



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



Konya Çumra yöresi topraklarında doğal *Rhizobium* populasyonu

Ümmühan Çetin Karaca, Refik Uyanöz *, Emel Karaarslan

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya

Özet

Fasulye tarımının yoğun yapıldığı Konya iline bağlı Çumra yöresinde doğal *Rhizobium* populasyonunu belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, farklı fasulye tarlalarından ve fasulye bitkisinin kök bölgesinden toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizler ile doğal *Rhizobium* sayımı yapılmıştır. Çumra yöresinde yetiştirilen fasulye bitkisinin kök bölgesinden alınan toprak örneklerinde *Rhizobium* sayımı KOCH yöntemine göre yapılmıştır. *Rhizobium* sayıları 10 g toprakta 6×10^4 ile 52×10^4 arasında bulunmuştur. Toprak özellikleri ve topraktaki *Rhizobium* sayıları arasında önemli bir ilişki belirlenmiştir. Bu ilişki toprak özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Farklı yerlerden alınan toprakların *Rhizobium* sayılarındaki farklılıkların nedeni; toprak işleme, gübreleme (özellikle azotlu gübreler), sulama gibi tarımsal uygulamalardan kaynaklanabilir.

Anahtar Kelimeler: *Rhizobium*, fasulye, populasyon, toprak özellikleri.

Population of the indigenous *Rhizobium* population Konya Çumra region soil

Abstract

Beans on the intensive cultivation of indigenous *Rhizobium* population in the region of Konya province Çumra be determined with the aim of this study, the different fields of beans and bean plants, soil samples were taken from the root zone. Physical and chemical analysis of soil samples to determine the natural population of *Rhizobium* in soil samples *Rhizobium* have been tallied. The roots of bean plants grown in the region Çumra region *Rhizobium* in soil samples taken from the census was carried out according to Koch's method. *Rhizobium* values examined were found between $6-52 \times 10^4/10$ g soil *Rhizobium* in the soil between the soil properties and was a significant correlation with soil properties, and this relationship has changed. Indeed, taken from different places of work are the subject of a large number of *Rhizobium* in the soil varies. The reason for this, tillage, fertilizer applied to land (particularly nitrogenous fertilizers), agricultural irrigation practices, such as changes in soil properties caused.

Keywords: *Rhizobium*, beans, population, soil properties.

© 2014 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak azotunun kaynaklarından birisi de değişik bitkilerle ve özellikle baklagillerle karşılıklı yaşamaya dayanan ve havanın serbest azotunu tespit eden toprak mikroorganizmaları yani *Rhizobium* gibi bakterilerdir. Kültüre alınmış topraklarda bu yolla fikse edilen azotun en önemli kısmı *Rhizobium*-baklagil ortaklaşmasına dayanmaktadır (Hansen, 1994).

Türkiye'de tarım alanlarının çoğunda mono kültür uygulanması toprakların veriminin düşmesine neden olmaktadır (Sarıoğlu ve ark. 1993). Verimi yükseltmek için kullanılan aşırı gübrelemenin, maliyeti 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 nedenle, bitkilerin azot gereksinimlerinin bir kısmını daha az masraflı olan biyolojik azot fiksasyonu ile karşılamının önemli olduğu açık olarak belirlenmiştir (Graham ve Vance 2002).

Karuç ve ark. (1993), yaptıkları bir çalışmada mercimek, nohut ve fasulye ekiminin en fazla yapıldığı Konya ve Kızılcahamam ilçelerinin farklı bölgelerinden 43 adet toprak örneği toplamışlardır. Sera şartlarında bitki enfeksiyon metodu ile toprakların *Rhizobium* populasyonunu saptamışlardır. Konya ilçesinden aldıkları 33 adet toprak örneğinin 1 gramında 1.7×10^5 adet *Rhizobium leguminosarum* (mercimek), $1-1.7 \times 10^5$ adet

* Sorumlu yazar:

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 42079 Konya

Tel.: 0(332)2232916

e-ISSN: 2146-8141

E-posta: refik@selcuk.edu.tr

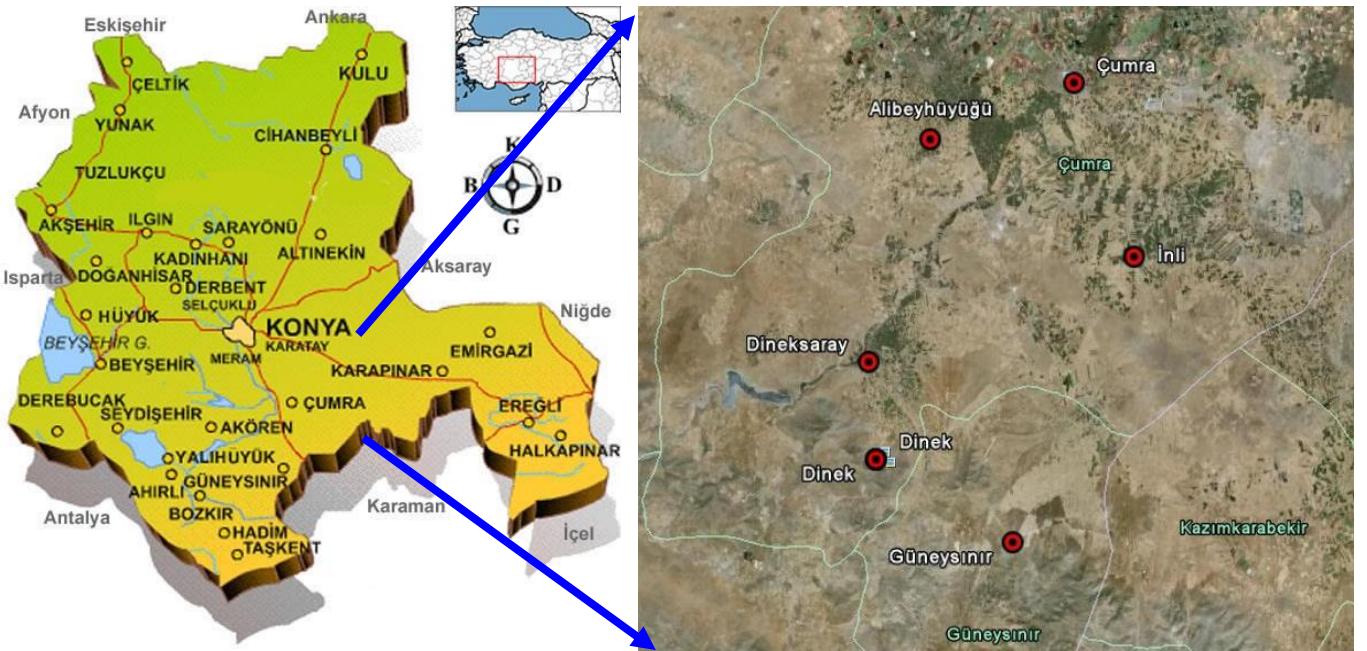
Rhizobium phaseoli (fasulye) bakterisi tespit etmişlerdir. Kızılcahamam ilçesinden aldıkları 10 adet toprak örneğinin hepsinde sadece *Rhizobium phaseoli* tespit etmişlerdir. İçel ve Adana illerinde ise soya fasulyesi ekilen bölgelerden aldıkları 10 adet toprak örneğinde yine aynı metodu kullanarak doğal popülasyonu belirlemeye çalışmışlardır.

Aguilar ve ark. (2001), tarafından yapılan bir çalışmada Arjantin'in kuzeybatı bölgesinde fasulye üretilen alanlardan yaklaşık 400 bakteri izole edilmiştir. Yapılan laboratuvar çalışmaları sonucunda, bakteri sayıları 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.

Yaptığımız bu çalışmada, Konya'nın Çumra ilçesinde fasulye ekimi yapılan topraklardaki doğal *Rhizobium phaseoli* popülasyonunun belirlenmesi ve fasulye ekilen bu toprakların inokülasyona ihtiyaçlarının olup olmadığının ve *Rhizobium* popülasyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin saptanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Konya ilinde fasulye yetiştirilen Çumra yöresinde (Şekil 1), yerleri belirlenen örnekleme alanlarından çalışma için gerekli olan toprak örnekleri bitkinin kök bölgesinden 0–20 cm derinlikten alınmıştır. Alınan örnekler polietilen poşetlere konularak etiketlenmiş ve laboratuvara getirildikten sonra bir kısmı ayrılarak *Rhizobium* sayımı için buzdolabında +4 °C'de muhafaza edilmiş, diğer kalan kısım ise havada kurumaya bırakılmış, daha sonra kesekler ezilerek 2 mm'lik elekten geçirilerek bazı fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur (Kacar, 1995). Araştırmada kullanılan toprak örneklerinde; tekstür Bouyocous (1951), pH Richard (1954), EC U.S. Salinity Lab. Staff (1954), organik madde Smith ve Weldon (1941), kireç Hizalan ve Ünal (1965), toplam azot Bremner (1965), fosfor Olsen et al (1954), değişebilir katyonlar Richard (1954), iz elementler Soltanpour ve Workman (1981)'e göre analizler yapılmıştır. Toprakta *Rhizobium* sayımı ise dilüsyon metodu kullanılarak YMA (Yeast Mannitol Agar) ortamında ekim yapılarak 1 g topraktaki canlı bakteri sayısı belirlenmiştir (Gürbüz, 1978).



Şekil 1. Toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar

Bulgular ve Tartışma

Çumra yöresinin farklı yerlerinden alınan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Çumra yöresinin çeşitli yerlerinden alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi toprak örneklerinin pH değerleri 7.43 ile 8.23 arasında, EC değerleri ise 0.099–0.415 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. Topraklar pH açısından hafif alkalin karakterde olup,

tuz bakımından ise sınıfı tuzsuzdur. Tekstür bakımından araştırma konusu olan topraklar genellikle killi tın tekstüre sahip olup, killi ve tınlı bünye sınıfları arasında da yer almaktadır.

Çizelge 1. Fasulye Bitkisinin Kök Bölgesinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (en düşük ve en yüksek değerlerin değişim aralıkları)

Örnek sayısı	Örnek Alınan Yerler					
	Çumra (16)	Dinek köyü (3)	Dineksaray merkezi (7)	Alibeyhüyüğü (3)	İnli (1)	Güneysınır (1)
pH	7.87-8.07	7.71-7.77	7.85-8.01	7.70-7.87	7.43	8.23
EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	157.60-284.50	204.0-225.5	102.70-232.5	99.05-415.50	368	147.65
Sınıfı	Killi tın-tınlı	Killi tın	Killi tın-killi	Killi tın	Killi tın	Killi tın
CaCO ₃ (%)	14.91-29.79	12.12-17.60	14.32-39.47	6.56-8.86	13.96	22.51
O.M. (%)	1.25-1.73	2.45	1.23-2.11	1.05-1.73	2.17	1.52
N (mg kg^{-1})	124.46-174.93	165.13-227.85	110.74-280.77	114.16-539.49	335.16	119.56
P (mg kg^{-1})	63.46-211.79	28.65-153.40	25.14-98.28	38.68-550.74	56.09	150.14
K (mg kg^{-1})	1.54-10.17	31.44-71.01	16.81-96.07	13.43-322.05	3.25	13.78
Ca (me 100 g ⁻¹)	3.34-8.64	6.97-8.64	7.26-11.61	7.84-8.26	6.45	3.34
Mg (me 100 g ⁻¹)	1.75-2.19	1.75-1.86	1.43-1.95	1.77-1.95	1.99	2.19
Fe (mg kg^{-1})	6.88-10.94	8.74-23.03	6.62-19.06	7.04-8.41	6.27	14.28
Cu (mg kg^{-1})	2.09-3.11	1.90-4.10	2.12-3.86	2.52-2.71	2.64	2.75
Mn (mg kg^{-1})	94.09-198.04	88.43-139.99	43.08-292.39	74.51-198.04	100.55	255.40
Zn (mg kg^{-1})	0.55-1.18	0.52-1.04	0.49-3.82	0.55-0.73	0.91	1.93
Mo (mg kg^{-1})	0.01-0.03	0.01	0.01-0.02	0.01-0.04	0.02	0.04
Co (mg kg^{-1})	1.51-3.74	1.36-1.87	0.52-5.74	0.95-3.74	1.48	6.58

Topraklarının kireç (CaCO₃) kapsamaları % 6.56 ile % 39.47 arasında değişmektedir. Ülgen ve Yurtsever (1984)'in bildirdiği sınır değerlerine göre topraklar kireçli ve çok fazla kireçli sınıflar arasına dahil olmaktadır. Organik madde miktarları ise %1.05 ile 2.45 değerleri arasındadır.

Araştırma topraklarının alınabilir kalsiyum (Ca) miktarları 3.34 me 100g⁻¹ ile 11.61 me 100g⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 7.48 me 100g⁻¹ dir. FAO (1990)'ün bildirdiği sınır değerlerine göre toprakların kalsiyum miktarları az, yeterli ve fazla düzeyde kalsiyum içermektedir. Toprakların bitkilerce alınabilir magnezyum (Mg) miktarı ise 1.43 me 100 g⁻¹ ile 2.19 me 100g⁻¹ arasında değişmektedir. FAO (1990)'ün bildirdiği sınır değerlere göre toprakların magnezyum değerleri az ve yeterli düzeyde magnezyum içermektedir.

Söz konusu toprakların azot içerikleri % 0.01 ile 0.05 arasında değişmektedir. Genellikle araştırmaya konu olan topraklar azot, fosfor bakımından yeterli hatta oldukça yüksek belirlenmiştir. Çizelge 1'de görüleceği gibi, söz konusu araştırma topraklarının fosfor miktarları yeterli ve oldukça yüksek olarak bulunmuştur. 25.14-550.74 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların potasyum miktarları 1.54-322.05 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Değerler incelendiğinde potasyum miktarları çok az ile çok yüksek arasındaki sınıflarda yer almaktadır. Araştırmaya konu olan toprakların özellikle azot ve fosfor bakımından yüksek çıkması, o yöredeki çiftçilerin yoğun gübre kullanımından kaynaklandığı örnek alınırken çiftçilerle yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir.

Araştırma topraklarının Fe miktarları 6.27-23.03 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdiği sınır değerlerine göre, söz konusu topraklar demir bakımından yeterli hatta oldukça yüksek değerler olduğu saptanmıştır. Bakır kapsamı yönünden ise topraklar 1.90 ile 4.10 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdiği sınır değerlerine göre, toprakların elverişli bakır miktarları yeterli veya genellikle yüksek düzeydedir.

Toprakların bitkilerce alınabilir mangan (Mn) miktarları ise, 43.08-292.39 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, toprakta verimlilik analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerlere göre çok azdan çok fazlaya kadar değişmektedir (FAO, 1990). Bitkilerce alınabilir çinko (Zn) miktarları 0.49 mg kg⁻¹ ile 3.82 mg kg⁻¹ arasındadır. Lindsay ve Norvell (1978)'in bildirdiği sınır değerlerine göre, topraklar az veya fazla düzeyde çinko kapsamaktadır.

Araştırma topraklarının molibden (Mo) miktarları 0.01 ile 0.04 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 yetersiz seviyededir.

Toprakların kobalt miktarları ise 0.52 mg kg⁻¹ ile 6.58 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.

Araştırma topraklarının *Rhizobium* potansiyeli

Konya ilinin Çumra yöresinde *Rhizobium* potansiyelini belirlemek amacıyla, fasulye bitkisinin çiçeklenme döneminde steril koşullarda alınan toprak örneklerinde laboratuvar koşullarında KOCH yöntemine göre dilüsyon işleminden sonra mikroorganizma sayımı yapılmıştır. Yapılan sayım sonuçlarına göre, topraktaki *Rhizobium* sayıları 6.00 ile 52.00 x10⁴ adet/g arasında değişmekte olup, *Rhizobium* sayıları arasında farklılıklar belirlenmiştir. Bu farklılıkların nedeni ise toprak işleme, gübreleme (özellikle azotlu gübreler) ve sulama gibi tarımsal uygulamalardan kaynaklanan toprak özelliklerindeki değişimlerdir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Fasulye Bitkisinin Kök Bölgesinden Alınan Toprak Örneklerinde *Rhizobium* Sayıları (değişim aralıkları)

Örnek alınan yerler	Çumra	Dinek köyü	Dineksaray merkezi	Alibeyhüyüğü	İnli	Güneysınır
Örnek sayısı	16	3	7	3	1	1
<i>Rhizobium</i> sayısı (x10 ⁴ adet/gr)	8–40	43–50	12–52	6–47	27	12

Diğer taraftan toprak, bitki ve çevre faktörleri *Rhizobium* potansiyelinin dağılımını ve onların gelişmelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Buna paralel olarak, toprak özellikleri (fiziksel, kimyasal, biyolojik) aynı zamanda *Rhizobium* sayısını da etkilemektedir. Ayrıca *Rhizobium*'ların topraktaki dağılımları bölgeden bölgeye değişmektedir. Araştırma alanından alınan topraklarda *Rhizobium* sayıları farklılık göstermiştir. Toprakların N, pH, EC, kireç, organik madde kapsamları ve besin elementi içerikleri ile *Rhizobium* sayısı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacı ile yapılan korelasyonda da önemli pozitif ve negatif ilişkiler belirlenmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi toprak özellikleri ile topraktaki *Rhizobium* arasında bir ilişki mevcut olup, bu ilişki toprak özellikleri ile değişmektedir. Nitekim çalışmaya konu olan farklı yerlerden alınan topraklardaki *Rhizobium* sayıları büyük değişiklikler göstermiştir.

Araştırmada kullanılan toprakların azot içerikleri genelde az ve yeterli olarak (% 0.011–0.054) bulunmuştur (Çizelge 1). Ayrıca, azot ile *Rhizobium* sayısı arasında yapılan korelasyonda ilişki pozitif ve % 1 seviyesinde önemli olarak tespit edilmiş olup korelasyon katsayısı r=0.561'dir (Çizelge 2). Azotun *Rhizobium* üzerine etkisi kesin olarak bilinmekte olup ortama fazla azot verildiği zaman *Rhizobium* bakterisi çalışmamaktadır. 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 (N₂) 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.

Kacar et al (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.

Araştırmaya konu olan toprakların birçoğunda gübreleme nedeniyle başta N olmak üzere birçok besin elementi fazla olarak belirlenmiştir. Bu durum, topraklardaki *Rhizobium* popülasyonu ve başka bir ifade ile nodül oluşumunu doğrudan etkileyen bir faktördür.

Çizelge 1'in incelenmesinden de anlaşılacağı üzere topraklar pH açısından hafif alkalın karakterdedir. Bu pH değerleri topraktaki birçok mikroorganizma için uygun olup, toprağın biyolojik aktivitesini yüksek tutmaktadır. Diğer taraftan rhizobium sayısı ile pH arasında yapılan korelasyonda bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlarda *Rhizobium* sayısı değişmiştir. Her ne kadar pH ile *Rhizobium* sayısı arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmemiş ise de, toprak pH'sındaki değişimler *Rhizobium* sayısını etkilemektedir. Toprak reaksiyonu toprakta yaşayan veya aşılama ile toprağa verilen *Rhizobium* sp.

bakterilerinin aktivitesini etkileyen en önemli toprak özelliklerindedir. Optimum N₂ fiksasyonu nötr pH civarlarında olmaktadır. Fakat değişik *Rhizobium sp.* türlerine göre optimum pH'da değişimler görülebilmektedir (Anonymous, 1982).

Toprak tuzluluğu ile *Rhizobium* sayısı arasında bir ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 2). *Rhizobium* bakterilerinin aktiviteleri artan tuzla paralel olarak düşmüştür. Sulama suyunda artan tuz konsantrasyonunun baklagillerde tane ve nodül ağırlığını önemli miktarda düşürdüğü tespit edilmiştir (Anonymous, 1982). Singleton ve ark. (1982) tarafından besi ortamına çeşitli miktarda tuz ilavesi ile yapılan çalışma sonuçları, ortamın tuz içeriği arttıkça Rhizobial yoğunluğun düştüğünü, bakteri etkinliğinin azaldığını, buna bağlı olarak kuru madde oluşumu, nodül ağırlığı ve nodül aktivitesinin azaldığını ortaya koymuştur.

Araştırma topraklarının kireç içerikleri değerlendirildiğinde, kireçli ve çok fazla kireçli sınıfına dahil olmaktadır. Aynı zamanda kireç içeriği ile *Rhizobium* sayısı arasında önemli bir ilişki belirlenmemiştir (Çizelge 2). Ortamın asitliği ve kalsiyum konsantrasyonu *Rhizobium sp.*'lerin üremesi ve baklagillere enfeksiyonunda önemli rol oynamaktadır. Kalsiyum, asit koşullarda Al ve Mn iyonlarının N₂ fiksasyonuna olan toksik etkilerini ortadan kaldırır (Anonymous, 1982).

Toprakların organik madde miktarları az ve yeterli düzey arasında değişmektedir. Ayrıca *Rhizobium* sayısı ile topraktaki organik madde arasında yapılan korelasyonda % 1 seviyesinde önemli ve pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (r=0.517) (Çizelge 2).

Söz konusu toprakların *Rhizobium* sayısı ile kalsiyum arasında yapılan korelasyonda önemli bir ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 2). Yapılan çalışmalarda kalsiyum toprak reaksiyonuna etki ederek bitkinin gelişmesine ve *Rhizobium*'un çoğalma ve canlılığını devam ettirmesine yardımcı olur. Kalsiyum iyonları, fosfor bor, mangan ve molibdenin bitki tarafından alınmasına yardım eder (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.

Diğer taraftan *Rhizobium* sayısı ile topraktaki magnezyum ve fosfor arasındaki korelasyonda, hem *Rhizobium* sayısı ile magnezyum hem de *Rhizobium* sayısı ile fosfor arasında önemli bir ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 2). Ancak fosfor, *Rhizobium* 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 elde edilmiştir (Nagre ve Keshbar, 1993). Fosfor protein sentezinde görev alan önemli bir elementtir. Baklagiller protein bakımından zengin olduğundan diğer bitkilere nispeten fosfora daha fazla ihtiyaç gösterirler.

Toprakların potasyum içerikleri çok az ile çok yüksek arasında değişmektedir. Potasyum ile *Rhizobium* sayısı arasındaki korelasyonda pozitif ve % 1 seviyesinde önemli (r = 0.457*) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Toprakta potasyum (K) ve kükürtün (S) bulunmaması durumunda, fazla miktarda yarıyışlı azot olsa bile baklagil bitkilerinde protein sentezi gerçekleşmez. K, nodül sayısında, S ve P ise nodül sayısı ve nodül büyüklüğünde etkili olmaktadır (Kızıloğlu, 1995).

Toprakların demir içerikleri yeterli hatta oldukça yüksek düzeydedir. Fe içeriği ve *Rhizobium* sayısı arasında yapılan korelasyon sonucu önemli bir ilişki olmadığı Çizelge 2'de görülmektedir. Baklagil bitkileri demir içeren bir protein olan leghemoglobini ihtiva ederler. Leghemoglobin oksijenin geri dönüşümlü olarak yakalar ve nitrogenaz enziminin aktivite göstermesinde etkili olur. Leghemoglobin içeren nodüller pembe-kahverengi görünümündedirler ve bu rengin oluşmasında leghemoglobin etkilidir. Leghemoglobin içermeyen nodüller ise beyaz renkte ve küçüktürler (Kacar, 1977).

Toprak bakterileri yaşam koşulları için en uygun ortamlarda hayatlarını sürdürürler. Yaşam alanlarında örneğin rizosfer bölgesinde bulunan diğer mikroorganizmalarla besin elementleri temini nedeniyle her zaman bir etkileşim ve mikrobiyal yarış halindedirler. Özellikle *Rhizobium* bakterileri demire olan büyük gereksinimleri nedeniyle bu elementin rekabetine çok fazla girmektedir. Battistoni ve ark. (2001) yaptıkları bir çalışmada toprakta demir eksikliğinde bakteriler arasındaki rekabeti incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, demir eksikliği durumundaki *Rhizobium*'ların çok daha etkili rekabet ettiklerini belirtmişlerdir.

Diğer taraftan araştırma topraklarının bakır ve mangan içeriği ile toprakta *Rhizobium* sayısı arasında yapılan korelasyonda önemli bir ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 2). Topraklardaki bakır ve mangan miktarları yeterli veya genellikle yüksek düzeydedir (Çizelge 1). Zn, Mn, Cl ve Cu bitkinin büyümesi için gereklidir. Fakat nodülasyonu etkilemez. Cu eksikliği inefektif bakterilerde olduğu gibi fazla sayıda küçük nodülün oluşmasına neden olur (Anonymous, 1984).

Çizelge 2. *Rhizobium* Sayısı İle Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon Katsayıları

	<i>Rhizobium</i> sayısı	pH	EC	CaCO ₃	O.M.	Fe	Cu	Mn	Zn	Mo	Co	K	N	P	Ca	Mg	Kil	Kum
pH	-0.336																	
EC	0.064	-0.491																
CaCO ₃	0.493	0.005*	-0.054															
	0.115	0.439	0.774															
CaCO ₃	0.538	0.014**	0.534	-0.426														
O.M.	0.517	-0.657	0.002*	0.017**														
	0.003*	0.003	-0.372	-0.157	0.244													
Fe	0.234	0.985	0.039**	0.400	0.185	0.718												
	0.206	0.985	0.039**	0.400	0.185	0.718												
Cu	0.338	-0.353	-0.069	0.614	0.612	0.000*												
	0.063	0.052	0.714	0.000*	0.000*	0.421	0.513											
Mn	-0.099	0.041	0.125	-0.322	0.357	0.421	0.003*											
	0.597	0.826	0.502	0.077	0.049*	0.018**	0.485											
Zn	0.254	-0.026	0.406	-0.167	0.479	0.066	0.001*	0.485										
	0.168	0.890	0.024**	0.370	0.006*	0.725	0.022**	0.006*	0.082									
Mo	-0.535	0.229	0.313	-0.108	-0.255	-0.328	-0.331	0.289	0.082									
	0.002*	0.214	0.087	0.565	0.166	0.071	0.069	0.114	0.662									
Co	-0.161	0.171	0.080	-0.237	0.259	0.359	0.398	0.974	0.488	0.359								
	0.386	0.359	0.667	0.200	0.160	0.047**	0.026**	0.000*	0.005*	0.048**								
K	0.457	-0.301	0.291	-0.338	0.697	0.075	0.569	0.344	0.816	-0.274	0.280							
	0.010*	0.100	0.112	0.063	0.000*	0.689	0.001*	0.058	0.000*	0.136	0.128							
N	0.561	-0.530	0.660	-0.075	0.702	-0.230	0.221	-0.006	0.654	-0.211	-0.044	0.767						
	0.001*	0.002*	0.000*	0.687	0.000*	0.214	0.232	0.975	0.000*	0.255	0.814	0.000*						
P	0.240	0.065	0.277	-0.189	0.389	-0.263	0.218	0.084	0.653	-0.005	0.102	0.726	0.657					
	0.193	0.730	0.131	0.308	0.031**	0.154	0.238	0.651	0.000*	0.978	0.585	0.000*	0.000*					
Ca	0.293	-0.334	-0.226	-0.228	0.327	0.452	0.540	0.230	0.272	-0.504	0.113	0.461	0.149	-0.097				
	0.109	0.066	0.222	0.216	0.073	0.011**	0.002*	0.213	0.139	0.004*	0.544	0.009*	0.424	0.604				
Mg	-0.334	0.076	0.177	-0.335	0.024	0.055	0.186	0.456	0.158	0.456	0.500	-0.084	-0.084	0.141	-0.441			
	0.066	0.683	0.340	0.066	0.898	0.771	0.317	0.010*	0.395	0.010*	0.004*	0.653	0.654	0.450	0.013**			
Kil	0.019	-0.383	-0.010	-0.011	0.005	0.086	0.034	-0.005	-0.012	-0.206	-0.001	0.069	0.078	-0.400	0.336	-0.236		
	0.918	0.033**	0.956	0.954	0.977	0.646	0.858	0.978	0.951	0.267	0.998	0.713	0.676	0.026**	0.065	0.201		
Kum	-0.376	0.004	0.315	-0.373	0.022	-0.342	-0.048	0.141	-0.142	0.472	0.110	-0.155	-0.090	0.248	-0.513	0.528	-0.630	
	0.037**	0.985	0.085	0.039**	0.906	0.060	0.796	0.448	0.447	0.007*	0.556	0.405	0.631	0.179	0.003*	0.002*	0.000*	
Silt	0.458	0.365	-0.390	0.485	-0.033	0.352	0.029	-0.175	0.191	-0.401	-0.139	0.131	0.039	0.070	0.328	-0.444	-0.163	-0.663
	0.010*	0.044**	0.030**	0.006*	0.859	0.052	0.877	0.347	0.303	0.025**	0.455	0.483	0.837	0.707	0.071	0.012**	0.380	0.000*

Topraklar az veya çok miktarda Zn içermektedir. Çinko ile *Rhizobium* sayısı arasında yapılan korelasyonda önemli bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Yapılan bazı çalışmalarda da çinkonun bitki büyümesi için gerekli olduğu ancak nodülasyona doğrudan etki yapmadıkları bildirilmiştir (Bordeleau ve Provost 1994). Toprakların molibden miktarları genelde yetersiz seviyededir. *Rhizobium* sayısı ile molibden arasında yapılan korelasyonda da negatif ve önemli bir ilişki tespit edilmiştir ($r=0.535$) (Çizelge 2). Toprakların kobalt miktarları az ve fazla olarak değişmekte olup, *Rhizobium* sayısı ile kobalt arasında yapılan korelasyonda önemli bir ilişki tespit edilmemiştir. *Rhizobium* sayısı ile toprak tekstürü arasında yapılan korelasyonda pozitif ve önemli bir ilişki tespit edilmiştir (% 1 ve % 5).

Bilindiği gibi toprakta *Rhizobium* sayısı üzerine, 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* bakterisi aktivite gösterebilmektedir. Topraklardaki bitki besin elementlerinin bitki gelişimi için yeterli ve dengeli olması genelde büyük önem taşımaktadır. Öte yandan, demir (Fe) ve molibden (Mo), baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonunda görev yapan Nitrogenaz enziminin yapısında yer almaktadır.

Dolayısıyla bu besin elementlerinin topraktaki miktarı ve bitki tarafından alınımı baklagillerde simbiyotik N₂-fiksasyonunu doğrudan etkilemektedir (Vincent, 1982; Werner, 1987; Durrant, 2001).

Sonuç olarak; *Rhizobium*'un oluşumu ve populasyonunun çoğalmasında toprak özellikleri (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) ile baklagillerin önemli bir rolü vardır. Baklagillerin azot fiksasyonunda etkili olan doğal *Rhizobium* populasyonu yetersiz olduğunda, etkili bir suşla aşılama yapılarak azot fiksasyonu artırılabilir. Öte yandan yüksek verim artışı da sağlanabilmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için sadece doğal populasyon sayısı değil, simbiyotik etkinliğinde incelenmesi gerekmektedir. Bu yüzden yeni tarım yapılan veya yeterli *Rhizobium* populasyonuna sahip olmayan alanlarda, azotlu gübre kullanmaksızın yüksek verim elde etmek için etkili suşlarla aşılama yapılması gerekmektedir. Ayrıca fasulye tarımı yapılan topraklarda *Rhizobium* aktivitesinin ve etkinliğinin artırılması için toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Aguilar OM, Veronica Lopez M, Ricillo PM, 2001. The diversity of Rhizobia nodulating beans in northwest argentina as a source of more efficient inoculant strains. J. Biotechnol. 91. 181-188.
- Alva AK, Edwards DG, Asher CJ, Suthipradit S, 1987. Effects of acid soil infertility factors on growth and nodulation of soybean. Argon. J. 79: 302-306
- Anonymous 1982. Application of Nitrogen Fixing System in Soil Management. FAO Soils Bulletin No.49 Rome.
- Anonymous, 1984. Legume inoculations and their use FAO, Rome.
- Battistoni F, Platero R, Noya F, Arias A, Fabiano E, 2001. Intracellular Fe content influences nodulation competitiveness of sinorhizobium meliloti strains as inocula of alfalfa. Soil Biology & Biochemistry 34: 593-597
- Bordeleau LM, Prevost D, 1994. Nodulation and nitrogen fixation in extreme environments. Plant Soil, 161, 115-125.
- Bouyoucos CA, 1951. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil Agron J. 54 (5), 464 - 465.
- Bremner JM, 1965. Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties. Ed. A.C.A. Black A. S. of Ag. Inc. Pub. Agron. Series No: 9 Madison USA.
- Durrant MC, 2001. Controlled protonation of Iron-Molybdenum cofactor by nitrogenase: A structural and theoretical analysis. Depar. of Biol. Chemistry, John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, NR4 7UH, U.K.
- FAO, 1990. Micronutrient assesment at the country level, P, 1-208. An international study. (M. Sillanpa. Ed.). FAO Soil Bulletin No. 63. Rome
- Graham PH, Vance CP, 2002. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extention needs. Field Crop Research. 65, 93-106.
- Gürbüz E, 1978. En fazla azot tespit 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
- Hansen PA, 1994. Symbiotic N₂ fixation of crop legumes university of hohenheim. Hohenheim tropical agricultural series, 248 p Germany.
- Hızalan E, Ünal H, 1965. Soil chemical analysis. University of Ankara Agriculture Faculty Publics, 273, Ankara.
- Kacar B, 1977. Bitki Besleme, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 637, S: 124.
- Kacar B, 1979. Genel Bitki Fizyolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak Yayınları, No:724. Ders kitabı, No:214, Ankara.
- Kacar B, 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Z. F. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı yay. No: 3. ss 705.

- Kaçar O, Çakmak F, Çöplü N, 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
- Karuç K, Cebel N, Altuntaş S, 1993. Ankara ili Kazan ve Kızılcahamam ilçeleri topraklarının doğal Rhizobium popülasyonu üzerine bir çalışma. Kükem Dergisi, 8. Kükem Kongresi Özel Sayısı, 120-121.
- Kızıloğlu T, 1995. Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 180. Erzurum.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42: 421-428.
- Nagre PK, Keshkar PB, 1993. Effect of irrigation and phosphorus levels on nodulation of Berseem. Herbage Abstr. 63 (10): 3096.
- Olsen SR, Cole CW, Watanabe SS, Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction by sodium bicarbonate. USDA Agric. Circ. 939,19p.
- Richard LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Dept. Of Agriculture, No: 60, Washington, D.C.
- Sarıoğlu G, Özçelik S, Kaymaz S, 1993. Elazığ ve yöresinde üretilen mercimek bitkilerinden etkili nodozite bakterilerinin (*Rhizobium leguminosarum* biovar. *Viciae*) seçimi. Tr. J. Of Agriculture and Forestry, 17, 569-573.
- Singleton PW, El Swayf SA, Bohloal BB, 1982. Effect of salinity on Rhizobium growth and survival. Applied and Environmental Microbiol., Vol 44, no 4, p 884-890
- Smith HW, Weldon MD, 1941. A comparasion of some methods for the determination of soil organic matter. Soils Sci. Soc. Amer., Proc., 5: 177-182.
- Soltanpour PN, Workman SM, 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.
- US Salinity Lab. Staff 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils U.S. Government Handbook No: 60, Printing Office, Washington.
- Ülgen N, 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.
- Vincent JM, 1982. Nitrogen fixation in Legumes. Academic Press, Sydney.
- Werner D, 1987. Pflanzliche und Mikrobielle Symbiosen. Georg Thieme Verlagsn Stuttgart. New York.