

Bakteriyel Aşılama ile Demir Uygulamalarının 1. Ürün Yerfıstığı Bitkisinde Nodülasyon ve Azot Fiksasyonuna Etkisi*

Kemal DOĞAN¹

Mustafa GÖK²

Ali COŞKAN³

Esin GÜVERCİN⁴

¹ Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antakya/Hatay

² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Balcalı/Adana

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Çünür/Isparta

⁴ Tarım İl Müdürlüğü, Seyhan/Adana

Özet:Yerfıstığı bitkisinde bakteriyel aşılama ile demir uygulamalarının nodülasyon ve bitki azot alımına etkisini araştırmak amacıyla yapılan bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma İstasyonunda 2 yıl süreyle yürütülmüştür. Araştırmada, I. ürün olarak Çukurova koşullarında en fazla ekimi yapılan NC-7 ve ÇOM çeşitleri kullanılmıştır. Denemede iki farklı demir dozu (Fe0: 0 ppm ve Fe1: 5 ppm) ve 3 farklı *Rhizobium* bakteri suşu (B0: aşılama yapılmamış-doğal bakteri; B1: 378 nolu suş; B2: 380 nolu suş) uygulaması kullanılmıştır. Birinci ürün olarak ekilen yerfıstığından çiçeklenme döneminde nodül, kök ve toprak üstü örneklemeleri yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar bakteri uygulamalarının, bitkinin azot içeriğini ve nodülasyon durumlarını artırdığını göstermiştir. Denemeye alınan suşlar içerisinde B2 suşu belirlenen bazı parametrelerde daha etkili bulunmuştur. Bakteri uygulamasının, nodül sayısı ve nodül ağırlığı değerlerini istatistiksel olarak artırdığı belirlenmiştir. Demir uygulaması nodül azot içeriğini (%) önemli derecede artırmıştır. Denemede belirlenen parametreler yönünden ÇOM çeşidi NC-7 çeşidinden daha etkin bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Bakteri, Demir, Yerfıstığı, Simbiyotik N₂ fiksasyonu

Effects of Bacteria Inoculation and Iron Application on Nodulation and N-Fixation in Groundnut Plants

Abstract:A two year field experiment was carried out to determine the effects of bacterial inoculation and iron application on nodulation and N-fixation in groundnut plants at Cukurova University Agricultural Research and Experiment Farm. NC-7 and ÇOM groundnut varieties which are widely grown at Cukurova region were used as a test plant. Two different Fe applications (Fe0: 0 ppm and Fe1: 5 ppm) and 3 different *Rhizobium* strain (B0: non inoculated-natural bacteria; B2: strain nr. 380 and B1: strain nr. 378) inoculation were realized. Nodule, root, shoot and grain samples were collected at flowering and harvest stages.

Results revealed that bacterial inoculation increased root and shoot nitrogen contents. B2 strain was more effective than B1. Bacterial inoculation stimulated both nodule number and weight however same applications increased shoot-N. Iron application has considerably increased nitrogen contents of nodule. Determined parameters indicate that ÇOM variety was more effective than that NC-7.

Key Words: Bacteria, Iron, Peanut, Symbiotic N₂- Fixation

* Doktora tezinden türetilmiştir.

Giriş

Atmosferde en fazla oranda (%78) bulunan azot (N₂) canlıların gereksinim duyduğu formda değildir. Çevrelerinde büyük miktarlarda azot bulunmasına rağmen, azotun bitkilerin yararlanabileceği formda olmaması nedeniyle bitkiler azot noksanlığı belirtileri gösterebilirler. Atmosferde bulunan N₂ formundaki azotunun yarayışlı formlara geçmesi için, azotun üçlü bağının ikili bağa indirgenmesi ve azotun hidrojen ve oksijenle birleşmesi gerekir. Bitkiler ancak mineral azot formlarını kullanabilmekte, ihtiyacının tamamına yakını NH₄⁺ ve NO₃⁻ formundaki azottan karşılamaktadırlar (Fritsche, 1990). Doğada bunu yapabilme yeteneği sadece bakterilere verilmiştir. Bakterilerin bu işlev için sahip oldukları en önemli mekanizmaları, nitrogenaz enzim yapılarıdır. Biyolojik azot fiksasyonu nitrogenaz enzimi ile katalize edilir. Bu enzimi aktive eden metaller, demir-molibden kofaktörleri (FeMoco)'dir. Dolayısıyla biyolojik azot fiksasyonu ortamdaki aktif demir ve molibden konsantrasyonlarından önemli derecede etkilenmektedir (Durrant, 2001).

Topraklardaki bitki besin elementlerinin bitki gelişimi için yeterli ve dengeli olması genelde büyük önem taşımaktadır. Ancak, bitkideki bazı fonksiyonlar için mutlak gerekli olan ya da bazı yapı birimlerinin yapısında yer alan bazı elementlerin toprakta yeteri kadar bulunması ya da bitki tarafından alınabilir olmasının ayrı bir önemi vardır. Bu çerçevede, sözgelimi 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 (Werner, 1987; Durrant, 2001; Gök, 1993; Haktanır ve Arcaç, 1997).

Yerfıstığının bir baklagil bitkisi olması da kültür bitkileri içerisindeki önemini artırmaktadır. Zira, baklagil bitkisi olarak yerfıstığı, koşullara göre değişen 5-15 kg N/da, ortalama olarak da 10 kg N/da

dolayında, simbiyotik olarak yaşadıkları *Rhizobium* bakterileri aracılığıyla atmosferik azot bağlamaktadırlar (Werner, 1987). Söz konusu bu miktar, özellikle ekolojik koşullara uygun bakteri suşları ile aşılama ve uygun bitki çeşitleri seçimi ile daha da artabilmektedir (Gök ve Martin, 1993; Kahnt, 1985; Gök ve ark., 2005).

Günümüzde, mineral gübrelerin ve diğer kimyasal uygulamaların, canlı ve cansız tüm çevrelere verdiği ciddi rahatsızlıkların çok sık görüldüğü ülkemizde, insanların beslenmesi için yapılan tüm faaliyetlerde daha az zararlı, çevresel açıdan daha ılımlı alternatif uygulamalara geçilmesi kaçınılmaz olmuştur. Şehirsiz katı artıkların organik gübre olarak kullanılması da bu uygulamalardan biridir (Doğan, 2000). Kanser olma riskinin yüksek olduğu ülkemizde, çevre dostu alternatif ve biyolojik uygulamalar gibi iyi tarım uygulamalarıyla elde edilen besinlerin tüketilmesi kanser olma riskini azaltması yönünden önem arz etmektedir.

Dünyadaki soya üretiminin, gerek besinsel özellikleri gerekse sanayide ham madde olarak kullanımı nedeniyle, hem üretim alanlarının artması hem de verim artışını sağlayan kriterlerin iyileştirilmesi sonucu gelecek yıllarda daha da artacağı tahmin edilmektedir (Keyser ve Li, 1992). Ülkemizde ise soya üretim alanları yıldan yıla azalmaktadır (DİE, 2002). Tarımın, ekonomi içerisindeki yerinin oldukça ağırlıklı olduğu ülkemizde önemli miktarda yağ açığı bulunmaktadır. Yıllık yaklaşık bir milyon ton olan bitkisel yağ tüketimimizin %60'tan fazlası ithal edilmektedir (Gök ve ark., 2005).

Bu çalışmada yerfıstığı bitkisinde bakteri aşılması ile demir uygulamalarının nodülasyon ve bitkinin azot içeriğine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Araştırma İstasyonunda Menzilat Serisinde, 2005 ve 2006 yıllarında yürütülmüş olan bu çalışmada, bitki olarak Çukurova koşullarında en fazla ekimi yapılan

NC-7 ve ÇOM yerfıstığı çeşitleri kullanılmıştır. Denemede kullanılan iki yerfıstığı çeşidi de Virginia tipine ait olup NC-7 çeşidi yatık, ÇOM çeşidi ise yarı yatık gelişme formuna sahiptir. Araştırmada, Fe₀ (0 ppm) ve Fe₁ (5 mg/kg) olmak üzere iki doz demir uygulaması yapılmış olup demir kaynağı olarak, FeSO₄.7H₂O kullanılmıştır. Fe uygulaması sıra arasına açılan çizilere yapılmıştır. Bakteri aşısının etkisini görmek amacıyla, 2 farklı *Rhizobium* bakteri suşu (B1: 378 nolu suş; B2: 380 nolu suş) ile bakterisiz (B0) olmak üzere 3 farklı bakteri uygulaması kullanılmış ve deneme 3 tekerrürlü olacak

şekilde hazırlanmıştır. Denemede kullanılan suşlar Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir.

Denemede taban gübresi olarak yapılan deneme öncesi toprak analiz sonuçlarına göre, dekarda 8 kg P₂O₅ yarayışlı fosfor bulanacak şekilde DAP gübresi kullanılmıştır. Deneme öncesi 0-30 cm derinlikten alınan toprağın analizleri yapılmış bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucu elde edilen değerler Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme Alanı Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kum	Silt	Kil	Bünye Sınıfı	Org. Mad. %	Toplam N %	CaCO ₃ %
---- % ----						
30.8	35.3	33.9	CL	1.27	0.072	24.2

pH (1:1 H ₂ O)	Tuz %	Mineral N kg/da	Alınabilir P ₂ O ₅ kg/da	Alınabilir Fe mg/kg
7.54	0.045	2.03	4.65	4.84

Denemede, en uygun ve amaca hizmet edecek *Rhizobium* bakteri suşları yenilenmek amacıyla, Yeast Mannitol Agar (YMA) besi yeri içeren petri kaplarında birkaç defa aşılansarak üremeye bırakılmıştır. Kullanılan YMA besi ortamını bileşimi Çizelge 2'de verilmiştir. Yenilenen bakteri suşları eğik besi yerine alınarak ekim zamanından 5-6 gün öncesine kadar buzdolabında saklanmıştır. Ekimden 5-6 gün önce, eğik besi yerinden

alınan suşlar, erlenlerdeki sıvı besi yerine (150 ml) aşılansmış, 30 °C'de, mekanik çalkalayıcıda sürekli çalkalanarak ekim zamanına kadar üremeye bırakılmıştır. Erlenlerdeki bakteriler dilüsyon yöntemi ile sayılmış ve her uygulamaya eşit miktarda bakteri gelecek şekilde aşılama materyali torf yardımıyla, ekimin yapılacağı gün tohum yataklarına aşılansmıştır.

Çizelge 2. YMA Besi Ortamının Bileşimi (Jordan, 1984)

	g/litre		
Mannitol	10.0	<u>Mikroelement çözeltisi</u>	
K ₂ HPO ₄	0.5		g/litre
KH ₂ PO ₄	0.5	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.08
MgSO ₄	0.2	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.29
NaCl	0.1	H ₃ BO ₃	1.86
CaCl ₂	0.02	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.121
NH ₄ Cl	0.1	CoSO ₄ .7H ₂ O	0.053
Hefeextrakt	0.5	MnSO ₄ .4H ₂ O	2.23
Agar	15.0		
Mikroel. çöz.	0.5 ml	<u>Fe-Seq Çözeltisi</u>	
Fe-sequestren	2.0 ml		0.6 mg Fe-seq/litre
Destile su	1000 ml		
pH = 6.8-7.0			

Nodül sayımları çiçeklenme döneminin sonuna doğru alınan bitki örneklerinde yapılmıştır. Aynı dönemde kök ve toprak üstü aksamlar da hasat edilmiş, 65 derecede sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, öğütülerek analize hazırlanmıştır. Örneklerin N içerikleri (Bremner, 1965)'e göre Kjeldahl aleti ile ölçülmüştür.

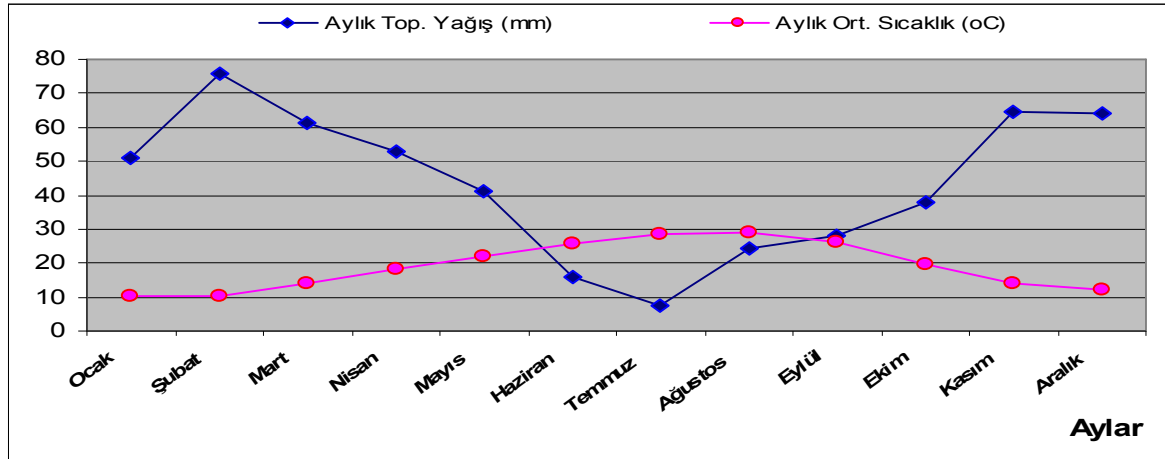
Araştırmada, bünye analizi, Bouyoucos (1951) tarafından esasları verilen, hidrometre yöntemiyle; kireç, Scheibler kalsimetresi ile (Çağlar, 1949); Organik Madde, modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemine göre (Schlichting ve Blume, 1966); Total Tuz, Wheatstone köprüsü yöntemi ile (Anonim, 1954); Toprak Reaksiyonu (pH), cam elektrodlu Beckman pH metresiyle (Anonim, 1954); Yararlı Fosfor, Kaya (1982)'nin tanımladığı şekilde renk giderimi yapıldıktan sonra Olsen (1954)'in tanımladığı yöntemle

göre; Nitrat; Na-salicilat (Fabig ve ark., 1978), Amonyum; Na-nitroprussid (Anonim, 1983) yöntemlerine göre, Fe analizi ise DTPA ekstraksiyonu (Lindsay ve Norvel 1978) yöntemine göre analiz edilmiştir.

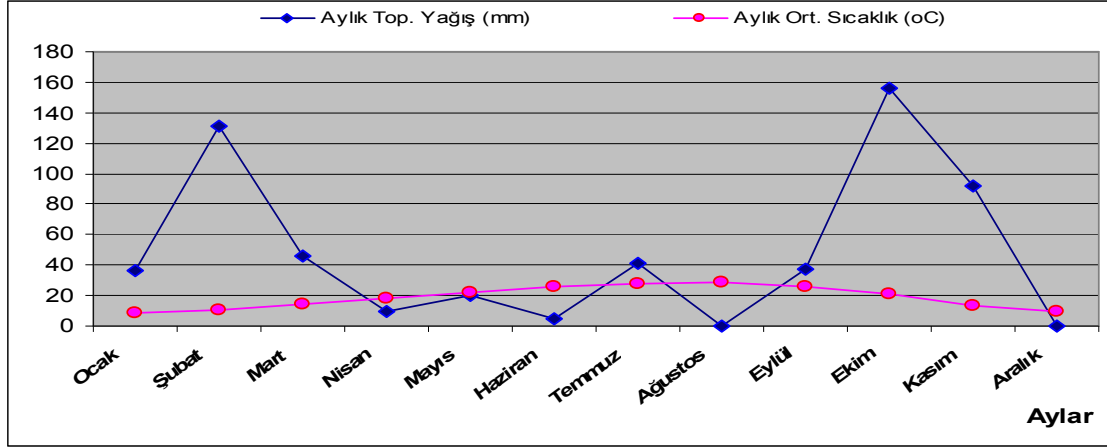
Araştırmada elde edilen veriler MSTAT-C paket programı yardımıyla (Crop and Soil Sciences Department, Michigan State University, Version 1.2) varyans analizine tabii tutulmuştur. Bek (1983)'e göre Duncan testi uygulanarak gruplandırılmıştır.

Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Çukurova Bölgesi yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Deneme süresince, deneme alanına yakın meteoroloji istasyonunda tespit edilen ortalama hava sıcaklığı ve aylık toplam yağış miktarları birinci ve ikinci yıl için sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Adana İline ait 2005 yılı iklim verileri.



Şekil 2. Adana İline ait 2006 yılı iklim verileri.

Araştırma Bulguları

Deneme ile elde edilen bulgular, demenin birinci ve ikinci yılının ortalamaları alınarak aşağıda, ilgili çizelgelerde verilmiştir.

Araştırmada yer alan uygulamaların nodül sayısına etkileri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3'te görüldüğü üzere bakteri uygulaması nodül sayısını istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemiş, en yüksek nodül sayıları B2 uygulamasında tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Genel ortalamalar itibarıyla sonuçlar incelendiğinde, bitki çeşitleri arasında önemli farklar olduğu ($p < 0.05$), Ç2 çeşidinde 2 kata yakın daha

fazla nodül sayısı belirlendiği görülmüştür. Demir uygulamaları yönünden dozlar arasında fark belirlenmemiştir.

Uygulamaların nodül ağırlığına olan etkileri Çizelge 4'te yer almaktadır. Belirlenen nodül ağırlıkları ile nodül sayıları arasında paralellik bulunmaktadır. Bakteri uygulamalarından B2 en etkin olmak üzere, aşılama nodül sayısını artırmıştır. Yerfistiği çeşitlerinden Ç2 çeşidi en yüksek nodül sayısı belirlenmiş, oluşan nodüllerin istatistiksel olarak önemli derecede daha ağır olduğu görülmüştür. Demir uygulamaları yönünden dozlar arasında farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 3. Bakteriye aşılama ve demir uygulamalarının yerfistiği bitkisinde nodül sayısına etkisi (Ad./bitki)

		Ç1	Ç2	Ortalama
B0	Fe0	20 b	53 ab	36 A
	Fel	25 b	49 ab	37 A
Ort.		23 C	51 AC	37 B
B1	Fe0	28 b	84 a	56 A
	Fel	37 ab	50 ab	44 A
Ort.		33 BC	67 AB	50 AB
B2	Fe0	32 ab	84 a	58 A
	Fel	62 ab	69 ab	66 A
Ort.		47 AC	76 A	62 A
G. Ortalama		34.0 B	64.7 A	

		Ç1	Ç2	Ortalama
Fe0		27 C	73 A	50 A
Fel		42 BC	56 AB	49 A

Çizelge 4. Bakteriyel aşılama ve demir uygulamalarının yerfıstığı bitkisinde nodül ağırlığına etkisi (mg/bitki)

		Ç1	Ç2	Ortalama
B0	Fe0	58 d	188 bd	123 A
	Fe1	110 cd	162 cd	136 A
Ort.		84 B	175 AB	130 B
B1	Fe0	97 cd	365 ab	231 A
	Fe1	83 cd	278 ac	181 A
Ort.		90 B	322 A	206 AB
B2	Fe0	82 cd	435 a	258 A
	Fe1	243 ad	273 ac	258 A
Ort.		163 AB	354 A	258 A
G. Ortalama		112.2 B	283.6 A	

		Ç1	Ç2	Ortalama
Fe0		79 C	329 A	204 A
Fe1		146 BC	238 AB	192 A

Nodül varlığının belirlenmesinde sayı ve ağırlık kadar önemli olan ortalama nodül ağırlığı değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama nodül ağırlığı

(mg/nodül) yönünden bakteri uygulaması, yer fıstığı çeşidi ve demir uygulaması yönünden uygulamalar arasında farklılık bulunmadığını ortaya koymuştur.

Çizelge 5. Bakteriyel Aşılama ve Demir Uygulamalarının Yerfıstığı Bitkisinde Ortalama Nodül Ağırlığına Etkisi (mg/Nodül)

		Ç1	Ç2	Ortalama
B0	Fe0	3.16 bc	3.55 bc	3.36 B
	Fe1	4.92 ac	3.31 bc	4.11 AB
Ort.		4.04 AB	3.43 AB	3.74 A
B1	Fe0	7.85 a	5.09 ac	6.47 A
	Fe1	2.18 c	6.10 ab	4.14 B
Ort.		5.01 AB	5.59 A	5.30 A
B2	Fe0	2.66 bc	4.81 ac	3.74 B
	Fe1	3.44 bc	3.73 bc	3.58 B
Ort.		3.05 B	4.27 AB	3.66 A
G. Ortalama		4.03 A	4.43 A	

		Ç1	Ç2	Ortalama
Fe0		4.55 A	4.49 A	4.52 A
Fe1		3.51 A	4.38 A	3.95 A

Nodül azot içeriği sonuçlarının verildiği Çizelge 6'da yer alan genel ortalama değerler incelendiğinde, bakteriyel aşılama ve çeşit etkilerinin istatistiksel olarak önemli

olmadığı görülmüştür. Ancak Fe uygulaması nodül azot içeriğini istatistiksel olarak önemli düzeyde artırmıştır.

Çizelge 6. Bakteriye Aşılama ve Demir Uygulamalarının Yerfıstığı Bitkisinde Nodül Azot İçeriğine Etkisi (%)

Nodül %N		Ç1	Ç2	Ortalama
B0	Fe0	4.36 ac	4.18 ac	4.27 AB
	Fe1	4.78 a	4.39 ac	4.58 A
Ort.		4.57 A	4.28 A	4.43 A
B1	Fe0	4.02 bc	3.77 c	3.90 B
	Fe1	4.85 a	4.38 ac	4.62 A
Ort.		4.43 A	4.08 A	4.26 A
B2	Fe0	4.15 ac	4.32 ac	4.23 AB
	Fe1	4.50 ab	4.20 ac	4.35 A
Ort.		4.32 A	4.26 A	4.29 A
G. Ortalama		4.44 A	4.21 A	

	Ç1	Ç2	Ortalama
Fe0	4.18 B	4.09 B	4.13 B
Fe1	4.71 A	4.32 B	4.52 A

Bakteriyel aşılama ve demir uygulamalarının yerfıstığı bitkisinde kök, toprak üstü, kök+toprak üstü azot içeriğine (%) etkisine ilişkin değerler sırasıyla Çizelge 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Bakteriye aşılama ve demir uygulamalarının yerfıstığı bitkisinde kök azot içeriğine (%) etkisinin yer aldığı Çizelge 7 incelendiğinde, genel ortalama

sonuçlarına göre B2'ye ait değerlerin istatistiksel olarak önemli bulunduğu görülmüştür. Demir uygulamaları ile çeşitler arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır. En düşük azot içeriği B1Fe1Ç1 uygulamasında 1,37 olarak belirlenirken en yüksek değer 1,58 ile B2Fe1Ç1 uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 7. Bakteriye Aşılama ve Demir Uygulamalarının Yerfıstığı Bitkisinde Kök Azot İçeriğine Etkisi (%)

		Ç1	Ç2	Ortalama
B0	Fe0	1.54 a	1.46 a	1.50 AB
	Fe1	1.44 a	1.44 a	1.44 AB
Ort.		1.49 A	1.45 A	1.47 AB
B1	Fe0	1.44 a	1.39 a	1.41 AB
	Fe1	1.37 a	1.39 a	1.38 B
Ort.		1.41 A	1.39 A	1.40 B
B2	Fe0	1.55 a	1.62 a	1.59 A
	Fe1	1.58 a	1.47 a	1.52 AB
Ort.		1.56 A	1.55 A	1.56 A
G. Ortalama		1.49 A	1.46 A	

	Ç1	Ç2	Ortalama
Fe0	1.51 A	1.49 A	1.50 A
Fe1	1.46 A	1.44 A	1.45 A

Uygulamaların % toprak üstü azot içeriğine etkilerinin yer aldığı Çizelge 8 değerlerinin incelenmesiyle, bakteri

aşılmasının ve demir uygulamalarının azot içeriğine etkilerinin istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Çeşitler

arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup Ç1'e ait değerlerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen

değerler 2,52 (B1Fe0Ç2) ile 3,10 (B0Fe0Ç1) arasında değişimler göstermiştir.

Çizelge 8. Bakteriyel Aşılama ve Demir Uygulamalarının Yerfıstığı Bitkisinde Toprak üstü Azot İçeriğine Etkisi (%)

		Ç1	Ç2	Ortalama
B0	Fe0	3.10 a	2.55 ab	2.82 A
	Fe1	2.69 ab	2.58 ab	2.63 A
Ort.		2.89 AB	2.56 B	2.73 A
B1	Fe0	2.94 ab	2.52 b	2.73 A
	Fe1	2.99 ab	2.68 ab	2.83 A
Ort.		2.96 A	2.60 B	2.78 A
B2	Fe0	2.76 ab	2.57 ab	2.66 A
	Fe1	2.75 ab	2.56 ab	2.65 A
Ort.		2.75 AB	2.56 B	2.66 A
G. Ortalama		2.87 A	2.57 B	

		Ç1	Ç2	Ortalama
Fe0		2.93 A	2.54 B	2.74 A
Fe1		2.81 AB	2.60 B	2.71 A

Bitkinin toplam azot alımının görüldüğü Çizelge 9 incelendiğinde genel ortalama sonuçları itibariyle bakteri ve demir uygulamalarının istatistiksel olarak önemli değişkenliklere neden olmadığı görülmüştür. Çeşitler arasındaki etkiler ise önemli

bulunmuş olup Ç2'ye ait değerler daha yüksek belirlenmiştir. Çizelgeye ait değerler (kg/da) 11,5 (B2Fe0Ç1) ile 20,1 (B0Fe0Ç2) arasında değişimler göstermiştir.

Çizelge 9. Bakteriye Aşılama ve Demir Uygulamalarının Yerfıstığı Bitkisinde Tüm Bitkinin Azot Miktarına Etkisi (kg/da)

		Ç1	Ç2	Ortalama
B0	Fe0	14.3 a	20.1 a	17.2 A
	Fe1	15.0 a	19.8 a	17.4 A
Ort.		14.7 AB	20.0 A	17.3 A
B1	Fe0	12.3 a	18.5 a	15.4 A
	Fe1	12.6 a	18.7 a	15.6 A
Ort.		12.4 B	18.6 A	15.5 A
B2	Fe0	11.5 a	15.3 a	13.4 A
	Fe1	12.6 a	15.5 a	14.0 A
Ort.		12.0 B	15.4 AB	13.7 A
G. Ortalama		13.0 B	18.0 A	

		Ç1	Ç2	Ortalama
Fe0		12.7 B	18.0 A	15.3 A
Fe1		13.4 AB	18.0 A	15.7 A

Sonuçlar ve Tartışma

İki yıllık araştırma sonuçlarının ve ortalama değerlerinin yer aldığı bu çalışmada, uygulamaların azot fiksasyonuna etkilerini belirlemek amacıyla çiçeklenme döneminde yapılan nodül, kök ve toprak üstü örneklerinden elde edilen sonuçlar hem bakteri aşılmasının hem de demir uygulamasının azot fiksasyonunu önemli derece artırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Nodül sayısı değerleri incelendiğinde, B0, B1 ve B2 uygulamalarında genel ortalama değerlerine göre sırasıyla 37, 50 ve 62 ad./bitki olarak bulunurken, nodül ağırlığı değerleri ise aynı sıralamada 130, 206 ve 258 mg/nodül olarak tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada, Gök ve ark. (2007), yerfıstığı bitkisi ile ilgili yaptıkları bir sörvey çalışmasında, bakteri aşılmasının yapılmadığı veya uzun süreli ihmal edildiği yerlerde nodülasyon ve azot fiksasyonunun çok zayıf olduğunu rapor etmişlerdir.

Genel ortalamalara göre demir uygulamaları nodül azot içeriğini (%) istatistiksel olarak artırırken diğer parametreler üzerindeki etkileri önemli bulunmamıştır. Denemenin yürütüldüğü bölge topraklarında demirin yeterli düzeyde (Lindsay ve Novell, 1969) bulunmasına rağmen demir uygulaması nodülün azot içeriğini istatistiksel olarak artırmıştır. Ancak belirlenen diğer parametreler üzerinde istatistiksel etki

belirlenememiştir. Bununla beraber nodül ağırlığı (mg/bitki), ortalama nodül ağırlığı (mg/nodül) ve nodül azot içeriğine (%) ait değerlerde, bakterili ve bakterisiz ortamlarda demir uygulamaları ile önemli artışlar tesbit edilmiştir. Demir ve Molibden, azot fiksasyonunda oynadıkları çok önemli rolden dolayı özellikle baklagil bitkileri için tavsiye edilmektedir (Durrant, 2001; Corbet ve ark., 2004; Santos ve ark., 2004; Zehr ve ark., 2003).

Çeşitler arasındaki farklılıklara incelendiğinde ise nodül sayısı (ad./bitki), nodül ağırlığı (mg/bitki) ve bitki azot alımı (kg/da) parametrelerine ait sonuçlarının Ç2'de, toprak üstü azot içeriği (%) değerlerinin Ç1'de daha yüksek sonuçlar verdiği, ortalama nodül ağırlığı (mg/nodül), nodül azot içeriği (%) ve kök azot içeriğine ait değerlerinde her iki çeşit içinde benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Bakteri aşılmasının azot fiksasyonu üzerine etkilerine yönelik yapılan benzer bir çalışmada Gök ve ark. (2001), her bitkinin kendine özel bakteri istemi olduğunu ve aşılamanın çoğu zaman gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmada aşılamanın etkisinin olması beklenen parametrelerde değerler arasında büyük bezerlikler görülmüştür. Bu durum büyük olasılıkla deneme alanlarında toprağın doğal forası içerisinde yer alan bakteriler ile aşılama yoluyla toprağa uygulanan bakterilerin olumlu veya olumsuz

etkileşimleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Toprak bakterileri yaşam koşulları için en uygun olan ortamlarda kolonize olarak yaşamlarını bu bölgede sürdürmektedirler. Bu yaşam olanı çoğunlukla rizosfer bölgesi olmaktadır. Rizosfer bölgesinde bulunan bakteriler diğer mikroorganizmalarla besin elementleri temini nedeniyle her zaman bir etkileşim, bir mikrobiyal yarış halindedir. Koşulların mikrobiyel açıdan olumlu olduğu hallerde aynı ekosistemi paylaşan mikroorganizmalar arası etkileşim de pozitif yönde gelişirken, aksi koşullarda mikrobiyolojik interaksyonlar olumsuz yönde gelişmektedir. Özellikle *Rhizobium* bakterileri Fe'e olan büyük gereksinimleri nedeniyle bu elementin rekabetine çok fazla girmektedir. Battistoni ve ark. 2001'de yaptıkları bir çalışmada toprakta demir eksikliğinde bakteriler arasındaki rekabeti incelemişler, çalışma sonucunda, demir eksikliği şartlarındaki *Rhizobium*'ların çok daha etkili rekabet ettiklerini belirtmişlerdir.

Doğal bakterilerin de önemli düzeyde performans sergiledikleri görüşünden hareketle, denemede belirlenen değerlerin birbirine yakın olmasının nedenlerine doğal bakterilerin aşılana bakterilere göre bölgedeki sıcaklık ve nem faktörlerine daha iyi adapte olmuş olmalarını da eklemek yanlış olmaz. Özellikle Çukurova bölgesinde 2. ürün yerfıstığı bitkisi için çiçeklenme dönemine rastlayan ağustos ayı sıcaklık değerlerinin çok yüksek olması da bakteri uygulamalarının sonuçlarını etkilemiş olması olasıdır. Sıcaklık genel bitki metabolizmasını etkilediği gibi, nodül oluşumu ve N₂- fiksasyonu üzerinde de önemli düzeyde etkisi bulunmaktadır. *Rhizobium/Bradyrhizobium* baklagil simbiyotik sisteminde optimum kök sıcaklığı 28 °C'dir. Düşük ve yüksek sıcaklıklarda bu sistem zarar görmektedir. *Rhizobium/Bradyrhizobium* bakterileri 40 °C'nin üzerinde ki sıcaklıklarda etkilerini kaybetmektedirler (Junior ve ark., 2005). Nem, nodülasyon ve azot fiksasyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir. Düşük su potansiyeli azot fiksasyonunu direkt olarak etkilemekte, nodül solunumunu azaltmakta, azotun nodüllerden dışarı taşınımını

azaltmaktadır. Dolaylı olarak asimilat üreten fotosentez merkezlerinin bozulması nedeniyle etkilenmektedir (Goormachting ve ark., 2004; Adjei ve ark., 2002).

Yerfıstığı topraktaki besin maddelerinin en iyi değerlendiren bitkilerden birisidir. Yapılan benzer bir çok araştırmada da ortaya konan bu sonuçlara göre, yerfıstığı topraktan en fazla azot, potasyum ve kalsiyum kaldırmaktadır (Gök ve ark., 2005; Shibata ve Yano, 2003). Yerfıstığı gibi baklagil bitkilerinin, protein değeri yüksek ve çok değerli bazı aminoasitleri içermesi nedeniyle bugün dünya tarımında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yerfıstığı, protein içeriğinin yüksek olması yanında, kök-nodül bakterileri ile olan simbiyotik yaşam sonucu havanın serbest azotunu toprağa bağlama özellikleri ile de ayrı önem taşımaktadır. Özellikle bakteri aşılması yapılması durumunda bağlanan azot 5-15 kg N/da'ı bulmaktadır (Arıoğlu, 2000; Gök ve ark., 2005). Bunun da yararı, mineral azot girdisini azaltarak daha ucuz yolla toprağa azot kazandırmanın yanında mineral azotun neden olabileceği çevre sorunlarının (toprak, su ve hava kirlenmesi) boyutunu da bir ölçüde azaltmaktır. Bu nedenle mineral gübre kullanımının son derece fazla olduğu günümüzde, atmosferde bulunan moleküler azotu mikroorganizmalar aracılığı ile toprağa bağlamak, gerekli görüldüğü durumlarda ve gerekli olduğu miktarlarda azot gübrelemesi yapmak daha doğrudur (Gök ve ark., 2006).

Ekolojik çalışmalarla her ne kadar kimyasal uygulamalardan uzak durulmaya çalışılsa da bunun anlamı çağın gerektirdiği kimyevi birçok uygulamalardan tamamıyla uzak durmak olmamalıdır. Hızla artan nüfusun yanında hızla azalan verimli topraklarımız ile insanlarımızın doyurulamayacağı son derece açıktır. Dengeli ve bilinçli bir biyolojik ve mineral gübreleme, kaliteli ürün elde edilmesi yanında bu ürünle beslenen insanların sağlığı yönünden de önem taşımaktadır. Bilinçli kullanılması koşuluyla mineral gübreler ve diğer kimyasal uygulamalar doğada olumsuz gelişmelere neden olmazken bilinçsiz kullanılan organik uygulamalar bile doğada olumsuz gelişmelere neden olabilir.

Kaynaklar

- ADJEI, M.B., QUESENBERRY, K.H. and CHAMBLISS, C.G., 2002. Nitrogen Fixation and Inoculation of Forage Legumes. University of Florida. Ifas Extension. USA.
- ANONİM, 1954. U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils, USDA No: 6.
- ANONİM, 1983. Deutsche Einheitsverfahren Zur Wasser-Abwasser Und Schlammuntersuchungen. Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (ed.) Verlag Chemie, Weinheim / Bergstrasse (BRD).
- ARIOĞLU, H., 2000. Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 220. Ders Kitapları Yayın No: A-70. ADANA.
- 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
- BEK, Y., 1983. Araştırma ve Deneme Metodları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu Yay. No: 92. Adana.
- BOUYOUCOS, G. J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agron. J., 43, p 434-438.
- BREET, J.F., ROSS, J.J., REID, JB., 2005. Nodulation Phenotypes of Gibberellin and Mutants of Pea. Plant Physiology, August, 2005. Vol. 138, 2396-2405.
- BREMNER, J.M., 1965. Inorganic forms of nitrogen. p. 93-149. In C.A. Black et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. Agron. Monogr. 9. ASA, Madison, WI.
- CORBET, M.C., HU, Y., NADARI, F., RIBBE, M.W., HEDMAN, B. and HUDGSON, K., 2004. J. Biol. Chem., Vol. 279, Issue 27, 28276-28282, July 2.
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları:10, s 230.
- DİE, 2000. Türkiye İstatistik Yıllığı, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yay. No: 2466, ISSN:082-691X, Ankara.
- DOĞAN, K., 2000. Antakya Şehrsel artıklarından Elde Edilen Komposton toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Domateste Verime Etkisi. MKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü. YL. Tezi.
- DURRANT, M.C., 2001. Controlled Protonation of Iron-Molybdenum Cofaktör by Nitrogenase: A structural and theoreticel Analysis. Department of Biological Chemistry, John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, U.K.
- FABIG, W., J.C.G. OTTOW ve F. MÜLLER, 1978. Mineralization von ¹⁴C-Markiertem Benzoat mit Nitrat als Wasserstoff-Akseptor Unter Vollstaendig anaeroben Bedingungen sowie bei Verminderten Saurstoffpartialdruck. Landwitsch. Forsch. 35, 441-453.
- FRITSCH, W., 1990. Mikrobiologie. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- GOORMACHTING, S., W. CAPOEN, and M. HOLSTERS. 2004. Rhizobium infection: lessons from the versatile nodulation behaviour of water-tolerant legumes. Trends in Plant Science 9: 518-522.
- GÖK, M., 1993. Soya, üçgül, bakla ve fiğ bitkilerine ait değişik Rhizobium sp. suşlarının ekolojik yönden önemli bazı özelliklerinin laboratuvar koşullarında belirlenmesi. DOĞA Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi 17/4, 921-930.
- GÖK, M., DOĞAN, K., COŞKAN, A., 2006. Effects of Divers Organic Substrate Application on Denitrification and Soil Respiration under Different Plant Vegetation in Çukurova Region. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture. April 4-8, 2006, Adana-Turkey.

- GÖK, M., DOĞAN, K., COŞKAN, A., ARIOĞLU, H., 2005. Yerfıstığı Bitkisinde Bakteriyel Aşılama ile Demir ve Molibden Uygulamalarının Nodülasyon, N₂-Fiksasyonu ve Verime Etkisi. IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 21-23 Eylül, Şanlıurfa. S. 844-852.
- GÖK, M., DOĞAN, K., COŞKAN, A., ARIOĞLU, H., 2007. Çukurova Bölgesi Yerfıstığı Ekim Alanlarında Rhizobiyal Potansiyelin Belirlenmesi ve Bir Model Denemede Bakteriyel Aşılama ile Demir Uygulamalarının Nodülasyon, Bitki Gelişimi ve Verime Etkisinin Araştırılması. TÜBİTAK-TOVAG-104 O 363 nolu prj. 3. Gelişme Raporu. (Yayınlanmamış).
- GÖK, M., MARTIN, P., 1993. Farklı Rhizobium Bakterileri ile Aşılamanın Soya, Üçgül ve Fiğde Simbiyotik Azot Fiksasyonuna Etkisi. Doğa-Tr. J. of Agricultural and Forestry 17, 753-761.
- GÖK, M., SAĞLAMTİMUR, T., COŞKAN, A., İNAL, İ., ONAÇ, I., TANSI, V., 2001. Organik ve Mineral Gübrelemenin Tarla Koşullarında Toprakta Azot Transformasyonuna ve Denitrifikasyonla Azot Kaybına Etkisi. Kesin Sonuç Raporu, Proje No:TARP-1785, TÜBİTAK.
- HAKTANIR, K., ARCAK, S., 1997. Toprak Biyoşojisi. Toprak Ekosistemine Giriş. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Toprak Böl. Yayın No: 1486. Ders Kitabı: 447. ANKARA
- JORDAN, D.C., 1984. Rihizobiaceae: Bergey's Manual of Systematik Bacteriology. Vol 1(Krieg, N.R., Holt, J.G., Murray, R.G.E., Brenner, D.J., Bryant, M.P., Moulder, J.W., Pfennig, N., Sneath, P.H.A., Staley, J.T. "eds"). Williams and Wilkins Company, Baltimore. London.
- JUNIOR, M.A.L., LIMA, A.S.T., ARRUDA, J.R.F. and SMITH, D.L., 2005. Effects of Root Temperature on Nodule Development of Bean, Lentil and Pea. Soil Biology & Biochemistry 37, 235-239.
- KAHNT, G., 1985. Welchen Vorfruchtwert haben Körnerlegüminososen ? DLG Mitteilungen, Nr. 3, 138-140.
- KAYA, Z., 1982. Çukurova Bölgesinde Yaygın Bazı Toprak Serilerinde Fosforun Statüsü ve Toprak-Bitki Sistemindeki Dinamiği. Doçentlik Tezi. Adana. s 103.
- KEYSER, H.H. ve F. LI, 1992. Potential for Increasing Biological Nitrogen Fixation in Soybean. Plant and Soil. 141: 119-135.
- LINDSAY, W.L. and NORVELL, W.A., 1978. Development of DTPA Soil Test Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Sci. Am.J. 42:421-428.
- LINDSAY, W.L., and W.L. NORVELL, 1969. Equilibrium Relationship of Zn, Fe, Ca and H with EDTA and DTPA in Soils. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.33:62-68.
- OLSEN, S.R., V. COLE, F.S. WATANABE And L.A. DEAN, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Dept. of Agric. Circ. 939.
- SANTOS, P.C.; DEAN, D.R.; HU, Y.; RIBBE, M.W., 2004. Formation and insertion of the nitrogenase iron-molybdenum cofactor. Chem. Rev 104, 1159–1173.
- SCHLICHTING, E., BLUME, E., 1966. Bodenkundliches Prakticum. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- SHIBATA, R. And YANO, K., 2003. Phosphorus acquisition from non-labile Source in peanut pigeonpea with mycorrhizal interaction. Science Direct. Applied Soil Ecology 24 (2003) 113-141.
- WERNER, D., 1987. Pflanzliche und Mikrobielle Symbiosen. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York.
- ZEHR, J. P., JENKINS, B. D., SHORT, S. M., and STEWARD, G. F., 2003. Nitrogenase gene diversity and microbial community structure: a cross-system comparison, Environmental Microbiology, 5,539–554.