tane verimini artırdığını belirlemişlerdir.

Öğüt ve ark. (2003), *Azospirillum brasilense* ve iki *Rhizobium sp.* türünün bazı yaygın fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) çeşitlerinde nodulasyona etkisinin belirlenmesi amacıyla bir saksı denemesi kurmuşlardır. Sonuçlara göre, *Rhizobium sp.* inokulasyonu, 10^6 kob ml^{-1} seviyesinde, tüm nodulasyon verilerini artırmıştır ($P<0.05$). Ancak *Rhizobium sp.* seviyesinin daha fazla artırılması, kökün ilk 5 cm'lik kısmındaki nodül sayısı hariç nodülasyon verilerinde LSD testlerine göre, nodülasyon açısından en iyi çeşidin "Şeker" olduğu belirlenmiştir. *Azospirillum* nodül ağırlığını artırmıştır. Tahminen kök bölgesindeki aşılanan bakteri miktarı, başlangıçtaki bakteri miktarından bağımsız olarak zamanla belirli bir dengeye ulaştığı belirlenmiştir. Bitki destekleyebileceği kadar nodül oluşumuna izin vermektedir. Dolayısıyla *Rhizobium sp.* yoğunluğunun artırılmasının nodülasyon açısından bir anlam ve önemi yoktur. *Azospirillum'*un sadece nodül ağırlığını artırmış olması, bu bakterinin bitki gelişmesini artırarak dolaylı yoldan nodülasyonu etkilediği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

Nadeem ve ark.'nın (2004), tohuma aşılama ve farklı azotlu gübre seviyesinin fasulyenin verime ve gelişmesine etkisine baktıkları bir çalışmalarında, bitkinin dal sayısı, tane sayısı, bin tane ağırlığı, tane verimi ve protein içeriği tohumun aşılanması ile önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Gübrenin uygulanması tane verimini, ayrıca tohum aşılaması ve gübre uygulaması tanede protein içeriğini önemli derecede

artırmıştır. Mevcut bulgulara dayanarak, fasulye tohumunun aşılanmasından ve dekara 3 kg azot verilmesinden sonra en yüksek tane verimi elde edildiği tespit edilmiştir.

Kaçar ve ark. (2004), Bursa koşullarında bazı kuru fasulye çeşitlerinde aşılama ve azotlu gübrelemenin verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlendiği bir çalışmada, Bursa ekolojik koşullarında aşılamanın çeşitler üzerinde incelenen özelliklerde bir etkisinin olmadığı, gübre dozlarının artması ile verim ve verim komponentlerinde genellikle artışlar sağladığını ve çeşitler arasında Şahin 90 çeşidinin 9 kg/da N uygulaması ile en yüksek verime ulaşarak öne çıktığını belirlemişlerdir.

Söğüt (2005), aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bazı soya çeşitlerinin verim ve verim özelliklerine etkisini araştırdığı bir çalışmada, bakteri ile aşılanan tohumlardan gelişen bitkilerin bitki boyu, meyve sayısı, 1000 tane ağırlığı, hasat indeksi ve tohum veriminin, azotlu gübre uygulanan çeşitlere göre daha yüksek olduğu ve aşılamanın özellikle CF 492 ve Williams 79 gibi daha geç olgunlaşan çeşitlerin verimleri üzerinde daha etkili olduğunu belirlemiştir.

Küçük ve ark. (2006), Eşkişehir'de yetiştirilen fasulyelerden elde edilen otuz nodül izolatının fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerinde çalışmışlardır. Çalışma sonucunda izolatların çoğunun ekstrasellüler polisakkarit ürettiği, yüksek tuz konsantrasyonuna (% 5 NaCl) toleranslı bulunduğu, 42^{o}C'lik sıcaklıkta geliştiği ve melanin sentezlediği belirlenmiştir. Ayrıca izolatlar 3,5'den 9'a kadar değişen pH'da gelişebilmiş olup, izolatların önemli bir kısmının kloramfenikol (20 ve 50 µg ml^{-1}), eritromisin (30 µg ml^{-1}), kanamisin (10 µg ml^{-1}) ve streptomsin (40, 80 ve 100 µg ml^{-1}) antibiyotiklerine dirençlilik gösterdiği de saptanmıştır.

Pirbalouti ve ark. (2006)'nın yaptıkları bir çalışmada, fasulyede verim ve verim unsurlarını ayrıca kültür kombinasyonunda en iyi bakteriyi teşhis etmek ve farklı bakteriyel izolatların etkisini değerlendirmek amacıyla kumlu-tınlı tekstüre sahip bir İran toprağında tarla denemesi yürütmüşlerdir. Bu araştırma tesadüf deneme

parselleri deseninde 4 bakteriyel izolat ile (L–78, L–47, L–125, L–109) ve aşılanmamış kontrol, azotlu gübre uygulanmış (100 kg N/ha) ve azot uygulanmamış parseller olarak kurulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, tane verimi, bitki başına bakla ve tane sayısı, hasat indeksi ve kuru madde verimi arasında farklı izolatlarla aşılanmış ve aşılanmamış kontroller arasında önemli fark olduğu tespit edilmiştir. L–125 izolatu ile aşılanan tohumlar diğer izolatlardan daha yüksek tane verimi göstermiş, fakat benzer sonuçlar L–109, L–78 izolatları ile aşılanan tohumlarda ve aşılanmamış kontrol (+N) tohumlarında da görüldüğü belirlenmiştir.

Uyanöz (2007), fasulyeye farklı kimyasal ve biyolojik gübre ve onların kombinasyonlarının uygulanmasının verim, makro ve mikro besin elementlerine etkisine baktığı bir çalışmada, kontrol, *Mikoriza, Rhizobium sp.*, çiftlik gübresi, amonyum sülfat ve bunların kombinasyonlarını uygulayarak bir tarla denemesi çalışması yürütmüştür. Deneme sonuçlarına göre, verim unsurları, mikro ve makro element içeriğini tüm uygulamalar önemli derecede artırmıştır. Bireysel ve kombinasyon uygulamalar verim ve verim unsurlarına, karışım uygulamalarından daha çok etkide bulunmuştur. Her iki yılda da bitkideki fasulye sayısı en yüksek Mikoriza+çiftlik gübresi ve *Mikoriza+Rhizobium sp.* uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek biyolojik verim *Mikoriza+Rhizobium sp.* uygulamasından elde edilmiştir. Bitki gelişmesinde, biyolojik gübrelerin faydalı etkisi çevresel şartlara, bakteri izolatu, bitki ve toprak şartlarına bağlı olarak önemli derecede değiştiğini tespit etmiştir.

Küçük ve Kıvanç (2008), Türkiye'de fasulye tohumunun kalitesine, aşılama ile *Rhizobium sp.*'nin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, yerel *Rhizobium sp.* izolatı ile üç çeşit fasulye tohumuna (Akman 98, Göynük 98, Şehirali 90), aşılama yaptıkları bir tarla denemesi kurmuşlardır. Deneme sonuçlarına göre, aşılama ve azotlu gübreleme tohum kalitesini (tohum verimi, protein oranı, tohum ağırlığı) önemli derecede artırdığını belirlemişlerdir.

Karaca ve ark. (2008), *Rhizobium sp.* gelişmesi üzerine ağır metallerin etkisi konusunda yaptıkları bir araştırmada, *Rhizobium sp.*'nin gelişme ortamına belirli

dozlarda ağır metaller ilave ederek inkübasyona bıraktıktan sonra koloni gelişimini gözlemişlerdir. Sonuçlara göre; Fe, B, Zn, Co, Cd, Mo, Pb ve Cu ilavesinin koloni gelişimini artırırken, Ni ve Mn ilavesinin ise *Rhizobium sp.* koloni gelişmesini sınırlandırdığını belirlemişlerdir.

Erman ve ark. (2009), yem bezelyesine *Rhizobium sp.* aşılaması ve azot uygulamasının etkisine baktıkları bir çalışmada; azot uygulaması, bitki boyu, dal saysı, kök ve üst aksam kuru ağırlığı, nodül sayısı, tohum verimi, biomas verimi, hasat indeksi ve tohumun protein oranını her iki yılda da önemli derecede etkilediğini tespit etmişlerdir. Tarla denemesi şeklindeki iki yıllık çalışmanın sonunda hasat indeksi ve kök kuru ağırlığı bakımından her iki yılda da aşılı ve aşısız uygulamalar arasındaki farkın istatistikî olarak önemsiz olduğunu tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

Bir doktora çalışması olarak yürütülen bu araştırma, arazide fasulye bitkisinin çiçeklenme döneminde fasulye köklerinde nodül taraması, taranan nodüllerde *Rhizobium sp.*'nin etkinliklerinin araştırılması ve üretilen (izole edilen) *Rhizobium sp.*'lerin etkinliklerinin, sera ve tarla koşullarında referans bakteriye (CIAT 899) göre belirlenmesi olarak dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

3. 1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan materyaller, araziden alınan toprak örnekleri, bu topraklarda yetişen fasulye bitkisinin köklerinden toplanan nodüller ve nodüllerden izole edilen doğal *Rhizobium sp.* bakterileri, bakteri çoğaltma ortamları, referans bakteri ve bu bakterilerin etkinliğinin test edilmesinde kullanılan Yunus 90 fasulye çeşididir.

3. 1. 1. Rhizobium sp.

Rhizobium sp. bakterileri *Eubactoriales* takımının *Rhizobiaceae* familyasının *Rhizobium sp.* cinsine dahildirler. Hücreleri kısa çubuklar şeklinde, 0.5–0.9 µ eninde ve 1.2–3.0 µ uzunluğundadırlar. *Rhizobium sp.*'ler gram negatif, endospor ihtiva etmeyen, heterotrof bakteriler olup en iyi gelişmeyi maya ekstraktında ve malt ekstraktında gösterirler. Ayrıca optimum sıcaklık isteklerinin 25–30 ^{o}C, optimum pH isteklerinin ise 6–7 arasında olduğu bildirilmiştir (Jordan 1984).

Rhizobium sp.'ler spor oluşturmayan, periferik veya subpolar flagelluma sahip bakterilerdir. Karbon kaynağı olarak en iyi gelişmeyi mannitol ile gösterirler. Üreme için amino asitlere gereksinim duyarlar (Gür 1987).

Koloniler; yuvarlak, konveks ve musilajlı olup, genellikle 2–4 mm çapındadır. Yeast ekstrakt mannitol agarda iyi gelişme gösterirler. Azot kaynağı olarak; amonyum tuzları, nitrat, nitrit ve aminoasitlerin çoğunu kullanabilirken, peptonu

kullanmaları zayıftır, kazeini hidrolize etmezler, bazıları için biotin veya suda çözünür vitaminlerin gerekli olduğu belirlenmiştir (Jordan 1984). Mat koloniler hafif yapışkan ve sert, şeffaf koloniler ise çok yapışkan ve yumuşaktır. Koloniler yaşlandıkça koyu bir renge sahip olup, optimum üreme sıcaklıkları 26-30^{o}C arasındadır (Beck ve ark. 1993, Holt ve ark. 1994).

Rhizobium sp. bakterilerinin belirlenmesinde hücre ve koloni morfolojilerinin yanında, onlara ait spesifik besiyeri olan YMA (Yeast Mannitol Agar) da kullanılmakta ve besiyerinde karbon kaynağı olarak mannitol, organik azot kaynağı olarak yeast ekstrak bulunmaktadır. *Rhizobium sp.*'ler ekstraselüler polisakkarit yapıda yapışkan bir madde üretirler. *Rhizobium sp.* bakterilerinin topraktan izolasyonu zor olmasına karşın, baklagil bitkilerinin kök nodüllerinden izolasyonu kolayca yapılabilmektedir.

Kızıloğlu'nun (1992) bildirdiğine göre, *Rhizobium sp.* bakterileri Kongo kırmızılı YMA'ya ekilip karanlıkta inkübe edildiklerinde boyayı absorblamaz ve beyaz-opak bazen pembemsi koloniler oluştururlar. Ayrıca *Rhizobium sp.* bakterileri taze hazırlanmış Brom Timol Mavili YMA'da besiyerinin yeşil rengini ya maviye ya da sarıya dönüştürürler (hızlı üreyenler sarıya, yavaş üreyenler ise maviye çevirirler). Pepton glikoz agar ortamında ise çok yavaş ürerler (Öğütcü 2000).

Rhizobium sp. bakterilerinin çoğalmasını toprağın havalanması önemli derecede etkilemektedir. Aşılama ile tarlaya verilen *Rhizobium sp.*'nin ortama uyum sağlamasında da havalanma önemli bir rol oynamaktadır. İyi bir strüktüre sahip olan tarla toprağına *Rhizobium sp.* kolayca adapte olabilmekte ve çoğalmaktadır. Oksijen olmadığı takdirde nodüllerde hemoglobin oluşamamaktadır.

Rhizobium sp. bakterileri, baklagil bitkilerini enfekte edebilme yetenekleri esas alınarak sınıflandırılmaktadırlar. *Rhizobium sp.* izolatları bir grup baklagil bitkisini enfekte ederek nodül oluştururken diğer baklagil bitkilerini enfekte edemezler. İzolatların bu seçici özelliği göz önüne alınarak, *Rhizobium sp.* cinsi 6 türe ayrılmıştır. Aynı bakteri tarafından enfekte edilen bitkiler, çapraz aşılama gruplarını

teşkil etmektedirler. Tür ayrımında esas, aynı çapraz aşılama grubunda nodül yapabilme yeteneğidir (Vincent 1970).

Rhizobium sp. bakterileri ile baklagil bitkileri simbiyotik olarak yaşamakta, bitkiler bakteriye karbon ve enerji kaynağı sağlarken, bakterilerde bitkilerin azot ihtiyacını gidermektedir. Yapılan araştırmalarda görüldüğü gibi, baklagil bitkilerinde nodüller oluştuğu ve azot bağlanmasının bu nodüllerde teşekkül ettiği tespit edilmiştir (Salisbury ve Ross 1992).

Beck ve ark. (1993) yaptıkları bir çalışmada, nodüllerde azot bağlanmasından sorumlu bakterilerin *Rhizobium sp., BradyRhizobium sp.* ve *AzoRhizobium sp.* cinslerine ait olduğunu belirlemişlerdir. En iyi bilineni bezelye, fasulye, soya fasulyesi, yonca ve taş yoncası gibi bitkilerde kök nodülü oluşturan *Rhizobium sp.* bakterileridir.

Topraktaki *Rhizobium sp.* bakterilerinin bitkilere doğru hareketi kemotaksis ile başlar, bitki ile bakterinin buluşmasını ise kimyasal maddeler sağlar (Kadıoğlu 1998).

Bitki kökleri dekarboksilik asit, aminoasit ve flavanoidler gibi kimyasal cezbedici maddeler salgılarlar. Bunlar bakteriyi cezb ederek bitki köklerine doğru yönlendirir ve bakteri bitkinin sekonder köklerine tutunur. Bu olayda ilk olarak bakterinin bitki kök yüzeyine yapışması gerekmektedir. Bakterinin bitkiyi tanıması bakteri hücre duvarı polisakkaritleri ile bitki hücre duvarının lektin molekülleri aracılığı ile olur. Lektin molekülü hem protein hem de karbonhidrat içermektedir. Bakteri hücre duvarındaki polisakkaritlerin lektin molekülleriyle interaksiyonu gerçekleştiğinde kök tüylerinin hücre çeperi içeri doğru çökmeye başlar, bakteri içeren tüp hücreye doğru büyür ve infeksiyon borusu olarak adlandırılır. İnfeksiyona uğrayan hücre zarı şişer. Poligalakturonaz ya bitki ya da bakteri tarafından salınır ve sekonder köklerde hücre duvarını yumuşatır. Bu ise bakterinin tüp oluşturarak ilerlemesini sağlarken, bakteri girişi endositozla gerçekleşir. Bu sırada bakteriler bakteroid formunda gelişirler. İnfeksiyon borusu komşu hücrelerin hücre çeperine

ulaştığı zaman çeper çöker ve sonuç olarak kökün korteksine bakterileri taşır, bunu ise bakterilerin çoğalması izler. Daha sonra bitki hücreleri hızla çoğalarak nodül dokularını oluşturur ve azot fikse eden bakterilerle dolu nodüller oluşur (Schelegel 1986).

3. 1. 2. Azot fiksasyonu

Atmosferde fazla miktarda bulunan moleküler azotun amonyum formlarına indirgenerek yarayışlı duruma geçmesine azot fiksasyonu adı verilmektedir. Atmosfer azotunun biyolojik olarak bir yıl içindeki fiksasyonu 175 milyon ton olup, tüm azot fiksasyonunun % 75'ini oluşturmaktadır. Çizelge 3. 1'de azot fiksasyonu olayları ve düzeyleri görülmektedir.

Çizelge 3. 1. 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.

3. 1. 2. 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 artıklardaki 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 azotu bu yolla temin ederler. Bu şekilde gerçekleşen azot fiksasyonu (azot dönüşümü) diğer fiksasyonlara göre küçük miktarda olmasına rağmen önemli bir yer teşkil etmektedir.

3. 1. 2. 2. Endüstriyel azot fiksasyonu

Endüstriyel azot fiksasyonunda 400 ^{o}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 gerekir. 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).

3. 1. 2. 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 özellikle Rhizobium sp. cinsine dahil olanlar baklagil bitkileri ile simbiyoz durumunda önemli azot fikse edici organizmalar olarak tanınırlar. Ayrıca mavi yeşil algler ve aktinomisetler de yüksek bitki ortaklığı şeklinde azot fikse eden formlar olarak bilinmektedir (Haktanır ve Arcak 1997).

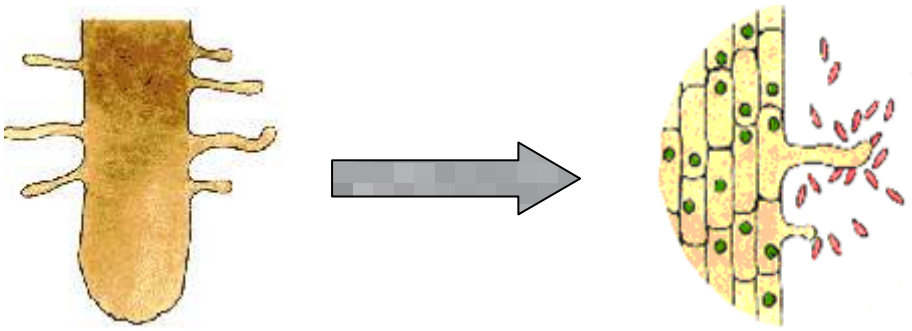
3. 1. 3. Nodül oluşum mekanizması

Nodül oluşumu, baklagil bitkilerinde bitki ile *Rhizobium sp.* bakterileri arasında karşılıklı etkileşimler sonucu ortaya çıkmaktadır. Bakterilerin belirli türleri ile kökler üzerinde azot fikse etme yeteneğinde yani etkili olan veya olmayan nodüller oluştururlar. Diğer bir deyimle 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 sp. bakterileri, bitki kök sistemindeki nodülleri, üç aşamada oluştururlar.

3. 1. 3. 1. Enfeksiyon öncesi dönem

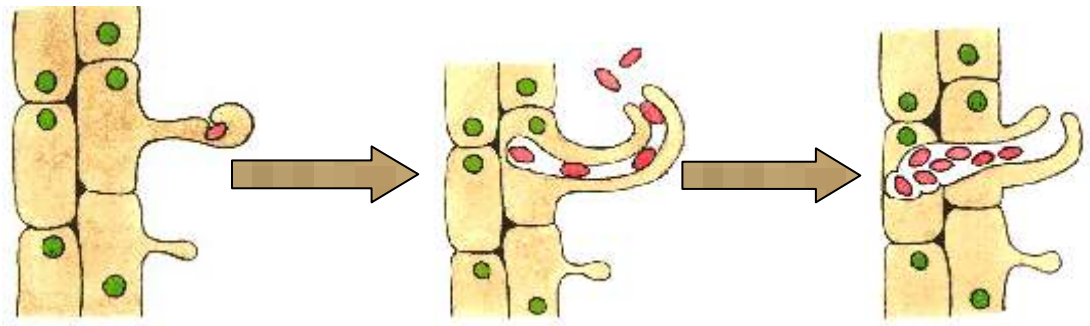
Enfeksiyon öncesinde bitki ile bakteri arasında bazı interaksiyonlar gerçekleşir. Önce bitki kökünden triptofan maddesi salgılanır, bu madde kök bölgesinde bakteri çoğalmasını teşvik ederken, bakterilerde indol asetik asit (IAA) oluştururlar. Bu bir kök gelişim hormonu olup, bitki kökünün hızlı gelişmesini ve aynı zamanda kılcal köklerin özel bir şekil almasına neden olur. Daha sonra bakteri tarafından kök hücrelerini esnek duruma getiren Poligalakturonaz (PG) enzimi salgılanır. Her iki metabolit kök hücrelerini bakterinin girebileceği esnek bir yapıya çevirir.



Şekil 3. 1. Nodül oluşumunda enfeksiyon öncesi dönem ve enfeksiyonun başlaması (Anonymous 2008).

3. 1. 3. 2. Enfeksiyon şeridinin oluşması

Bakterinin kök hücrelerine girmesi ile birlikte kılcal 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 hücreleride çoğalmaya devam ederek nodül oluşumunu başlatırlar.

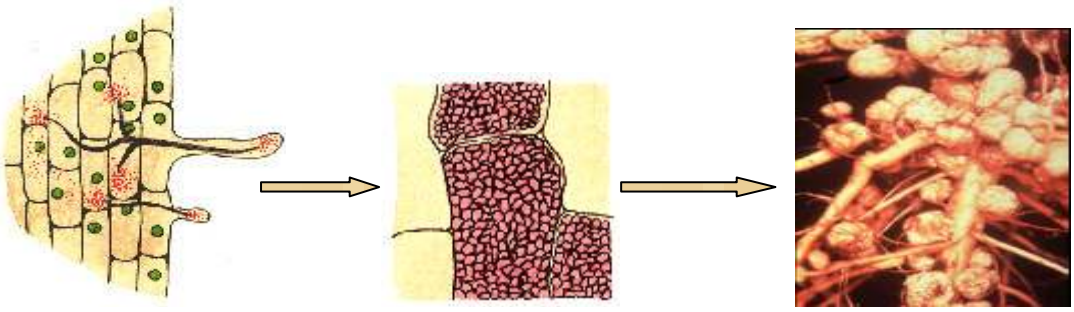


Şekil 3. 2. Bakterinin kök üzerine yapışması ve içeriye alınması (Anonymous 2008).

3. 1. 3. 3. Nodül oluşumu

Enfeksiyon şeridi, korteks bölgesinde tetraploid hücreye (genel kromozom sayısının iki kat fazla olduğu hücre) ulaşır. Bu ve etrafındaki komşu hücreler hızlı bir bölünme ile çoğalır ve kök hücre sitoplâzması içinde dağılırlar. Çoğalma olayından sonra bakteriler karakteristik çubuk veya kısa çubuk şekillerini kaybederek iri yapılı X, Y veya düzensiz pleomorfik nitelik kazanırlar. Rhizobium sp. 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).

Baklagil bitkilerinde nodüller ince, sivri ve küresel şekillerde bulunur ve nodüllerin şekli ise bitkiye bağlı olarak değişmektedir (Dart 1977).



Şekil 3. 3. Bakterinin nodül oluşturması ve nodül oluşturmuş kök görünümü (Anonymous 2008).

3. 1. 4. Azot fiksasyonunu etkileyen faktörler

Toprakta bulunan mikroorganizmaların cins ve sayıları ve dolayısıyla simbiyotik yolla bağlanan azot miktarı üzerine pek çok faktör etki etmekte ve bu faktörlere bağlı olarak fikse edilen azot miktarı önemli ölçüde etkilenebilmektedir (Hansen 1994).

Azot fiksasyonunu etkileyen faktörler; topraktaki azotun durumu, sıcaklık, toprak reaksiyonu (pH), toprak nemi, besin elementlerinin etkisi ve tuzluluk (EC) olarak sınıflandırılabilir.

Simbiyotik yolla bağlanan azot miktarı üzerine birçok faktör etki ederken, bu faktörler içerisinde aşılamada kullanılan bakterilerin etkinliği özel bir önem taşımaktadır. Etkili *Rhizobium sp.* izolatlarını içermeyen alanlarda aşılama yapılacak uygun bir konukçu-izolat ilişkisinin sağlanması, fikse edilen azot miktarının artışında önemli rol oynadığı tespit edilmiştir (Dogbe ve ark. 2000).

3. 1. 4. 1. Toprakta azotun durumu

Bitki beslemede diğer bitki besin elementleri içerisinde azotun önemli bir yeri vardır. Azot kökler vasıtasıyla inorganik bileşikler halinde alınırken, aktif nodüller

tarafından da serbest azot formunda (N_2) alınır. Ayrıca azot toprakta yaşayan birçok organizma için gerekli olan elementtir. Toprakta inorganik azotun az veya çok olması toprakta yaşayan birçok organizmayı ve kültür bitkilerini etkilemektedir. Mineral azotun *Rhizobium sp.* bakterilerini, dolayısıyla azot fiksasyonunu ve nodül oluşumunu etkilemesi ile ilgili olarak çok sayıda çalışma mevcuttur.

İnorganik azot bileşiklerinin az miktarda bulunmasının, nodül oluşumunu artırmasına karşılık, fazla miktardaki inorganik bileşiklerin bulunmasının ise (azotlu gübreler) nodülün miktar ve büyüklüğünü olumsuz yönde etkilediği araştırmalarla tespit edilmiştir (Graham ve Rosas 1979, Graham 1981, Loderio ve ark. 2000).

Fazla miktarda verilen azotlu gübrelerin baklagil bitkisinin karbon/azot oranını azaltarak azot fiksasyonunun gerilemesine neden olduğu ortaya çıkarılmıştır (Graham ve Rosas 1979). Bu durumun uzun süre devam etmesi halinde nodüllerde dejenerasyon başlamakta ve nodülün bitki üzerinde bulunması bitkiye faydadan çok zarar getirmektedir. Bu halde nodül içindeki Rhizobium sp. bakterilerinin parazit duruma geçerek, bitkinin azotundan faydalanmaya başladığı tespit edilmiştir (Hansen 1994).

Bitki bünyesindeki karbon/azot oranının azalması yani, azot yüzdesinin çoğalması azot tespitini etkilediği gibi bitkinin nodül oluşumunu da etkilemiştir. Fazla miktarda verilen azotlu gübrelerin, nodül oluşumu için önemli olan kök kıvrımlarını önleyerek *Rhizobium sp.* bakterilerinin köke girişlerine engel oldukları ve bu nedenle nodülün oluşmadığı belirlenmiştir (Rawsthorne ve ark. 1985).

Toprakta yarayışlı azot (mineral azot) fazlalığı nodülasyonu olumsuz yönde etkilemektedir. Nitratın engelleyici etkisi, kılcal köklerin azalmasını ve özellikle enfeksiyon iplikçiklerinin oluşmasını engellemektedir. Ayrıca 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 (Rawsthorne ve ark. 1985).

Azot tespit etme gücü yüksek *Rhizobium sp.* bakterilerinin toprağa aşılanması durumunda toprakta mevcut *Rhizobium sp.* bakterileri ile bunlar arasında bitkiyi enfekte etme bakımından rekabet bulunmaktadır. Eğer toprakta doğal *Rhizobium sp.* populasyonu bulunuyorsa aşılama sonucunda ya çok az etki görülecek ya da hiç etki görülmeyecektir (Nutman 1975).

Çevresel şartlar, üstün azot bağlama gücü olan bazı *Rhizobium sp.* izolatlarının kolonize olmasını ve azot bağlama potansiyellerini olumsuz etkilediğinden çeşitli ekstrem ekolojik şartlara adaptasyon sağlamış izolatların seçimi ve aşılamada kullanımı büyük önem arz etmektedir (Zahran 2001, Berger ve ark. 2003).

3. 1. 4. 2. Sıcaklık

Azot fiksasyonu için optimum sıcaklık, maksimum fiksasyon için her zaman aynı olmamaktadır. Optimum fiksasyonun sınırları 20–40 ^{o}C arasındadır. Karbon tüketimine göre azot fiksasyonu 20 ^{o}C' ye kadar olumlu olarak artmakta daha sonra tüketim yükselmektedir (Spert 1976).

Yüksek sıcaklığın nodülasyonu ve azot fiksasyonunu olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir (Hansen 1994). Yüksek sıcaklıkta üretilmiş olan kök miktarı düşmekte ve üretilen köklerin ince kaldığı, kılcal kökler ve yan dallarda gelişmenin olmadığı belirlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı da, nodülasyon başlangıcı ve gelişiminin engellendiği bildirilmiştir (Bordeleau ve Prevost 1994).

Diğer taraftan, *Rhizobium sp.* izolatlarının izole edildikleri bölgenin iklimi ile düşük sıcaklıklardaki nitrogenaz aktiviteleri arasında yakın bir ilişki olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiş (Lipsanen ve Lindstrom 1986) ve serin iklim şartlarının hakim olduğu bölgelerden izole edilen izolatlar, sıcak iklime sahip bölgelerden izole edilen izolatlara nispeten, düşük sıcaklıklarda daha yüksek nitrogenaz aktivitesine sahip oldukları belirlenmiştir (Prevost ve ark. 1987).

Rhizobium sp. varlığı ve rekabetinde toprak sıcaklığı önemli faktörlerdendir. Farklı sıcaklıkta izolatların gelişimi ve uzun süre yaşama yetenekleri ile izolatlar arasındaki rekabette, farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Graham 1981). Yüksek sıcaklığın, bitkinin kök ve kıl formasyonunu olumsuz olarak etkileyip, nodülasyon sayısını azalttığı (Hungria ve ark. 1993) ve kök kıllarına bakterilerin girmesini engelleyerek enfeksiyon kanalında *Rhizobium sp.'un* serbest kalmasını ve bakteroid gelişimini engellediği bu konuda yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Vincent 1980).

Serin iklim koşullarının hakim olduğu bölgelerde, düşük sıcaklık mikrobiyal aktiviteyi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir (Caudry-Reznick ve ark. 1986, Paau 1989, Bordeleau ve Prevost 1994). Diğer taraftan düşük sıcaklıklar (8-10^{o}C) *Rhizobium sp.* bakterisinin köke girişini olumsuz yönde etkilemek suretiyle kök tüylerinin enfeksiyonunu geciktirmekte (Lynch ve Smith 1993, Sultan ve ark. 2001), nodül oluşumunu ve nodül aktivitesini azaltmaktadır (Roughley ve Dart 1970, Waughman 1977). Ancak, *Rhizobium sp.* izolatları arasında düşük sıcaklığa tolerans bakımından farklılıklar bulunmakta (Sultan ve ark. 2001), sıcaklığın düşük olduğu ortamlardan izole edilen izolatlar, serin şartlara daha kolay adaptasyon sağlayarak (Rupela ve Kumar Rao 1987), sıcak ortamlardan izole edilen izolatlara nazaran daha düşük sıcaklıklarda nodül oluşturdukları tespit edilmiştir (Roughley 1970, Ek-Jander ve Fahraeus 1971).

3. 1. 4. 3. Toprak reaksiyonu (pH)

Toprak reaksiyonu toprakta yaşayan veya aşılama ile toprağa verilen *Rhizobium sp.* bakterilerinin aktivitesini etkileyen en önemli toprak özelliklerindendir. Optimum N_2 fiksasyonu nötr pH civarlarında olmaktadır. Fakat değişik *Rhizobium sp.* türlerine göre optimum pH'da değişimler görülebilmektedir. Ortamın asitliği ve kalsiyum konsantrasyonu *Rhizobium sp.*'lerin üremesi ve baklagillere enfeksiyonunda önemli rol oynamaktadır. Kalsiyum, asit koşullarda Al ve Mn iyonlarının N_2 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 baklagilin Al konsantrasyonuna bakmaksızın düşük pH'da nodül oluşturmadığı tespit edilmiştir (Anonymous 1982).

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

3. 1. 4. 4. Toprak nemi

Düşük su miktarı azot fiksasyonunu doğrudan etkilemekte, nodül oluşumunu azaltmakta, azotun nodüllerden dışarı taşınması yavaşlatmaktadır. Dolaylı olarak asimilant üreten fotosentez birimlerinin bozulması nedeni ile azot fiksasyonu azalmaktadır.

Bordeleau ve Prevost (1994) yaptıkları bir araştırmada, fazla suyun azot fiksasyonu üzerine olumsuz etki yaptığını tespit etmişlerdir. Nodülün yüzeyinde suyun ince bir tabaka halinde bulunması oksijenin diffüzyonunu düşürmekte ve büyük olasılıkla buna bağlı olarak N_2-fiksasyonunda önemli azalmalar meydana gelmektedir ve kök bölgesinden suyun uzaklaşmasının olduğu şartlarda büyük olasılıkla karbondioksit oluşumunun artmasına bağlı olarak oluşan yüksek CO_2 konsantrasyonlarında nodül oluşumunun engellendiği tespit edilmiştir.

Serraj ve Sindair (1998), toprak rutubeti baklagil bitkilerinin büyümesi için gerekli bir faktör olduğu gibi, toprakta bulunan veya aşılama ile toprağa ilave edilen *Rhizobium sp.* bakterilerinin canlılığını sürdürmeleri ve diğer mikroorganizmalarla rekabet etmeleri üzerine de etkili olduğu görülmüştür.

Rhizobium sp. bakterileri aşırı kuraklığa hassasiyet göstermektedir. Kurak bölgelerden izole edilen izolatların, soğuk ve nemli bölgelerden izole edilenlere göre kuraklığa ve yüksek sıcaklığa daha toleranslı oldukları bulunmuştur (Hartel ve Alexander 1984).

3. 1. 4. 5. Besin elementlerinin etkisi

Demir, nitrogenaz ve ferrodoksinin yapısında bulunmakta ve bakteri N_2 bağladığı zaman fazla miktarda kullanılmaktadır. Değişik tür bakterilerin demir ihtiyacı farklıdır. Demir eksikliği simptomları görüldüğünde şelat formunda yapraktan uygulanması gerekir (Kacar 1977).

Baklagil bitkileri demir içeren bir protein olan leghemoglobini ihtiva ederler. Leghemoglobin oksijeni geri dönüşümlü olarak yakalar ve nitrogenaz enziminin aktivite göstermesinde etkili olur. Leghemoglobin içeren nodüller pembe-kahverengi görünümdedirler ve bu rengin oluşmasında leghemoglobin etkilidir. Leghemoglobin içermeyen nodüller ise beyaz renkte ve küçüktürler (Kasımoğlu 2005).

Bazı araştırmalara göre azot tespiti, potasyum bulunmadığı takdirde fosfor tarafından teşvik edilememektedir. Soya ile yapılan bazı denemelerde potasyumun nodül miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Fosforca fakir olan asit topraklara ilave edilen potasyum, nodül oluşumuna olumlu etki yapamamaktadır. Çeşitli araştırmacılar baklagil bitkisiyle yaptıkları çalışmalarda potasyumun fosforla birlikte bulunması halinde azot tespitine olumlu etkide bulunduğunu tespit etmişlerdir (Alva ve ark. 1987).

Kalsiyum toprak reaksiyonuna etki ederek bitkinin gelişmesine, *Rhizobium sp.*'nin çoğalma ve canlılığını devam ettirmesine yardımcı olur. Kalsiyum iyonları, fosfor, bor, mangan ve molibdenin bitki tarafından alınmasına yardım eder. Kalsiyum tuzları özellikle asit karakterli topraklarda nodül oluşumuna olumlu etki yapmaktadır.

Baklagillerde nodülasyon ve azot fiksasyonuna mikro elementlerden demirin nitrogenaz ve leghemoglobin oluşumuna, borun meristematik aktiviteye, bakırın nodül metabolizmasına, molibdenin azot bağlanması ile direk ilgili olan nitrogenaz enzimine, kobaltın ise leghemoglobin oluşumuna direk etki yaptığı; çinko, mangan ve klorürün ise bitki büyümesi için gerekli olduğu ancak nodülasyona direk etki yapmadıkları bildirilmiştir. Bor her ne kadar *Rhizobium sp.* için gerekli değilse de normal kök ve nodül oluşumu için gerekli bir element olduğu tespit edilmiştir (Bordeleau ve Provest 1994).

Baklagillerde bitki gelişimindeki yetersizlik, asit toprak şartlarında belirgin olarak görülebilmektedir. Ca, Mg, P ve Mo'in alınamaması veya topraktaki eksikliği durumunda, ayrıca Al ve Mn' ın 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 sp.* ile bitki köklerinin infeksiyonu sürecinde ve nodüllerin gelişmesinde olumlu bir rol oynamaktadır (Alva ve ark. 1987).

Fosfor protein sentezinde görev alan önemli bir elementtir. Baklagiller protein bakımından zengin olduğundan diğer bitkilere nispeten fosfora daha fazla ihtiyaç gösterirler. Fosforun, *Rhizobium sp.* bakterilerinin aktivitesinin ve kök gelişimini arttırarak nodüllerin daha erken, daha büyük ve daha fazla sayıda oluşmasına neden olduğu, dolayısıyla bitkilerde azot fiksasyonunu arttırdığı yönünde bulgular elde edilmiştir (Nagre ve Keshkar 1993).

Yapılan bir çalışmada besin solusyonuna farklı düzeylerde eklenen fosforun fasulyede azot fiksasyonu ve nodülasyon parametrelerine olan etkileri incelenmiştir. 1 mg kg^{-1}, 4 mg kg^{-1} ve 16 mg kg^{-1} düzeylerinde besin solüsyonuna eklenen fosfor ile nodül kuru ağrlığı sırasıyla 70, 212 ve 354 mg/bitki olarak alınırken, bitkideki toplam azot sırası ile 45, 108 ve 126 mg olarak bulunmuştur (Christiansen ve Graham 2002).

Fosfor, azot uygulamalarının fiksasyon üzerindeki zararlı etkilerini hafifletmekte, toprakta yeterli dozda fosfor bulunduğunda yüksek azot dozlarının bulunmasında bile, nodül oluşumunu teşvik ettiği bildirilmiştir (Graham, 1981). Nodüllerdeki fosfor oranının, bitkinin diğer dokularından daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Graham ve Rosas 1979).

3. 1. 4. 6. Tuzluluk (EC)

Rhizobium sp. bakterilerinin N_2 fiksasyonu ve aktiviteleri artan tuza paralel olarak düşmektedir. Sulama suyunda artan tuz konsantrasyonunun baklagillerde tane ve nodül ağırlığını önemli miktarda düşürdüğü tespit edilmiştir (Anonymous 1982).

Azot bağlama kapasiteleri yüksek olan bazı izolatlar iklim ve toprak şartlarına adapte olamamakta ve toprakta her zaman koloni oluşturup canlılıklarını koruyamamaktadırlar. Ayrıca, topraktaki doğal populasyonla aşılanan izolatlar arasında bir rekabet meydana geldiği bazı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Schiffmann ve Alper 1968, Matos ve Schröder 1989, Bremner ve ark. 1990, Beck 1992, Ayhan 1995).

3. 1. 5. Kullanılan besiyeri ve kimyasal maddeler

3. 1. 5. 1. Yeast ekstrakt mannitol agar (YMA)

Besiyeri içeriği distile suda çözülerek, pH 6.8-7'e ayarlanarak 121^{o}C'de 15 dakika otoklavda steril edilerek kullanılan ve agar içermeyen Yeast Extract Mannitol besiyeri kullanılmıştır (YMA içeriği = Mannitol 10 g; K_2HPO_4 0.5 g; $MgSO_4.7H_2O$ 0.2 g; NaCl 0.5 g; Yeast ekstrakt 0.5 g ve agar 15 g / litre) (Gürbüzer 1978).

3. 1. 5. 2. % 0,8'lik su agar ortamı

Sterilize edilen tohumlar sadece su ve agardan oluşan su agarı ortamına (8 gr agar tartılarak 1000 ml saf su içerisinde eritilmiş ve ortamın pH'sı 7'e ayarlanarak 121^{o}C'de 15 dakika otoklavda steril edilerek kullanılmıştır) ekilerek, çimlenmeleri için 28^{o}C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır (Gürbüzer 1978).

İzole edilen *Rhizobium sp.* bakterilerinin çoğaltılması amacıyla aşağıda içeriği verilen besiyeri kullanılmıştır.

3. 1. 5. 3. Jensen besiyeri

Jensen Besin Solüsyonu		Mikro Element Çözeltileri	
$CaHPO_4$	1.0 g	500 mg kg^{-1} B	H_3BO_3'ten
K_2HPO_4	0.2 g	500 mg kg^{-1} Mn	$MnSO_4$'tan
$MgSO_4.7H_2O$	0.2 g	50 mg kg^{-1} Zn	$ZnCl_2$ 'ten
NaCl	0.2 g	50 mg kg^{-1} Mo	MoO_3'ten
$FeCl_3$	0.1 g	20 mg kg^{-1} Cu,	$CuSO_4.5H_2O$'tan
Saf su	1000 ml		

Hazırlanan besin solusyonunun litresine mikro element çözeltilerinin her birinden 1 ml ilave edilmiştir. Ortamın pH'sı 7'e ayarlanarak, 121^{o}C'de 15 dakika otoklavda steril edilerek kullanılmıştır.

3. 1. 5. 4. Inokulant (aşılama) olarak kullanılan bakteriler

Konya yöresinde yetiştirilen fasulyelerin kök nodüllerinden izole edilen *Rhizobium sp.* izolatları ve Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü biyolojik laboratuvarlarından temin edilen referans bakteri (*Rhizobium tropici* CIAT 899) denemelerde kullanılmıştır.

3. 1. 5. 5. Laboratuvar, sera ve tarla denemelerinde kullanılan fasulye çeşidi

Denemede, Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsünce 1998 yılında tescil ettirilmiş olan Yunus 90 fasulye çeşidi (*Phaseolus vulgaris L.*) kullanılmış ve çeşidin özellikleri aşağıda verilmiştir.

115–120 günde olgunlaşan, bodur, dik kuru fasulye çeşididir. Çiçek rengi beyaz, bakla şekli düz ucu kıvrıktır. Bitkide bakla sayısı 13–25 adet olup, baklada tane sayısı 4–5 adettir. Tane rengi beyaz, T.S.E. standartlarına göre tane şekli büyük horozdur. Bin tane ağırlığı 410–430 gr arasında olup, tane verimi 220–260 kg/da arasında değişmektedir. Tanede protein oranı % 23–26 arasında değişmektedir. Bakteriyel hastalıklara ve virüs hastalıklarına karşı toleranslı ve biraz geççidir (Işık 1998).

3. 1. 6. Araştırma alanının konumu

Konya ili, İç Anadolu Bölgesi'nde 36^o 51' -39^o 29' kuzey enlemleri ile 31^o 36' -34^o 52' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Doğuda Niğde, kuzeyde Ankara ve Eskişehir, batıda Afyonkarahisar ile Isparta, güneyde de Karaman illeriyle komşudur. Araştırma alanı, Konya Kapalı Havzası'nın güney-doğu-kuzey hattı boyunca uzanmakta olup, 53.580 km^2'lik Konya Kapalı Havzası içinde yer alan yaklaşık 16.000 km^2 yüzölçümündeki Konya-Çumra projesinin bir bölümüdür (Anonymous 1974).

3. 1. 7. Araştırma alanının toprak özellikleri

Konya Kapalı Havzası kendi içinde, ikinci derecede kapalı havzalara ayrılan, etrafı yüksek dağlarla çevrili geniş ovaları içine alır. Konya-Çumra Havzası, bu ikinci derecede kapalı havzalardan biridir.

Jeolojik bakımdan Konya Ovası, dördüncü zamana kadar bir iç deniz olup, bu denizin kalker çöküntüsü ovanın üst tabakasını teşkil etmiş bulunmaktadır. Dördüncü

zamanın Pliosen ve Neojen devirlerinde iklimin gittikçe kuraklaşmaya başlaması üzerine bu iç deniz yavaş yavaş kurumuş bir ova haline gelmiştir. Bu eski iç denizden kalan parçalar zamanımızda bir takım göller ve bataklıklar halinde görülmektedir (Anonymous 1978).

Konya Ovası'nın batısında şistler, mermerler ve kalkerler, Güneyde kretase kalkerleri ve yeşil taş mostraları görülür. Ovayı neojen yaşlı konglemera, kalker, kil ve poliokuaterner, kumlu çakıllı akarsu birikintileri kaplar (Anonymous 1978).

Konya kapalı havzasının toprakları, düz veya hafif dalgalı topografyada eski göl ve deniz tortulları ile volkanik kayaçlar üzerinde oluşmuştur. Kalınlığı fazla olmayan ince taneli bileşenlerden oluşmuş bu toprakların su, drenaj ve erozyon gibi sınırlayıcı faktörlere rağmen verim güçleri orta derecededir. Havzanın taban arazileri, düz ve düze yakın topografyaya sahiptir. Bunların denizden yüksekliği 900–1050 m arasında değişmekte olup, drenaj ağının yetersizliği nedeniyle bölgede önemli oranda tarım arazileri oluşturulmuştur. Bunu takiben bilinçsizce yapılan tarımsal faaliyetler, mevcut kullanılabilir arazileri verimsiz hale getirmiştir (Anonymous 1993).

Ova toprakları genel olarak ağır bünyelidir (killi, tınlı, killi-tınlı, kumlu-killi) çok az olarak da hafif bünyeli (kumlu-tınlı, tınlı) topraklara rastlanır (Anonymous 1978).

Kireç yönünden zengin topraklar olup, pH'ları genellikle 7.5–8.5 arasında değişirken, infiltrasyon değerleri orta ve yüksek derecelerdedir (Ertaş 1979).

3. 1. 8. Araştırma alanının su kaynakları potansiyeli

Konya Ovası, herhangi bir akarsu aracılığı ile denizlere akışı olmayan kapalı bir havzada bulunmaktadır. İlin havzada yer alan ovalarının sulanabilir arazi varlığı 1.648.152 ha, sulamaya açılmış arazi varlığı ise 341.203 ha'dır (DSİ: 197.680 ha, Köy Hizmetleri: 90.059 ha ve Halk Sulamaları 53.464 ha).

Konya Ovası'nda sulama suyu yer altı ve yer üstü su kaynaklarından sağlanmakta olup, toplam su potansiyeli 5.840 milyar m^3/yıl'dır. Bunun 0.920 milyar/m^3'ü yer altı suyu, 2.400 milyar/m^3'ü yer üstü suyu, 0.500 milyar/m^3'ü ise Göksu'nun kullanılabilir suyundan oluşmaktadır (Anonymous 1993).

3. 1. 9. Araştırma alanının tarımsal özellikleri

Konya Ovası'nda ekilebilir alanlar 1.515.121 hektar olup, sulama yapılan alanlarda yaygın bitki deseni ekilme oranına göre % 72.34'le en fazla tarla ürünleri oluşturmakta, bunu % 15.45'le sebzeler ve % 12.21'le meyveler takip etmektedir. Tarla ürünleri içerisinde de 1.323.759 ha'la tahıllar ilk sırayı alırken, bunu sırasıyla 91.136 ha'la baklagiller, 81.405'le endüstri bitkileri, 7.898 ha'la yağlı tohumlar ve 10.923 ha'la yumrulu bitkiler izlemektedir (Anonymous 1993).

3. 1. 10. Araştırma alanının doğal bitki örtüsü

Konya ilinde arazinin büyük bir kısmı işlenmektedir. Bununla beraber güney ve güneybatı yörelerinde çeşitli orman-ağaç ve çalılıkları bulunmaktadır. Ayrıca, meralarda doğal olarak yetişen çok çeşitli mera ve baklagil bitkilerine, yaş ya da çorak yerlerde çayır, çorak veya suyu seven bitkilere rastlanır. En çok rastlanan ağaç ve ağaççık türleri Toros Dağları'nda ardıç, karaçam, kızılçam, köknar, dişbudak ve gürgendir. Ayrıca akarsu boylarında söğüt, kavak, iğde ve karaağaca çok rastlanır. En çok görülen çayır ve mera bitkileri yavşan, yumak, geven, kekik, gökbaş, otlak ayrığı, gazel boynuzu, düğün çiçeği, prem, sütleğen, ebegümeci, kuzukulağı, korunga, tırfıl, fiğ, gelincik, saz ve kamıştır (Anonymous 1992).

3. 1. 11. Araştırma alanının iklim özellikleri

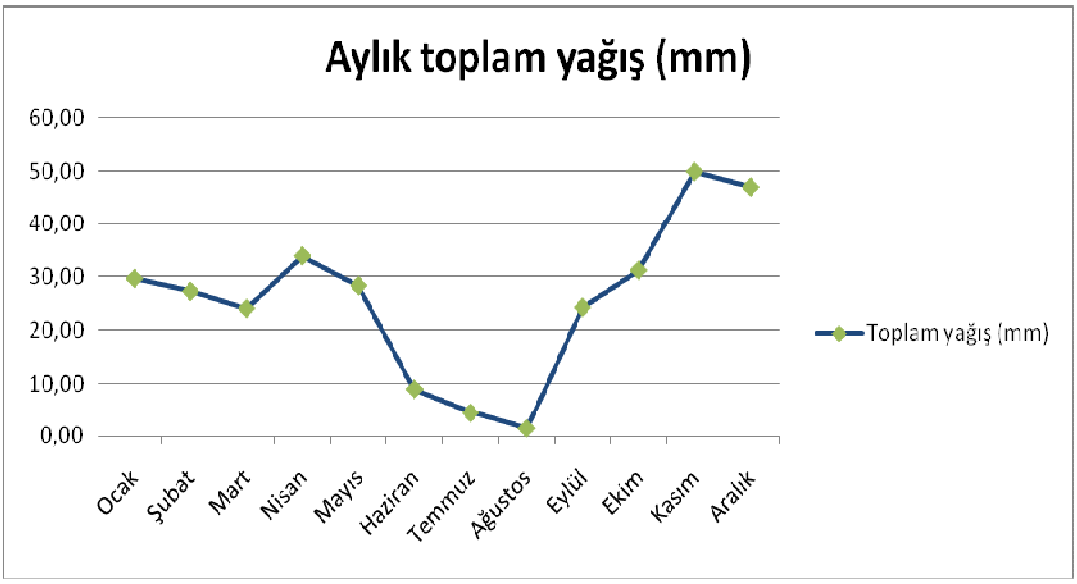
Kurak ve yarı kurak iklim özelliğine sahip bu bölgede kışlar soğuk ve yağışlı, yazlar ise sıcak ve kuraktır. Yağışların, gerek havzanın bir bölümünde, gerekse zaman içindeki dağılışı son derece istikrarsız ve farklıdır. Konya Ovası'nda, kurak devrelerde özellikle 1844, 1854, 1874 ve 1878 yıllarında, bu havzada oturanları göçe

kadar zorlayan kıtlıklar; gerek ova halkını, gerekse hükümetleri havzanın sulanması olanaklarını araştırmaya yöneltmiştir. Yağışlı devrelerde ise kapalı havzanın denize akıntısı olmadığından, sular çukur yerlerde birikerek göl ve bataklıklardaki su seviyesinin yükselmesine, hatta kurak devrelerde tarım arazisi olarak kullanılan yerlerde büyük geçici göllerin meydana gelmesine sebep olmuştur (Anonymous 1974).



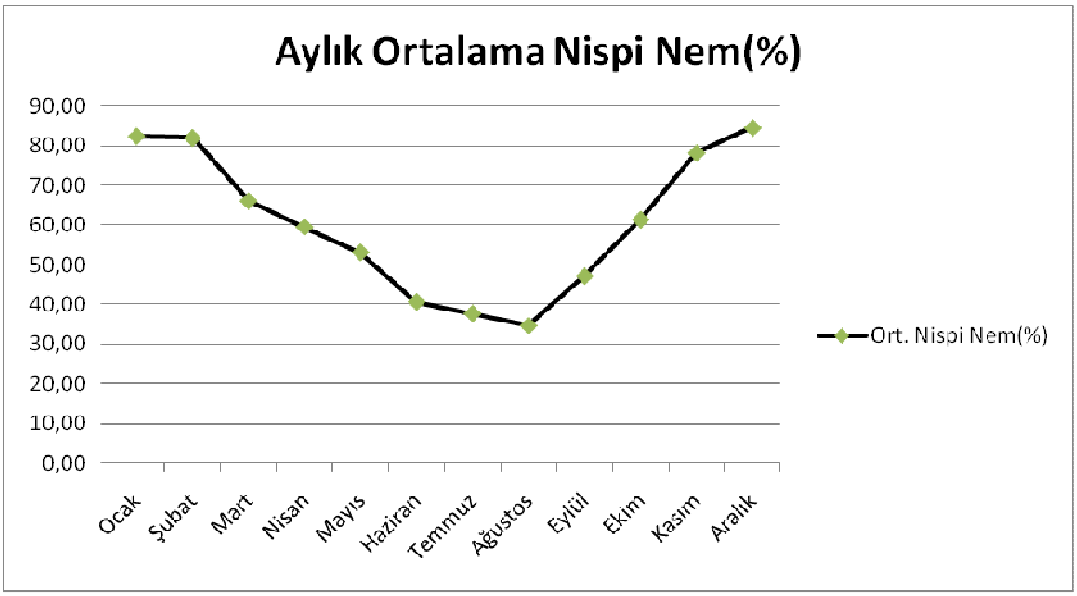
Şekil 3. 4. Konya iline ait aylık ortalama sıcaklık verileri (2006-2009)

Diğer taraftan, Konya Meteoroloji İstasyonu'na ait son yıllar ortalaması iklim elemanları ile son yıllara ait bazı iklim elemanlarının durumlarına göre; en sıcak ayların Temmuz ve Ağustos olduğu (Şekil 3. 4), bölgeye düşen yağışların ise genelde kış ayları olmakla beraber, ilkbahar ve sonbahar aylarında da yağışların düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 3. 5. Konya iline ait aylık toplam yağış verileri (2006-2009)

Son yıllar ortalamalarına göre en yağışlı aylar Nisan, Mayıs, Kasım, Aralık ve Ocak ayları olarak tespit edilmiş olup, yıllık ortalama yağış miktarı ise 310,6 mm olarak kaydedilmiştir (Şekil 3. 5) (Anonyomus 2009).



Şekil 3. 6. Konya iline ait aylık ortalama nispi nem verileri (2006-2009)

Ortalamalara göre en yüksek nispi nem değerleri Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat ayları olarak tespit edilmiş olup, yıllık ortalama nispi nem değeri % 60.6 olarak kaydedilmiştir (Şekil 3. 6.) (Anonyomous 2009).

Çizelge 3. 2. Toprak ve Nodüllerin Toplandığı Yerlere Ait Ortalama Bazı İklim Verileri (2006–2007)

	2006			2007		
Aylar	Ort. sıcaklık (^{o}C)	Ort. yağış (mm)	Ort. nispi nem (%)	Ort. sıcaklık (^{o}C)	Ort. yağış (mm)	Ort. nispi nem (%)
Ocak	0.3	21.2	80.2	-3.5	20.9	77.6
Şubat	0.3	23.8	77.2	-2.7	19.3	82.8
Mart	6.6	18.4	70.2	9.8	15.4	64.6
Nisan	9.0	53.4	61.6	14.1	16.1	54.7
Mayıs	19.1	17.9	59.2	15.7	16.3	43.4
Haziran	22.7	9.9	43.4	22.0	15.9	40.1
Temmuz	25.4	0.3	45.2	24.6	0.4	29.1
Ağustos	25.6	0.0	39.9	26.0	6.0	34.6
Eylül	20.0	20.0	55.0	20.2	4.1	35.3
Ekim	14.0	66.1	68.8	12.7	25.5	55.4
Kasım	7.0	51.9	74.8	8.2	68.0	77.7
Aralık	1.2	0.1	71.8	0.5	53.8	86.0

Çizelge 3. 2'de de görüldüğü gibi 2006 yılında en yüksek ortalama sıcaklık değeri Temmuz ve Ağustos aylarında tespit edilmiş olup 25.4 ve 25.6 ^{o}C'dir. Ortalama yağış miktarı ise en yüksek Ekim ayında belirlenmiş olup 66.1 mm'dir. En düşük yağışlar Aralık, Temmuz ve Ağustos aylarında tespit edilmiştir. Toplam yağış miktarı ise yıllık 283 mm'dir. Ortalama nispi nem değeri en yüksek Ocak ayında % 80.2 olarak ölçülmüştür. 2007 yılında ise, ortalama sıcaklık değerleri en yüksek Ağustos ayında olup, 26.0 ^{o}C'dir. Ortalama yağış en yüksek Kasım ayında olup 68 mm'dir. 2007 yılına ait toplam yağış miktarı ise, 261.7 mm'dir. Nispi nem değerleri bakımından ise en yüksek Aralık ayında ölçülmüş olup, % 86'dır (Anonyomous 2009).

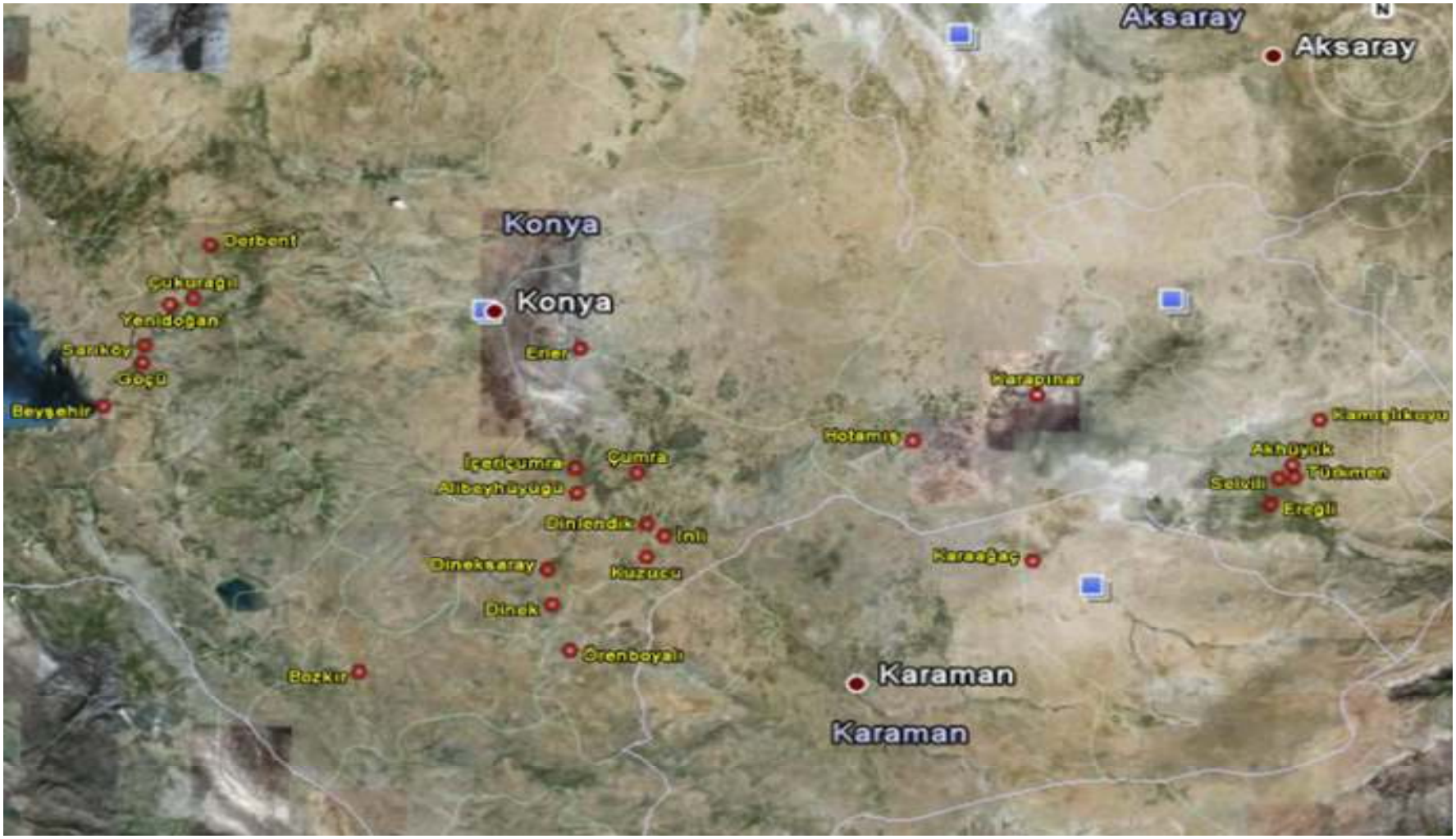
Çizelge 3. 3. Toprak ve Nodüllerin Toplandığı Yerlere Ait Ortalama Bazı İklim Verileri (2008–2009)

	2008			2009		
Aylar	Ort. sıcaklık (^{o}C)	Ort. yağış (mm)	Ort. nispi nem (%)	Ort. sıcaklık (^{o}C)	Ort. yağış (mm)	Ort. nispi nem (%)
Ocak	1.8	16.5	83.0	1.8	60.1	89.1
Şubat	3.4	21.2	81.9	3.4	44.8	86.2
Mart	5.0	38.1	56.5	5.0	24.4	73.2
Nisan	10.5	20.5	51.4	10.5	45.7	70.4
Mayıs	15.2	23.4	49.5	15.2	55.8	60.4
Haziran	21.6	7.5	38.6	21.6	2.7	40.4
Temmuz	23.6	5.5	32.8	23.6	11.7	43.5
Ağustos	22.6	0.0	31.2	22.6	0.0	32.7
Eylül	18.1	52.0	48.6	18.1	21.0	49.5
Ekim	15.5	20.6	67.9	15.5	12.7	53.5
Kasım	6.6	22.8	80.2	6.6	56.7	80.2
Aralık	4.8	59.3	91.3	4.8	74.6	89.2

Çizelge 3. 3'de de görüldüğü gibi 2008 yılında en yüksek ortalama sıcaklık değeri Temmuz ve Ağustos aylarında tespit edilmiş olup 23.6 ve 22.6 ^{o}C'dir. Ortalama yağış miktarı ise en yüksek Aralık ayında belirlenmiş olup 59.3 mm'dir. En düşük yağışlar Ağustos, Haziran ve Temmuz aylarında tespit edilmiştir. Toplam yağış miktarı ise yıllık 287.4 mm'dir. Ortalama nispi nem değeri en yüksek Aralık ayında % 91.3 olarak ölçülmüştür. 2009 yılında ise, ortalama sıcaklık değerleri en yüksek Temmuz ve Ağustos ayında olup, 23.6 ve 22.6 ^{o}C'dir. Ortalama yağış en yüksek Aralık ayında olup 74.6 mm'dir. 2009 yılına ait toplam yağış miktarı ise, 410.2 mm'dir. Nispi nem değerleri bakımından ise en yüksek Aralık ayında ölçülmüş olup, % 89.2'dir (Anonyomous 2009).

3. 1. 12. Araştırma alanındaki toprak ve nodül örnekleme yerleri

Konya Ovası topraklarındaki doğal *Rhizobium sp.* potansiyelini ve etkili *Rhizobium sp.* izolatlarının belirlenmesi amacıyla, Konya Ovası'nda yetiştirilen fasulye bitkisi köklerinden nodül örneği ve kök bölgesinden toprak örneği alınmıştır. Toprak ve nodül örnekleme yerleri Şekil 3. 7. ve Çizelge 3. 4 'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 7. Nodül ve toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar

Çizelge 3. 4**.** Nodül ve Toprak Örneklerinin Alındığı Lokasyonlar, Koordinatlar ve Örnekleme Sayıları

Nodül alınan yer	**Örnek sayısı**	**Koordinatlar**
Derbent-Ilgın	1	37˚ 01' 14. K 32˚ 00' 58. D
Beyşehir	10	37˚ 41' 07. K 31˚ 44' 49. D
Çukurağıl	2	37˚ 52' 49. K 31˚ 53' 25. D
Sarıköy	2	37˚ 47' 32. K 31˚ 48' 13. D
Göçü köyü	3	37˚ 45' 15. K 31˚ 47' 22. D
Bozkır	1	37˚ 11' 20. K 32˚ 14' 50. D
Dinek Saray merkezi	9	37˚ 23' 18. K 32˚ 36' 33. D
Alibeyhüyüğü	3	37˚ 31' 30. K 32˚ 39' 31. D
Çumra	17	37˚ 34' 15. K 32˚ 45' 20. D
İçeri Çumra	14	37˚ 34' 29. K 32˚ 40' 02. D
Karaaslan	3	37˚ 48' 21. K 32˚ 30' 48. D
İnli	1	37˚ 27' 22. K 32˚50' 31. D
Karaman-Çumra sınırı	1	37˚ 16' 35. K 32˚ 44' 15. D
Erler köyü	8	37˚ 48' 05. K 32˚ 39' 29. D
Ereğli fidanlık	1	37˚ 31' 07. K 34˚ 01' 08. D
Türkmen köyü	2	37˚ 31' 28. K 34˚ 03' 21. D
Çiller	4	37˚ 37' 57. K 34˚ 05' 48. D
Akhüyük girişi	2	37˚ 35' 44. K 34˚ 04' 06. D
Selvili köyü	4	37˚ 34' 16. K 34˚ 02' 24. D
Ereğli	2	37˚ 31' 20. K 34˚ 00' 56. D
Hotamış	4	37˚ 38' 19. K 33˚ 19' 26. D

3. 2. Metot

Survey, laboratuvar, sera ve tarla denemesi olmak üzere dört aşamalı olarak yürütülen bu çalışmada aşağıda verilen işlemler uygulanmıştır.

3. 2. 1. Survey çalışmasında kullanılan metotlar

Konya İlinde fasulye yetiştirilen alanlarda, yerleri belirlenen örnekleme alanlarından çalışma için gerekli olan nodüller çiçeklenme döneminde, bitki kökünden hassas bir şekilde tüplere alınmış (Şekil 3. 9) ve toprak örnekleri ise bitkinin kök bölgesinden alınmıştır. Alınan toprak örnekleri polietilen poşetlere konularak etiketlenmiş ve laboratuvara getirildikten sonra bir kısmı ayrılarak *Rhizobium sp.* sayımı için buzdolabında muhafaza edilmiş, diğer kalan kısım ise havada kurumaya bırakılmış, daha sonra kesekler ezilerek ve 2 mm'lik elekten geçirilerek bazı fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur (Kacar 1995). Tüplere alınan nodüller ise izolasyon için $+4^{o}C$'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

3. 2. 2. Laboratuvar çalışmasında kullanılan metotlar

3. 2. 2. 1. Fiziksel analizler

Tekstür analizi: Bouyocous (1951) tarafından geliştirilen " Hidrometre Yöntemi" ne göre yapılmıştır (Demiralay 1977).

Tarla kapasitesi: 1/3 atmosferlik emiş altında basınçlı tabla kullanılarak belirlenmiştir (Demiralay 1977).

3. 2. 2. 2. Kimyasal analizler

Toprak reaksiyonu (pH): 1:2,5'luk toprak: saf su süspansiyonunda pH metre ile belirlenmiştir (Richards 1954).

Elektriksel iletkenlik (EC): 1:5'lik toprak su karışımında iletkenlik aleti (EC metre) kullanılarak tayin edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff 1954).

Organik madde: Organik maddenin oksidasyonu esasına dayanan "Smith Weldon" yöntemi uygulanarak tayin edilmiştir (Smith ve Weldon 1941).

Kireç (% $CaCO_3$): Sheibler kalsimetresi kullanılarak, kireç miktarı asit (1:3'lük HCl) ile karıştırılan toprak, kalsiyum karbonatın parçalanması sonucu açığa çıkan CO_2'in standart sıcaklık ve basınç altındaki hacmi esas olarak belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal 1965).

Toplam azot: Kjeldahl yöntemine göre toprakların toplam azot miktarları belirlenmiştir (Bremner 1965).

Bitkiye yarayışlı fosfor: pH'sı 8.5 olan 0.5 M $NaHCO_3$ çözeltisinde ekstrakte edilebilen fosfor, molibdofosforik mavi renk yöntemine göre belirlenmiştir (Olsen ve ark. 1954).

Değişebilir katyonlar: 1 N amonyum asetat ekstraksiyonu ile belirlenmiştir. K belirlemesi ekstrak çözelti flame fotometrede, Ca ve Mg ise EDTA titrasyon yoluyla belirlenmiştir (Richards, 1954).

DTPA ile ekstrakte edilebilir iz element ve ağır metaller: Toprak örnekleri dietilentriaminpentaasetikasit (DTPA) çözeltisinde ekstrakte edildikten sonra süzükteki Fe, Cu, Zn, Mn, Mo ve Co ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian-Vista) aletinde okunmuştur (Soltanpour ve Workman 1981).

Bitki örneklerinde azot analizi; denemelerden alınan yaprak ve kök örnekleri seyreltik HCl çözeltisi ile yıkandıktan sonra saf sudan geçirilerek fazla suyu alındıktan sonra 65-75^{o}C'de 48 saat etüvde kurutularak porselen havanlarda

öğütülmüş ve sülfürik asitle yaş yakma metodu (Bayraklı 1987) kullanılarak elde edilen süzükte kjeldahl cihazında azot analizi yapılmıştır (Lindsay ve Norwell 1978). Denemeden elde edilen tane örnekleri saf sudan geçirilerek, kurutulup öğütülerek LECO'da azot yapılarak, elde edilen değerler 6.25 faktörü ile çarpılıp protein değeri hesaplanmıştır (Lindsay ve Norwell 1978).

3. 2. 2. 3. Biyolojik analizler

Toprakta *Rhizobium sp.* sayımı: *Rhizobium sp.* sayımı seyreltme metodu kullanılarak YMA (Yeast Mannitol Agar) ortamında ekim yapılarak 10 gr topraktaki canlı bakteri sayısı belirlenmiştir (Gürbüzer 1978).

3. 2. 3. Arazide nodül taraması

Araştırma için bitkinin çiçeklenme döneminde Konya ovasında fasulye tarımı yapılan alanlardan alınan bitki köklerinde bakteri (*Rhizobium sp.*) nodül taraması yapılmıştır. Arazi çalışmasına çıkılmadan önce toplanacak nodüllerin muhafazası için 20 cm^3'lük tüplere kuru kalsiyum klorid ($CaCl_2$), tüpün 1/3'ünü geçmeyecek oranda doldurulmuş ve üzerine 1 cm kalınlığında pamuk yerleştirilerek ağızları hava almayacak şekilde kapak ile kapatılmıştır. Arazilere göre değişmek üzere nodül bulunan her araziden ortalama 2'şer tüp örnek alınmıştır. Ayrıca analiz edilmek üzere arazilerden toprak örneği alınmıştır. Köklerdeki nodüller pens yardımı ile toplanarak üzerleri etiketlenmiştir (Şekil 3. 9). Tüpler laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere buzdolabında (+4 ºC de) muhafaza edilmiştir.



Şekil 3. 8. Fasulye köklerindeki nodüllerden bir görünüş



Şekil 3. 9. Arazide bitkiden alınan nodüllerin tüplere aktarılması

3. 2. 4. Laboratuvarda nodül çalışmaları

3. 2. 4. 1. Nodül sterilizasyonu

Fasulye ekim alanlarında bitkilerin köklerinden toplanan ve saklama tüplerine konulan nodüller ilk önce % 0.5'lik sodyum hipoklorit içinde iki dakika tutularak yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Yüzey sterilizasyonuna her bir örnekten en az 4–5 nodül tabi tutulmuştur. Bu işlemler laminar hava akışlı kabin içerisinde gerçekleştirilmiştir (Somasegaran ve Hoben 1994).



Şekil 3. 10. Nodülün ve nodül kesitinin mikroskobik görünümü

3. 2. 4. 2. Nodülden bakteri izolasyonu

Her bir nodül içerisinde steril 1 ml distile su bulunan tüplere konulmuştur. Burada 10 dakika bekletilerek nodüllerin yumuşaması sağlanmıştır. Daha sonra bu nodüller steril bir öze ile tüp içinde parçalanıp bakterilerin sıvıya geçmesi sağlanmıştır (Şekil 3. 11).



Şekil 3. 11. Tüplerde muhafaza edilen ve su içerisinde bekletilen nodüllerden bir görünüş

3. 2. 4. 3. Bakterilerin çoğaltılması ve saflaştırılması

Bu aşamada petri kutularına (Ø 9 cm) hazırlanmış Yeast-Mannitol-Agar (YMA) (Mannitol 10 g, K_2HPO_4 0.5 g, $MgSO_4.7H_2O$ 0.2 g, NaCl 0.1 g, Yeast eksrakt 0.8 g, agar 15 g/l (distile su) ortamı üzerine bu süspansiyondan 0.5 ml alınarak ortam üzerine homojen bir şekilde yayılıp 28^0C sıcaklıkta 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda ortam üzerinde gelişen en küçük *Rhizobium sp.* kolonisinden öze ile tüplere doldurulmuş aynı ortam üzerine ekilip saf kültür haline getirilmiştir. Saf kültür haline gelen bakterilerden tekrar ayrı petri kutusunda hazırlanmış ortam üzerine ekim yapılarak daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere çoğaltılmıştır (Somasegaran ve Hoben 1994) (Şekil 3. 12)

Her numune için bir koloni seçilerek tüplerdeki eğik (YMA) yüzeylerine ekim yapılmış ve tüpler 8–10 gün 28^{o}C'de inkübe edilerek üremeleri sağlanmıştır. Tüpler her 6 ayda bir yeni bir tüpe aşılanarak yenilenmiş ve kültürler + 4 ^{o}C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3. 12. Nodüllerden izole edilen bakteriler

3. 2. 4. 4. Kültürlerin hazırlanması ve tohumların ekimi

Stok kültürlerden bir öze dolusu alınarak 100 ml sıvı (YMA) besiyerlerine ekim yapılmış ve 28^{o}C'de 9 gün inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 3. 13). Sterilize edilen Leonard şişe-kavanoz ünitelerinin kapakları açılmış, steril bir pens yardımı ile her kavanoza çimlenmiş ve 1–2 cm kökçük oluşmuş tohumlardan 6 adet ekilmiştir. Bitki büyümesi üstteki petri kapağına değecek seviyeye gelince seyreltme yapılarak bitki sayısı 4'e indirilmiştir. Kavanozlar (YMA) sıvı besiyerlerinde üretilen 10 ml bakteri kültürü ile aşılanmış, azotlu ve azotsuz kontrol bitkileri aşılanmamıştır. Daha

sonra, kavanozların üzerleri dışarıdan gelecek mikrobiyal bulaşmaları önlemek amacıyla 3 cm kalınlığında steril çakılla örtülerek sera ortamına taşınmıştır.



Şekil 3. 13. Sıvı besiyerde bakteri kültürlerinin çoğaltılması

3. 2. 4. 5. Tohumların sterilizasyonu ve çimlendirilmesi

Tohumlar 1:1 oranında sulandırılmış sodyum hipokloritte 3–5 dakika bekletilmiştir. Sonra en az 6 defa steril saf su ile yıkanmıştır. Tohumlar % 0.8 agar bulunan su agarlı petrilere ekilerek çimlenmesi için 3 gün 28^{o}C'de inkübe edilmiştir (Şekil 3. 14 ve Şekil 3. 15) (Gürbüzer 1978).



Şekil 3. 14. Steril edilen tohumların çimlenmesi için etüve konulması



Şekil 3. 15. Tohumların etüvde çimlendirilmesi



Şekil 3. 16. Çimlenen tohumların yetiştirme ortamına aktarılması

3. 2. 4. 6. Leonard'ın Modifiye Ettiği Şişe-Kavanoz Sisteminin Hazırlanması

Fasulyeler Leonard'ın modifiye ettiği şişe-kavanoz sistemi uygulanarak yetiştirme odasında steril şartlarda ve azotsuz bir ortamda yetiştirilmiştir. Bu şekilde, bitkilerin azot ihtiyacı, izolatların köklerde oluşturdukları nodoziteler aracılığı ile havadan tespit edilen azottan sağlanmış olmaktadır. Sonuçta etkili olan *Rhizobium sp.*lerin etkinlikleri belirlenmiş olacaktır.

Gürbüzer (1978)'in bildirdiği şekilde; sistemin üst ünitesini dipleri kesilmiş 700 ml'lik renkli şişeler oluşturmaktadır. Sistemin alt ünitesi için 1 lt kapasiteli cam kavanozlar kullanılmıştır. Şişe ters çevrilerek ağzı kavanozun içine yerleştirildiği zaman dipten 2–4 cm yukarıda kalacak şekilde oturmaktadır (Şekil 3. 17).

Kavanozdaki besin solüsyonunun, bitkinin yetişme ortamı olan sistemin üst kısmına çıkması için sistemin ortasına lamba fitili yerleştirilmiştir. Sistemin üst ünitesine, fitil ortada kalacak ve üst yüzeye intibak edecek şekilde yıkanmış kum konulmuştur. Sistemin alt ünitesinde ise 1/5 oranında sulandırılmış, 750 ml azotsuz Jensen solüsyonu bulunmaktadır. Sadece azotlu kontrol bitkilerin solüsyonlarına 70 mg kg^{-1} N hesabıyla KNO_3 ilave edilmiştir (Şekil 3. 17). Sistemin üstü bir petri kapağı ile örtülerek, tüm sistem kağıt ile sarılmış ve otoklavda 121^{o}C'de 2 saat sterilize edilmiştir (Vincent 1970).



Şekil 3. 17. Leonard'ın modifiye ettiği şişe kavanoz sisteminin görünüşü



Şekil 3. 18. Sistemin altındaki fitili ve solüsyonun görünüşü

3. 2. 4. 7. Kavanozların yetiştirme odasındaki bakımı ve hasadı

Bitkiler 50–55 günlük bir gelişme periyodu süresince kontrollü koşullarda bırakılmış ve her hafta kontrol edilerek eksilen besin solüsyonları tamamlanmıştır.

Deneme süresi sonunda saksılar su ile yıkanarak bitki kök bölgesindeki kumlar iyice temizlenmiş ve bitkiler kökleriyle beraber hasat edilmiştir (Şekil 3. 18 ve Şekil 3. 19).

3. 2. 4. 8. Yetiştirme odasında sıcaklık ve nem değerlerinin ölçümü

Deneme süresince bitkilerin yetiştirildiği seranın sıcaklık değerleri termometre cihazıyla, nem değerleri ise higrometre cihazıyla ölçülmüştür. Kaydedilen değerlere ait ortalama değer Çizelge 3. 5'de verilmiştir.

Çizelge 3. 5. Deneme Süresince Serada Kaydedilen Ortalama Sıcaklık ve Nem Değerleri

Sıcaklık (^{o}C)	Nem (%)
26	42



Şekil 3. 19. Yetiştirme odasındaki şişe kavanoz denemesinden bir görünüş

Alınan bitki materyalleri 65^{o}C'deki fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, ağırlıkları ve daha sonra toplam azot kapsamları tespit edilmiştir. Elde edilecek bu değerlere bağlı olarak bitkilerin toplam azot kapsamları ve bir gelişme periyodu süresince, izolatların havadan tespit etmiş oldukları mg azot değerleri aşağıdaki formül ile belirlenmiştir (Yaman ve Cinsoy 1996, Öğütcü 2000).

$$\textbf{mg N /kavanoz} = \frac{\text{Biyokütlenin kuru ağırlığı x Biyokütlenin \% N miktarı}}{100} \times 1000$$



Şekil 3. 20. Bitki köklerinde nodüllerin görünümü

Tespit edilen azot miktarı = İzolatın aşılandığı bitkiye ait toplam azot miktarı – Aşısız kontrole ait toplam azot miktarı eşitliğinden hesaplanmıştır (Yaman ve Cinsoy 1996, Öğütcü 2000).

Simbiyotik etkinlik (%) = İzolatın aşılandığı bitkinin azot miktarı x 100
Azotlu kontrolün azot miktarı

Formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Beck ve ark. 1993, Materon ve ark. 1995, Algur ve Öğütcü 2000).

Etkinlik derecesi = Test bitkisinin ortalama kuru madde ağırlığı x100
Azotlu kontrol bitkisinin ortalama kuru madde ağırlığı

İzolatların etkinlik derecelerine göre gruplara ayrılmasında aşağıdaki sınırlar esas alınmıştır (Holding ve Kong 1963).

Etkinlik Derecesi

100 >	olanlar	Çok etkili
100–75	arası	Etkili
75-50	arası	Orta derecede etkili
50-25	arası	Az etkili
25 <	olanlar	Etkisiz

3. 2. 5. Sera denemesinin kurulması

Yetiştirme ortamında fasulye tohumlarının aşılanmasında azot fiksasyonu bakımından, en etkili *Rhizobium sp.* izolatlarını seçmek amacı ile yapılan ön denemede kullanılan 94 izolattan azot fikse etme kapasitelerine ve nodül durumlarına (büyüklüğü, kökteki durumu, rengi, dağılımı) göre etkili olabileceği tahmin edilen 6 izolat seçilmiştir. Bu etkili izolatlarla Yunus 90 fasulye çeşidi kullanılarak Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi serasında 8 Nisan 2008 yılında saksı denemesi kurulmuştur. 12 Haziran 2008'de de bitkiler çiçeklenme döneminde hasat edilmiştir.

Saksılara 1 kg üzerinden 1 birim hacim toprak + 1 birim hacim kum + 1 birim hacim perlit ilave edilerek yetiştirme ortamı hazırlanmıştır. Ortama 4 kg N/da $(NH_4)_2SO_4$ (% 21 N), 6 kg P_2O_5/da TSP (% 45 P_2O_5), 5 kg K_2O/da K_2SO_4 (% 50 K_2O) olacak şekilde makro ve 1,25 kg da^{-1} Fe, 3 kg da^{-1} Mn, 0,5 kg da^{-1} Zn, 0,25 kg da^{-1} Cu olarak mikro element gübrelemesi yapılmıştır. Kontrol saksılarına herhangi bir gübreleme işlemi yapılmamıştır. Yetiştirme ortamı ekime hazır hale getirildikten sonra tohumlar steril edilip ekilerek bakteri aşılaması yapılmıştır. Bitkilerin çiçeklenme dönemi sonunda hasat edildikten sonra bitkinin üst ve alt aksamında ölçümler yapılmıştır.

Deneme Konuları :

A = 1 nolu izolat
B = 2 nolu izolat
C = 3 nolu izolat
D = 4 nolu izolat
E = 5 nolu izolat
F = 6 nolu izolat
X = mix izolat
Y = referans izolat
Z= azotlu kontrol
K = kontrol



Şekil 3. 21. Saksı denemesinde yetiştirme ortamı için kullanılan materyaller



Şekil 3. 22. Yetiştirme ortamı için kullanılan materyallerin 1:1:1 oranında karıştırılması

3. 2. 6. Tarla denemelerinin kurulması

Laboratuvar çalışması sonucunda etkili olan *Rhizobium sp.* izolatlarının sera koşullarında test edilmesinin ardından sera şartlarında etkili olanların arazideki sonuçlarını görmek için ve pratikte kullanılabilirliğini ortaya çıkarmak adına, Konya Toprak Su Kaynakları Araştırma Enstitüsüne ait olan arazide, 14 Mayıs 2009 yılında bir tarla denemesi kurulmuştur. Deneme**;** Tesadüf Blokları Deneme Deseni uyarınca dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Denemede her parsel boyutları 2.5 m x 2 m şeklinde sıra aralıkları 50 cm ve sıra üstü 20 cm olacak şekilde deneme yürütülmüştür. Deneme 22 Eylül 2009'da hasat edilmiştir.

A1 1		D2 11		C3 21		B4 31
YOL						
B1 2		E2 12		D3 22		F4 32
C1 3		F2 13		A3 23		E4 33
D1 4		KO2 14		B3 24		X4 34
E1 5		X2 15		Y3 25		KO4 35
	YOL					
F1 6		Y2 16		X3 26		D4 36
X1 7		Z2 17		KO3 27		C4 37
Y1 8		A2 18		F3 28		Z4 38
Z1 9		B2 19		Z3 29		A4 39
KO1 10		C2 20		E3 30		Y4 40

Şekil 3. 23. Tarla deneme deseni (A= 1 nolu izolat, B= 3 nolu izolat, C= 5 nolu izolat, D= 23 nolu izolat, E= 69 nolu izolat, F= 85 nolu izolat, X= referans izolat, Y= mix izolat, Z= azotlu kontrol ve KO= kontrol

Deneme Konuları :

A = 1 nolu izolat

B = 2 nolu izolat

C = 3 nolu izolat

D = 4 nolu izolat

E = 5 nolu izolat

F = 6 nolu izolat

X = mix izolat

Y = referans izolat

Z= azotlu kontrol

K = kontrol

3. 2. 6. 1. Tarla denemesi için aşılama kültürünün elde edilmesi

Hava kuru peat, elekten geçirilmiş, 121^{o}C'de 2 saat otoklavlanarak steril edilmiştir. Sıvı yeast mannitol ekstrakt besiyerinde inkübasyona bırakılarak *Rhizobium sp.* bakterisi geliştirilerek, steril edilmiş taşıyıcı materyal ile 1:1 oranında karıştırılmış ve 28^{o}C'lik etüvde 4 gün inkübasyona bırakılmıştır (Daza ve ark. 2000).

3. 2. 6. 2. Aşılama ve ekim

Gerekli tohum miktarı her parsel için hesaplanıp, polietilen torbalara konulmuştur. İnokulant ile aşılanacak parsellerde kullanılacak polietilen torbalardaki fasulye tohumları üzerine % 1 oranında % 10'luk sakaroz çözeltisi ilave edilerek tohum yüzeyleri ıslatılmıştır. Bunun üzerine % 1'lik inokulant ilave edilerek torbalar yavaşça sallanıp, inokulantın tohumlara yapışması sağlanmıştır. Tohumlar gölgede kurutularak hemen ekilmiştir. Bulaşmayı önlemek amacı ile önce kontrol ve azot gübreli parsellerin, daha sonra bakteri aşılı parsellerin ekimi yapılmıştır. Ekim 50 cm sıra arası ve 20 cm sıra üzeri ekim sıklığında olacak şekilde elle yapılmıştır. Güneş ışınlarının bakteri üzerindeki olumsuz etkisinden kaçınmak için, ekim akşam saatlerinde yapılmıştır.

3. 2. 6. 3. Gübreleme

Kurulan tarla denemesine bütün parsellere ekimle birlikte, 6 kg P_2O_5/da TSP (% 45 P_2O_5), 5 kg K_2O/da K_2SO_4 (% 50 K_2O) olacak şekilde makro ve 5 mg kg^{-1} Fe, 12 mg kg^{-1} Mn, 2 mg kg^{-1} Zn, 1 mg kg^{-1} Cu olarak mikro element taban gübresi uygulanmıştır. Azotlu gübre ise ekim esnasında 4 kg N/da $(NH_4)_2SO_4$ (% 21 N), verilerek parsel alanına karıştırılmıştır. Kontrol parsellerine ise herhangi bir gübre verilmemiştir.

3. 2. 6. 4. Sulama ve bakım

Denemede, topraktaki su miktarı ve bitkinin gereksinimine bağlı olarak tüm bitki gelişimi süresince 6 kez 2'şer saat sulama yapılmıştır. Yağış ve sulamadan dolayı oluşan kaymak tabakasının kırılmasını sağlamak, yabancı otlardan deneme tarlasını temizlemek amacıyla deneme alanı üç kere çapalanmıştır.

3. 2. 6. 5. Nodülasyon

Parsellerdeki fasulye bitkisinde çiçeklenme oranı % 40-50'e ulaşınca parsel başlarından ayrılan 50 cm'lik alandaki rastgele seçilen bitkiler, belküreği ile köklere zarar vermeksizin sökülmüş, bol su ile dolu kova içinde yıkanarak temizlenmiş ve gerekli gözlemler yapılmıştır. Ancak söküm esnasında nodüllerin dökülmesi nedeniyle sağlıklı bir sayım yapılmadığı için değerlendirme yapılamamıştır.

3. 2. 7. Fasulye bitkisinde yapılan ölçüm ve gözlemler

3. 2. 7. 1. Bitki boyu

Her parselden rastgele seçilen 10 bitkide toprak yüzeyi ile bitkinin en üst noktası arasındaki açıklığın cm olarak ölçülmesi ile belirlenmiştir (Akçin 1974).

3. 2. 7. 2. Bitkide bakla sayısı

Hasat öncesinde hasat olgunluğuna başlamış her parselden 4 bitki hasat edilerek bitki üzerinde bakla sayıları sayılmış ve bunların ortalamaları alınarak bitki başına ortalama bakla sayısı belirlenmiştir (Akçin 1974).

3. 2. 7. 3. Bakladaki tane sayısı

Parsellerde tespit edilen bitkilerden hasat edilen 4 bitkiden baklaların içlerindeki taneler sayılarak ortalamaları alınmıştır (Akçin 1974).

3. 2. 7. 4. Hasat

Parsel başlarından 50 cm'lik kısım ve parsel yanlarından birer sıra atılarak kalan ortadaki iki sıradan elle yolunan bitkilerin hasadı yapılmıştır. Hasat edilen bitkilerin taneleri ayıklanmış ve elde edilen tohumlar tartılarak parsel numaralarına göre farklı kese kâğıtları içinde muhafaza edilmiştir.

3. 2. 7. 5. Bin tane ağırlığı

Rastgele sekiz defa 100 tane seçilerek, ayrı ayrı 0.1 g duyarlılıkta tartılmıştır. Sekiz tartımın ortalaması alınıp, 10'la çarpılarak 1000 tane ağırlığı gram olarak belirlenmiştir (Akçin 1974).

3. 2. 7. 6. Tane verimi

Parsel başlarından 50 cm'lik kısım ve parsel yanlarından birer sıra atılarak kalan ortadaki iki sıradan elle yolunan bitkiler sökülüp, kurutulmuş ve taneler ayrılmıştır. Parsellerine göre etiketlenen tohumların tartımları yapılmıştır ve daha sonra 1000 m^2'ye oranlanıp verimler belirlenmiştir.

3. 2. 7. 7. Tanede protein oranı

Her parselden alınan örnekler laboratuvar değirmeninde öğütüldükten sonra LECO yöntemi ile % N'u belirlenmiştir. Bu değerlerin 6.25 faktörü ile çarpılmasıyla da protein oranı hesaplanmıştır (Kanwar ve Chopra 1967).

3. 2. 7. 8. Hasat indeksi

Elde edilen dekara tane verim değerlerinin toplam verime oranlanması suretiyle hesaplanmıştır (Akçin 1974).

3. 2. 7. 9. Toplam verim

Hasat parselinde bulunan tüm bitkilerin havada kuru ağırlıkları belirlenerek elde edilen değerler kg/da'a çevrilmiştir (Akçin 1974).

3. 2. 8. İstatistiksel analizler

Tesadüf parselleri deneme deseninde kurulan sera ve tesadüf blokları deneme desenine göre kurulan tarla denemeleri sonucunda elde edilen verilere ait varyans analizleri yapılmış ve MSTAT-C bilgisayar programında uygulamaların önemlilik kontrolleri DUNCAN testi ile gruplandırılarak değerlendirilmiştir (Yurtsever 1984).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Konya yöresinde yetiştirilen çeşitli fasulye bitkilerinde simbiyotik azot fiksasyonunun belirlenmesi, etkin *Rhizobium sp.* izolatlarının izolasyonu ve izole edilen bakterilerin etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla Konya yöresinde, Derbent, Beyşehir, Bozkır, Çumra, İçeri Çumra, Karaaslan, Erler Köyü, Ereğli ve Karapınar ilçelerinden fasulye yetiştirilen tarlalardan toplam 94 adet nodül ve toprak örneği alınmıştır.

4. 1. Araştırmada Nodül Toplanan Alanlardan Alınan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Konya yöresinin çeşitli yerlerinden alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4. 1'de verilmiştir.

Söz konusu çizelgenin incelenmesinde görülebileceği gibi toprak örneklerinin pH değerleri 7.35 ile 8.34 arasında olup EC değerleri 86.95–1526.50 µmhos/cm arasında değişmektedir. Topraklar pH açısından hafif alkalin karakterde olup, tuz bakımından ise sınıfı tuzsuzdan tuzluya kadar değişme göstermektedir. Eyüpoğlu (1999)'a göre; Konya yöresi toprakları, pH bakımından % 0.1 orta asit, % 0.2 hafif asit, % 8.1 nötr, % 87.5 hafif alkali ve % 4.1 ise kuvvetli alkalidir. Araştırmaya konu olan topraklar tuzluluk sınıfına göre % 95.6 tuzsuz, % 3 hafif tuzlu, % 1 orta tuzlu ve % 0.4'ü çok tuzlu sınıfında yer almaktadır.

Tekstür bakımından araştırma konusu olan topraklar genellikle killi tın tekstüre sahip olup, killi, tınlı, kumlu ve siltli tın arasındaki sınıflarda da yer almaktadır. Yaklaşık % 48'i killi tın sınıfına dahil olurken, % 5.3'üde siltli tın sınıfında bulunmaktadır (Çizelge 4. 1). Eyüpoğlu 1999'a göre; Konya yöresi toprakları bünye bakımından % 4.1 kumlu, % 83.6 tınlı, % 12.1 killi tınlı ve % 0.2 killi sınıfına girmektedir.

Çizelge 4. 1'de de görüldüğü gibi, araştırma topraklarının kireç ($CaCO_3$) kapsamları % 1.57 ile % 52.56 arasında değişmektedir. Ülgen ve Yurtsever

(1984)'in bildirdiği sınır değerlerine göre toprakların % 28'i çok fazla kireçli (> % 25), % 29'u fazla kireçli (% 15–25), % 33'ü orta kireçli (% 5–15), % 10'u kireçli (% 1–5) sınıfına girmektedir. Diğer bir ifade ile söz konusu topraklar kireçli ve çok fazla kireçli sınıflar arasına dahil olmaktadır. Eyüpoğlu (1999)'a göre; Konya yöresi toprakları kireç kapsamı bakımından % 11.4 kireçli, % 18.9 orta kireçli, % 20.3 fazla kireçli ve % 49.4'ü çok fazla kireçli topraklar grubuna girmektedir.

Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen organik madde, toprak verimliliği ile yakından ilgilidir ve toprakların önemli bir yapı malzemesidir. Toprak verimliliğindeki önemi nedeni ile organik madde, yaygın olarak toprak verimliliğinin çok önemli bir indeksi olarak kullanılmaktadır. Organik madde bakımından Konya yöresi toprakları ise; % 27.5 çok az, % 43.6 az, % 22.1 orta, % 5.3 iyi ve % 1.5 yüksek sınıfında bulunmaktadır (Eyüpoğlu 1999).

Söz konusu araştırma topraklarının ise Çizelge 4. 1'de de görüleceği gibi organik madde miktarları 0.27 ile 3.81 arasında değişmekte olup, araştırmaya konu olan toprakların % 7'si çok az (% 0.1), % 63'ü az (% 1–2), % 24'ü orta (% 2–3) ve % 3'ü iyi düzeyde organik madde içermektedir. (Çizelge 4. 1.)

Çizelge 4. 1.'de araştırma topraklarının alınabilir kalsiyum (Ca) miktarları 2.36 me 100 g^{-1} ile 30.68 me 100 g^{-1} arasında değişmekte olup ortalama 7.08 me 100 g^{-1} dır. FAO (1990)'ın bildirdiği sınır değerlerine göre toprakların kalsiyum miktarları az, yeterli ve fazla düzeyde kalsiyum içermektedir. Sonuçlara göre en düşük değer Bozkır ilçesinden alınan toprak örneğinde belirlenmiş olup (2.36 me 100 g^{-1}), en yüksek değer ise Erler köyünden alınan örnekte (30.68 me 100g^{-1}) saptanmıştır.

Toprakların bitkilerce alınabilir magnezyum (Mg) miktarı ise 1.25 me 100 g^{-1} ile 11.7 me 100g^{-1} arasında değişmektedir. FAO (1990)'ın bildirdiği sınır değerlere göre toprakların magnezyum değerleri az, yeterli ve fazla düzeyde magnezyum içermektedir.

Araştırma toprakları azot bakımından 41.16 mg kg^{-1} ile 539.49 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. En düşük değer 41.16 mg kg^{-1} ile Beyşehir ilçesinden alınan örneklerde tespit edilmiş olup, en yüksek değer ise 539.49 mg kg^{-1} olup Çumra ilçesinden alınmış toprak örneklerinde saptanmıştır (Çizelge 4. 2). Genellikle araştırmaya konu olan toprakların azot, fosfor içerikleri; yeterli hatta oldukça yüksek olarak belirlenmiştir. Bu da bölge çiftçilerinin bilinçli gübreleme yapmadıklarını ortaya çıkarmaktadır.

Çizelge 4. 2' de de görüleceği gibi, söz konusu araştırma topraklarının fosfor miktarları yeterli ve oldukça yüksek olarak bulunmuştur. 22.13–599.58 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Diğer bir ifadeyle en düşük ve en yüksek fosfor miktarı Beyşehir ilçesinden alınan toprak örneklerinde belirlenmiş olup sonuçlara göre bu değerler 12.67 ile 343.31 kg P_2O_5/da olarak belirlenmiştir.

Toprakların potasyum miktarları 1.54–639.84 mgkg^{-1} arasında değişmektedir. Buna göre en düşük potasyum miktarı Çumra'dan alınan toprak örneklerinde belirlenmiş olup, en yüksek değer ise Beyşehir'den alınan örneklerde saptanmıştır. Değerler incelendiğinde potasyum miktarları çok az ile çok yüksek arasındaki sınıflarda yer almaktadır. Diğer bir ifade ile dekara 0.46 ile 192.77 kg K_2O düşmektedir. Konya yöresi toprakları potasyum (kg K_2O/da) bakımından % 0.6 az (< 20 kg/da), % 2.2 orta (20–30 kg/da), % 2.2 yeter (30–40 kg/da), % 95 yüksek (> 40 kg/da) arasındadır (Çizelge 4. 2)

Araştırma topraklarının Fe miktarları incelendiğinde Çizelge 4. 2'de de görülebileceği gibi 1.05–61.72 mg kg^{-1} arasında değişmekte olup, Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdiği sınır değerlerine göre, söz konusu topraklar demir bakımından genellikle yeterli hatta oldukça yüksek değerler olduğu saptanmıştır.

Bakır kapsamı yönünden ise topraklar 0.61 ile 6.32 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdiği sınır değerlerine göre, toprakların elverişli bakır miktarları yeterli veya genellikle yüksek düzeydedir (Çizelge 4. 2).

Toprakların bitkilerce alınabilir mangan (Mn) miktarları ise, Çizelge 4.2' de görülebileceği gibi, 0.98–292.39 mg kg^{-1} arasında değişmekte olup, toprakta verimlilik analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerlere göre mangan, çok azdan çok fazlaya kadar değişmektedir (FAO 1990).

Söz konusu toprakların bitkilerce alınabilir çinko (Zn) miktarları 0.22 mg kg^{-1} ile 6.14 mg kg^{-1} arasındadır. Lindsay ve Norvell (1978)'ın bildirdiği sınır değerlerine göre, topraklar az veya fazla düzeyde çinko kapsamaktadır (Çizelge 4. 2).

Çizelge 4.2 de de görülebileceği gibi, araştırma topraklarının molibden (Mo) miktarları 0.01 ile 1.22 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Kacar 1979'un bildirdiği sınır değerlere göre, topraktaki molibden 0.5–5 mg kg^{-1} arasındadır. Bu değerlere göre toprakların molibden miktarları genellikle düşük seviyededir. Sadece İçeri Çumra'dan alınan toprak örneklerinde yeterli seviyede bulunmuştur.

Toprakların kobalt miktarları ise 0.05 mg kg^{-1} ile 6.76 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Kacar (1979)'un bildirdiği sınır değerlere göre (0.2–5 mg kg^{-1}) toprakların kobalt miktarları az, yeterli ve hatta fazla bulunmuştur (Çizelge 4. 2).

Çizelge 4. 1. Nodül Toplanan Örnekleme Yerlerinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

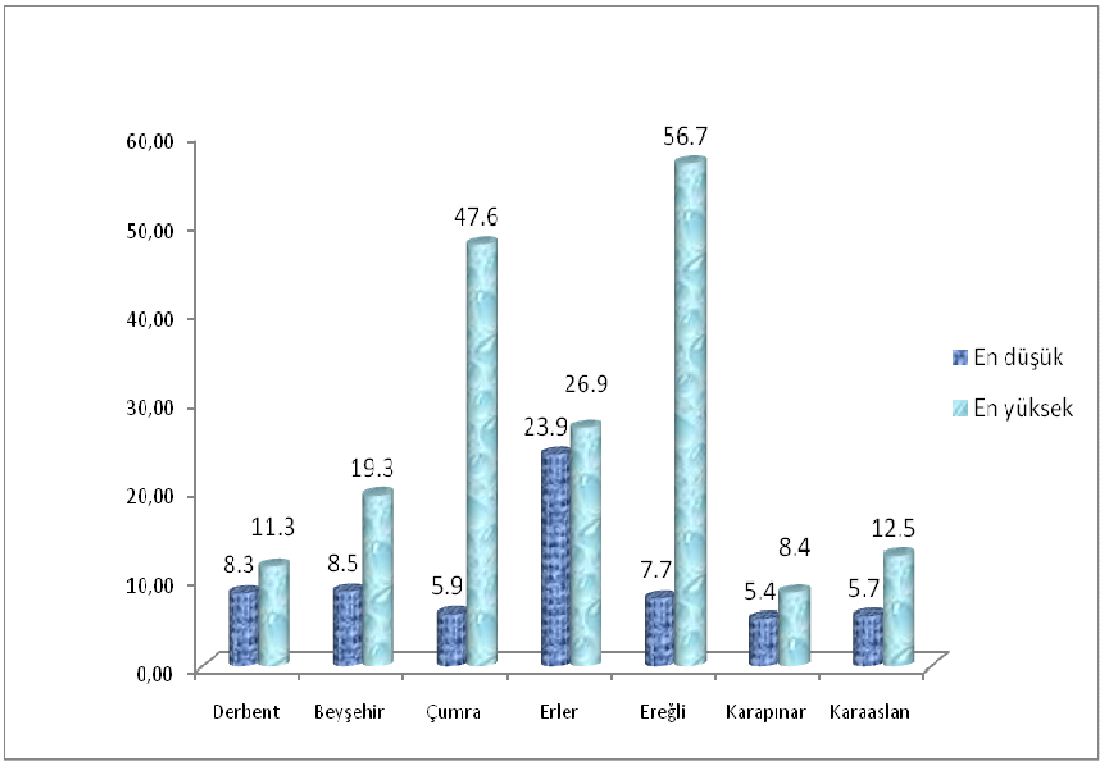
Örnek alınan yerler	**Örnek sayısı**	**pH**	**EC µmhos/cm**	**Sınıfı**	**$CaCO_3$ %**	**O.M. %**	**Ca me $100g^{-1}$**	**Mg me $100g^{-1}$**
Derbent	1	7.79	193.40	Killi tın	21.09	3.81	4.84	1.63
Beyşehir	17	7.83–8.22	86.95–444	Tınlı, siltli tın, killi tın	7.06–52.56	0.27–3.36	3.57–5.52	1.25–2.19
Bozkır	1	7.67	148.40	Siltli tın	1.57	2.56	2.36	1.80
Çumra	31	7.70–8.23	99.05–415.50	Killi, killi tın, tınlı	6.58–39.47	1.05–3.08	3.34–11.61	1.43–2.19
İçeri Çumra	14	7.61–8.34	79.60–1526.50	Killi tın, kumlu, tınlı	7.66–14.32	1.02–2.59	3.91–12.45	1.94–2.22
Karaarslan	3	7.92–8.27	99.4–133.2	Killi, killi tın	12.95–20.79	1.27–1.50	3.23–4.65	2.28–2.32
Erler	8	7.35–7.54	395–430	Killi	40–46	1.68–1.99	12.35–30.68	6.9–11.7
Ereğli	15	7.82–8.26	107.95–227	Killi tın, killi, kumlu, tınlı	22.75–35.69	0.31–2.93	2.58–5.59	1.80–2.22
Karapınar	4	8.02–8.21	145.15–183.90	Killi, killi tın	32.56–37.07	1.57–2.38	2.72–3.84	2.03–2.19

Çizelge 4. 2. Nodül Toplanan Örnekleme Yerlerinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (devamı)

Örnek alınan yerler	**Örnek sayısı**	**N** mg kg^{-1}	**P** mg kg^{-1}	**K** mg kg^{-1}	**Fe** mg kg^{-1}	**Cu** mg kg^{-1}	**Mn** mg kg^{-1}	**Zn** mg kg^{-1}	**Mo** mg kg^{-1}	**Co** mg kg^{-1}
Derbent	1	173.46	466.93	216.06	7.27	1.21	50.35	1.56	0.14	0.89
Beyşehir	17	41.16–358.68	22.13–599.58	31.66–639.84	2.94–36.74	0.61–1.97	8.52–288.30	0.30–1.77	0.01–0.015	0.05–2.43
Bozkır	1	109.76	70.35	78.94	12.94	0.902	47.74	0.96	0.01	0.34
Çumra	31	110.74–539.49	25.14–550.74	1.54–322.05	4.03–23.03	1.90–4.10	74.51–292.39	0.43–3.82	0.01–0.04	0.52–5.74
İçeri Çumra	14	49.98–320.46	42.07–173.35	132.65–359	3.93–25.43	1.56–3.51	56.07–253.10	0.42–6.14	0.01–1.22	0.56–4.01
Karaarslan	3	101.43–121.03	37.47–152.80	50.18–91.51	10.29–13.71	2.02–2.15	56.41–78.03	0.34–0.50	0.01	1.37–1.84
Erler	8	97–120	38.26–17.80	378–456	1.05–1.15	1.04–1.24	0.98–1.34	0.22–0.30	0.05–0.20	0.06–1.20
Ereğli	15	67.62–218.05	29.01–348.87	8.73–185.42	5.89–61.72	1.61–6.32	20.72–206.48	0.30–1.50	0.01–0.11	0.73–6.76
Karapınar	4	65.17–111.72	39.53–135.27	112.62–208.19	4.49–43.56	1.26–2.11	6.44–96.24	0.30–0.73	0.07–0.22	0.08–1.40

4. 2. Araştırma Topraklarının *Rhizobium phaseoli sp.* Potansiyeli

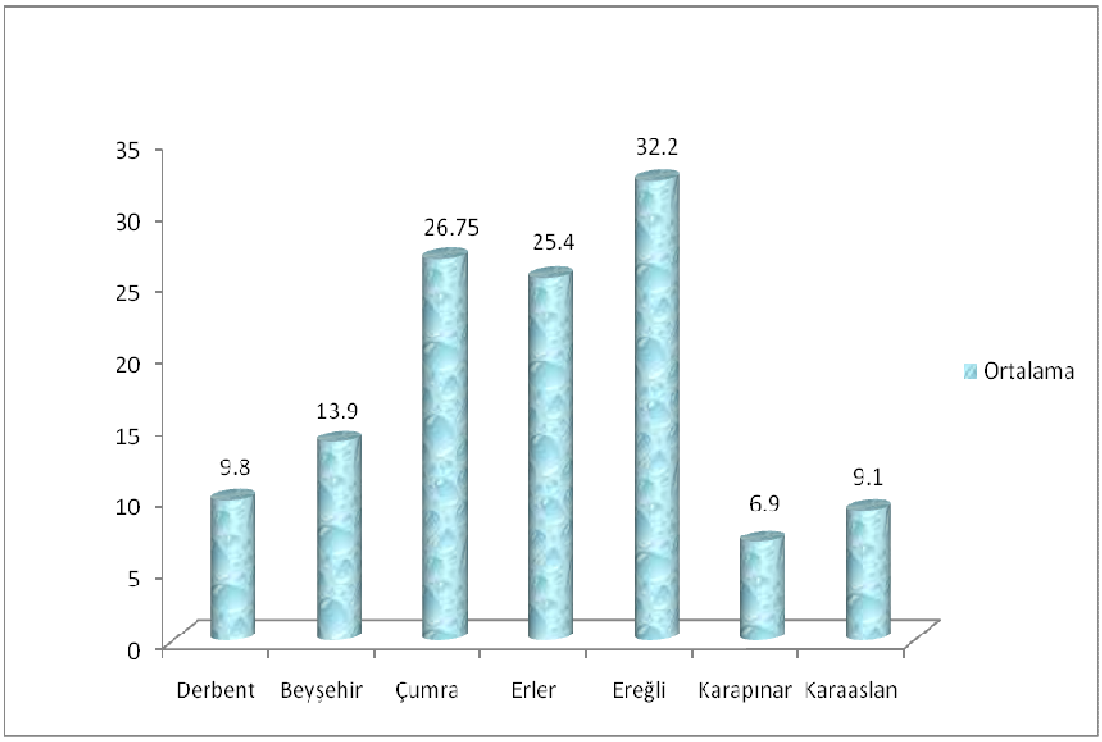
Konya yöresinde *Rhizobium sp.* potansiyelini belirlemek amacıyla, fasulye bitkisinin çiçeklenme döneminde steril koşullarda alınan toprak örneklerinde laboratuvar koşullarında KOCH yöntemine göre seyreltme işleminden sonra mikroorganizma sayımı yapılmıştır. Yapılan sayımda sonuçlara göre, topraktaki *Rhizobium sp.* sayıları 5.4 ile 56.7 x10^4 adet/10 g arasında değişmektedir. Diğer bir ifadeyle, en yüksek değer 56.7 x 10^4 adet/10 g olarak Ereğli ilçesinden alınan toprak örneğinde belirlenmiş olup, en düşük değer ise 5.4 x 10^4 adet/10 g Karapınar ilçesinden alınan toprak örneğinde saptanmıştır. Tarla denemesi kurulan alanda da (Karaaslan) *Rhizobium* sayımı yapılmış ve oldukça düşük değerler elde edilmiştir.



Şekil 4. 1. Nodül taraması için alınan toprak örneklerinde *Rhizobium sp.* sayıları (*Rhizobium* sayısı x 10^4 adet/10 g toprak)

Konya yöresinin farklı yerlerinde yetiştirilen fasulye bitkisinin kök bölgesinden alınan toprak örneklerinde *Rhizobium sp.* sayımı yapılmıştır. Yapılan sayımdan sonra mikroorganizma sayıları incelendiğinde ortalamalara göre, en yüksek

değer 32.2 x 10^4 adet/10 g toprak olarak Ereğli ilçesinden alınan toprak örneğinde bulunmuş olup, en düşük değer ise 6.7 x 10^4 adet/10 g toprak Karapınar ilçesinden alınan toprak örneğinde tespit edilmiştir. Ereğliden alınan toprakların analiz sonuçlarına göre *Rhizobium sp.*'nin aktivite göstermesi için, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri optimum seviyededir (Çizelge 4. 1 ve 4. 2). Dolayısıyla Ereğlideki *Rhizobium sp.* populasyonunun diğer bölgelere göre daha fazla olması doğaldır (Şekil 4. 2).



Şekil 4. 2. Nodül taraması için alınan toprak örneklerinde ortalama *Rhizobium sp.* sayıları (*Rhizobium* sayısı x 10^4 adet/10 g toprak)

Bilindiği gibi toprakta *Rhizobium sp.*'nin toprak özellikleri önemli derecede etkide bulunmaktadır. Özellikle toprak pH'sı, toprakta bulunan mineral N, organik madde ve toprak nemi gibi faktörler etkili olmaktadır. Bu faktörlerin optimum seviyede olması durumunda *Rhizobium sp.* bakterisi aktivite gösterebilmektedir. Nitekim araştırma topraklarından Ereğli toprakları pH, organik madde ve diğer faktörler yönünden optimum seviyede olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1 ve 4. 2).

Diğer taraftan toprak, bitki ve çevre faktörleri *Rhizobium sp.* potansiyelinin dağılımını ve onların gelişmelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Buna paralel olarak, toprak özellikleri (fiziksel, kimyasal, biyolojik) aynı zamanda *Rhizobium sp.* sayısını da etkilemektedir. Ayrıca *Rhizobium sp.*'lerin topraktaki dağılımları bölgeden bölgeye değişmektedir. Araştırma alanından toplanan topraklarda da *Rhizobium sp.* sayıları farklı değerler göstermiştir (Şekil 4. 1). Bu amaçla toprakların N, pH, EC, kireç, organik madde kapsamları ve besin elementi içerikleri ile Rhizobium sp. sayısı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacı ile yapılan korelasyonda da önemli pozitif ve negatif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4. 3).

Çizelge 4. 3'de de görüldüğü gibi toprak özellikleri ile topraktaki *Rhizobium sp.* arasında bir ilişki mevcuttur ve bu ilişki toprak özellikleri ile değişmektedir. Nitekim çalışmaya konu olan farklı yerlerden alınan topraklardaki *Rhizobium sp.* sayıları büyük değişiklikler göstermektedir. Bunun nedeni, toprak işleme, topraklara uygulanan gübreleme (özellikle azotlu gübreler), sulama gibi tarımsal uygulamalardan kaynaklanan toprak özelliklerindeki değişmelerdir. Diğer taraftan, araştırmaya konu olan toprakların bir çoğunda gübreleme nedeniyle başta N olmak üzere birçok besin elementi fazla durumdadır (Çizelge 4. 1 ve 4. 2). Bu durum, topraklardaki *Rhizobium sp.* populasyonunu ve başka bir ifade ile nodül oluşumunu doğrudan etkileyen bir faktördür.

Araştırmada kullanılan toprakların azot içerikleri genelde fazla olarak (% 0.004–0.05) bulunmuştur (Çizelge 4. 2). Ayrıca, azot ile *Rhizobium sp.* sayısı arasında yapılan korelasyonda ilişki pozitif ve % 1 seviyesinde önemli olarak tespit edilmiş olup korelasyon katsayısı r=0.571'dir (Çizelge 4. 3). Azotun *Rhizobium sp.* üzerine etkisi kesin olarak bilinmekte olup, ortama fazla azot verildiği zaman *Rhizobium sp.* bakterisi çalışmamaktadır. Bu da simbiyotik azot fiksasyonunu etkilemektedir.

Çizelge 4. 1'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere topraklar pH açısından hafif alkalin karakterdedir. Bu pH değerleri topraktaki birçok mikroorganizma için uygun olup, toprağın biyolojik aktivitesini yüksek tutmaktadır. Ancak yapılan

korelasyon analizinde *Rhizobium sp.* sayısı ile pH arasında bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4. 3).

Rhizobium sp. bakterilerinin aktiviteleri artan tuza paralel olarak düşmektedir. Çizelge 4. 3 incelendiğinde araştırmada nodül toplanan topraklarda toprak tuzluluğu ile *Rhizobium sp.* sayısı arasında bir ilişki tespit edilememiştir. Toprakta özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde aşırı tuz birikmesi, toprakların verimsizleşmesine sebeb olan en önemli faktörlerden birisidir. Tarım topraklarına çözünebilir tuzların aşırı birikmesi kültür bitkilerinin gelişmesini engellemekte kalmayıp tuz birikimi toprakta yaşayan *Rhizobium sp.* gibi faydalı organizmaları da olumsuz etkilemektedir. Bu etki, genellikle toprakta tuz iyonlarının zehir etkisinin yanında ozmotik dengenin bozulmasından kaynaklanmaktadır.

Araştırma topraklarının kireç içerikleri Çizelge 4. 1' de de görüldüğü gibi kireçli ve çok fazla kireçli sınıfına dahil olmaktadır. Aynı zamanda kireç içeriği ile *Rhizobium sp.* sayısı arasında pozitif ve önemli (r = 0.426)* bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 4. 3).

Çizelge 4. 1'de de görüldüğü gibi toprakların organik madde miktarları az ve yeterli düzey arasında değişmektedir. Ayrıca *Rhizobium sp.* sayısı ile topraktaki organik madde arasında yapılan korelasyonda önemli bir ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 4. 3).

Söz konusu toprakların *Rhizobium sp.* sayısı ile kalsiyum arasında yapılan korelasyonda pozitif ve önemli (r = 0.432)* bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4. 3). Yapılan çalışmalarda kalsiyum toprak reaksiyonuna etki ederek bitkinin gelişmesine ve *Rhizobium sp.*'nin çoğalma ve canlılığını devam ettirmesine yardımcı olur. Kalsiyum iyonları, fosfor, bor, mangan ve molibdenin bitki tarafından alınmasına yardım eder (Alva ve ark. 1987).

Diğer taraftan *Rhizobium sp.* sayısı ile topraktaki magnezyum ve fosfor arasında yapılan korelasyonda, *Rhizobium sp.* sayısı ile magnezyum ve *Rhizobium*

sp. sayısı ile fosfor arasında önemli bir ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 4. 3). Ancak fosfor, *Rhizobium sp.* bakterilerinin aktivitesi ve kök gelişimini artırarak nodüllerin daha erken, daha büyük ve daha fazla sayıda oluşmasına neden olduğu, dolayısıyla bitkilerde azot fiksasyonunu arttırdığı yönünde sonuçlar diğer araştırıcılar tarafından elde edilmiştir (Nagre ve Keshbar 1993).

Araştırmaya konu olan toprakların potasyum içerikleri çok az ile çok yüksek arasında değişmektedir. Potasyum ile *Rhizobium sp.* sayısı arasında yapılan korelasyonda pozitif ve önemli (r = 0.403)* bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4. 3).

Söz konusu toprakların demir içerikleri yeterli hatta oldukça yüksek düzeydedir. Fe içeriği ve *Rhizobium sp.* sayısı arasında yapılan korelasyon sonucu pozitif ve % 1 seviyesinde önemli ($P<0.01$) bir ilişki (r = 0.489)** olduğu Çizelge 4. 3'de de görülmektedir. Baklagil bitkileri demir içeren bir protein olan leghemoglobini ihtiva ederler. Leghemoglobin oksijeni geri dönüşümlü olarak yakalar ve nitrogenaz enzimin aktivite göstermesinde etkili olur (Kacar 1977).

Diğer taraftan araştırma topraklarının bakır ve mangan içeriği ile toprakta *Rhizobium sp.* sayısı arasında yapılan korelasyonda pozitif ve % 1 seviyesinde önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (r = 0.789, r = 0.579)** (Çizelge 4. 3). Topraklardaki bakır ve mangan miktarları yeterli veya genellikle yüksek düzeydedir (Çizelge 4. 2).

Araştırmaya konu olan topraklar az veya çok miktarda Zn içermektedir. Çinko ile *Rhizobium sp.* sayısı arasında yapılan korelasyonda pozitif ve önemli (r = 0.411)* ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4. 3). Yapılan bazı çalışmalarda ise çinkonun bitki büyümesi için gerekli olduğu ancak nodülasyona doğrudan etki yapmadıkları bildirilmiştir (Bordeleau ve Provest 1994).

Çizelge 4. 2'de de görüldüğü gibi toprakların molibden miktarları genelde yetersiz seviyededir. Sadece İçeri Çumra yöresinden alınan topraklarda yeterli

seviyede bulunmuştur. *Rhizobium sp.* sayısı ile molibden arasında yapılan korelasyonda da önemli bir ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 4. 3).

Toprakların kobalt miktarları az ve fazla arasında değişmekte olup, *Rhizobium sp.* sayısı ile kobalt arasında yapılan korelasyonda pozitif ve % 1 seviyesinde önemli (r = 0.834)** bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak toprakta belirlenen özelliklerden azot, kireç, kalsiyum, potasyum, demir, bakır, mangan, çinko ve kobalt ile *Rhizobium sp.* populasyonu arasında, pozitif ve önemli bir ilişki belirlenirken, toprak pH'sı, çözünebilir tuzlar, organik madde, fosfor ve molibden ile önemli bir ilişki tespit edilememiştir.

Rhizobium sayısı ile toprak özellikleri arasındaki ilişkinin doğrusal ölçüsünü belirlemek amacıyla regresyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre elde edilen regresyon denklemi şu şekildedir.

Rhizobium sayısı = 173 - 0.0481 N - 20.4 pH - 0.0421 EC + 0.014 $CaCO_3$ - 0.93 O. M. + 0.650 Ca - 5.20 Mg - 0.0527 P + 0.124 K - 0.269 Fe + 1.90 Cu - 0.092 Mn + 7.80 Zn - 4.4 Mo + 13.3 Co

Regresyon analizine göre; N, pH, EC, OM, Mg, P, Fe, Mn ve Mo negatif yönde, Kireç, Ca, K, Cu, Zn ve Co pozitif yönde ilişkinin doğrusal ölçüsünü belirlemişlerdir. Yapılan regresyonda istatistik olarak % 1 seviyesinde önemlidir. Regresyon belirleme katsayısı da % 98.1 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4. 3. *Rhizobium sp.* Sayısı ve Toprağın Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları

	Rhizobium sp. sayısı	N mg kg^{-1}	pH	EC	$CaCO_3$ %	O.M. %	Ca	Mg	P	K	Fe	Cu	Mn	Zn	Mo
N	0.571**														
	0.002														
pH	0.225	0.501**													
	0.260	0.008													
EC	0.344	0.477*	0.266												
	0.079	0.012	0.180												
$CaCO_3$	0.426*	0.345	0.195	0.123											
	0.027	0.078	0.330	0.540											
O.M.	0.180	0.538**	0.160	0.213	0.220										
	0.370	0.004	0.427	0.286	0.269										
Ca	0.432*	0.190	-0.297	0.450*	0.514**	0.062									
	0.024	0.342	0.133	0.018	0.006	0.759									
Mg	0.255	-0.123	-0.496**	0.191	0.521**	-0.073	0.916**								
	0.200	0.542	0.009	0.340	0.005	0.717	0.000								
P	0.326	0.754**	0.415*	0.111	0.356	0.777**	-0.083	-0.289							
	0.097	0.000	0.031	0.582	0.068	0.000	0.681	0.143							
K	0.403*	0.520**	0.038	0.543**	0.723**	0.455*	0.641**	0.533**	0.454*						
	0.037	0.005	0.850	0.003	0.000	0.017	0.000	0.004	0.017						
Fe	0.489**	0.405*	0.716**	0.158	0.332	0.325	-0.196	-0.283	0.403*	0.181					
	0.010	0.036	0.000	0.433	0.091	0.098	0.326	0.152	0.037	0.367					
Cu	0.789**	0.544**	0.636**	0.287	0.251	0.156	0.024	-0.165	0.332	0.062	0.757**				
	0.000	0.003	0.000	0.146	0.207	0.438	0.904	0.410	0.091	0.757	0.000				
Mn	0.579**	0.885**	0.707**	0.513**	0.247	0.376	-0.019	-0.311	0.637**	0.423*	0.664**	0.698**			
	0.002	0.000	0.000	0.006	0.214	0.053	0.925	0.115	0.000	0.028	0.000	0.000			
Zn	0.411*	0.754**	0.485**	0.836**	-0.038	0.439*	0.137	-0.220	0.448*	0.344	0.311	0.477*	0.752**		
	0.033	0.000	0.010	0.000	0.850	0.022	0.496	0.270	0.019	0.079	0.114	0.012	0.000		
Mo	0.181	0.265	0.311	0.924**	-0.053	0.179	0.292	0.047	-0.001	0.299	0.168	0.261	0.355	0.782**	
	0.366	0.181	0.114	0.000	0.794	0.371	0.140	0.815	0.996	0.130	0.403	0.189	0.069	0.000	
Co	0.834**	0.732**	0.655**	0.381*	0.312	0.295	0.131	-0.119	0.499**	0.233	0.732**	0.954**	0.811**	0.604**	0.291
	0.000	0.000	0.000	0.050	0.113	0.136	0.515	0.553	0.008	0.243	0.000	0.000	0.000	0.001	0.140

** : $P<0.01$

* :$P<0.05$

4. 3. Leonard'ın Modifiye Ettiği Ön Denemeden (Şişe Denemesi) Elde Edilen Sonuçlar

Konya yöresinden izole edilen ve teşhis edilmemiş 94 adet *Rhizobium sp.* bakterisi ile referans bakterisinin azot etkinliklerinin karşılaştırılması için Leonardın modifiye ettiği ön deneme kurulmuştur. Ön denemede materyal olarak kullanılan kumun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4. 4'de verilmiştir. Çizelge 4. 4'den de görülebileceği gibi, denemede bitki besin maddelerince fakir, ince zerreli kum kullanılmıştır.

Çizelge 4. 4. Ön Denemede Kullanılan Kumun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Özellik		**Değer**		**Özellik**	**Değer (mg kg^{-1})**
pH		7.83		Fe	4.15
EC (dS/cm)		0.085		Cu	0.17
% $CaCO_3$		47.2		Mn	1.67
% O.M.		0.03		Zn	0.65
N	**mg kg^{-1}**	20		Cd	0.0035
P		0.23		Mo	Eser
K		33.87		Co	0.015

Bu denemede, 94 adet nodülden izole edilen izolat kullanılmış ve elde edilen sonuçlara göre; bitkilerin azot fikse etme kapasitelerine bakılarak, deneme sonucunda 94 izolattan referans izolata göre etkili olan 6 izolat seçilmiştir. Seçilen izolatların alındığı yerlerin toprak özellikleri de *Rhizobium sp.*'nin çoğalması ve faaliyet gösterebilmesi için uygundur.

Bu seçilen izolatlarla saksı ve tarla denemeleri kurulmuştur. 94 adet izolatın içinden seçilen 6 adet izolat, azot fikse etme kapasiteleri ve nodül durumlarına (nodülün büyüklüğü, rengi, kökteki durumu, sayısı ve bakteroid varlığı) göre belirlenmiştir. Sera ve tarla denemeleri için seçilen izolatlar Çizelge 4. 5'de

gösterilmiştir. Bu izolatlar referans bakteriye karşı sera ve tarla denemeleri ile test edilmiştir.

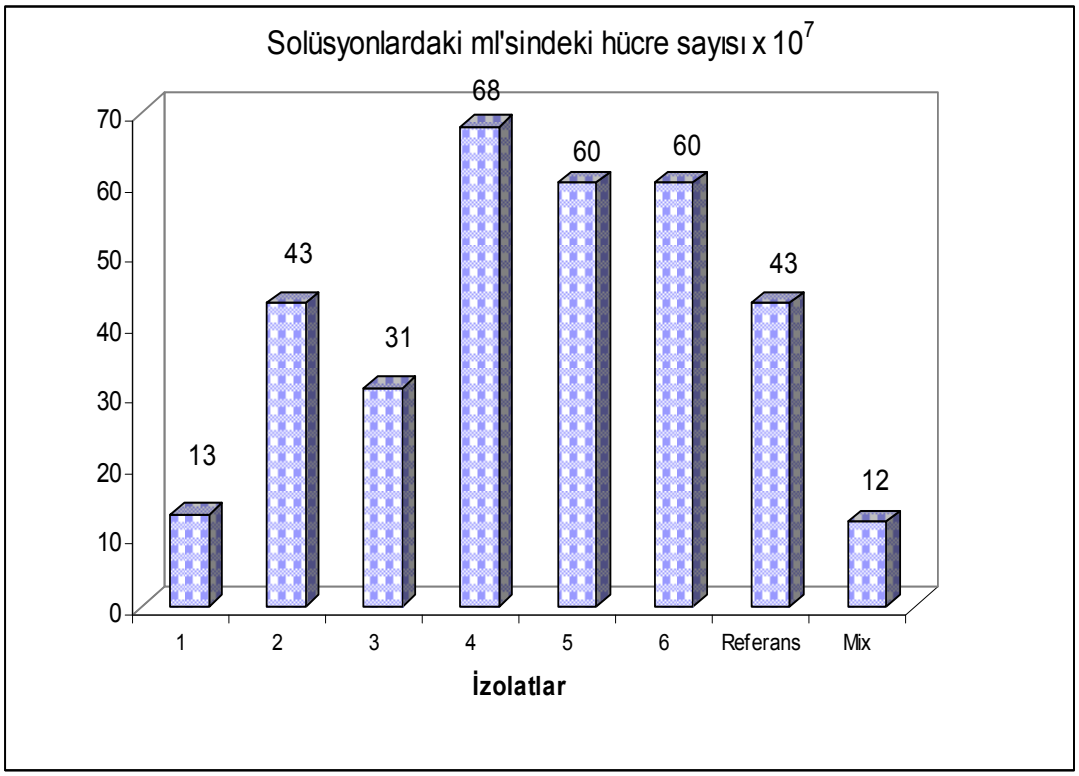
Bu denemede izolatların azotlu ve azotsuz kontrol bitkilere göre etkili olup olmadıkları araştırılmıştır. Denemede kullanılan izolatlar bitkilerin azot kapsamlarını önemli derecede etkilemiştir. Bu 94 izolat içerisinden azot fikse etme kapasitelerine göre 1–3–5–23–69 ve 85 nolu izolatlar en etkili olarak seçilmiş ve sera ve tarla denemelerinde referans izolata karşı etkinliği belirlenmiştir.

Çizelge 4. 5. Sera ve Tarla Denemesi İçin Seçilen Etkili İzolatlar

İzolat no	**Alındığı yer**	**Deneme numarası**
1	Derbent	1
3	Beyşehir	2
5	Beyşehir	3
23	Çumra	4
69	Erler köyü	5
85	Ereğli	6
Referans	CIAT 899 (Rhizobium tropici)	7
Mix	Bütün izolatların karışımı	8
Azotlu Kontrol		9
Kontrol		10

Sera ve tarla denemesi için seçilen izolatlar nodülden tekrar izole edilerek ve sıvı besiyerde çoğaltılarak bakteri kültürleri elde edilmiştir. Elde edilen kültürlerde tohuma aşılanmadan önce mikroorganizma ekimi yapılarak ml'ye düşen hücre sayısı bulunmuştur. Bakteri solüsyonlarında bulunan canlı hücre sayım sonuçları Şekil 4. 3'de adet/ml olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek hücre sayısı Çumra, Erler Köyü ve Ereğli ilçesinden örneklenen bitki köklerinden alınan nodüllerin izole edilmesinden sağlanmıştır. En düşük değer ise bütün solüsyonların karışımından elde edilen solüsyonda tespit edilmiştir. Aynı ortamda bulunan benzer

türden olan izolatların canlılığını koruyabilme ve ortamda çoğalabilme adına girdikleri rekabetlerin sonucu izolatların ortamdaki çoğalmaları diğer izolatlar tarafından engellenmiştir. Bunun sonucu olarak karışım izolatı diğerlerine göre daha az sayıda hücre sayısı ihtiva etmektedir. Bu sonuçlarda bu izolatların farklı genetik özelliklerine sahip olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4. 3. Tohuma aşılanan solüsyonlardaki bakteri sayısı (1 = Derbent, 2 = Beyşehir, 3 = Beyşehir, 4 = Çumra, 5 = Erler köyü, 6 = Ereğli, Referans = CIAT 899, Mix = Bütün izolatların karışımı)

4. 3. 1. Ön deneme sonucunda izolatların havadan tespit ettikleri azot kapsamları

Konya yöresinden fasulye köklerinden toplanan nodüllerden izole edilen ve referans Rhizobium sp. izolatları önce ön denemeye tabi tutularak en fazla azot tespit eden izolatların 6 tanesi seçilmiş ve bu izolatlarla serada saksı ve ayrıca tarla denemeleri kurularak doğal şartlar altında etkili olup olmadıkları araştırılmıştır.

Ön denemede 94 adet *Rhizobium sp.* izolatı kullanılmıştır. Bu çalışmada izolatların azotlu ve azotsuz kontrol bitkilere göre etkili olup olmadıkları ve doğal Rhizobium sp. izolatlarının referans izolatla karşılaştırılması araştırılmıştır. En yüksek kuru madde ağırlığı 3.49 g olarak, 85 nolu izolatla aşılanan bitkiden alınmış ve diğer izolatlarla aşılanan bitkilerin hiçbiri bu seviyede kuru madde ağırlığı vermemiştir. En düşük ise 82 nolu izolatla aşılanan bitkide olup 0.68 gramdır. Fakat kontrol bitkiler göz önüne alınırsa, denemede kullanılan izolatların geneli kuru madde ağırlıkları yönünden etkili oldukları görülmektedir (Çizelge 4. 6, Çizelge 4. 7, Çizelge 4. 8, Çizelge 4. 9 ve 4.10). Azotsuz kontrol bitkilerin kuru madde ağırlıkları 1.65 g olmasına karşılık, diğer izolatlarla aşılanan bitkilerin kuru madde ağırlıkları genelde daha yüksektir. Denemede kullanılan izolatlar bitkilerin azot kapsamlarını önemli derecede etkilemişlerdir.

Çizelge 4. 6, Çizelge 4. 7, Çizelge 4. 8, Çizelge 4. 9 ve Çizelge 4. 10' da da görülebileceği gibi denemede kullanılan izolatlar toplam azot kapsamları yönünden dikkate alındığında en etkili izolatın Beyşehir ilçesinden alınan nodülden izole edilmiş olan 3 nolu izolat olduğu görülmekte olup % azot miktarı 7.92'dir. Bu izolatla aşılanan bitkilerin toplam azot değeri 177.41 mg olmasına karşılık azotlu kontrol bitkilerin toplam azot değeri 128.90 mg, azotsuz kontrol bitkilerin toplam azot değeri ise 58.41 mg'dır. Denemede kullanılan izolatlar toplam azot kapsamları yönünden değerlendirildiği zaman en etkili izolatın 3 nolu (% 7.92) izolat olduğu görülmektedir. Toplam azot değerleri yönünden 3 nolu izolatı, 69 (% 7.47), 5 (% 7.40), 85 (% 7.31), 23 (% 7.08) ve 1 (% 7.02) nolu izolatlar izlemektedir. İzolatların tespit ettikleri mg azot bakımından en yüksek 85 nolu izolat tespit etmiş olup 196.71 mg'dır. Bunu sırasıyla, referans izolat (150.84 mg), 5 nolu izolat (149.53 mg), 1 nolu izolat (134.64 mg), 3 nolu izolat (119.00 mg), 23 nolu izolat (115.76 mg) ve 69 nolu izolat (90.24 mg) takip etmektedir. Çizelge 4. 10'da da görülebileceği gibi 85 nolu izolat havadaki serbest azottan bitkiye 196.71 mg azot kazancı sağlamıştır. En düşük ise 0.00 mg olarak kontrol ve 14 adet (13, 16, 18, 20, 26, 30, 32, 44, 51, 54, 56, 58, 82 ve 83) izolatta tespit edilmiştir. Bakteriler arasındaki simbiyotik etkinlik incelendiğinde % 44.16 ile % 121.66 arasında değişmektedir. En yüksek simbiyotik

etkinlik % 121.66 olup 3 nolu izolatta tespit edilmiştir. En düşük ise 13 nolu izolatta % 44.16'dır.

Çizelge 4. 6'da da görüldüğü gibi farklı izolatlarla aşılanan bitkiler arasındaki nodül sayısı gözönüne alındığında 0 ile 302 adet arasında değişmektedir. Kontrol ve azotlu kontrol bitkilerin köklerinde nodül oluşmamıştır. Nodül ağırlığı bakımından ise en yüksek 1.17 g olarak bütün bakterilerin karışımı olan izolatta (mix) elde edilmiştir. İzolatların etkinlik derecelerine göre gruplara ayrılmasında Holding ve Kong (1963)'a göre; 100 > olanlar çok etkili, 100–75 arası etkili, 75–50 arası orta derecede etkili, 50–25 arası az etkili ve 25 < olanlar etkisiz olarak belirlenmiştir. Buna göre etkinlik derecelerine bakıldığı zaman izolatların 22 adeti çok etkili, 28 adeti etkili, 37 adeti orta derecede ve 7 adeti az etkili olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan, referans izolat çok etkili ve mix izolat ise etkili olarak belirlenmiştir. Kontrol grupları ise etkinlik derecesi bakımından etkisiz olarak bulunmuştur. Buna göre izolatların kontrol ve azotlu kontrol gruplarına karşı % 53.2'lik kısmı çok etkili ve etkili olarak belirlenmiştir. Bütün izolatlar arasındaki nodül sayısı, nodül ağırlığı, etkinlik derecesi, kök uzunluğu ve bitki boyu değerleri incelendiğinde aralarındaki farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir. En düşük % azot miktarı ise kontrol bitkisinden elde edilmiştir. Azotlu kontrol bitkilerinin N değeri ise % 6.51'dir.

Bütün izolatlar arasındaki bitki ve kök uzunlukları incelendiğinde; bitki uzunlukları 31–79.40 cm arasında değişmekte olup, kök uzunlukları ise 17 ile 30.33 cm arasında belirlenmiştir.

Azot fikse etme kapasitelerine göre 1, 3, 5, 23, 69 ve 85 nolu izolatlar en etkili olarak seçilmiş ve sera ve tarla denemelerinde biyolojik gübre olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4. 6. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki Boyu ve Kök Uzunluk Değerleri (n=3)

İzolat no	**% N (toplam)**	**Kuru madde ağ. gr/kavanoz**	**mg/kavanoz N**	**Tespit edilen N mg/kavanoz**	**Simbiyotik etkinlik (%)**	**Etkinlik derecesi (%)**	**Nodül sayısı adet/bitki**	**Nodül ağırlığı gr/bitki**	**Bitki boyu (cm)**	**Kök uzunluğu (cm)**
Kontrol	3.54	1.65	58.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.67	26.33
Azotlu Kontrol	6.51	1.98	128.90	70.49	100.00	100.00	0.00	0.00	58.00	24.33
Referans izolat	6.75	3.1	209.25	150.84	103.69	156.57	96.00	0.68	47.50	30.33
Mix izolat	6.63	1.82	120.67	62.26	101.84	91.92	75.33	1.17	51.67	29.00
1	7.02	2.75	193.05	134.64	107.83	138.89	173.67	1.01	53.00	30.33
2	6.86	1.65	113.19	54.78	105.38	83.33	96.00	0.48	56.17	26.00
3	7.92	2.24	177.41	119.00	121.66	113.13	65.00	1.10	42.33	27.33
4	5.54	1.46	80.87	22.46	85.09	73.74	57.00	0.08	66.50	26.00
5	7.40	2.81	207.94	149.53	113.67	141.92	50.67	0.85	55.33	26.00
6	4.90	2.24	109.81	51.40	75.30	113.13	18.00	0.06	51.00	29.50
7	4.85	1.68	81.53	23.12	74.54	84.85	67.00	0.28	67.50	27.50
8	5.67	1.57	89.02	30.61	87.10	79.29	90.00	0.20	50.00	25.00
9	5.48	1.25	68.54	10.13	84.23	63.13	0.00	0.00	61.50	28.00
10	3.65	2.05	74.83	16.42	56.07	103.54	7.00	0.06	68.50	27.00
11	4.79	1.72	82.39	23.98	73.58	86.87	88.00	0.29	72.75	24.50
12	5.86	1.29	75.59	17.18	90.02	65.15	66.00	0.29	40.00	23.50
13	2.88	1.73	49.74	0.00	44.16	87.37	51.00	0.16	58.50	28.00
14	4.37	1.51	65.95	7.54	67.09	76.26	144.00	0.36	49.00	27.00
15	6.17	1.64	101.19	42.78	94.78	82.83	2.00	0.05	59.00	25.00
16	5.26	1.05	55.22	0.00	80.79	53.03	51.00	0.29	52.50	17.00

Çizelge 4. 7. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki Boyu ve Kök Uzunluk Değerleri (n=3) (devamı)

İzolat no	% N (toplam)	Kuru madde ağ. gr/kavanoz	mg/kavanoz N	Tespit edilen N mg/kavanoz	Simbiyotik etkinlik (%)	Etkinlik derecesi (%)	Nodül sayısı adet/bitki	Nodül ağırlığı gr/bitki	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)
17	3.76	1.67	62.85	4.44	57.81	84.34	61.00	0.24	55.00	26.50
18	3.94	1.22	48.11	0.00	60.57	61.62	134.00	0.31	56.00	20.00
19	5.23	1.68	87.86	29.45	80.34	84.85	30.00	0.15	55.00	24.00
20	3.57	1.33	47.49	0.00	54.85	67.17	35.00	0.12	51.00	26.50
21	6.70	2.06	138.02	79.61	102.92	104.04	73.00	1.06	41.00	23.50
22	6.08	2.46	149.57	91.16	93.39	124.24	69.00	0.30	60.50	24.00
23	7.08	2.46	174.17	115.76	108.76	124.24	76.00	1.06	59.17	27.00
24	5.03	1.41	70.88	12.47	77.22	71.21	3.00	0.01	65.50	24.00
25	5.55	1.42	78.86	20.45	85.31	71.72	52.00	0.15	45.75	25.00
26	4.00	1.43	57.20	0.00	61.44	72.22	96.00	0.30	54.50	30.00
27	5.11	1.38	70.51	12.10	78.49	69.70	100.00	0.27	55.50	28.00
28	4.55	1.32	60.12	1.71	69.97	66.67	50.00	0.15	57.50	25.00
29	5.58	1.58	88.16	29.75	85.71	79.80	72.00	0.16	63.50	27.00
30	4.03	1.30	52.43	0.00	61.96	65.66	8.00	0.02	34.50	24.00
31	4.81	1.40	67.29	8.88	73.84	70.71	50.00	0.15	53.50	26.50
32	4.22	0.97	40.93	0.00	64.82	48.99	135.00	0.55	54.50	27.00
33	5.32	2.00	106.40	47.99	81.72	101.01	135.00	1.16	52.50	26.00
34	5.72	2.47	141.28	82.87	87.86	124.75	142.33	1.16	40.00	25.33
35	4.79	1.24	59.42	1.01	73.61	62.63	80.00	0.32	49.50	28.00
36	5.65	2.66	150.26	91.85	86.77	134.34	71.00	0.33	65.25	21.00

Çizelge 4. 8. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitkiv Kök Uzunluk Değerleri (n=3) (devamı)

İzolat no	% N (toplam)	Kuru madde ağ. gr/kavanoz	mg/kavanoz N	Tespit edilen N mg/kavanoz	Simbiyotik etkinlik (%)	Etkinlik derecesi (%)	Nodül sayısı adet/bitki	Nodül ağırlığı gr/bitki	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)
37	5.15	1.41	72.67	14.26	79.17	71.21	79.00	0.42	35.00	28.50
38	6.75	2.09	141.13	82.72	103.73	105.56	82.33	0.42	61.83	27.17
39	7.34	1.87	137.26	78.85	112.75	94.44	106.00	0.54	50.33	24.67
40	6.41	2.05	131.43	73.02	98.48	103.54	94.00	0.58	62.50	30.33
41	6.88	2.25	154.70	96.29	105.62	113.64	88.00	0.52	40.00	26.00
42	4.92	1.44	70.85	12.44	75.58	72.73	97.00	0.52	31.00	23.00
43	6.12	1.25	76.50	18.09	94.01	63.13	14.00	0.01	55.50	22.00
44	3.26	1.58	51.52	0.00	50.09	79.80	71.00	0.29	61.00	23.50
45	5.94	1.26	74.84	16.43	91.24	63.64	53.00	0.09	79.40	23.50
46	5.47	2.05	112.14	53.73	84.02	103.54	93.00	0.19	59.00	25.50
47	5.49	2.00	109.80	51.39	84.33	101.01	96.67	0.91	44.00	26.33
48	6.46	1.26	81.40	22.99	99.23	63.64	27.00	0.33	48.00	28.00
49	5.84	1.91	111.54	53.13	89.71	96.46	109.00	0.29	50.00	28.50
50	4.62	1.80	83.16	24.75	70.97	90.91	58.33	0.51	65.00	28.67
51	4.02	0.94	37.82	0.00	61.81	47.47	24.00	0.08	57.00	25.00
52	6.18	1.90	117.42	59.01	94.93	95.96	58.00	0.55	48.50	25.33
53	6.47	2.32	150.10	91.69	99.39	117.17	112.00	0.74	48.33	25.67
54	7.04	0.78	54.95	0.00	108.21	39.39	37.00	0.08	56.50	25.00
55	7.06	1.46	103.08	44.67	108.45	73.74	27.00	0.11	50.00	19.00
56	4.25	1.13	48.03	0.00	65.28	57.07	12.00	0.08	50.00	23.00

Çizelge 4. 9. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki ve Kök Uzunluk Değerleri (n=3) (devamı)

İzolat no	% N (toplam)	Kuru madde ağ. gr/kavanoz	mg/kavanoz N	Tespit edilen N mg/kavanoz	Simbiyotik etkinlik (%)	Etkinlik derecesi (%)	Nodül sayısı adet/bitki	Nodül ağırlığı gr/bitki	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)
57	5.83	1.24	72.29	13.88	89.55	62.63	67.00	0.37	61.50	25.00
58	5.07	0.98	49.71	0.00	77.92	49.49	128.00	0.37	52.50	17.00
59	5.96	1.34	79.92	21.51	91.61	67.68	39.00	0.08	50.00	25.50
60	6.16	1.64	101.06	42.65	94.66	82.83	129.00	0.32	40.00	23.00
61	6.90	1.51	104.19	45.78	105.99	76.26	51.00	0.26	46.50	23.00
62	4.69	1.77	83.04	24.63	72.07	89.39	89.00	0.27	59.00	25.50
63	5.35	1.46	78.11	19.70	82.18	73.74	50.00	0.10	47.50	26.00
64	5.21	1.29	67.21	8.80	80.03	65.15	55.00	0.41	52.50	28.00
65	5.09	1.52	77.37	18.96	78.19	76.77	0.00	0.00	42.00	27.50
66	4.81	1.39	66.86	8.45	73.89	70.20	75.00	0.37	55.00	24.50
67	5.28	2.23	117.74	59.33	81.11	112.63	202.33	0.42	59.00	25.83
68	6.46	0.89	57.49	0.00	99.23	44.95	56.00	0.18	59.50	24.00
69	7.47	1.99	148.65	90.24	114.75	100.51	64.00	0.79	52.83	24.67
70	6.52	1.41	91.93	33.52	100.15	71.21	129.33	1.00	46.33	24.00
71	4.71	1.30	61.23	2.82	72.35	65.66	48.00	0.22	44.50	17.00
72	6.18	1.09	67.36	8.95	94.93	55.05	50.00	0.13	58.50	26.50
73	4.64	1.54	71.46	13.05	71.27	77.78	66.00	0.24	55.00	28.00
74	4.71	1.70	80.07	21.66	72.35	85.86	51.00	0.45	44.00	27.00
75	4.64	1.60	74.24	15.83	71.27	80.81	43.00	0.16	58.00	27.50
76	5.77	1.85	106.66	48.25	88.56	93.43	36.00	0.12	40.85	27.00

Çizelge 4. 10. Ön Denemeden Elde Edilen Fasulye Bitkisinde Kuru Madde Ağırlıkları, Toplam Azot Kapsamları, Nodül Sayısı ve Ağırlığı, Etkinlik Derecesi, Bitki ve Kök Uzunluk Değerleri (n=3) (devamı)

İzolat no	% N (toplam)	Kuru madde ağ. gr/kavanoz	mg/kavanoz N	Tespit edilen N mg/kavanoz	Simbiyotik etkinlik (%)	Etkinlik derecesi (%)	Nodül sayısı adet/bitki	Nodül ağırlığı gr/bitki	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)
77	5.94	1.83	108.70	50.29	91.24	92.42	39.67	0.49	57.67	27.33
78	6.33	1.23	77.86	19.45	97.24	62.12	34.00	0.12	47.50	27.50
79	4.49	1.77	79.41	21.00	68.92	89.39	37.00	0.15	44.50	22.00
80	5.70	1.34	76.38	17.97	87.56	67.68	26.00	0.09	49.50	30.00
81	5.04	1.60	80.64	22.23	77.42	80.81	84.00	0.13	38.50	30.00
82	5.73	0.68	38.96	0.00	88.02	34.34	35.00	0.12	34.00	28.50
83	4.20	1.11	46.62	0.00	64.52	56.06	38.00	0.17	49.00	24.00
84	4.97	1.80	89.46	31.05	76.34	90.91	132.67	0.45	45.83	26.00
85	7.31	3.49	255.12	196.71	112.29	176.26	149.67	0.95	47.00	28.33
86	5.23	1.36	71.13	12.72	80.34	68.69	90.00	0.22	48.00	27.00
87	4.21	1.42	59.77	1.36	64.66	71.72	97.00	0.22	59.50	29.00
88	7.40	0.99	73.29	14.88	113.72	50.00	21.00	0.10	62.50	24.00
89	5.88	2.56	150.53	92.12	90.32	129.29	104.00	1.06	52.67	25.67
90	5.44	1.47	79.97	21.56	83.57	74.24	22.00	0.17	68.50	25.00
91	4.54	1.99	90.35	31.94	69.74	100.51	88.67	0.91	49.00	23.00
92	6.26	1.16	72.62	14.21	96.16	58.59	31.00	0.19	45.00	28.00
93	6.69	1.90	127.11	68.70	102.76	95.96	302.67	0.77	61.17	24.67
94	5.74	1.81	103.88	45.47	88.16	91.41	56.00	0.22	64.00	26.50
En düşük	3.54	0.68	37.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.00	17.00
En yüksek	7.92	3.49	255.12	196.71	121.66	176.26	302.00	1.17	79.40	30.33

4. 4. Sera Denemesi Sonuçları

Leonardın modifiye ettiği ön denemeden sonra azot fikse etme kapasiteleri bakımından referans bakteriye göre etkinlikleri yüksek olan 6 *Rhizobium sp.* bakterisi, bunların karışımı (mix izolat) 1 referans izolat, azotlu ve azotsuz kontrol uygulaması olmak üzere 10 konulu sera denemesi kurulmuştur. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4. 11 'de verilmiştir.

Çizelge 4. 11. Sera Denemesinde Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Özellik	Birimi	Değer	Özellik	Birimi	Değer
pH		6.81	Solma noktası	%	10.26
EC	(µmhos/cm)	443	$CaCO_3$	%	25.54
Kum	%	46.2	N	mg kg^{-1}	42.14
Silt	%	22	P		154.26
Kil	%	31.8	K		63.5
Sınıfı		Kumlu killi tın	Fe		2.65
Hacim ağırlığı	gr/cm^3	1.35	Cu		1.99
Organik madde	%	1.59	Mn		51.11
Tarla kapasitesi	%	21.16	Zn		0.41

Çizelge 4. 11'deki değerler incelendiğinde sera denemesinde kullanılan toprağın pH değeri 6.81 olup hafif alkalin karakterdedir, EC değerleri bakıldığında tuzsuz, sınıfına dahil olmaktadır. Bünyesi kumlu killi tın sınıfında olup, organik madde yönünden ise fakirdir (% 1.59). Kireci % 25.54 olup aşırı kireçlidir. Azot bakımından ise yoksundur (42.14 mg kg^{-1}). Deneme toprağı fosfor ve potasyum bakımından yeterli hatta çok fazla düzeydedir (154.26 - 63.5 mg kg^{-1}). Demir miktarı 2.65 mg kg^{-1} olup orta düzeydedir. Toprak bakır ve mangan bakımından çok fazladır. Çinko miktarı yönünden ise düşük seviyededir (0.41 mg kg^{-1}).



Şekil 4. 4. Sera denemesinden bir görünüş



Şekil 4. 5. Sera denemesinden bir görünüş

Konya yöresinde fasulye tarlalarından çiçeklenme döneminde alınan nodüllerden izole edilen 94 bakteri içerisinde referans bakteriye göre Leonard'ın ön denemeyle etkili olan *Rhizobium sp.* bakteri içerisinden referans bakteriye göre etkili olan 1, 3, 5, 23, 69 ve 85 nolu izolatlar ve bunların karışımından elde edilen izolatlarla sera denemesi kurulmuştur. Deneme sonucunda, çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkilerde; bitki boyu, kök uzunluğu, bitkide nodül sayısı, nodül ağırlığı, % simbiyotik etkinlik, bitkinin kök ve üst aksam ağırlığı ile bitkinin % N değerleri incelenmiştir. Bu sonuçlara ait değerler aşağıda Çizelge 4. 12'de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen Verim Unsurları

İzolat no	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Nodül sayısı (adet/bitki)	Nodül ağırlığı (adet/g)	Simbiyotik Etkinlik %	Etkinlik Derecesi %
Kontrol	6.47dE	14.53 bB	0.00 dD	0 cD	0 dE	29.64 cC
Azotlu kontrol	9.67 cD	22.97 aA	12.00 dCD	0.05 cD	100.14 cD	99.93 abAB
1 nolu izolat	12.47 abAB	23.97 aA	165 abcAB	1.32 aAB	141.59 aA	107.05 abA
2 nolu izolat	13.57 aA	22.90 aA	110 bcdB	1.56 aA	125.77 abBC	111.43 abA
3 nolu izolat	11.57 abcBC	24.30 aA	110 bcdB	1.41 aA	124.70 abBC	124.06 aA
4 nolu izolat	9.33 cD	24.23 aA	108 bcdB	0.70 abcBC	137.39 aAB	78.52 bB
5 nolu izolat	12.90 aAB	23.57 aA	229 aA	1.31 aAB	137.15 aAB	96.31 abAB
6 nolu izolat	10.20 bcCD	22.67 aA	85 cdBC	0.41 bcCD	125.64 abBC	104.39 abAB
Referans izolat	12.57 abAB	26.70 aA	226 aA	0.93 abABC	136.20 aAB	111.92 abA
Mix izolat	11.47 abcBC	22.43 aA	215 abA	0.93 abABC	113.90 bcC	100.63 abAB

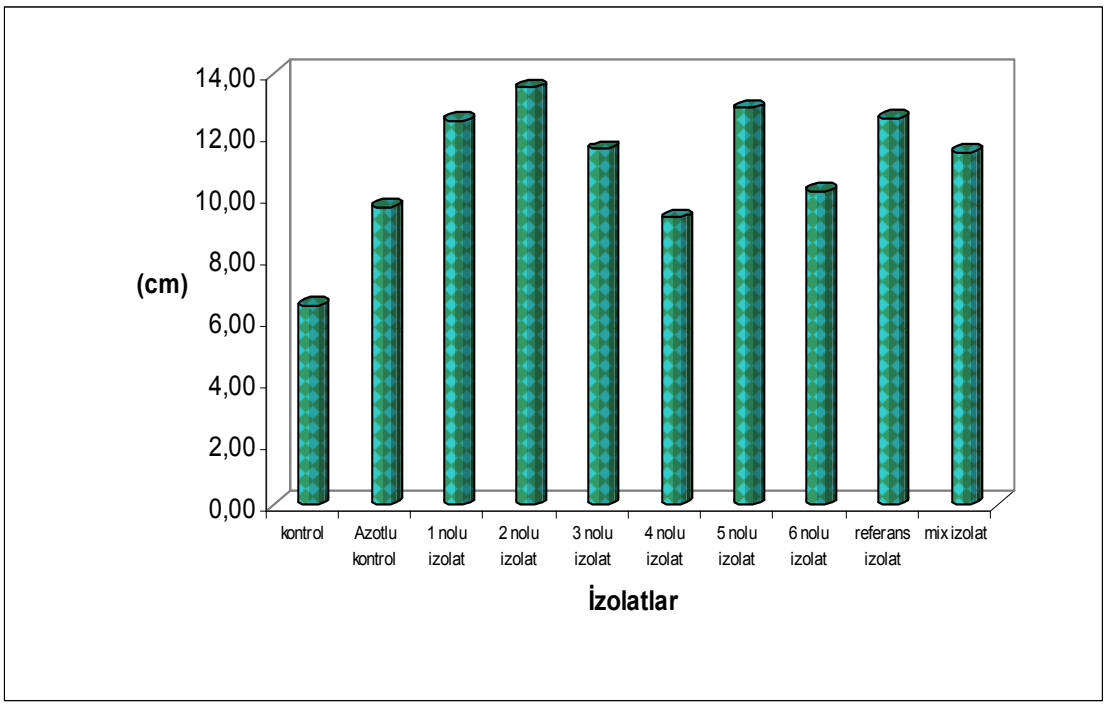
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir

a-e : $P<0.01$

A-E : $P<0.05$

4. 4. 1. Bitki boyu

Konya yöresinde yetiştirilen fasulye bitkisinin köklerinden toplanan nodüllerden izole edilen bakteriler içerisinde referans bakteriye göre etkili olan bitkilerden elde edilen bitki boyları değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.12'de de görüldüğü gibi çeşitli izolatlarla aşılanan tohumlardan elde edilen bitkilerin boyları arasındaki fark istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. Kontrole göre aşılanmış bitkilerde bitki boyu değeri daha yüksektir. Bitki boyunda en yüksek değer 2 nolu izolatla aşılanmış bitkiden elde edilmiş olup 13.57 cm'dir. En düşük değer ise kontrol grubunda 6.47 cm olarak belirlenmiştir. Ortalama olarak bitki boyu 11.02 cm'dir. Farklı izolatlarla aşılanan tohumlardan elde edilen bitki boyları 6.47 ile 13.57 cm arasında değiştiği şekil 4. 6' da da görülmektedir.



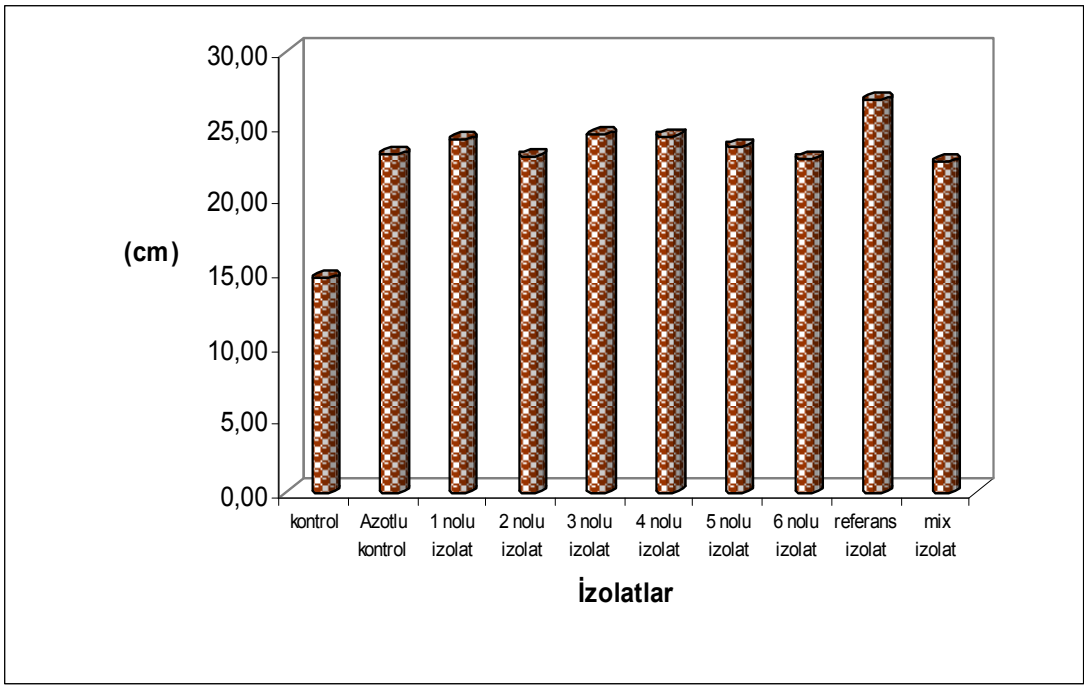
Şekil 4. 6. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin bitki boyu (cm) değerleri

Söğüt (2005), aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bazı soya çeşitlerinin verim unsurlarına etkisini araştırdığı bir çalışma da, bakteri ile aşılanmış parsellerden

elde edilen bitki boyu değerleri, azotlu gübre uygulamış parsellere göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, bitki boyu bakımından çeşitler arasında önemli derecede farklılık görülmektedir ($P<0.01$). Neuvel ve Floot (1992), fasulye bitkisine aşılama ve azotlu gübrelemenin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, kontrole göre en iyi verim unsurları aşılama ile birlikte 5 kg/da N uygulamasından elde edildiğini belirlemişlerdir. Bu araştırmacıların bulguları, bizim çalışma sonuçlarımızda elde edilen bulguları destekler niteliktedir.

4. 4. 2. Kök uzunluğu

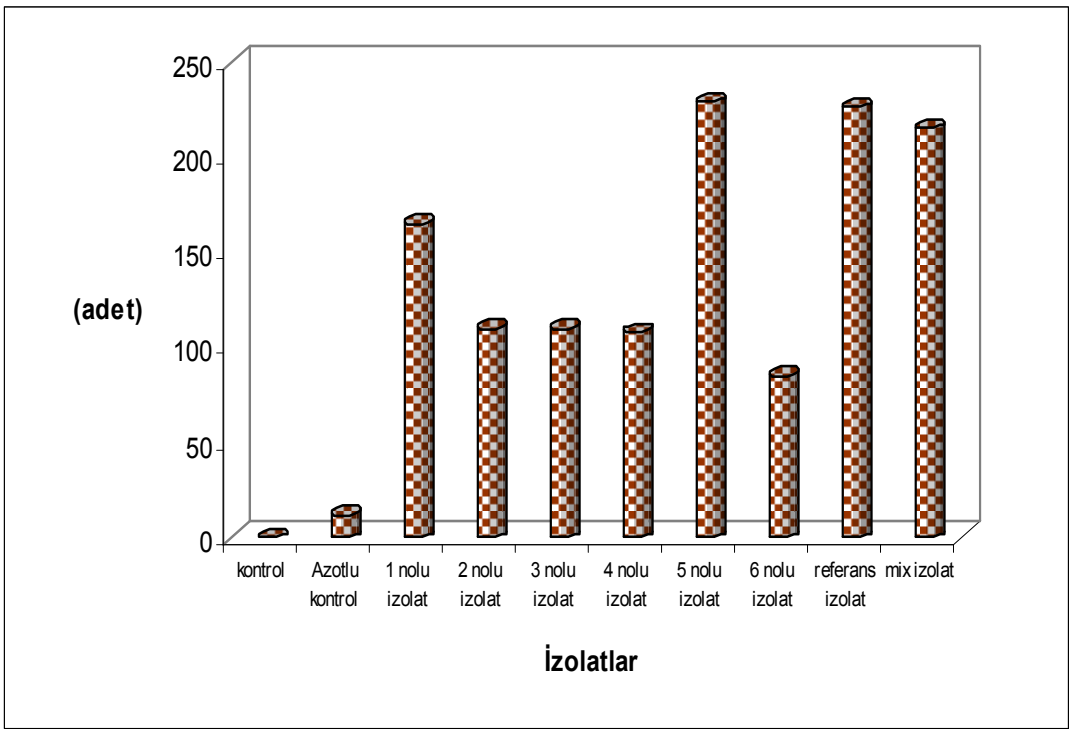
Araştırma sonuçlarına göre Yunus 90 fasulye çeşidinin farklı izolatlarla aşılanması kök uzunluğu değerlerini etkilemiştir. Bu değerler 14.53–26.70 cm arasında değişmekte olup kök uzunluğuna aşılamanın istatistik açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek kök uzunluğu 26.70 cm olup referans izolatla aşılanan bitkide belirlenmiştir. En düşük değer ise 14.53 cm olarak kontrol saksısından elde edilen bitkide görülmüştür (Çizelge 4. 12 Şekil 4. 7).



Şekil 4. 7. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisindeki kök uzunluğu (cm) değerleri

4. 4. 3. Nodül sayısı

Çizelge 4.12'de de görüldüğü gibi bitkilerin çiçeklenme döneminde hasat edilip kök bölgesindeki nodüller incelendiğinde en yüksek nodül sayısı 5 nolu izolatta görülmüş olup 229 adettir. En düşük değer ise kontrol grubunda olup nodül tespit edilememiştir (Şekil 4.8). Farklı izolatlarla aşılanan tohumlardan elde edilen bitki kökündeki nodül sayıları istatistik açıdan önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 8. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin nodül sayısı (adet) değerleri

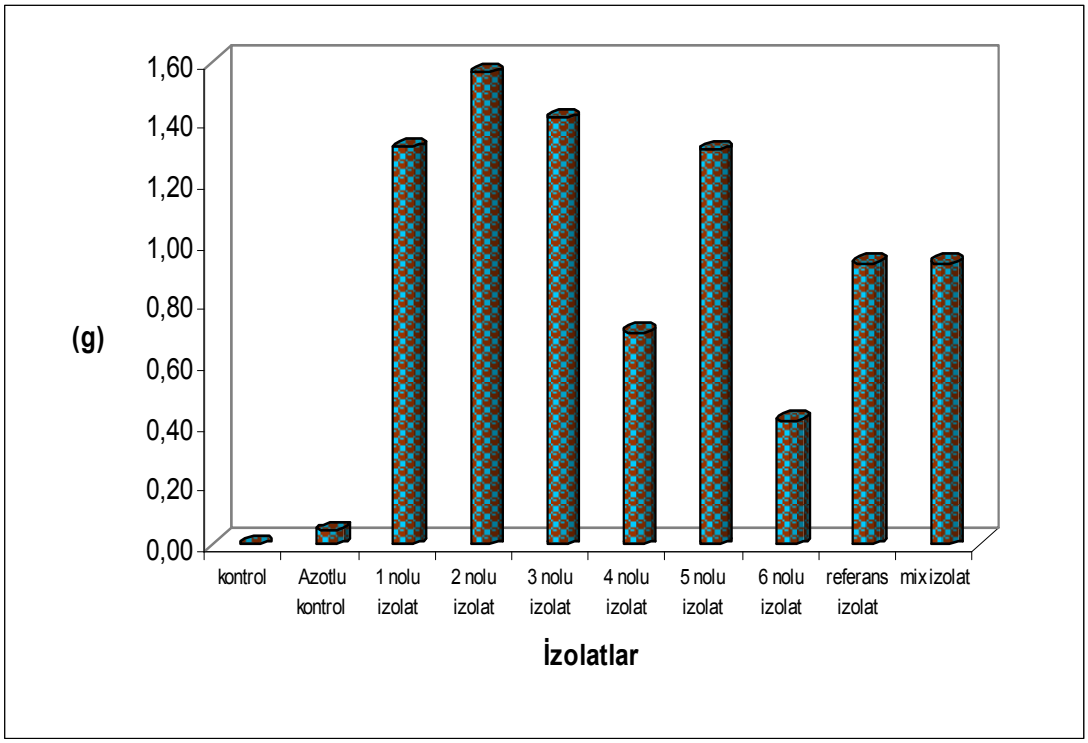
Farklı izolatlarla aşılanan fasulye bitkisinin köklerinden toplanan nodüllerin sayımından sonra elde edilen sonuçlar Çizelge 4. 12'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, aşılanan bitkilerde nodül tespit edilmiş olup, aşılanmayan kontrol bitkisinde nodül oluşmamıştır. Nodül sayısı 12 ile 229 adet arasında değişmektedir. Aşılama bitkiler arasındaki nodül sayısında farklılığa sebep olmuş ve bu farklılık istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.12). Belirlenen

bu farklılıkların önem düzeyini belirleyebilmek amacıyla Duncan Testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.12'de de görüldüğü gibi, bakteri aşılaması yapılan saksılarda en yüksek nodül sayısı 229 adet olup 5 nolu izolatla aşılanan bitkinin kökünden elde edilmiştir. En düşük değer ise 0.00 kontrol grubunda bulunmuştur.

Shisanya (2002), beş Rhizobium sp. izolatı ile yaptığı sera denemesinde tek bir fasulye çeşitinde izolatlardan sadece üçünün iyi nodül oluşturduğunu, diğer iki izolatın ve azot uygulamasının fasulyede nodül oluşumunu olumsuz etkilediğini yaptığı çalışmada belirlemiştir. Araştırıcı; aynı zamanda, oluşan nodül sayısı bakımından da, diğer uygulamalara göre fasulyenin sadece R3254 izolatı ile aşılanmasında diğer uygulamalara göre nodül sayısında önemli farklılık olduğunu tespit etmiştir. Bu nodül sayısı etkinliğin ölçümü olarak daima kullanılmıştır (Olivera ve ark. 1998, Kaya ve Sökmen 2001).

4. 4. 4. Nodül ağırlığı

Çizelge 4.12'de de görüldüğü gibi, nodül ağırlığı yönünden farklı izolatlarla aşılanan bitkiler arasındaki farklılıklar $P<0.01$ ve $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Belirlenen bu farklılıkların önem düzeyini tespit etmek amacıyla Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir. Değerler incelendiğinde, en yüksek nodül ağırlığı 1.56 g olarak Beyşehir ilçesinde yetiştirilen fasulyenin kökünden alınan nodülden izole edilen 2 nolu izolatta belirlenmiştir. Aşılama yapılmayan parsellerde küçük ve az gelişen nodüller belirlenmiş, bunların bitki başına nodül ağırlığı oldukça küçük değerler göstermiştir (Şekil 4. 9).

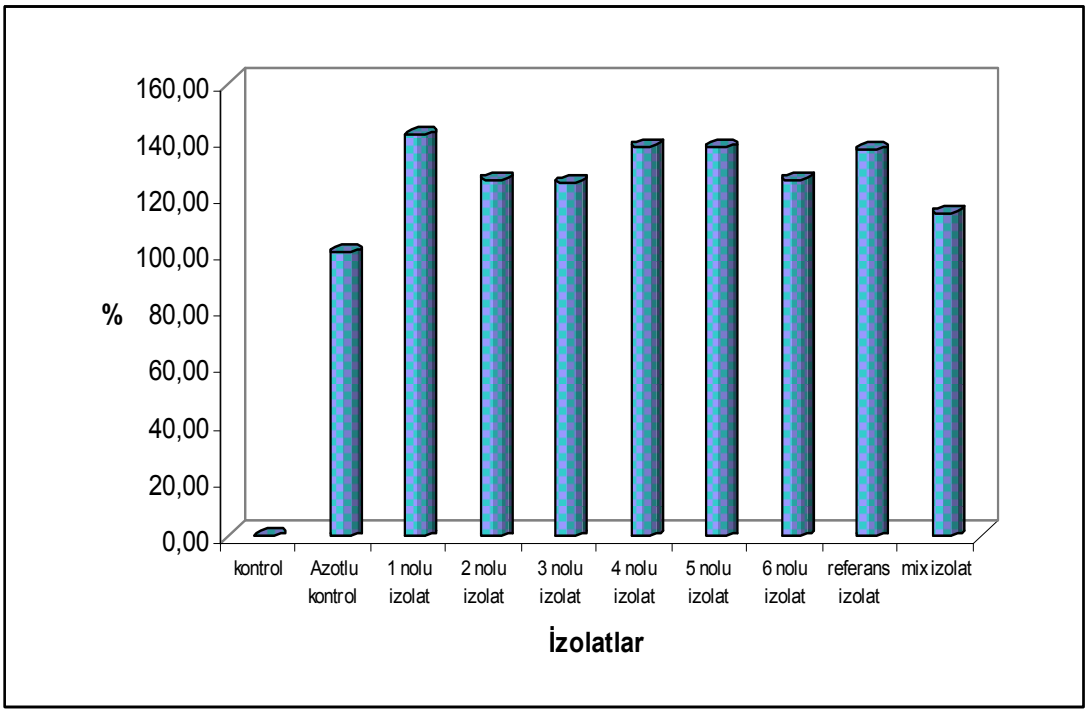


Şekil 4. 9. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin nodül ağırlığı (g) değerleri

Mhamdi ve ark. (2002), tarafından fasulye ile yapılan bir tarla denemesinde 0, 25 ve 50 kg/ha amonyum nitrat gübrelemesi ve *Rhizobium sp*. aşılaması uygulamasında nodül ağırlıklarının sırası ile 0.24, 0.23 ve 0.18 g olarak belirlemiş ve bitki ağırlıklarını ise sırasıyla 2.04, 2.25 ve 2.62 g olarak arttığını saptamıştır.

4. 4. 5. Simbiyotik etkinlik

Farklı izolatlarla aşılanan fasulye bitkisinden elde edilen simbiyotik etkinlik değerleri Çizelge 4. 12'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi simbiyotik etkinlik değerleri % 100.14 ile 141.59 arasında değişmekte olup en yüksek değeri, % 141.59 olarak 1 nolu izolatla aşılanan bitki göstermekte, en düşük değer ise azotlu kontrol bitkisine aittir. Diğer taraftan aşılama simbiyotik etkinlik bakımından istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur.



Şekil 4. 10. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin % simbiyotik etkinlik değerleri

Gök ve Martin (1993), *Rhizobium sp.* bakterileri ile yaptığı bir çalışmada, bakteri aşılamasında kullanılan *Rhizobium sp.* bakterilerinin etkinliklerinin saptanmasında bitkide kuru madde oluşumu ve bitki başına düşen protein içeriğinin kriter olarak alınması gerektiğini bildirmişlerdir. Aynı araştırıcılar, kontrole göre aşılı bitkilerdeki kök ve kök üstü aksam, dolayısıyla kuru madde oluşumunun bitki başına bağlanmış olan atmosferik azotun oldukça fazla olduğunu göstermişlerdir. Martinez-Romero ve ark. (1998) yapmış oldukları bir araştırmada, Brezilyada izole edilen *Rhizobium sp.* bakterilerinin simbiyotik etkinliklerini belirlemek amacıyla yapılan tarla denemelerinde, bakterilerin fasulyede nodül oluşturdukları ve Brezilyada kullanılan ticari inokulanttan daha etkili olduklarını bulmuşlardır.

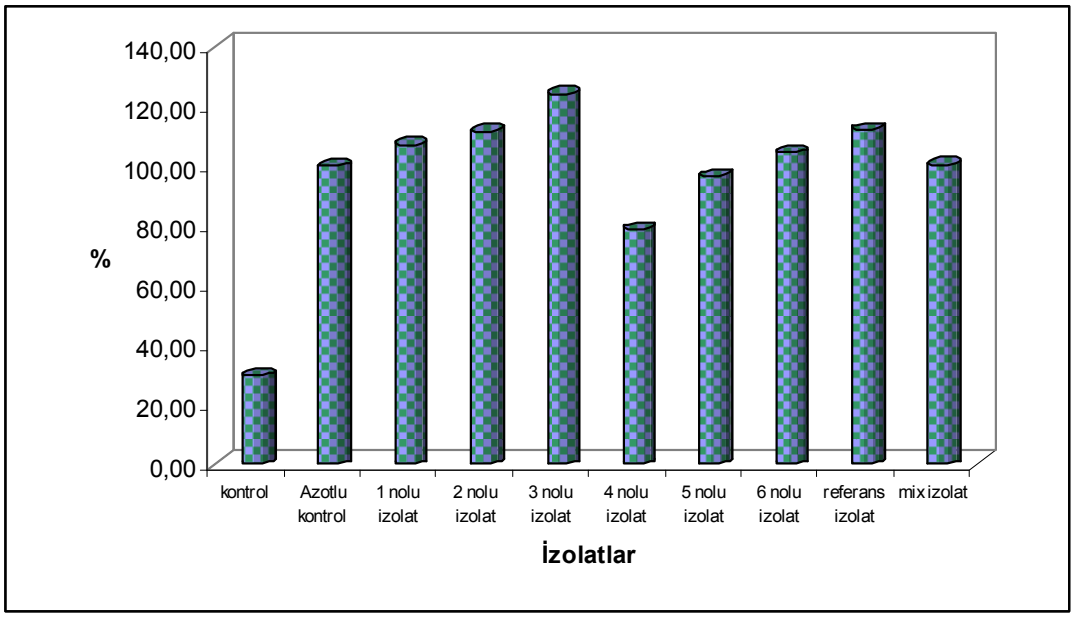
Gür (2002b), Elazığ yöresinde üretilen fasulye bitkilerinden etkili *Rhizobium sp. leguminosarum by. Phaseoli* izolatlarının seçimini yaptığı bir çalışmada, izole edilen bu doğal izolatların nodül oluşturma durumları ve simbiyotik etkinliklerini sera şartlarında konukçu fasulye bitkilerinin inokulasyonuyla tespit etmiştir. Kuru ağırlık miktarları esas alınarak yapılan değerlendirmede izolatların simbiyotik etkinlikleri %

80 etkili, % 20 orta derecede etkili olduğu bulunmuştur. Bu araştırmacıların bulguları, bizim sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

4. 4. 6. Etkinlik derecesi

Çizelge 4.12 incelendiğinde fasulye bitkisinin izolatlar arasındaki etkinlik dereceleri istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Etkinlik dereceleri % 29.64 ile 124.06 arasında değişmektedir. En düşük etkinlik derecesi kontrol grubunda, en yüksek ise 3 nolu izolatta olduğu görülmektedir (Şekil 4.11). Holding ve Kong (1963)'e göre, izolatlar etkinlik derecesine göre gruplandırıldığında genelde izolatların etkili olduğu görülmektedir. Özellikle 1, 2, 3, 6, referans ve mix izolatlarının çok etkili olduğu, 4, 5 ve azotlu kontrol grubunun etkili ve kontrol grubunun etkisiz olduğu Çizelge 4.12'de de görülmektedir.

Popescu (1998) fasulyede nodül oluşturan bakterilerin azot fiksasyon aktivitelerinin, belli bir miktara kadar uygulanan azotlu gübre miktarı ve nodül bakterilerinin fiksasyon kapasitelerini artırdığını, ayrıca nodül bakterilerinin en yüksek faaliyetinin ise bitkilerin çiçeklenme zamanında olduğunu bildirmiştir.



Şekil 4. 11. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin % etkinlik derecesi değerleri

Hungria ve ark. (2001), Brezilyada Cerradons bölgesinde fasulye tarlalarından seçtikleri büyük, pembe nodüllerden 200 adet izolat elde etmiş ve bu izolatlardan Negro-Argel ve Corioca fasulye çeşitlerinde etkinliklerini belirlemek amacıyla çalışmalar yapmışlardır. Sonuçlara göre, izolatların 5'inin tarla koşullarında etkili olduğu ve fasulye verimini arttırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. 13. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidinin Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen Azot ve Kuru Ağırlık Değerleri

İzolat no	% N (Yaprak)	% N (Kök)	% N (Yaprak+Kök)	mg kg^{-1} N (Yetiştirme ortamı)	Üst aksam ağırlığı (g)	Kök ağırlığı (g)	Toplam kuru madde (g)
Kontrol	1.41 dF	1.31 eE	2.72 dE	42.47 fF	1.06 cC	0.36 cD	1.42 cC
Azotlu kontrol	1.82 cdE	1.72 dD	3.54 cD	53.57 efE	3.10 abAB	1.68 abAB	4.78 abAB
1 nolu izolat	2.72 aA	2.29 abAB	5.01 aA	71.87 cdBCD	3.50 abAB	1.62 abABC	5.12 abA
2 nolu izolat	2.50 aABC	1.95 cdC	4.45 abBC	61.09 deDE	3.62 abA	1.70 abAB	5.32 abA
3 nolu izolat	2.29 abcBC	2.13 bcBC	4.41 abBC	75.46 cdBC	3.97 aA	1.96 aA	5.93 aA
4 nolu izolat	2.42 abABC	2.45 aA	4.86 aAB	65.66 cdeCD	2.63 bB	1.12 bC	3.75 bB
5 nolu izolat	2.56 aABC	2.30 abAB	4.86 aAB	65.01 cdeCD	3.12 abAB	1.48 abABC	4.60 abAB
6 nolu izolat	2.22 abcCD	2.23 abB	4.45 abBC	79.71 bcB	3.56 abAB	1.43 abBC	4.99 abAB
Referans izolat	2.64 aAB	2.19 abcB	4.82 aAB	92.45 abA	3.57 abAB	1.78 abAB	5.35 abA
Mix izolat	1.90 bcdDE	2.13 bcBC	4.03 bcC	96.37 aA	3.44 abAB	1.37 abBC	4.81 abAB

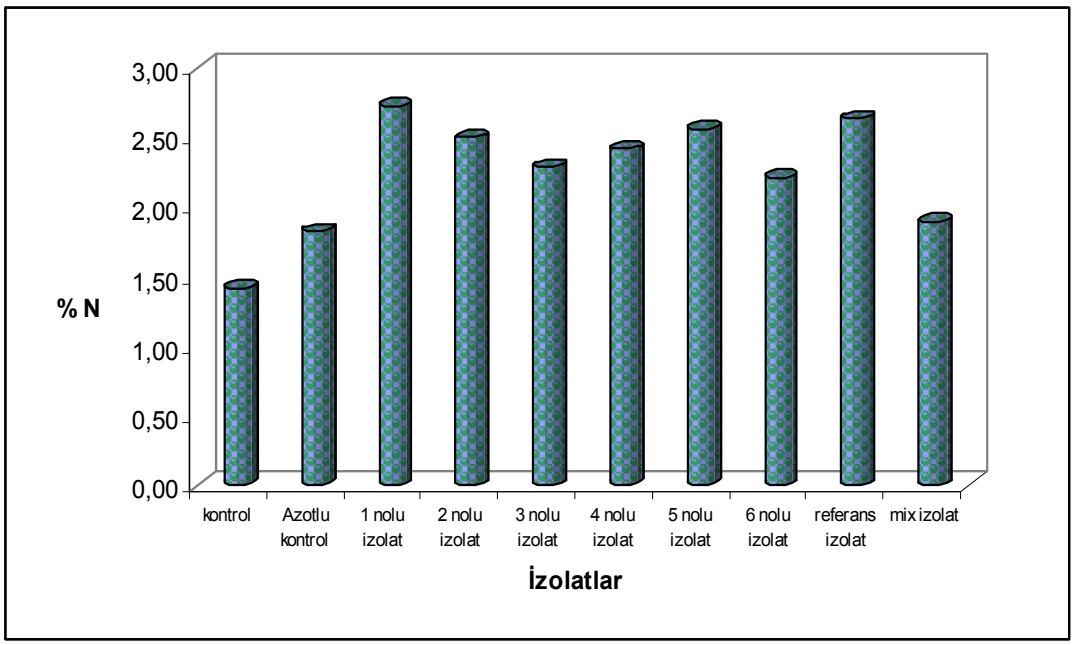
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir

a-e : $P<0.01$

A-E : $P<0.05$

4. 4. 7. Yaprakta azot

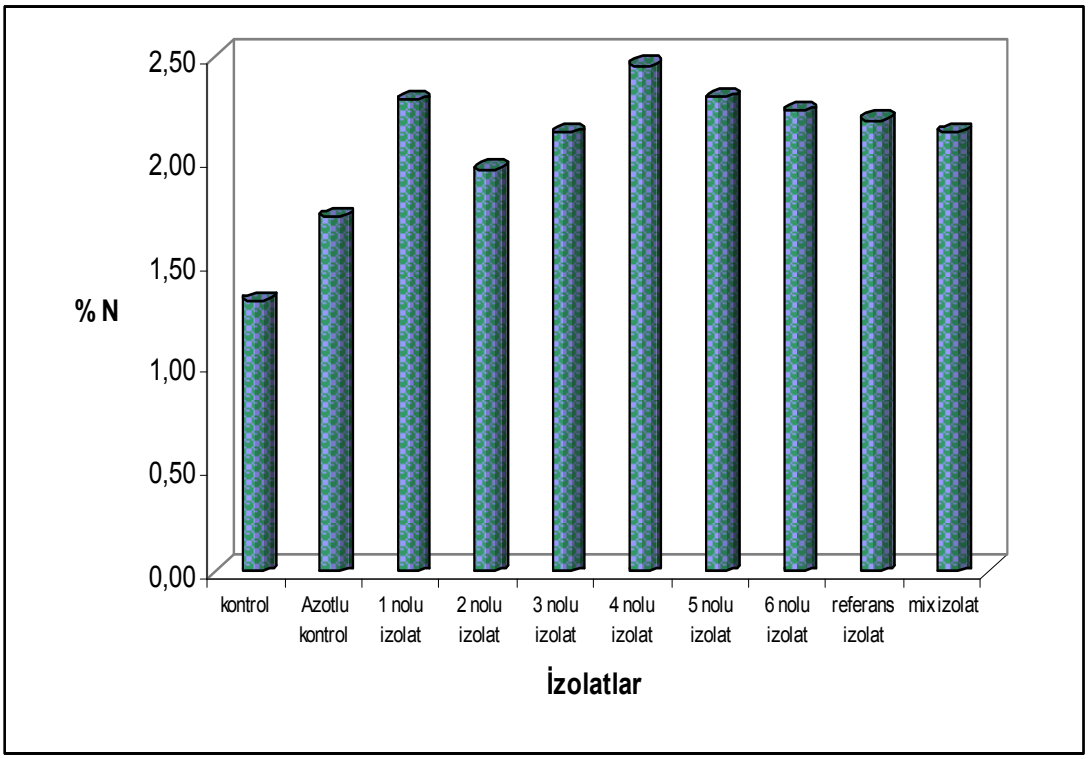
Konya yöresinin çeşitli ilçelerinden fasulye bitkisi yetiştirilen alanlardaki bitkilerin kökünden toplanan nodüllerden izole edilen bakterilerle tohuma aşılama yapılarak deneme kurulmuştur. Deneme sonrası yapılan bitki yaprağındaki azot miktarı izolatlar arasında farklılıklar göstermiş olup bu farklılıklar da istatistik açıdan önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.13). Çizelge 4.13'de de görüldüğü gibi bitki yaprağındaki azot miktarı % 1.41-2.72 arasında değişmekte olup en düşük azot değeri kontrol grubunda, en yüksek azot değeri ise 2.72 olarak 1 nolu izolatla aşılanan bitkiden elde edilmiştir. Diğer taraftan aşılama kontrole göre bitkinin azot miktarını önemli düzeyde artırmıştır. Bu izolatlar arasındaki farklılıkların önem düzeyini belirleyebilmek amacıyla Duncan Testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 4. 13'de verilmiştir. Şekil 4. 12 incelendiğinde farklı izolatlarla aşılanmış bitkilerde azot miktarı, aşılanmamış (kontrol) bitkinin azot miktarından oldukça yüksek olduğu görülür.



Şekil 4. 12. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin yaprağında % N değerleri

4. 4. 8. Kökte azot

Çizelge 4.13'de de görüldüğü gibi farklı izolatlarla aşılanan bitkilerin köklerindeki azot miktarı farklılıklar göstermektedir. Kökteki azot miktarı % 1.31 ile 2.45 arasında değişmekte olup, en düşük azot kontrol grubunda yani aşılanmamış bitkide tespit edilmiş, en yüksek değer ise 4 nolu izolatla aşılanan bitki kökünden elde edilmiştir (Şekil 4. 13). Diğer taraftan aşılama, kökteki % azot değerlei bakımından istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. Bu önemli farklılıkları belirleyebilmek amacıyla değerlere Duncan testi uygulanarak harflendirme yapılmıştır (Çizelge 4.13).



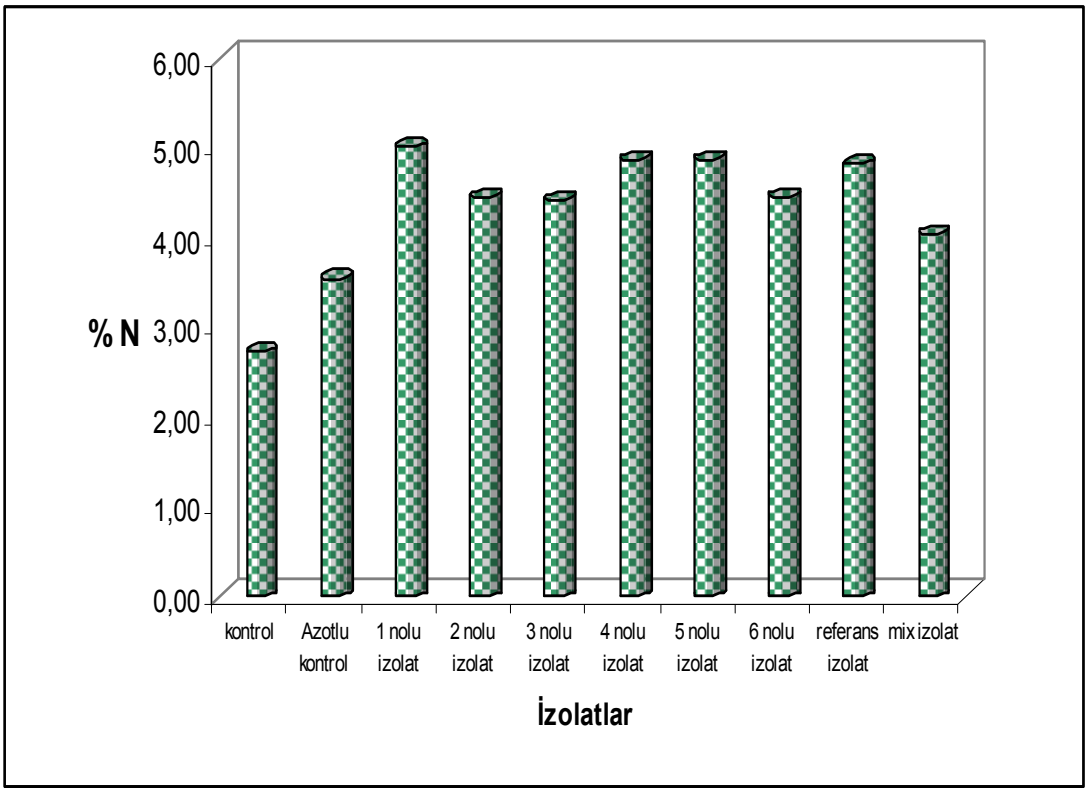
Şekil 4. 13. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin kökünde % N değerleri

4. 4. 9. Toplam azot kapsamları

Çizelge 4. 13'ün incelenmesinden de görüldüğü gibi farklı izolatlarla aşılanan bitkiler arasındaki azot değerleri farklılıklar göstermiştir. Aşılama yapılan bitkilerin

azot miktarı, kontrol bitkisinin azot miktarından oldukça yüksektir. En yüksek azot miktarı % 5.01 olup 1 nolu izolatla aşılanan bitkiden elde edilmiş ve bunu % 4.86 ile 4 ve 5 nolu izolatla aşılanan bitkiler takip etmektedir. Referans izolatla aşılanan bitkinin azot miktarı ise % 4.82'dir. Genellikle aşılama bitkilerin azot değerleri bakımından önemli farklılıklar göstermiş olup, bu farklılık da istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. En düşük azot değeri ise % 2.72 ile kontrol grubuna aitdir. İzolatlar arasındaki farklılıklar Şekil 4. 14'de görülmektedir.

Nadeem ve ark. (2004), tohuma aşılama ve farklı azotlu gübre seviyesinin fasulyenin verim ve gelişmesine olan etkisine baktıkları bir çalışmada, bitkinin dal sayısı, tane sayısı, bin tane ağırlığı, tane verimi ve protein içeriği tohumun aşılanması ile önemli derecede etkilediğini belirlemişlerdir.

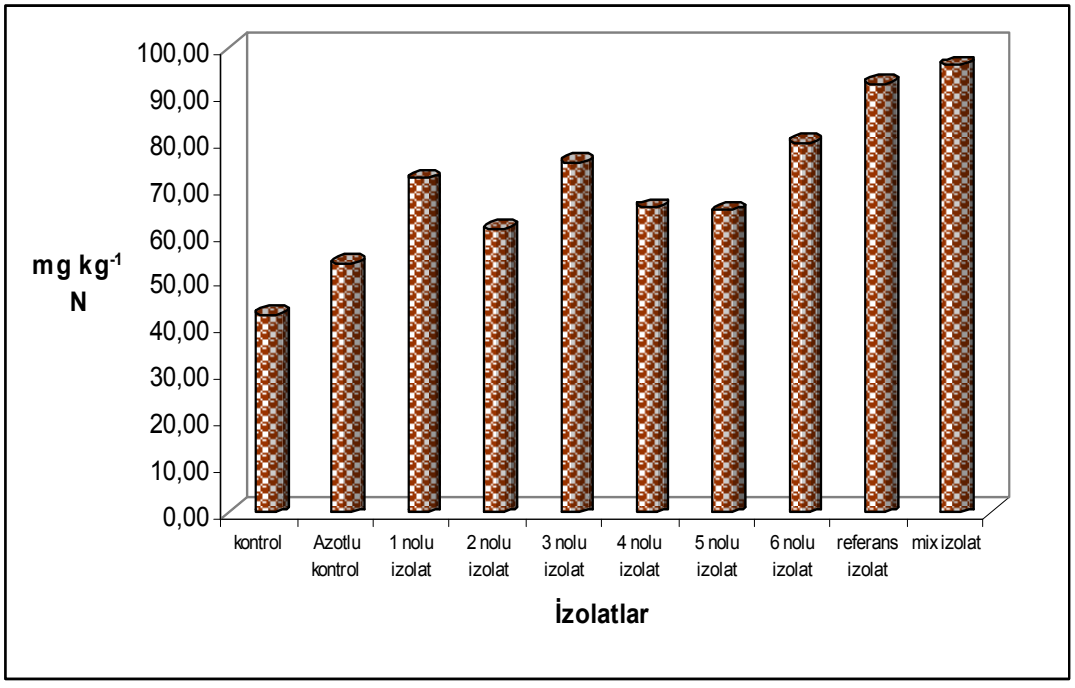


Şekil 4. 14. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin yaprak ve kökünde toplam % N değerleri

4. 4. 10. Hasat sonrası yetiştirme ortamında azot

Farklı izolatlarla aşılanan tohumlardan elde edilen bitkiler çiçeklenme döneminde hasat edilmiş ve hasat edildikten sonra bitkilerin yetiştirme ortamında N analizi yapılmıştır (Çizelge 4. 13).

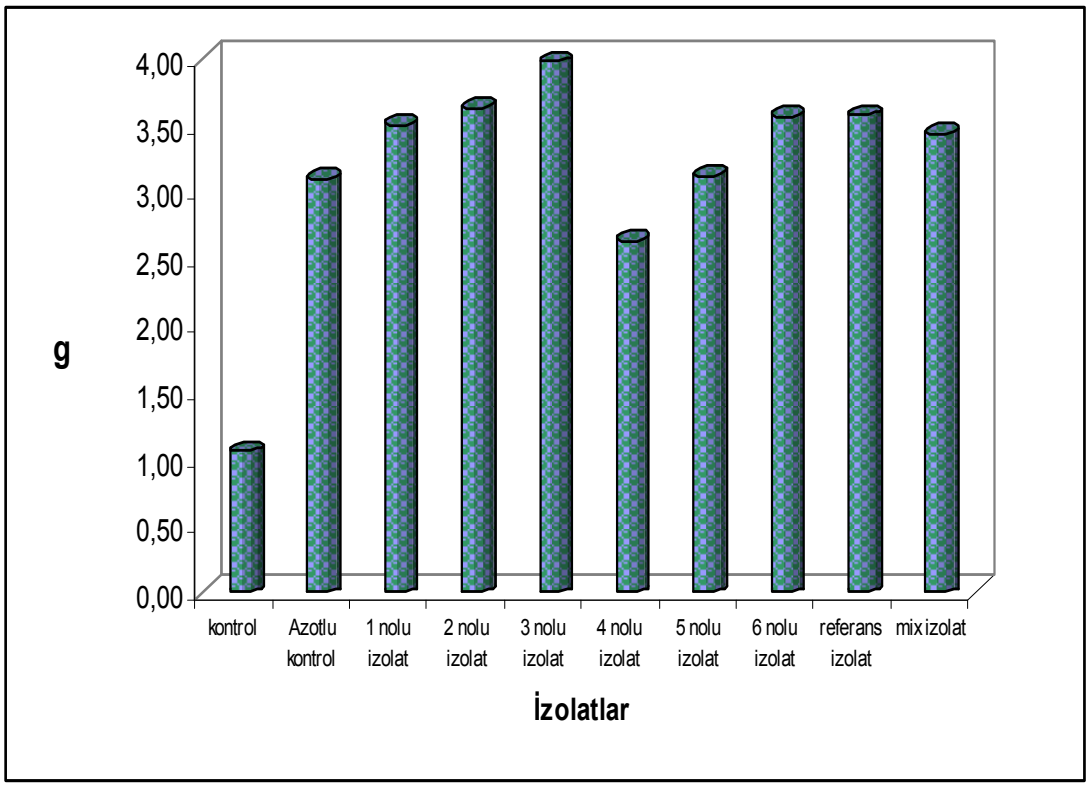
Sonuçlara göre; yetiştirme ortamının azot miktarı 42.47 ile 96.37 mg kg^{-1} arasında değişmiştir. Elde edilen en düşük azot miktarı (42.47 mg kg^{-1}) kontrol grubuna, en yüksek değer ise (96.37 mg kg^{-1}) aşılama yapılan bitkinin yetiştiği ortam (mix) aittir. Diğer ortamların azot miktarı ise kontrol grubuna göre daha yüksektir (Çizelge 4. 13). Diğer taraftan bu karışımla (mix izolat) aşılanan bitkiler toprağa 53.90 mg kg^{-1} değerinde azot kazandırmıştır. Aşılanmayan fakat azotlu kontrol olan bitkiler ise yetiştirme ortamına 11.10 mg kg^{-1} azot kazandırmıştır. İzolatların yetiştirme ortamına kazandırdığı azot miktarları farklıdır ve bu farklılık istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. Yetiştirme ortamına fazla miktarda (92.45 mg kg^{-1}) azot kazandıran diğer bir izolat ise referans izolat olup, kontrole göre yetiştirme ortamına 49.98 mg kg^{-1} azot sağlamıştır.



Şekil 4. 15. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin deneme sonrası toprağında mg kg^{-1} N değerleri

4. 4. 11. Üst aksam ağırlıkları

Farklı izolatlarla aşılanan bitkiler çiçeklenme döneminde hasat edildikten sonra üst aksam ağırlıkları tartılmıştır. Bitkilerin üst aksam ağırlıkları 1.06 ile 3.97 g arasında değişmekte olup, izolatlar arasındaki farklılık istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4. 13). Elde edilen değerler incelenecek olursa (Çizelge 4. 13) en yüksek üst aksam ağırlığı 3 nolu izolatla aşılanan bitkide 3.97 g, en düşük ise kontrol grubunda 1.06 g olarak bulunmuştur.

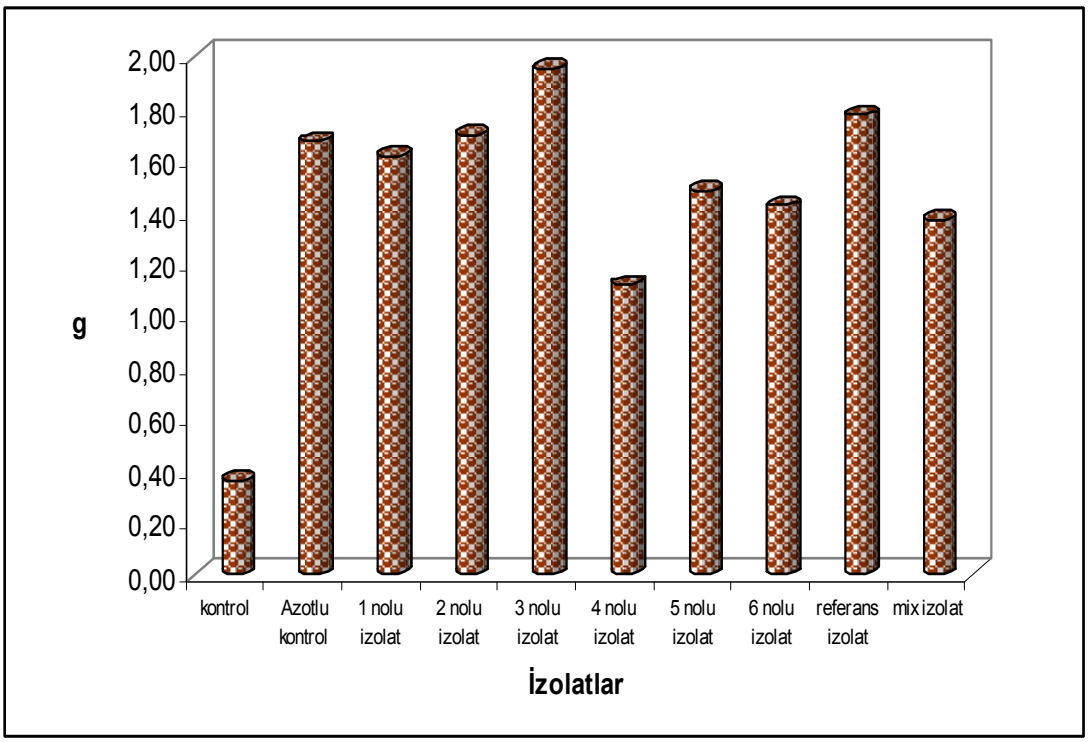


Şekil 4. 16. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin üst aksam değerleri (g)

Aşılama yapılan bitkilerin vejetatif aksamları azotun etkisi ile daha iyi gelişme göstermiş olduğundan; bu bitkilerin üst aksam ağırlıkları kontrol bitkilerine göre daha fazla gelişmiştir (Şekil 4. 16). Nitekim France (1995) ve Daba ve Haile (2000) tarafından fasulye bitkisinde yapılan verim çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4. 4. 12. Kök ağırlıkları

Çizelge 4.13'ün incelenmesinden de görüldüğü gibi aşılama yapılan bitkilerin kök ağırlığı, aşılama yapılmayanlara göre daha yüksek bulunmuştur. İzolatlar arasında kök ağırlıkları yönünden farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıklar istatistik açıdan önemlidir ($P<0.01$ ve $P<0.05$) ve bu önemli farklılıklar Duncan testi uygulanarak tespit edilmiştir. En yüksek kök ağırlığı, 1.96 g olarak 3 nolu izolatla aşılanan bitkinin kökünde bulunmuş olup, en düşük kök ağırlığı ise 0.36 g olarak kontrol grubundan elde edilmiştir (Şekil 4. 17).

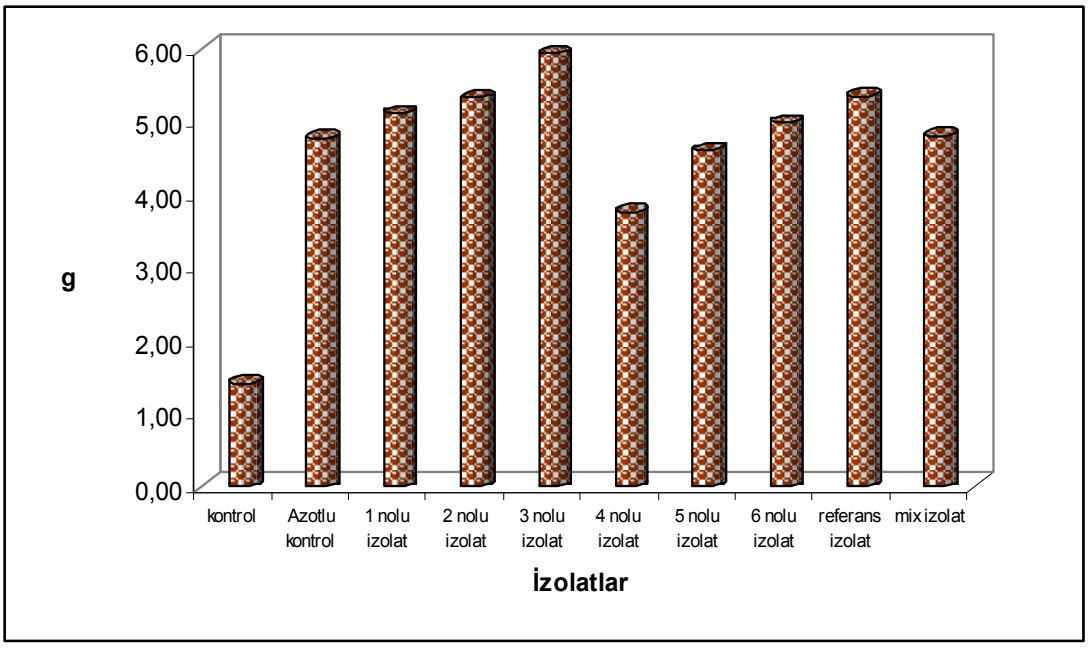


Şekil 4. 17. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin kök ağırlığı değerleri (g)

Nitekim Pirbalouti ve ark. (2006), yaptıkları benzer bir çalışmada, tane verimi, bitki başına bakla ve tane sayısı, hasat indeksi ve kuru madde verimi arasında farklı izolatlarla aşılanmış ve aşılanmamış kontroller arasında önemli farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir.

4. 4. 13. Toplam kuru madde ağırlıkları

Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkiler toplam kuru madde yönünden izolatlar arasnda farklılık göstermişlerdir. Bu farklılıkların istatistik açıdan önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin toplam kuru madde miktarları 1.42 g ile 5.93 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre, en yüksek kuru madde miktarı 5.93 g olarak 3 nolu izolatla aşılanan bitkiden elde edilmiş olup, en düşük kontrol grubunda 1.42 g olarak bulunmuştur. Aşılama yapılmış bitkiler, aşılama yapılmamış bitkilere göre oldukça yüksek kuru madde ağırlığına sahiptir. Diğer bir deyişle, aşılama yapılması bitkilere kuru madde yönünden önemli bir etki yapmıştır.



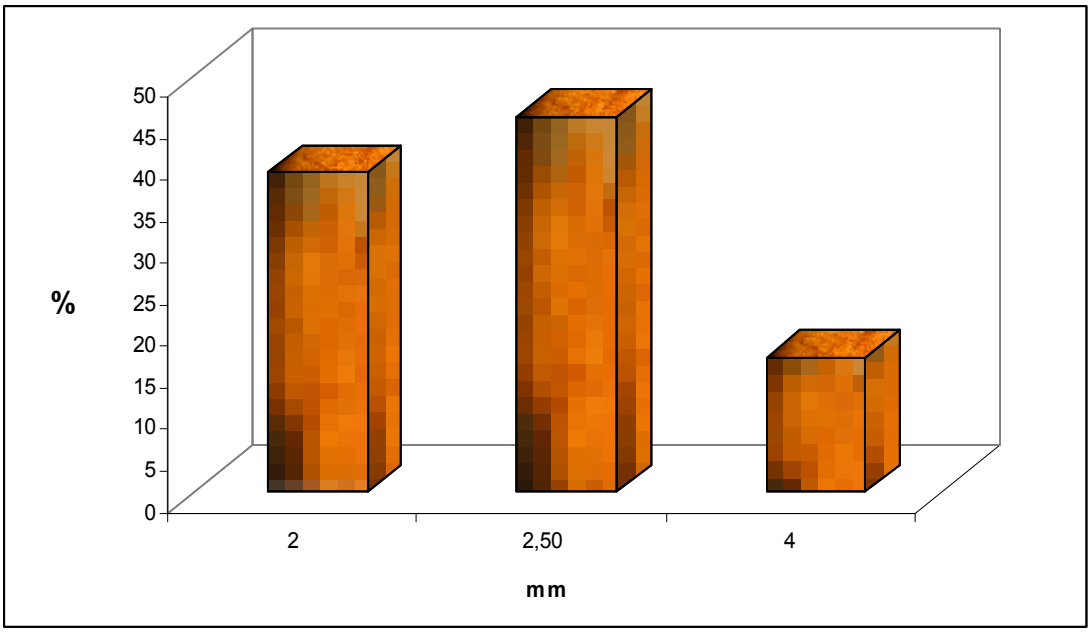
Şekil 4. 18. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin toplam kuru madde değerleri (g)

Toplam kuru madde yönünden etkili olan diğer bir izolat ise referans izolattır. Referans izolatla aşılanan bitkinin kuru madde miktarı 5.35 g olarak bulunmuştur. Toplam kuru madde bakımından kontrole göre bütün izolatlar, azotlu kontrole göre ise 4 nolu izolatla aşılama yapılan bitki hariç diğerlerinde etkili olmuştur (Şekil 4. 18). Diğer taraftan Neuvel ve Floot (1992), fasulye bitkisine aşılama ve azotlu

gübrelemenin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, kontrole göre en iyi verim artışının aşılama ile birlikte 5 kg/da N uygulamasından elde edildiğini belirlemişlerdir. Bu araştırmacıların sonuçları, bizim çalışma sonuçlarımızda elde edilen bulguları destekler niteliktedir.

4. 4. 14. Nodül çapları

Konya yöresinde yetiştirilen fasulye köklerinden toplanan nodüllerden izole edilen etkili izolatlarla sera denemesi kurulmuştur. Bu denemenin çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkilerin köklerindeki nodüllerin çapları ölçülmüştür. Sonuçlara göre nodüllerin çapları yaklaşık % 38.21'i 1–2 mm (küçük), % 45.21'i 2–2.5 mm (orta) ve % 16.28'i ise 2.5–4 mm (büyük) arasında değiştiği bulunmuştur. Alınan rastgele nodüller tartılmış ve ağırlıkları 0.01 ile 0.025 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama olarak bir nodül yaklaşık 0.016 g olarak tespit edilmiştir. Nodüller azot fikse etmesi açısından önemlidir. Nodüllerin etkili olup olmadığı nodüllerin durumuna bağlıdır. Nodüllerin sayısı ve büyüklüğü, etkili olma ve aktif olarak azot fiksasyonu yapabilme bakımından önemlidir. Oluşan nodüller içindeki bakteroidler, azot fiksasyonunda çalışan nitrogenaz enzimini üretirler.



Şekil 4. 19. Deneme sonrası fasulye çeşitlerinin köklerinden elde edilen nodül çapları

4. 5. Tarla Denemesi Sonuçları

Konya yöresinden toplanan nodüllerden sera denemesi sonlandırıldıktan sonra izolatların etkinliğini test etmek için tarla denemeleri kurulmuştur. Kurulan tarla denemesinde 6 adet Rhizobium sp. izolatı, 1 adet referans izolat ve bütün izolatların karışımı olan mix izolat kullanılmıştır. Bunlara ilaveten kontrol ve azotlu kontrol deneme parselleri denemeye ilave edilmiştir. Tohumlar bakteri kültürleri ile aşılanmış ve dekara 4 kg azot verilmiştir. Denemede kullanılan tarla toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4. 14'de verilmiştir.

Çizelge 4. 14. Arazi Denemesinde Kullanılan Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Özellik		**Değer**		**Özellik**		**Değer**
pH		7.67		Fe	mg kg^{-1}	3.42
EC (dS/cm)		0.313		Cu		5.88
% $CaCO_3$		22.42		Mn		36.18
% O.M.		1.20		Zn		2.46
% Kil		24.2		B		3.92
% Silt		32.6		Ca	me/100 g	1.8
% Kum		43.2		Mg		1.6
Sınıfı		Tınlı		Na		0.36
N	mg kg^{-1}	111.23		K		0.99
P		13.60				

Çizelge 4.14'de de görüldüğü gibi denemede kullanılan toprağın pH değeri 7.67 olup hafif alkalin karakterdedir (Jackson 1962). Tuzluluk yönünden ise az tuzlu ve EC değeri 312.5 mikromhos/cm olarak tespit edilmiştir (Jackson 1962). Araştırmaya konu olan toprağın kireç miktarı ise % 22.42 ve Hızalan ve Ünal (1966)' a göre çok kireçli sınıfına dahil olmaktadır. Organik madde yönünden fakirdir ve topraktaki organik madde miktarı % 1.20 olarak bulunmuştur (Jackson 1962). Söz

konusu toprağın tekstür sınıfı tınlı olarak bulunmuştur. Diğer taraftan araştırmaya konu olan toprak Ca, Mg, Na ve K bakımından yetersiz olduğu belirlenmiştir (FAO 1990).

Araştırma alanının toprak özelliklerinin verildiği Çizelge 4. 14 incelenecek olursa; söz konusu toprakların Fe, Cu, Mn ve Zn kapsamları 3.42–5.88- 36.18–2.46 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler, Lindsay ve Norvell (1978) FAO (1990)'nın bildirdiği sınır değerlerine göre, genelde yeterli hatta yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Deneme toprağının azot ve fosfor miktarları ise sırasıyla 111.23 mg kg^{-1} ve 13.60 mg kg^{-1} düzeyinde olup, bu değerler FAO (1990)'ın bildirdiği sınır değerlere göre çok az ve yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4. 13). Söz konusu toprağın bor miktarı ise 3.92 mg kg^{-1} olup Wolf (1971)' un bildirdiği sınır değerlere göre, topraktaki borun fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. 20. Arazi denemesinden genel bir görünüş



Şekil 4. 21. Arazi denemesinin parsellerinden bir görünüş

Çizelge 4. 15. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Verim Unsurları

İzolat no	Bitki boyu (cm)	Bitkideki bakla sayısı (adet)	Bakla boyu (cm)	Baklada tane sayısı (adet)	Bin tane ağırlığı (g)	Verim (kg/da)
Kontrol	49.58	49.17 cC	13.54	3.75	456.46	188.98 bB
Azotlu kontrol	55.75	78.25 abA	14.71	4.25	445.38	298.72 aA
1 nolu izolat	54.67	69.67 abcAB	14.17	3.83	520.64	334.50 aA
2 nolu izolat	57.58	83.50 aA	14.54	4.25	468.25	348.24 aA
3 nolu izolat	58.42	55.50 bcBC	14.71	4.17	492.64	357.06 aA
4 nolu izolat	59.08	78.08 abA	14.50	4.42	490.99	300.58 aA
5 nolu izolat	49.08	67.58 abcAB	13.80	4.00	477.11	303.27 aA
6 nolu izolat	56.92	73.42 abA	14.50	4.17	491.72	310.66 aA
Referans izolat	55.75	66.92 abcAB	14.42	4.08	483.88	298.63 aA
Mix izolat	60.17	82.50 aA	14.88	4.33	485.47	314.40 aA

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir

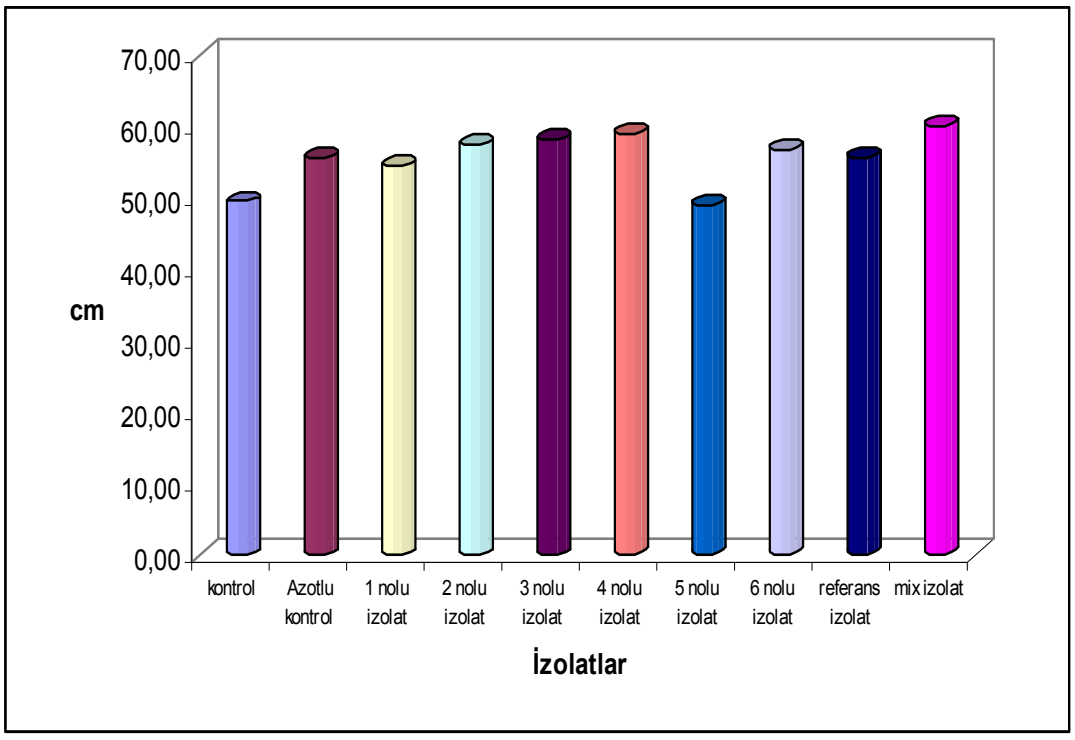
a-c : $P<0.01$

A-C : $P<0.05$

4. 5. 1. Bitki boyu

Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 bodur fasulye çeşidinin tarla denemesi sonucunda tespit edilen bitki boylarına ait değerler Çizelge 4.15'de verilmiştir. Çizelge 4.15'deki değerler incelendiğinde Yunus–90 fasulye çeşidinde farklı bakteri izolatlarının bitki boyu üzerine olan etkileri istatistik bakımından önemsiz bulunmuştur. İstatistik anlamda önemli olmamakla birlikte bitki boyu değerleri 49.08–60.17 cm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Öte yandan elde edilen bu sonuçlar, Kaçar ve ark. (2004), Bursa koşullarında; Önder ve ark. (2003), Konya koşullarında; Bozoğlu ve ark. (1997), Samsun koşullarında fasulye ile yürüttükleri çalışmalarında aşılama ve azotlu gübre uygulamaları sonucunda bitki boyu bakımından elde edilen değerlerin kontrol parsellerine göre istatistik anlamda bir farklılık meydana getirmediği sonuçları ile paralellik göstermiştir.



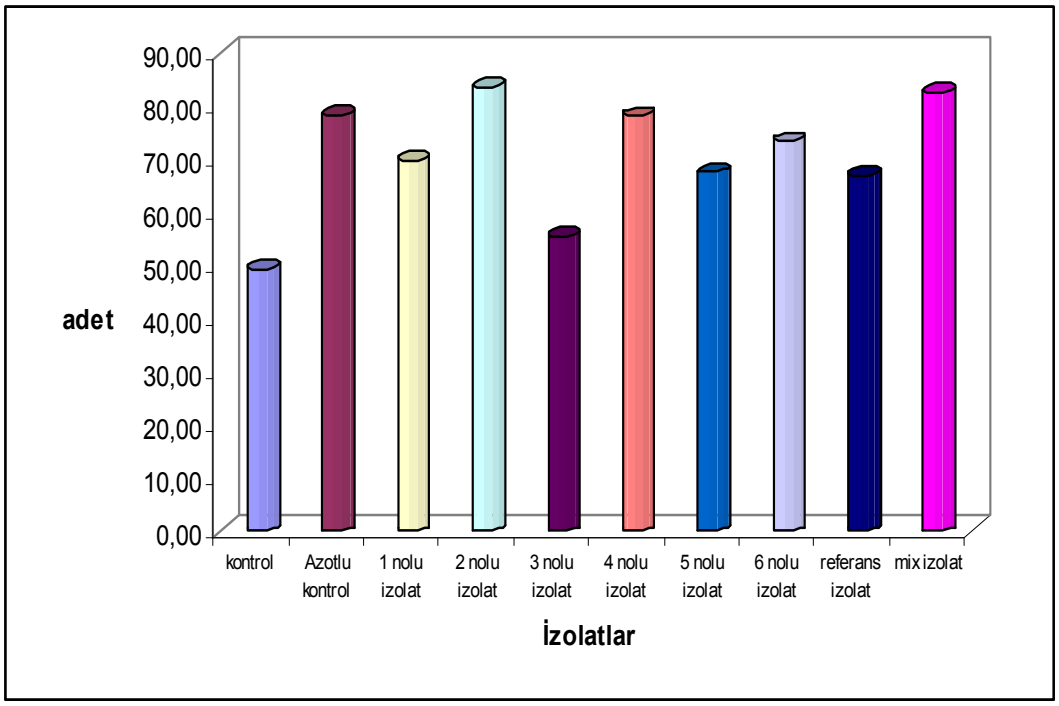
Şekil 4. 22. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bitki boyu değerleri (cm)

Diğer taraftan, kontrole göre aşılama yapılan parsellerdeki bitki boyları genellikle yüksek olarak bulunmuştur. En yüksek bitki boyu 60.17 cm olarak mix izolatı ile aşılanan bitkiden elde edilmiştir (Şekil 4. 22). Karahan ve Şehirali (1999), Trakya koşullarında yaptıkları bir çalışmalarında fasulyede bitki boyunu aşısız parsellerde 32.56 cm aşılılarda ise 35.62 cm olarak saptadıklarını, azot uygulaması yapılan parsellerden kontrol parseline göre daha yüksek değerlere ulaştıklarını bildirmişlerdir.

4. 5. 2. Bitkideki bakla sayısı

Çizelge 4. 15'den de görüldüğü gibi bitkideki bakla sayısı bakımından değerler 49.17 ile 83.50 adet arasında değişmektedir. Farklı bakteri izolatlarıyla aşılanan bitkilerden elde edilen bakla sayıları arasındaki fark istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. Bu önemli farklılıklara Duncan testi uygulanarak harflendirme yapılmıştır. Aşılama yapılan parsellerdeki bakla sayısı, aşılama yapılmayan (kontrol) bitkilere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek bakla sayısı 2 nolu izolatla aşılanan bitkiden elde edilmiş olup 83.50 adet/bitki olarak bulunmuş olup, en düşük değer ise kontrol grubunda 49.17 adet/bitki olarak tespit edilmiştir (Şekil 4. 23).

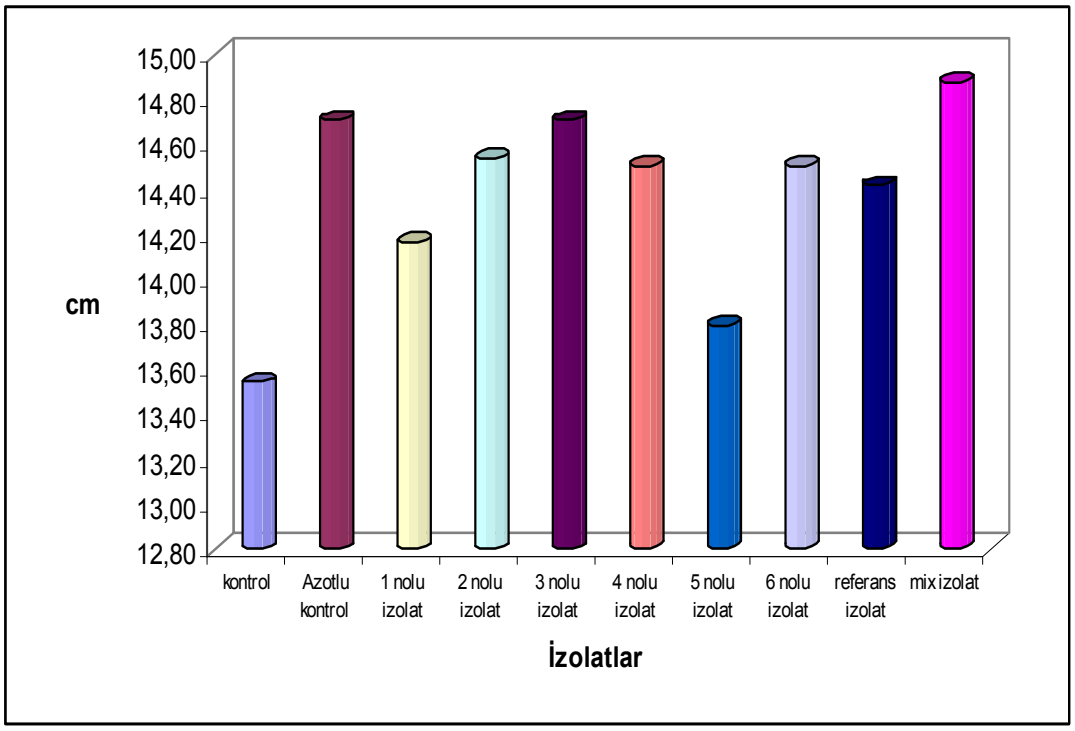
Kaçar ve ark. (2004), Bursa koşullarında fasulye ile yaptıkları bir çalışmada aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bitkide bakla sayısı bakımından istatistik olarak önemli olduğunu bulmuşlardır. Karahan ve Şehirali (1999)'de benzer çalışma sonuçlarını elde etmişlerdir.



Şekil 4. 23. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bitkide bakla sayısı değerleri (adet/bitki)

4. 5. 3. Bakla boyu

Arazi şartlarında Yunus 90 bodur fasulye çeşidinde farklı bakteri izolatlarında tespit edilen bakla boyuna ait değerler Çizelge 4. 15'de verilmiştir. Çizelge 4.15'den de görülebileceği gibi farklı bakteri izolatları ile aşılanan bitkilerin bakla boyları 13.54-14.88 cm arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Bakla boyu bakımından Yunus 90 fasulye çeşidinde farklı bakteri izolatları arasındaki fark istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan en uzun bakla boyu 14.88 cm ile mix bakterisi ile aşılanan bitkiden elde edilmiştir. Diğer bakterilerle aşılanan bitkiler arasındaki bakla boyları farklılık göstermekle birlikte birbirine yakın değerler ölçülmüştür. En kısa bakla boyu ise kontrol grubundan elde edilmiş olup 13.54 cm olarak bulunmuştur (Şekil 4. 24).



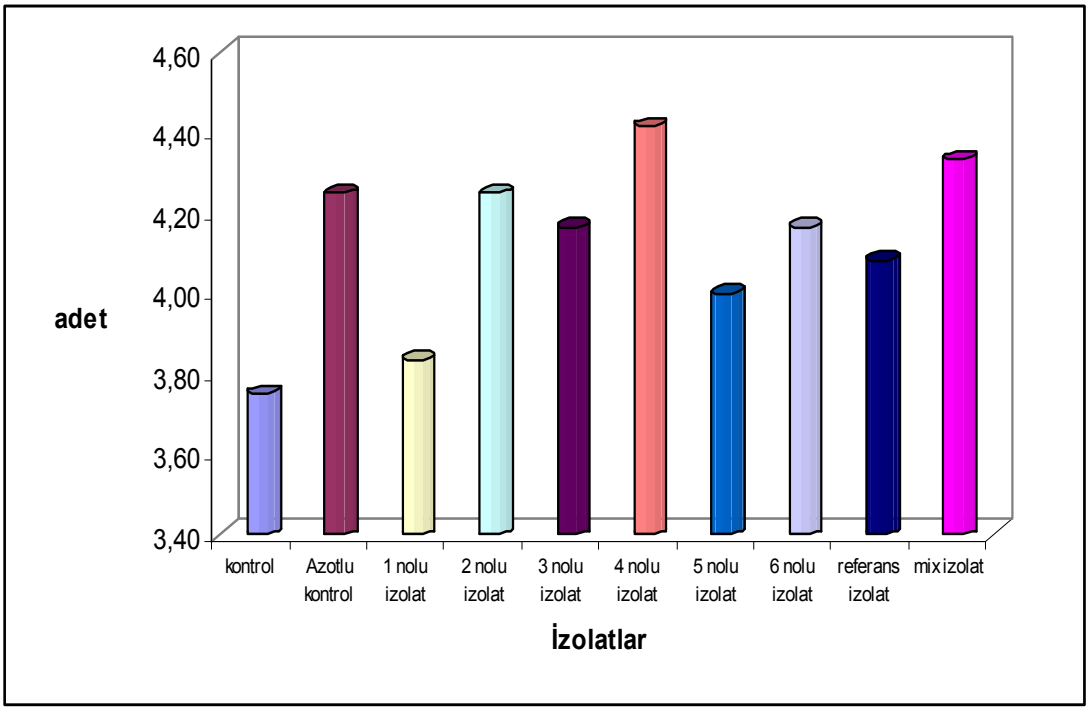
Şekil 4. 24. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bakla boyu değerleri (cm)

Önder ve ark. (2003), Konya koşullarında fasulye bitkisi ile yaptıkları çalışmada bakla boyunun 8–12.3 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Pirbalouti ve ark. (2006), fasulyede verim ve verim unsurlarını ve kültür kombinasyonunda en iyi bakteriyi teşhis etmek ve farklı bakteriyel izolatların etkisini değerlendirmek için yürüttükleri bir tarla denemesinde de benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

4. 5. 4. Baklada tane sayısı

Araştırmaya konu olan Yunus 90 bodur fasulye çeşidinde arazi şartlarında farklı bakteri izolatlarıyla aşılanan bitkilerden elde edilen baklaların tane sayısı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.15'de verilmiştir. Bu değerlerin incelenmesinden de görüldüğü gibi, farklı bakteri izolatlarıyla aşılama bakladaki tane sayısı değerleri arasında farklılıklara neden olmuş ancak bu farklılıklar istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Baklada tane sayısı değerleri 3.75 ile 4.42 adet arasında

değişmekte olup, en fazla tane sayısı 4 nolu izolatla aşılanan parsellerden elde edilmiştir. En az ise kontrol grubundan elde edilmiş olup, 3.75 adet olarak belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, istatistik bakımından fark olmamakla beraber, Yunus 90 fasulye çeşidinde farklı bakteri izolatlarının baklada tane sayısı üzerine olan etkileri farklılık göstermiştir (Şekil 4. 25).



Şekil 4. 25. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu baklada tane sayısı değerleri (adet)

Bu konuda benzer şekilde yapılan çalışmalarda Önder ve ark. (2003), fasulye bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, farklı bakteri izolatlarıyla aşılanan bitkilerden elde edilen bakladaki tane sayısı arasındaki farklılığı önemsiz bulmuş ve bakladaki tane sayısının 3.7 ile 5.0 adet arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Önder ve Sade (1996), Yunus 90 bodur fasulye çeşidinde yaptıkları çalışmada, baklada tane sayısını 2.28–3.04 adet arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Söğüt (2005), aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bazı soya çeşitlerinin verim ve verim özelliklerine etkisini araştırdığı bir çalışmada, bakteri ile aşılanan tohumlardan gelişen bitkilerin bitki boyu, meyve sayısı, 1000 tane ağırlığı, hasat indeksi ve tohum veriminin azotlu gübre uygulanan çeşitlere göre daha yüksek olduğunu ve aşılamanın özellikle CF 492

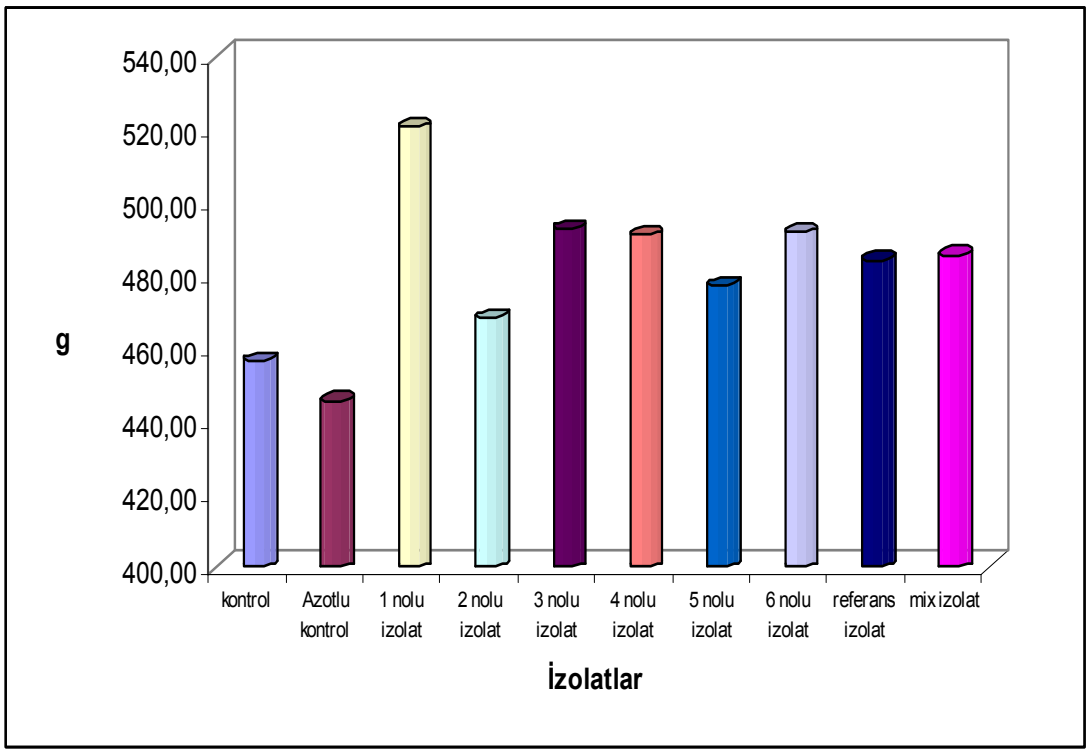
ve Williams 79 gibi daha geç olgunlaşan çeşitlerin verimleri üzerinde daha etkili olduğunu belirlemiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar bu sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.

4. 5. 5. Bin tane ağırlığı

Çizelge 4. 15'den de görüldüğü gibi Yunus 90 bodur fasulye çeşidinde farklı bakteri izolatları ile aşılamanın bin tane ağırlığına etkileri istatistik olarak önemsiz bulunmuştur. Farklı bakteri izolatları, Yunus 90 fasulye çeşidinde bin tane ağırlığı üzerine olan etkileri farklılık göstermektedir. Bunun sonucu olarak bin tane ağırlıkları 445.38 ile 520.64 g arasında değişmekte olup, en yüksek bin tane ağırlığı 520.64 g ile 1 nolu bakteri izolatı ile aşılanan bitkiden elde edilirken, bunu azalan sıra ile 3 nolu bakteri uygulaması (492.64), 6 nolu bakteri uygulaması (491.72), 4 nolu bakteri uygulaması (490.99), mix bakteri uygulaması (485.47), referans bakteri uygulaması (483.88), 5 nolu bakteri uygulaması (477.11), 2 nolu bakteri uygulaması (468.25), kontrol uygulaması (456.46) takip ederken, en düşük bin tane ağırlığı ise azotlu kontrol uygulamasından 445.38 g ile elde edilmiştir (Şekil 4. 26).

Kaçar ve ark. (2004)'nın, yaptıkları bir çalışmada da aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bitkide bin tane ağırlığı bakımından önemsiz olduğu istatistik olarak ortaya konulmuştur.

Bozoğlu ve ark. (1997), Samsunda fasulye ile yürüttükleri çalışmalarında aşılama ve azotlu gübre uygulaması yapılan parsellerden elde edilen bin tane ağırlığı değerlerinin istatistik anlamda kontrol parselleri ile farklılık göstermediğini, Karahan ve Şehirali (1999) ise, Trakya koşullarında fasulyede bin tane ağırlığını aşısız parsellerde 490.92 g, aşılılarda ise 506.89 g olarak belirlemekle beraber, 4 ve 6 kg/da N uygulanan parsellerden daha yüksek bintane ağırlığı değerleri elde edildiğini bildirmişlerdir. Çok sayıdaki araştırıcılar bu konudaki yaptıkları çalışmalarla benzer ya da farklı sonuçlar elde etmişlerdir.

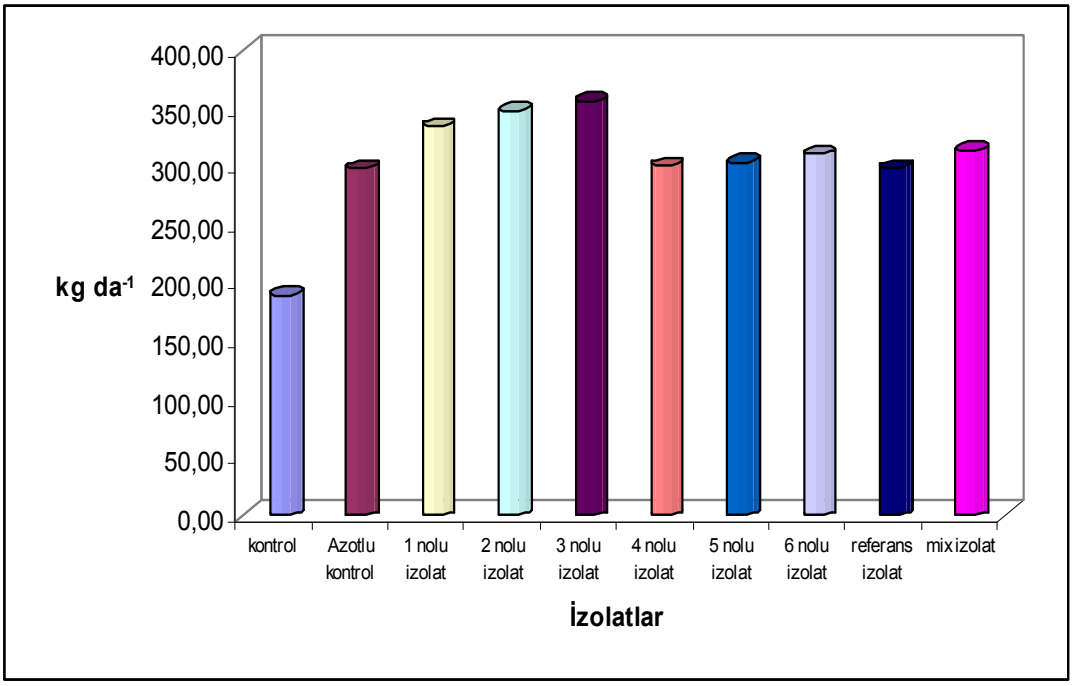


Şekil 4. 26. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bin tane ağırlıkları (g)

4. 5. 6. Verim

Farklı bakteri izolatları ile aşılanan Yunus 90 bodur fasulye çeşidinde verim değerleri arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. Aşılama yapılan parseller. aşılama yapılmayana göre oldukça yüksek miktarda verim sağlamıştır. Çizelge 4. 15'de de görüldüğü gibi verim değerleri 188.98–357.06 kg/da arasında değişmekte olup, verim bakımından farklı bakteri ile aşılanan bitkiler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak, en yüksek verim 3 nolu bakteri izolatıyla aşılanan bitkiden elde edilmiş olup 357.06 kg/da bunu azalan sıra ile 2 nolu bakteri uygulaması (348.24 kg/da), 1 nolu bakteri uygulaması (334.50 kg/da), mix bakteri uygulaması (314.40 kg/da), 6 nolu bakteri uygulaması (310.66 kg/da), 5 nolu bakteri uygulaması (303.27 kg/da), 4 nolu bakteri uygulaması (300.58 kg/da), referans bakteri uygulaması (298.63 kg/da), azotlu kontrol uygulaması (298.72 kg/da) takip ederken en düşük değer ise kontrol uygulamasından (188.98 kg/da) elde edilmiştir (Şekil 4. 27).

Verim bakımından farklı bakterilerle, referans bakterisi karşılaştırıldığında denemeye alınan bakteriler, referans bakteriye göre etkili oldukları belirlenmiştir.



Şekil 4. 27. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu verim değerleri (kg da-^{1})

Diğer taraftan, Kızıloğlu (1991), Erzurumda soya fasulyesi ile yapmış olduğu bir çalışmada aşılama ve gübreleme işlemlerinin kontrole göre tane veriminde artışa neden olduğu, aşılama yapılmadan verilen 12 kg/da'lık azotlu gübre uygulamasının ise diğer gübre dozu uygulamalarına göre (0, 3, 6, 9 kg/da N) S1 çeşidinde aşılanan parsellerden daha yüksek, S2 çeşidinde ise daha düşük değerler verdiğini belirlemiştir.

Bozoğlu ve ark. (1997), Samsunda, Karahan ve Şehirali (1999), Trakya koşullarında fasulye ile yaptıkları çalışmalarında bakteri aşılama ve gübre uygulamasının tane verimini arttırıcı yönde etkisinin bulunduğunu saptamışlar ve Trakya koşullarında ekimle birlikte 4 kg/da azot uygulamasının en yüksek ve ekonomik tane verimini verdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4. 16. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Verim Unsurları

İzolat no	Hasat indeksi %	Toplam Verim kg/da	% N Yaprak	% N Tane	Protein %
Kontrol	38.85	486.66 C	2.02 cD	3.32 bD	20.78 bD
Azotlu kontrol	46.78	638.52 BC	2.85 abBC	3.50 abCD	21.86 abCD
1 nolu izolat	42.70	782.22 AB	3.51 aA	3.78 abABCD	23.64 abABCD
2 nolu izolat	53.32	680.00 AB	3.18 abABC	4.19 aA	26.19 aA
3 nolu izolat	43.40	831.11 A	3.49 aA	4.12 aAB	25.73 aAB
4 nolu izolat	43.77	677.04 AB	3.20 abABC	3.57 abBCD	22.34 abBCD
5 nolu izolat	48.10	630.37 BC	2.64 bcC	4.20 aA	26.27 aA
6 nolu izolat	45.22	688.15 AB	3.19 abABC	4.05 abAB	25.34 abAB
Referans izolat	50.80	594.07 BC	3.25 abAB	4.02 abABC	25.16 abABC
Mix izolat	51.17	625.19 BC	2.87 abBC	4.09 aAB	25.53 aAB

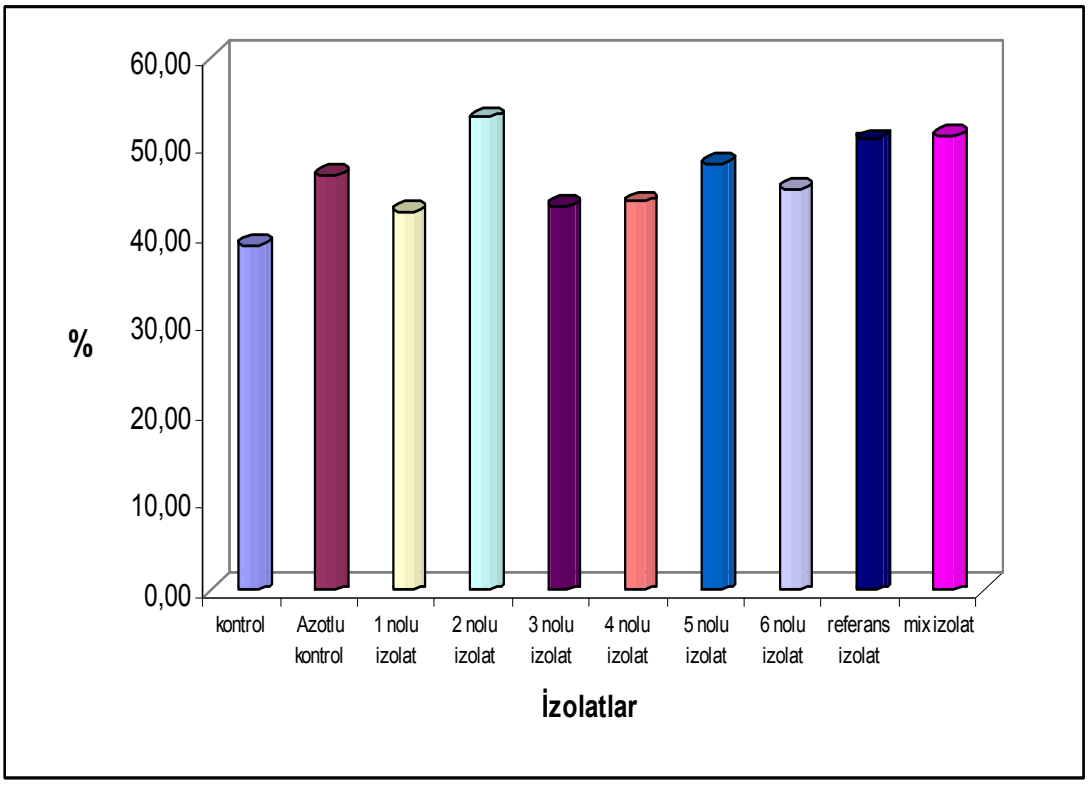
Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir

a-c : $P<0.01$

A-D : $P<0.05$

4. 5. 7. Hasat indeksi

Konya koşullarında araştırmaya konu olan Yunus 90 bodur fasulye çeşidine farklı bakterilerin aşılanmasıyla elde edilen bitkilerdeki hasat indeksi değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelge 4. 16'da da görüldüğü gibi aşılamanın hasat indeksi değerleri üzerine istatistik olarak önemli bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Diğer taraftan farklı bakteri izolatları ile aşılanan bitkilerin hasat indeksi değerleri arasında farklılıklar bulunmuştur. Hasat indeksi değerleri % 38.85–53.32 arasında değişmekte olup, en yüksek hasat indeksi değeri 2 nolu bakteri ile aşılanan bitkiden elde edilmiş ve % 53.32 olarak belirlenmiştir. En düşük hasat indeksi değeri ise % 38.85 olarak kontrol grubunda tespit edilmiştir (Şekil 4. 28)



Şekil 4. 28. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu hasat indeksi değerleri (%)

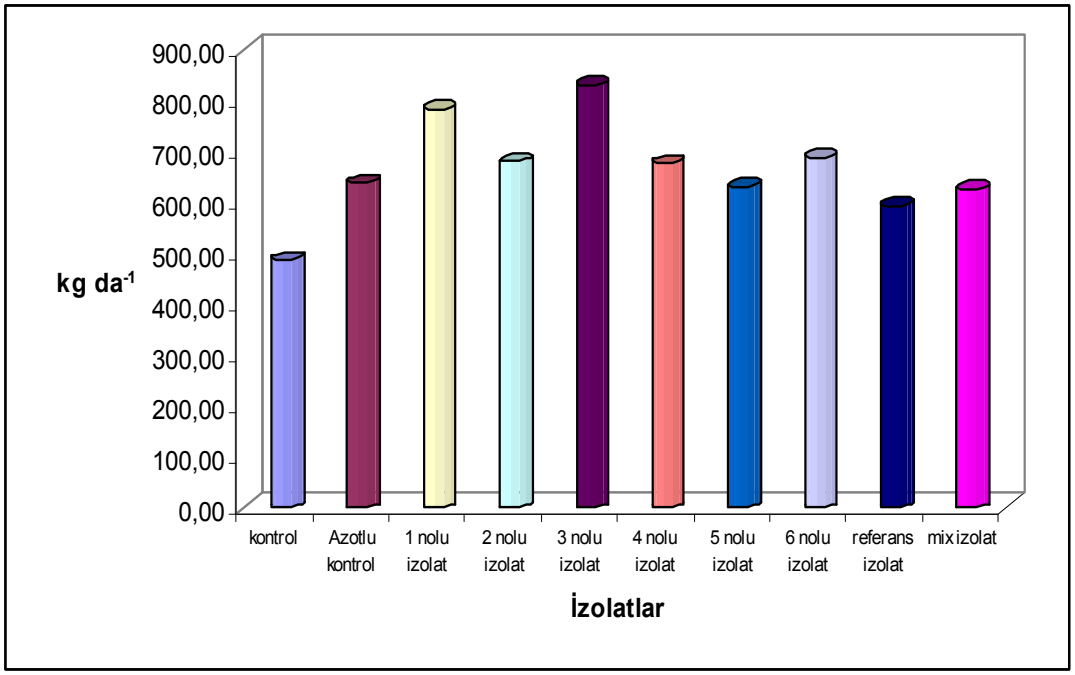
Öte yandan, Söğüt (2005), aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bazı soya çeşitlerinin verim ve verim özelliklerine etkisini araştırdığı bir çalışmada, bakteri ile aşılanan tohumlardan gelişen bitkilerin bitki boyu, meyve sayısı, 1000 tane ağırlığı, hasat indeksi ve tohum veriminin, azotlu gübre uygulanan çeşitlere göre daha yüksek olduğu ve aşılamanın özellikle CF 492 ve Williams 79 gibi daha geç olgunlaşan çeşitlerin verimleri üzerinde daha etkili olduğunu belirlemiştir. Pirbalouti ve ark. (2006), yapmış oldukları bir çalışmada fasulyede tane verimi, bitki başına bakla ve tane sayısı, hasat indeksi ve kuru madde verimi arasında farklı izolatlarla aşılanmış ve aşılanmamış kontroller arasında önemli bir fark olduğunu tespit etmişlerdir. Öte yandan Erman ve ark. (2009), yem bezelyesine Rhizobium sp. aşılaması ve azot uygulamasının etkisine bakmış oldukları bir çalışmada; azot uygulaması, bitki boyu, dal sayısı, kök ve üst aksam kuru ağırlığı, nodül sayısı, tohum verimi, biomas verimi, hasat indeksi ve tohumun protein oranını her iki yılda da önemli derecede etkilediğini belirlemişledir. Bu araştırmacıların elde ettikleri veriler, elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

4. 5. 8. Toplam verim

Çizelge 4.16'da da görüldüğü gibi Yunus 90 bodur fasulye çeşidinde farklı bakteri izolatları ile aşılamanın bitkilerde tarla denemesi sonucu elde edilen toplam verim değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Bu önemli farklılıklar Duncan testi uygulanarak belirlenmiştir. Bunun sonucu olarak toplam verim değerleri 486.66 ile 782.22 kg/da arasında değişmekte olup, en yüksek toplam verim değeri 1 nolu izolatla aşılanan bitkiden elde edilmiştir (782.22 kg/da). Diğer taraftan en düşük değer ise kontrol grubunda 486.66 kg/da olarak bulunmuştur. Aşılama yapılan parsellerin, aşılama yapılmayan parsellere göre toplam verim miktarları bakımından daha yüksek değerlere sahip olduğu bulunmuştur (Şekil 4. 29).

Pirbalouti ve ark. (2006), yapmış oldukları bir çalışmada fasulyede tane verimi, bitki başına bakla ve tane sayısı, hasat indeksi ve kuru madde verimi arasında farklı izolatlarla aşılanmış ve aşılanmamış kontroller arasında önemli fark olduğunu

tespit etmişlerdir. Bu araştırmacıların elde ettikleri sonuçlar elde ettiğimiz sonuçlara benzerlik göstermektedir.

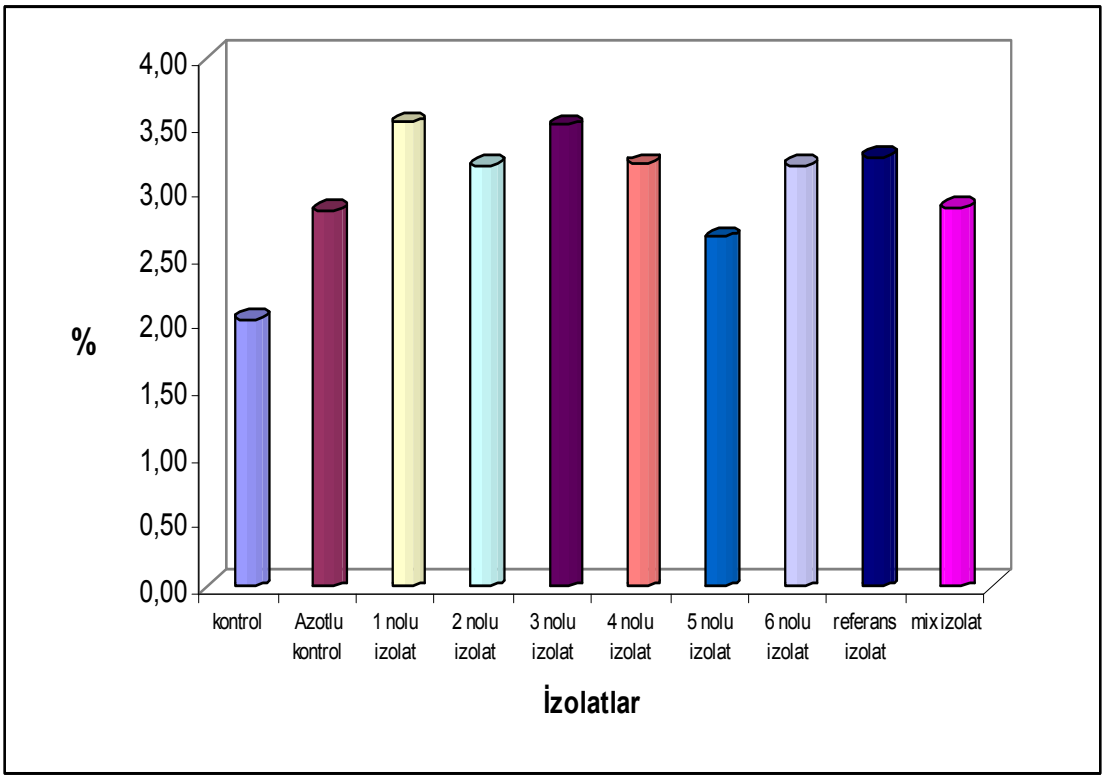


Şekil 4. 29. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu toplam verim değerleri (kg/da)

4. 5. 9. Yaprakta % N

Konya koşullarında Yunus 90 bodur fasulye çeşidine farklı bakterilerin aşılanmasıyla çiçeklenme döneminde alınan yaprak örneklerinde yapılan azot analizi sonucu elde edilen değerler Çizelge 4. 16'da verilmiştir. Çizelge 4.16'da da görüldüğü gibi yapraktaki % N değerleri arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. % N değerleri kontrole göre gözönüne alındığında bütün izolatların etkili olduğu görülmüştür. N değerleri % 2.02 ile 3.51 arasında değişmekte olup, en yüksek N değeri 1 nolu bakteri izolatıyla aşılanan bitkide tespit edilmiştir. En düşük değer ise kontrol grubunda % 2.02 olarak bulunmuştur. Azotlu kontrole göre 5 nolu bakteri izolatı hariç diğer bakterilerin % azot değeri bakımından etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4. 30).

Gürbüzer (1978) tarafından yapılan bir araştırmada da, azot tespit etme yetenekleri sera denemeleriyle belirlenmiş olan toplam 90 *Rhizobium sp. japonicum* izolatı ile çalışılmış ve en fazla azot tespit eden 17 izolat seçilmiştir. Seçilen izolatların tarla denemeleriyle de etkileri araştırılmış ve elde edilen verilere göre alınan ürün miktarları, tane azot kapsamları ve dekardan kaldırılan toplam azot değerleri bakımından 8 izolatın etkili olduğu ve bu izolatlarla aşılanan soya tohumlarının ekilmesi ile dekara verilen 4 kg azottan daha karlı olduğu belirtilmiştir.

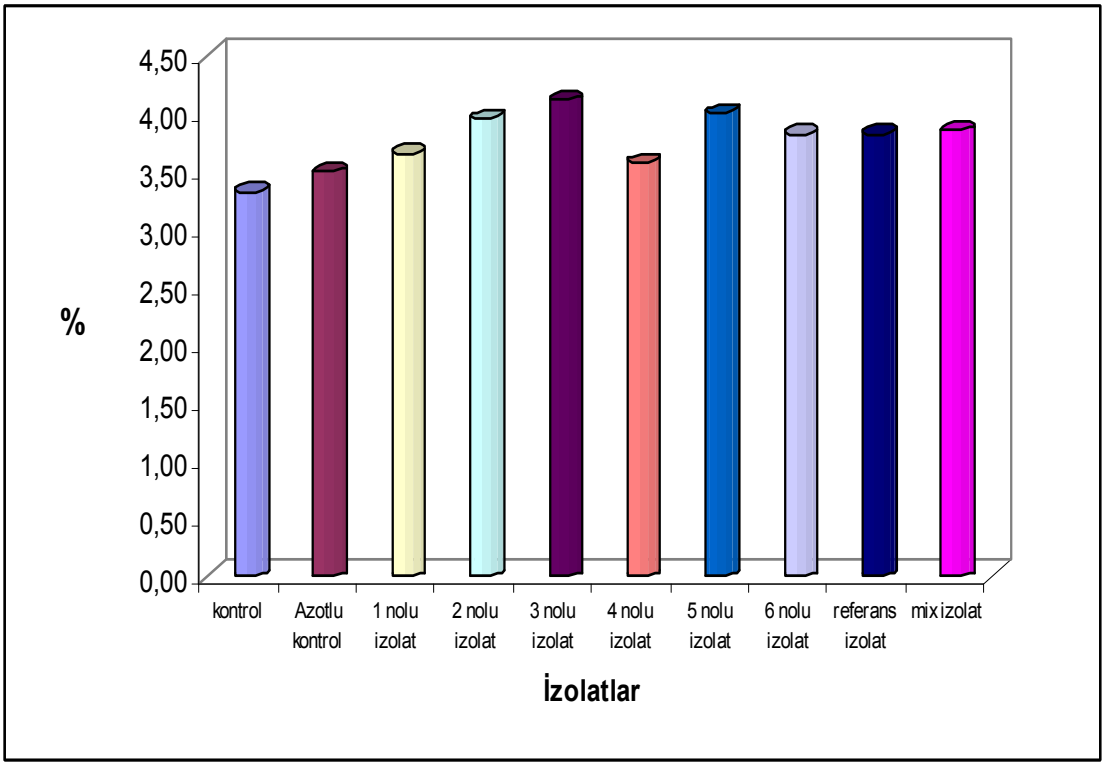


Şekil 4. 30. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu bitki yapraklarında % N değerleri

4. 5. 10. Tanede % N

Araştırmaya konu olan Yunus 90 bodur fasulye çeşidinde arazi şartlarında farklı bakteri izolatlarıyla aşılanan bitkilerden elde edilen tanede % azot değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde farklı bakteri izolatlarıyla aşılamanın tanede % azot değerleri arasında neden olduğu farklılıklar istatistik olarak

önemli (P<0.01 ve P<0.05) bulunmuştur. Tanede % azot değerleri 3.32–4.20 arasında değişmekte olup, en yüksek azot değeri 5 nolu bakteri izolatıyla aşılanan bitkinin tanesinde elde edilmiş, en düşük değer ise kontrol grubunda % 3.32 olarak tespit edilmiştir.

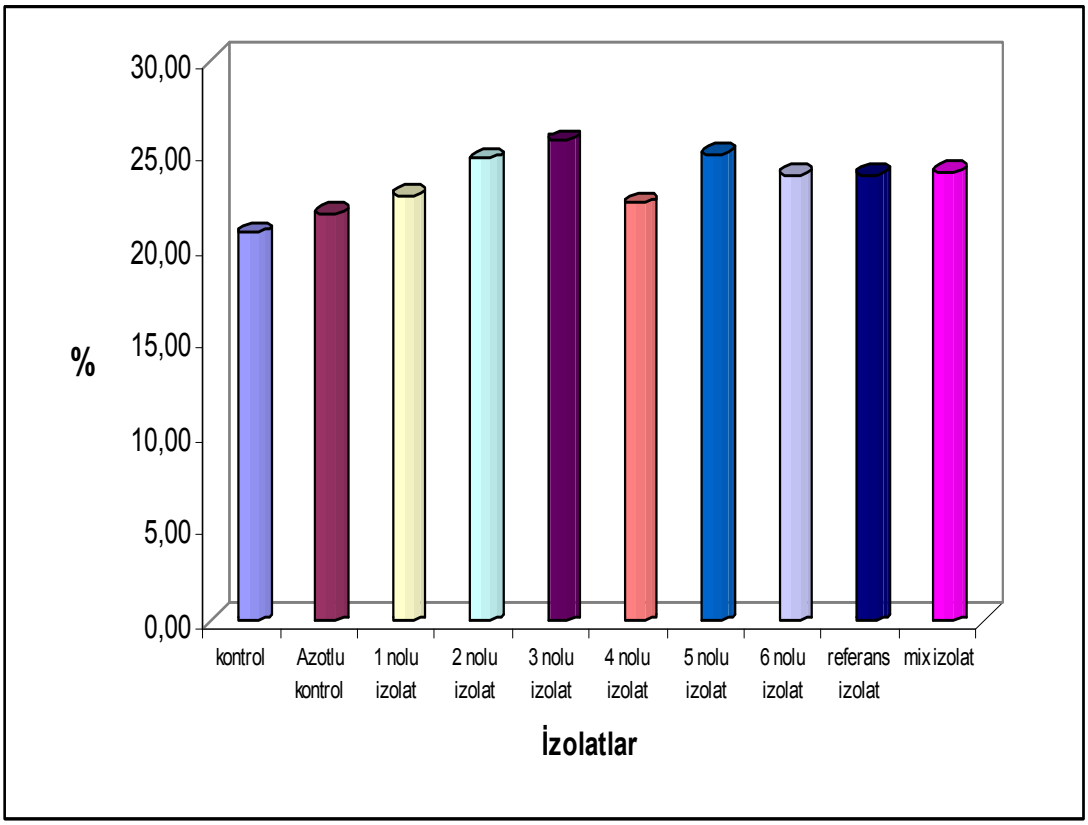


Şekil 4. 31. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu tanede azot değerleri (kg/da)

Farklı bakterilerle aşılanan bitkilerdeki tanede azot miktarı kontrole göre etkili olmuş ve önemli farklılıklar göstermiştir (Şekil 4. 31). Benzer şekilde Ersin (1975), *Rhizobium sp*. izolatlarının etkinliklerini belirlemek için kurduğu bir sera denemesi ile yüksek azot tespit etme yetenekleri saptanmış olan bazı *Rhizobium sp.* izolatlarının Ege bölgesi tarla şartlarında ürüne olan etkisini görmek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda, kullanılan 6 farklı bakteri izolatının verim yönünden etkisi kontrol ve azotlu kontroldan farklı çıkmamış, ancak toplam azot analiz sonuçlarına göre 1 nolu izolatın daha fazla azot bağladığı tespit edilmiştir.

4. 5. 11. Tanede protein miktarı

Çizelge 4.16'da da görüldüğü gibi Yunus 90 bodur fasulye çeşidin farklı bakteri izolatları aşılanması ile yapılan tarla denemesi sonucu elde edilen % protein değerleri arasındaki fark istatistik olarak önemli ($P<0.01$ ve $P<0.05$) bulunmuştur. Bu önemli farklılıklar Duncan testi uygulanarak belirlenmiştir. Farklı bakteri izolatları ile aşılanan bitkinin tanesinden elde edilen protein değerleri % 20.78 ile 26.27 arasında değişmekte olup, en yüksek protein değeri 5 nolu bakteri izolatu ile aşılanan bitki tanesinden elde edilerek % 26.27 olarak tespit edilmiştir. En düşük değer ise % 20.78 olarak kontrol grubundan elde edilmiştir (Şekil 4. 32).



Şekil 4. 32. Farklı izolatlarla aşılanan Yunus 90 fasulye çeşidi bitkisinin tarla denemesi sonucu tanede protein değerleri (%)

Nadeem ve ark. (2004), yaptıkları bir çalışmada, bitkinin dal sayısı, tane sayısı, bin tane ağırlığı, tane verimi ve protein içeriğinin tohumun aşılanması ile önemli derecede etkilendiğini belirlemişlerdir. Aynı şekilde gübre uygulaması da tane verimi ve tanenin protein içeriğini önemli derecede artırmıştır.

Nitekim benzer şekilde Küçük ve Kıvanç (2008), aşılama ile *Rhizobium sp.*'nin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, aşılama ve azotlu gübrelemenin önemli derecede tohum kalitesini (tohum verimi, protein oranı, tohum ağırlığı) artırdığını belirlemişlerdir. Erman ve ark. (2009), yem bezelyesine *Rhizobium sp.* aşılaması ve azot uygulamasının etkisini değerlendirdikleri bir çalışmada; azot uygulamasının, bitki boyu, dal sayısı, kök ve üst aksam kuru ağırlığı, nodül sayısı, tohum verimi, biomas verimi, hasat indeksi ve tohumun protein oranını her iki yılda da önemli derecede etkilediğini tespit etmişlerdir.

4. 6. Sera ve Tarla Deneme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Konya yöresinden izole edilen ve teşhis edilmemiş *Rhizobium sp.* izolatları ile Leonard'ın modifiye ettiği ön deneme kurulmuştur. Bu denemede, 94 adet nodülden izole edilen izolat kullanılmış ve elde edilen sonuçlara göre, bitkilerin azot fikse etme kapasitelerine bakılarak, deneme sonucunda 94 izolattan referans izolata göre etkili olan 6 izolat seçilmiştir. Seçilen bu izolatlarla sera ve tarla denemeleri kurulmuştur. İki ay süren sera denemesi sonucunda; bitki boyu, kök uzunluğu, bitkide nodül sayısı, nodül ağırlığı, % simbiyotik etkinlik, bitkinin kök ve üst aksam ağırlığı ile bitkinin % N değerleri incelenmiştir. Dört ay süren tarla denemesinde ise; bitki boyu, bakla boyu, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, bin tane ağırlığı, verim, hasat indeksi, toplam verim, protein, yaprakta ve tanede azot gibi verim unsurları incelenmiştir.

Sera denemesinden elde edilen veriler değerlendirildiğinde, farklı izolatlarla aşılanan bitkilerden elde edilen verim değerlerinin, aşılanmayan bitkilere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sera denemesinde izolatların etkinlik derecesi bakımından (% 124.06) ve toplam kuru madde ağırlığında (5.93 g) 3 nolu izolatın en

etkili olduğu görülmüştür. Simbiyotik etkinlik (% 141.59), yaprakta azot (% 2.72) ve toplam azotta (% 5.01) ise 1 nolu izolatta en yüksek değerler elde edilmiştir. Bitki boyu (13.57 cm) ve nodül ağırlığında (1.56 g) 2 nolu izolat, nodül sayısında (229 adet) 5 nolu izolat, kök uzunluğunda (26.70 cm) referans izolat ve hasat sonrası yetiştirme ortamına en yüksek azot sağlayan ise mix izolat (96.37 mg kg^{-1} N) olduğu belirlenmiştir. Bunlara karşılık en düşük değerler kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Tarla denemesi sonuçlarına göre ise, bitki boyu (60.17 cm) ve bakla boyunda (14.88 cm) mix izolat, bakla sayısı (83.50 adet) ile hasat indeksi değerinde (% 53.32) 2 nolu izolat, tane sayısında (4.42) 4 nolu izolat, bin tane ağırlığı (520.64 g), toplam verim (782.22 kg/da) ve yaprakta azotta (% 3.51) 1 nolu izolat, verimde (357.06 kg/da) 3 nolu izolat, tanede azot (% 4.20) ve proteinde (% 26.27) 5 nolu izolatın etkili olduğu görülmüş ve en yüksek değerler tespit edilmiştir. En düşük değerler ise kontrol uygulamasında belirlenmiştir.

Hem sera hem de tarla denemelerinde bitkide verim ve verim unsurlarında genellikle 1, 3 ve 5 nolu izolatların etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu izolatlar Derbent ve Beyşehir ilçesinde fasulye yetiştirilen alanlardan toplanan nodüllerden izole edilen bakterilerden elde edilmiştir. Azot fikse etmesi bakımından her iki ortamda da 1 nolu izolatın diğerlerine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Fasulyede nodül oluşumu ve azot fiksasyonunda etkili *Rhizobium sp*. türleri bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Seçilen bu izolatlar yörelerinin iklim ve toprak özelliklerine adapte olmuş olabilirler. Çalışmalarımızda sera ya da tarla denemelerinde etkili olan bir izolat başka bir yerde etkinliğini göstermeyebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fasulye tarımı yapılan arazilerden toplanan nodüllerden izole edilen *Rhizobium sp.* izolatlarının etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla laboratuvar ve ön deneme yapılmıştır. Bunların sonuçlarından elde edilen en etkili *Rhizobium sp.* izolatları ile sera ve tarla denemeleri kurulmuştur. Sera ve tarla denemelerinde Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilen *Rhizobium sp. tropici* (CIAT 899) izolatı ile karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada da ön denemeden sonra azot fikse etme kapasitelerine göre seçilen 6 yerli izolat, referans izolata karşı etkinliğini belirlemek için sera ve tarla denemeleri kurulmuştur.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre, tohumların etkili izolatlarla aşılanarak ekilmesi alınan ürün miktarını ve tanelerin protein kapsamını artırmıştır. Etkili izolatlarla aşılanan bitkiler, aşılanmayan bitkilere göre dekara en fazla 168 kg verim sağlamışlardır. Protein bakımından ise aşılanmamış bitkiye göre % 5.5'luk bir artış sağlamıştır.

Azot (%) kapsamları ve kaldırılan toplam azot miktarları açısından aşılanmamış bitkilere göre, aşılanan bitkiler % 2.29 'luk azot artışı ve yetiştirme ortamına 53.90 mg kg^{-1} azot sağlamıştır. Sonuç olarak bu denemede kullanılan izolatlar pembe renk ve büyük nodül oluşumu, aşılamanın başarılı ve kullanılan izolatların azot fiksasyon kapasitesinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Denemelerde kullanılan izolatların etkinlikleri birbirinden farklıdır. Hem sera hem de tarla denemelerinde bitkide verim ve verim unsurlarında genellikle 1, 3 ve 5 nolu izolatlar etkili olmuştur. Bu izolatlar Derbent ve Beyşehir ilçelerinde fasulye yetiştirilen alanlardan toplanan nodüllerden izole edilen bakterilerden elde edilmiştir. Azot fikse etmesi bakımından ise her iki ortamda da 1 nolu izolatın diğerlerine göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Sera koşullarında etkili olarak seçilen izolatları doğrudan doğruya pratikte kullanmak mümkün değildir. Sera şartlarında yetiştirme ortamı steril edilmekte ve tohumlar steril olarak aşılanmakta ve nodüllerin oluşumu sırasında ortamda rekabete girecek başka bakteriler bulunmamaktadır. Tarla koşullarında ise oluşan nodül oranı ve tespit edilen azot miktarı çeşitli faktörlerin karşılıklı etkileri sonunda ortaya çıkmaktadır.

Daha önce fasulye ekimi yapılmayan ve toprakta bu bitki üzerinde nodül oluşumunu sağlayan Rhizobium bakterisi bulunmayan alanlarda tohumların etkili izolatlarla aşılanarak ekilmesi gerekmektedir.

Dengeli ve bilinçli bir biyolojik ve mineral gübreleme, kaliteli ürün elde edilmesi yanında bu ürünle beslenen insanların sağlığı yönünden de önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

Aguilar, O.M. Veronica Lopez, M. Ricillo, P.M. 2001. The diversity of *Rhizobia* nodulating beans in northwest argentina as a source of more efficient inoculant strains. J. Biotechnol. 91. 181–188.

Akçin, A. 1974. Erzurum Ekolojik şartlarında yetiştirilen tarla fasulyelerinde sulama ve azotlu gübrelemenin tane verimine. tanenin protein miktarına ve köklerdeki nodül sayısına etkisi üzerine bir araştırma. Basılmamış. Doçentlik tezi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü. Erzurum.

Algur, Ö. F. Öğütcü, H. 2000. Erzurum yöresinden toplanan yabani baklagil bitkilerinden izole edilen *Rhizobium sp.* türlerinin kültür bitkilerinde nodül oluşturma ve azot bağlama potansiyellerinin araştırılması. TUBİTAK-TARP-Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi. TARP–2046 nolu proje.

Alva, A. K., Edwards, D.G. Asher, C. J. Suthipradit, S. 1987. Effects of Acid Soil Infertility Factors on Growth and Nodulation of Soybean. Published In Argon. J. 79: 302–306

Anonymous, 1974. Konya Ovası Ana Tahliyesi. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayın No: 772. Ankara.

Anonymous, 1978. Konya Kapalı Havzası Toprakları, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları. No: 228. Ankara.

Anonymous, 1982. Aplication of Nitrogen Fixing Systems in Soil Management Fao Rome.

Anonymous, 1992. Konya İli Arazi Varlığı. Mülga T. C. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. İl Rapor No: 42. Ankara.

Anonymous, 1993. Konya Ovası Ana Tahliye Kanalı Suyunun Kalitesi ve Sulamada Kullanılma Olanakları. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 159, Rapor Serisi: 132, Konya.

Anonymous, 2008. http://www.microbiologyonline. org.uk/forms/Rhizobium sp. pdf

Anonymous, 2009. Konya Meteoroloji Müdürlüğü Verileri.

Ayhan, K. 1995. Ankara'nın Kazan ilçesi topraklarından izole edilen *Rhizobium sp.* leguminosarum izolatlarının simbiyotik özelliklerinin belirlenmesi. Kükem Dergisi, 18(1). 51–56.

Bayraklı, F. 1987. Toprak ve Bitki Analizleri (Çeviri ve Derleme) 19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay. No: 17. Samsun.

Beck, D.P. 1992. Yield and nitrogen fixation of chickpea cultivars in response to inoculation with selected rhizobial strains. Argon. J. 84. 510-516.

Beck, D.P. Materon, L.A. and Afandi, F. 1993. Practical *Rhizobium sp.*-Legume Technology Manual. İnternational Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Aleppo, Syria. 1-54p.

Berger, J. Abbo, S. Turner, N.C. 2003. Ecogeography of annual wild Cicer species. Crop Science. 43, 1076–1090.

Bordeleau, L.M. and Prevost, D. 1994. Nodulation and nitrogen fixation in extreme environments. Plant and Soil. 161, 115–125.

Bouyoucos, C. A. 1951. Hidrometer Method İmproved for Making Particle Size Analysis of Soil Agron J. 54 (5), 464 – 465.

Bozoğlu, H., E. Pekşen ve A. Gülümser, 1997. Değişik azotlu gübrelerin ve farklı dozlarda bakteri kültürü ile aşılamanın kuru fasulyede tane verimi ve bazı özellikler üzerine etkisi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi. 22–25 Eylül 1997. s: 183–187, Samsun.

Bremner, J. M., 1965. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. A.C.A. Black Amer. Soc. of Agron Inc. Pub. Agron. Series No: 9 Madison USA.

Bremner, E., Van Kessel C., Nelson L., Rennie, R. J. and Rennie D.A., 1990. Selectionof Rhizobium sp. leguminosarum strains for lentil (Lens culinaris) under growth room and field conditions. Plant and Soil. 121, 47–56.

Brock, T. D., 1974. Biology of Microorganism. Second Edition. Prentice-Hall, 483–489.

Caudry-Reznick, S. Prevost, D. and Schulman, M.H. 1986. Some properties of arctic rhizobia. Arch Microbiol. 146, 12–18.

Cebel, N. 1988. Değişik soya nodül bakteri izolatlarının değişik soya çeşitlerinin verimine ve bitkilerin toplam azot kapsamına etkisi. T.C. Tarım Orman ve

Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel yayın no: 147. rapor serisi no: R–71. Ankara.

Chaverra, M.H. and Graham, P.H., 1992. Cultivar variation in traits affecting early nodulation of common bean. Crop Sci. 32, 1432–1436.

Chen, A.P.T. and Philips, D.A., 1976. Attachment of *Rhizobium sp.* to legume roots as the basis for spesific interactions. Plant Physiol. 38:83–88.

Christiansen, I. and Graham, P.H. 2002. Variation in dinitrogen fixation among andean bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes grown at low and high levels of phosohorus supply. Field crop res. 73, 133–142.

Çakmakçı, M. L., 1987. Biyolojik Azot Tespiti ve Ekolojik araştırma yöntemleri. TÜBİTAK Tarım Ormancılık Araştırma Grubu. Tarımsal Mikrobiyoloji Araştırma Grubu. Tarımsal Mikrobiyoloji Araştırma Enstitüsü. Yay. No: 2, Ankara.

Daba, S. and Haile M., 2000. Effects of rhizobial inoculant and nitrogen fertilizer on yield and nodulation of common bean. J. Plant Nutrition. 23 (5), 581–591.

Dart, P.J., 1977. Infection and development of leguminous nodules. New York, 367-472 p.

Daza, A., Santamaria. C. Rodriquez-Navarro. D.N. Camacho. M. Orive. R. 2000. Perlite as a carrier for Bacterial ınoculants. Soil Biol. Biochem. 32, 567-572.

Demiralay, İ., 1977. Toprak Fiziği Uygulaması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.

Dogbe, W., Fenning. J.O., Danso, S.K.O. 2000. Nodulation of legumes in ınland vallay soil of ghana, symbiosis. 28(1). 77–92.

Ek-Jander, J. and Fahraeus, G., 1971. Adaptation of rhizobia to subarctic environment in Scandinavia. Plant and Soil. Spec. Vol., 129–137.

Erman, M. Arı., E. Togay, Y. and Çiğ, F. 2009. Response of field pea (Pisum sativum sp. Arvense L.) to Rhizobium sp. inoculation and nitrogen application in Eastern Anotolia. Journal af Animal and Veterinary Advances 8(4): 612–616.

Ersin, B. 1975. Fiğ Rhizobium sp. bakterisi izolasyonu. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı. Toprak Su Müdürlüğü Menemen Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü yayınları. Yayın No: 40. İzmir.

Ertaş, M. R., 1979. Konya Ovası Sulama Şebekesi Sulama Rehberi. Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 6. Konya.

Eyüpoğlu, F. 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu. KHGM Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayını Teknik Yayın No: T–67. Genel Yayın No: 220 Ankara.

FAO, 1990. Micronutrient assesment at the country level. P. 1–208. An International Study. (M. Sillanpa. Ed.). FAO Soil Bulletin 63. Published by FAO. Roma, Italy.

France, A. A. 1995. Nitrogen nutrition of the bean grop. Agronimicas. 70, 4–5.

Gezgin, S. ve Karakaplan, S. 1992. Konya-Çumra Ovası topraklarında bitkiye faydalı azot miktarının tayininde kullanılabilecek yöntemler üzerine bir araştırma. Tr. J. of Agricultural and Forestry. 18, 235–241.

Gök, M. and Martin, P., 1993. Farklı *Rhizobium sp.* bakterileri ile aşılamanın soya. üçgül ve fiğde simbiyotik azot fiksasyonuna etkisi. Tr. J. Of Agriculture and Forestry. 17, 753–761.

Göktan, D. 1974. Türkiye'nin çeşitli yerlerinden izole edilen Rhizobium sp. phaseoli izolatlarının etkenlik durumlarının saptanması. Hacettepe Üniversitesi, Doktora tezi.

Graham, P.H., and Rossas, J.C. 1979. Nodule Development and Nitrogen Fixation in Cultivars of Phaseolus vulgaris L. As ınfluenced by planting density. J. Agric. Sci. Canb. 90, 19–29.

Graham, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris L*. Field Crops Res. 4, 93–112.

Graham, P.H. ve Vance, C.P. 2002. Nitrogen fixation in perspective: an overwiev of research and extention needs. Field Crop Research. 65, 93–106.

Gür, 1987. Toprak Biyolojisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:10, Konya.

Gür, S., 2002a. Mercimek ve fasulye nodüllerinden izole edilen *Rhizobium sp.* izolatlarının bazı kültürel ve biyokimyasal özellikleri. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 6; 2, 25–33.

Gür, S., 2002b. Elazığ yöresinde üretilen fasulye bitkilerinden etkili *Rhizobium sp. leguminosarum bv. phaseoli* izolatlarının seçimi. F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 14(1), 59–61.

Gürbüzer, E. 1978. En fazla azot tesbit etme özelliği gösteren soya fasulyesi nodozite bakterilerinin seçilmesi. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı. Toprak Su Genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü. Genel yayın no: 78. Rapor yayın no: 12

Haktanır, K. ve Arcak, S. 1997. Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. Yayın No: 1486. Ders Kitabı: 447, Ankara.

Hansen, P.A. 1994. Symbiotic N_2 fixation of crop legumes university of hohenheim. Hohenheim tropical agricultural series. 248 p Germany.

Hartel ve Alexander, 1984. Temperature and desiccation tolerance of cowpea vigna unguioulata rhizobia. Can. J.Microbiol. 30, 820–823.

Hızalan, E. and H. Ünal, 1966. Soil chemical analysis. University of Ankara Agriculture Faculty Publics. 273, Ankara.

Holding, A. J. ve Kong, J. 1963. The effectiveness of indigeneous populations of *Rhizobium sp. trifolii* in relation to soil factors. Plant and Soil. Vol: 18. 191–198.

Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, H.A., Staley, J.T., 1994. Williams&Wilkins. Baltimore. Maryland (9nd ed). 5-98 p.

Hungria, M., Franco, A. A., Sperent, J.I. 1993. New sources of high temperature tolerant rhizobia for *Phaseolus vulgaris L.* Plant Soil. 149. 103–109.

Hungria, M., Chucire, M.L., Coca, R.G., Megias, M. 2001. Preminary Characterization of Fast Growving *Rhizobial* Strains Isolated from Soyabean Nodules in Brazil. Soil Biol. Biochem. 33. 1349–1361.

Işık, M. 1998. Baklagillerde çeşit geliştirme çalışmaları ve geliştirilen çeşitler. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Eskişehir.

Jackson, M. L., 1962. Soil chemical analysis, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.S.

Jordan, D.C. 1984. Family III. *Rhizobiaceae*. Bergey's manual of systematic bacteriology. William and Wilkins. Baltimore. London, 235–244 s.

Kacar, B., 1977. Bitki Besleme. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 637. S: 124.

Kacar, B., 1979. Genel Bitki Fizyolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No:724. Ders kitabı, No:214. Ankara Üniversitesi Matbaası, Ankara.

Kacar, B., 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı yayınları. No: 3. ss 705. Ankara.

Kaçar, O., Çakmak, F., Çöplü, N. ve Azkan, N., 2004. Bursa koşullarında bazı kuru fasulye çeşitlerinde (*Phaseolus vulgaris L.*) bakteri aşılama ve değişik azot dozlarının verim ve verim unsurları üzerine etkisinin belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 18(1): 207–218

Kadıoğlu, A., 1998. Bitki Fizyolojisi. Trabzon. 84-99 s.

Kanwar, J.S., Chopra, S.L. 1967. Practial Agricultural chemistry for studies of B. Sci (Ag.) of Indian offest by united Delhi-6 India.

Karaca, Ü., Uyanöz, R. ve Karaarslan, E., 2008. Effects of some heavy metals on *Rhizobial* growth. International Meeting On Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. 29 October–1 November 2008. sf: 119. Kuşadası Turkey.

Karahan, A. 1997. Trakya koşullarında Şehirali–90 (*Phaseolus vulgaris L*. Namus DEKAP) Bodur fasulye çeşidinde bakteri aşılama ve değişik azot dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. Trakya Üniversitesi Doktora Tezi. 51s.

Karahan, A. ve S. Şehirali, 1999. Trakya koşullarında Şehirali 90 fasulye çeşidinde (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* DEKAP) bakteri aşılama ve değişik azot dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi. 15–20 Kasım, s. 389–394. Adana.

Kasımoğlu, 2005. Farklı tuz stresi şartlarında, yabani baklagil bitkilerinden izole edilen *Rhizobium sp.* izolatlarının nodulasyon ve azot bağlama

potansiyellerinin araştırılması. (Doktora Tezi) Danışman: H. Öğütcü (Atatürk Üniversitesi, Biyoloji Ana Bilim dalı), Erzurum.

Kaya, Ş. ve Sökmen, Ö. 2001. Ege koşullarında en fazla azot tespit etme özelliği gösteren fasulye nodozite bakterilerinin (*Rhizobium sp. phaseoli*) sera ve tarla koşullarında seçilmesi. Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. 119, 369-380.

Kızıloğlu, F.T., 1991. Erzurum yöresinde üretilen yeşil mercimek (Lens culinaris) bitkisinde etkili *Rhizobium sp. leguminosarum* izolatlarının seçimi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No :98, Erzurum. 39-52s.

Kızıloğlu, 1995. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 180. Erzurum.

Küçük, Ç. 2004. Eskişehir bölgesinde yetiştirilen fasulyelerin (*Phaseolus vulgaris L.*) kök nodüllerinden izole edilen *Rhizobium sp.* izolatlarının karakterizasyonu. simbiyotik özelliklerinin belirlenmesi ve bunların inokulant olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. (Doktora Tezi) Danışman: B. Kunduhoğlu. H. Güngör (Osman Gazi Üniversitesi. Biyoloji Ana Bilim dalı), Eskişehir.

Küçük, Ç., Kıvanç, M. ve Kınacı, E. 2006. Fasulyeden izole edilen *Rhizobium sp. sp*'nin karakterizasyonu. Turk J. Biol. 30/127–12 © TUBİTAK.

Küçük, Ç. and Kıvanç, M. 2008. The effect of *Rhizobium sp. sp*. inoculation on seed quality of bean in Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences 11(14): 1856–1859.

Lindsay, W.L. and W.A. Norvell, 1978. Development of DTPA soil test for zinc. iron. manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*. 42: 421-428.

Lipsanen, P. and Lindstrom, K., 1986. Adaptation of red clover *Rhizobia* to low temperatures. Plant and Soil, 92. 55–62.

Loderio, A.R., Gonzales, P. Hernandez, A. Balague, L. J. Favelukes, G. 2000. Comparison of drought tolerance in nitrogen fixing and inorganic nitrogen grown common bean. Plant science. 154. 31–41.

Lynch, D. H. and Smith, D. L. 1993. Soybean (Glycine max) nodulation and N_2 fixation as affected by exposure to a low root-zone temperature. Physiol. Plant.. 88. 212–220.

Maingi, J.M. Shinya, C.A. Gitonga-Hornetz, B. 2001. Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) in pure and mixed stands in semi-arid south-east Kenya. Europ. J. Agronomy. 14. 1-12.

Martinez-Romero, E. Hernandez-Lucas. I., Pena-Cabriales, J.J. and Castellanos, J.Z. 1998. Symbiotic performance of some modified *Rhizobium sp. etli* strains in assays with *phaseolus vulgaris*. Beans that have a high capacity to fix N_2. Plant Soil. 204. 89–94.

Materon, L. A. Kreatinge, J. D. H. Beck., D. P. Yurtsever, N. Karuç, K. Altıntaş, S. 1995. Survey of *Rhizobium sp.* numbers and symbiotic effectiveness in the west Asian highland. Final Project report. Highland Region Program. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Ankara. 1-54p.

Matos, I. and Schröder, E.C. 1989. Strain selection for pigeon pea *Rhizobium sp.* under greenhouse conditions. Plant and Soil. 116. 19–22.

Mhamdi, R. G. Laguerre, M. Elarbi-Aouani, M. Mars, and N. Amarger, 2002. Different species and symbiotic genotypes of field rhizobia can nodulate *Phaseolus vulgaris* in Tunisian soils. FEMS Microbiol. Ecol. 41**:**77–84.

Milner, M. Scrimshaw, A. S. and Wang, D.I.C. 1976. Research needs in protein resources. Ed.J.M. Vincent. A.S. Whitney and J. Bose Exploiting the legume-*Rhizobium sp.* Symbiosis in tropical Agriculture. Proceedings of a workshop. held at Khaului Maui. Hawaii. August. 23–28. 469s.

Nadeem, M.A. Ahmad, R. and Ahmad, M.S. 2004. Effect of seed inoculation and different fertilizer levels on the growth and yield of mungbean (Vigna radiata L.). Journal of Agronomy 3 (1): 40–42.

Nagre, P. K. Keshkar, P. B. 1993. Effect of Irrigation and Phosphorus Levels on Nodulation of Berseem. Herbage Abstr. 63 (10): 3096.

Neuvel, J. and H. Floot, 1992. Research on French Beans. Inoculum can Lower Nitrogen App. *Groenter Fruit*. Vollegrandsgroenter 2:2. 18–19; 2pl. Holland.

Nutman, P. S. 1975. *Rhizobium sp.* in the soil microbiology. N. Walker. D.Ph and F.R.I.C. (Ed.) by. First Published. The White Friars Pres Ltd. London and Tonbridge. 111–127.

Olivera, W.S., Meinhard, L.W., Sessitsch, A., Tsai, S. M. 1998. Analysis of *Phaseolus-Rhizobium sp.* interactions in a subsistence farming system. Plant Soil. 204. 107–115.

Olsen, S.R. C.W. Cole, S.S. Watanabe and L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction by sodium bicarbonate. USDA Agric. Circ. 939.19p.

Öğüt, M. Kılıç, M. ve Brohi, A.R. 2003. *Azospirillum brasilense* ve iki *Rhizobium sp.* türünün bazı yaygın fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*) çeşitlerinde nodülasyona etkisi. S.Ü. Ziraat Fakültesi dergisi 17(31): 5–12.

Öğütcü, H. 2000. Yabani baklagil bitkilerinden izole edilen *Rhizobium sp.* izolatlarının baklagil bitkilerinde nodül oluşturma ve azot bağlama potansiyellerinin araştırılması. Atatürk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü. Erzurum.

Önder, M. 1992. Bodur, kuru fasulye çeşitlerinin tane verimine ve morfolojik, fenolojik, teknolojik özelliklerine bakteri aşılama ve azot uygulamalarının etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış Doktora Tezi). 128 s. Konya.

Önder, M. ve Özkaynak, İ. 1994. Bakteri aşılaması ve azot uygulamasının bodur kuru fasulye çeşitlerinin tane verimi ve bazı özellikleri üzerine etkileri. Tr. J. of Agricultural and forestry. 18. 463-471.

Önder, M. ve Sade, A. 1996. "Yunus 90" Bodur kuru Fasulye Çeşidinde Farklı Bitki Sıklıklarının Tane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. S.Ü.Ziraat Fakültesi Dergisi. 9(11) : 71–82.

Önder, M. Babaoğlu, M. Ceyhan, E. Yorgancılar, M. 1999. Biyogübre ve fosforlu gübre dozlarının fasulye bitkisinin verim ve verim unsurlarına etkisi. Türkiye I. Ekolojik Tarım Sempozyumu 21–23 Haziran. İzmir.

Önder, M. Gezgin, S. Babaoğlu, M. Konuk, M. Yiğit, F. Ceyhan, E. ve Yorgancılar, M. 2003. Konya yöresinde Fasülye ve Nohutta Simbiyotik Azot Fiksasyonunun Tespiti. Etkin *Rhizobium sp.* Irklarının İzolasyonu ve Bakteri Aşılaması. Proje No: TOGTAG-TARP/2041.

Özdemir, S. Karadavut, U. ve Erdoğan, C. 1999. *Rhizobium sp.* aşılaması ve gübrelemenin bezelyenin (pisum sativum L.) nodulasyonu ve verimine etkisi. Tr. J. of Agriculture and Forestry 23 Ek sayı 4. 869–874.

Özdemir, S. 2002. Yemeklik tane baklagiller. Hasad yayıncılık. 28–46 s.

Paau, A. S. 1989. Improvement of *Rhizobium sp.* inoculants. Appl. Environ. Microbial. 55(4). 862-865.

Pirbalouti, A. G. Golparuar, A. R. and Rostampoor, S. A., 2006. Evaluation of seed yield and yield components of common bean Iranian cultivars for inoculation with four strains of *Rhizobium sp. leguminosarum biovar phaseoli.* Journal of Agronomy 5(3): 382–386. 2006.

Popescu, A. 1998. Contributions and Limitations to symbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) in Romania. Plant and Soil. 204. 117-125.

Prevost, D. Antoun, H. and Bordeleau, L. M. 1987. Effects of low temperature on nitrogenase activity in sainfoin (Onobrychis viciifolia) nodulated by arctic rhizobia. FEMS Microbiology letters. 45(4). 205–210.

Ran, G. 1967. Agriculturel Microbiology. Asia Publishing House. London.

Rawsthorne, S. Hadley, P. Summerfield, R.J. and Roberts, E. H. 1985. Effects of Supplemental Nitrate and Thermal Regime on the nitrogen nutrition of chickpea (Cicer arientinum L.). Plant and Soil. 83. 279–293.

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Dept. Of Agriculture. No: 60. Washington. D.C.

Roughley, R. J. 1970. The influence of root temperature. *Rhizobium sp.* strain and host selection on the structure and nitrogen fixing efficiency of the root nodules of Trifolium subterraneum. Ann. Bot.. 34. 631-646.

Roughley, R. J. and Dart, P. J. 1970. Root temperature and root-hair infection of Trifolium subterraneum L. Cv. Cranmore. Plant and Soil. 32. 518–520.

Rupela, O. P. and Kumar Rao, JV. D. K. 1987. Effects of drought. temperature and salinity on symbiotic nitrogen fixation in legumes with emphasis on chickpea and pigeonpea. In Proceedings of The Consultants Workshop. 19–21 December 1984. ICRISAT Center. Patancheru. India. 124–129.

Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. Plant Physiology. Wadswort Puldising Company. Belmont, California. 682–705 p.

Sarıoğlu, G. Özçelik, S. ve Kaymaz, S. 1993. Elazığ ve yöresinde üretilen mercimek bitkilerinden etkili nodozite bakterilerinin (*Rhizobium sp. leguminosarum biovar. Viceae*) seçimi. Tr. J. Of Agriculture and Forestry. 17. 569–573.

Schiffmann, J. and Alper, Y. 1968. Inoculation of peanuts by application of *Rhizobium sp.* suspansion into the planting furrows. Expl. Agric.. 4. 219-226.

Schlegel, H.G. 1976. Allgemeine Microbiologie. Georg Thieme Veriog. Stuttgart; 480s.

Schelegel, H.G. 1986. General Microbiology. Cambridge University Pre. Cambridge. U.K. 399-404p.

Serraj, R. and Sindair, T. R. 1998. N_2 Fixation responseto drought in common bean (*Phaseolus vulgaris*). Annals of Botany. 82. 229–234.

Sharma, L.C. Saxena, R.K. Jain, J. Parersan, J. and Reddy, B. N. 1983. Survey for nodulation in gram in rajasthan. Int. Chckpea newsletter. 9. 24–25.

Shinsanya, C. 2002. Improvement of drought adapted tepary bean (*Phaseolus acutifolius A. Gray var. latifolius*) yield through biological nitrogen fixation in semi-arid SE-Kenya. Europ. J. Agronomy. 16. 13–24.

Sims, W.L. and Harrington, J. F. 1968. Growing Bush Snop Bens for Mechanical Harvest. Univ. Of California Agr. Ext. Ser. Axt. 273–286.

Smith, H.W. and Weldon, M.D. 1941. A Comparasion of Some Methods For The Determination of Soil Organic Matter. Soils Sci. Soc. Amer.. Proc.. 5: 177–182.

Somasegaran, P. and Hoben, H. J. 1994. Handbook for *Rhizobia*. Springer-verlag. New York. USA.

Soltanpour, P. N. and Workman, S.M. 1981. Use of Inductively-Coupled Plasma Spectroscopy for the Simultaneous Determination of Macro and Micro Nutrients in NH_4HCO_3-DTPA Extracts of Soils. *Developments in Atomic Plasma Analysis*. In: Barnes R.M. (ed). USA. 673-680.

Söğüt, T. 2005. Aşılama ve azotlu gübre uygulamasının bazı soya çeşitlerinin verim ve verim özelliklerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 18 (2). 213-218.

Spert, J. 1976. The Biology of Nitrogen Fixing Organism Mc Grow Book Comp. England.

Sultan, K. Gintzburger, G. Obaton, M. Robin, C. Touchane, H. and Guckert, A. 2001. Growth and nitrogen fixation of annual Medicago-*Rhizobium sp.* associations during winter in Mediterranean region. European J. Argon.. 15(3). 221–229.

Şehirali, S. Gürgün, V. Gençtan, T. ve Çiftçi, C.Y. 1981. Bakteri aşılaması ve değişik azot dozlarının fasulyede (*Phaseolus vulgaris L.)* tane verimi ve protein kapsamı üzerine etkisi. Toprak Su Araştırma Raporu. 15 s.

Tchobanglous, G. and Burton, F. l. 1991. Wastevater Engineering. McGraw-Hill. İnc.. Singapure. (3nd ed). 18-23p.

U.S.Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils U.S. Goverment Handbook No: 60. Printing Office. Washington.

Uyanöz, R. 2007. The effects of different bio-organic. chemical fertilizers and their combination on yield. macro and micro nutrition content of dry bean (*Phaseolus vulgaris L.*). International Journal of Agricultural Research 2(2): 115–125. Academic Journals Inc. USA.

Ülgen, N. ve Yurtsever, N. 1984. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. S.1–183. Toprak Su Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı. Yayın No:47. Rehber No:8. Ankara.

Vergas, A.A.T. Silveria, J.S.M. Atheyde, A. and Pacova, B.E.V, 1991. Comporison of bean genotypes of nodulation capasity and yield rhizobial ınoculation and/or application of mineral N. Revista Brasileria de Ciancia do Cdo Brazil. 15. 267–272.

Vincent, J.M. 1970. A Manual For The Practical Study of The Root-Nodule Bacteria. IBP. Handbook. No:15. Blackwell Scientific Publications. Oxford. England.

Vincent, J.M. 1974. Root-Nodule Symbiosis with *Rhizobium sp.*. Ed. A. Quispel. The biology of nitrogen fixation. North Holland Publishing Company. Amsterdam. Oxford. 769 s.

Vincent, J.M. 1980. A mannual for the practical study of root nodule bacteria. Blackwell. Oxford.

Yaman, M. Cinsoy, A.S. 1996. Soya fasulyesi tarımında yüksek azot bağlayan *Rhizobium sp.* bakterisi izolatlarının saptanması. Anadolu Journal of AARI6(I) 84-96p.

Yurtsever, N. 1984. "Deneysel İstatistik Metotları" Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları: 623. Ankara.

Waughman, E.J. 1977. The effect of temperature on nitrogenase activity. J. Exp. Bot.. 28. 949-960.

Wolf, B. 1971. The Determination of Boron in Soil Extracts, Plant Materials, Composts, Manures, Water and Nutrient Solutions. Soil Science and Plant Analysis (2), 363-374.

Zahran, H.H. 2001. *Rhizobium sp.* from wild legumes: diversity. taxonomy. ecology. nitrogen fixation and biotechnology. J Biotecnology. 2-3. 143-153.

Ek Çizelge 1. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen Bitki Boyu, Kök Uzunluğu ve Nodül Sayısına Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Bitki boyu		Kök uzunluğu		Nodül sayısı	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	13.695	14.61**	29.99	4.17**	20480	10.19**
Hata	20	0.938	---	7.19	---	2009	---
Toplam	29	---	---	---	---	---	---

Ek Çizelge 2. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen Nodül Ağırlığı, Simbiyotik Etkinlik ve Etkinlik Derecesine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Nodül ağırlığı		Simbiyotik etkinlik		Etkinlik derecesi	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	0.949	7.93**	5304.4	94.79**	2072	9.77**
Hata	20	0.120	---	56.0	---	212	---
Toplam	29	---	---	---	---	---	---

* : P<0.05
** : P<0.01

Ek Çizelge 3. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen % N (Yaprak, Kök ve Yaprak+Kök) Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		% N (Yaprak)		% N (Kök)		% N (Yaprak+Kök)	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	0.5217	11.69**	0.3350	29.19**	1.5276	21.42**
Hata	20	0.0446	---	0.0115	---	0.0713	---
Toplam	29	---	---	---	---	---	---

Ek Çizelge 4. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Sera Denemesinden Elde Edilen mg kg^{-1} N, Üst Aksam ve Toplam Kuru Madde Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		mg kg^{-1} N (Yetiştirme ortamı)		Üst aksam (g)		Toplam kuru madde (g)	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	825.5	23.19**	2.036	8.28**	4.734	9.77**
Hata	20	35.6	---	0.246	---	0.485	---
Toplam	29	---	---	---	---	---	---

* : P<0.05
** : P<0.01

Ek Çizelge 5. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Bitki Boyu, Bakla Sayısı ve Bakla Boyu Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Bitki boyu (cm)		Bakla sayısı (adet)		Bakla boyu (cm)	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	42.0	1.96	380.4	4.37**	0.536	2.33
Hata	20	21.5	---	87.1	---	0.230	---
Toplam	29	---	---	---	---	---	---

Ek Çizelge 6. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Baklada Tane Sayısı, Bin Tane Ağırlığı ve Verim Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Baklada tane sayısı (adet)		Bin tane ağırlığı (g)		Verim (kg da^{-1})	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	0.1354	1.97	1333	1.95	6377	3.43**
Hata	20	0.0688	---	685	---	1860	---
Toplam	29	---	---	---	---	---	---

* : P<0.05
** : P<0.01

Ek Çizelge 7. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen Hasat İndeksi, Toplam Verim ve % N (Yaprak) Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Hasat indeksi (%)		Toplam verim (kg da^{-1})		% N (Yaprak)	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	60.4	1.45	27511	2.92*	0.5999	6.51**
Hata	20	41.6	---	9411	---	0.0921	---
Toplam	29	---	---	---	---	---	---

Ek Çizelge 8. Farklı İzolatlarla Aşılanan Yunus 90 Fasulye Çeşidi Bitkisinin Arazi Denemesinden Elde Edilen % N (Tane) ve Protein Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		% N (Tane)		Protein (%)	
Varyans Kaynakları	S D	KO	F	KO	F
Rhizobium aşılaması	9	0.3033	3.58**	11.81	3.58**
Hata	20	0.0848	---	3.30	---
Toplam	29	---	---	---	---

* : P<0.05
** : P<0.01

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Konya'da doğdu. İlkokul. ortaokul ve liseyi Konya'da tamamladı. 1994 yılında S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak bölümünde lisans eğitimime başladı ve 1998 yılında tamamladı. 1999 yılında S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalında Prof. Dr. Kemal GÜR danışmanlığında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Yüksek Lisans eğitimimi 2002 yılında tamamladı. 2003 yılında yine aynı bölümde Doktora eğitimine başladı. Halen aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak Doktora eğitimimi sürdürmektedir.