TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ 2009, 15 (4) 324-331
ANKARA ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ
DOI: 10.1501/Tarimbil_0000001107

Farklı Bakteri (*Bradyrhizobium japonicum*) Aşılama Yöntemlerinin Soyada Azot Fiksasyonu ve Tane Verimine Etkisi[1]

Erdinç İŞLER[2] Ali COŞKAN[2]

Geliş Tarihi: 10.03.2009 Kabul Tarihi: 15.12.2009

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

Anahtar Kelimeler: Soya, rhizobium, azot fiksasyonu, bakteriyel aşılama

Effects of Different Bacterium (*Bradyrhizobium japonicum*) Inoculation Techniques on Biological Nitrogen Fixation and Yield of Soybean

Abstract: This research was carried out to determine effects of different bacterial inoculation methods on soybean grain yield and nitrogen fixation under growth chamber conditions. Bacterial inoculations were applied as simple inoculations, top inoculation, 2 times top inoculation, pulverize inoculation to seed bad and inoculation via peat. Experiment was conducted as pot experiment using completely randomized designs with 8 replications. Sa88 soybean variety and *Bradyrhizobium japonicum* bacteria strain Nr: 1809 were used as experiment material. Determinations of nodulation and plant analyses were achieved during flowering and harvest maturity stage. The results revealed that, bacteria inoculation methods increases nitrogen fixation as well as the methods examined in the research can be easily adapted to practice. The highest number of grain (9.08 unit plant^{-1}) and plant grain yield (3.36 g plant^{-1}) were observed in seed bed inoculation method.

Key Words: Soybean, rhizobium, nitrogen fixation, bacterial inoculation

Giriş

Hem insan beslenmesinde hem de hayvan beslenmesinde kullanılan soya bitkisi, çok amaçlı kullanımından dolayı "Harika Bitki" olarak adlandırılmakta ve her geçen gün soya ürünlerine olan talep artmaktadır. Isparta ili çevresinde üretimi yapılan kimi ürünlere kota getirilmesi, kimi ürünlerde de karşılaşılan pazarlama sorunları nedeniyle, alternatif tarım ürünlerinin belirlenmesi ve yörede adaptasyon çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Ayrıca, soya gibi daha önce yörede yetiştirilmeyen bir baklagil bitkisinin adaptasyon çalışmaları yapılırken bakteri aşılaması uygulaması da çalışmalara dahil edilmelidir.

Soya bir baklagil bitkisidir ve ister toprakta bulunsun ister sonradan aşılansın *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi ile ortak yaşam kurarak havanın serbest azotunu bağlar. Bağlanan bu azotun büyük bölümü hasat döneminde taneye taşınıp hasat ile topraktan uzaklaşmakta, geri kalan bölümü ise kök ve toprak üstü aksamları vasıtasıyla toprakta kalmaktadır (Coşkan ve ark. 2006). Obaton (1983) bağlanan azotun % 60-90 kadarının hasatla uzaklaştığını, soya saplarının ve köklerinin hektara 35-70 kg N azot kazandırdığını bildirmiştir. Snapp ve ark. (2002) sınırlı imkanlar nedeniyle gübrelenemeyen alanlarda yapılan

[1]Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır.
[2]Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü 32260 Çünür-Isparta, Turkiye

mısır üretiminde sisteme bir baklagil yeşil gübre bitkisi dahil edildiğinde elde edilen ürün miktarında belirgin artışlar sağlanabileceğini bildirmiştir. Diğer taraftan, suda eriyebilir organik azot bileşiklerinin nodüller tarafından toprağa salgılamasıyla da toprağa azot sağlanmaktadır (Werner 1987).

Her ne kadar toprakta doğal olarak rhizobium bakteri bulunsa da sayılarının az veya etkisiz (Gök ve Onaç 1995) olması nedeniyle etkin azot fiksasyonunu sağlamak için aşılama yapılmalıdır. Biren (2002) daha önce aşılama yapılmayan topraklarda bakteri kullanılmadığı zaman azot fiksasyonunun gerçekleşmediğini rapor etmiştir. Akdağ ve Şehirali (1995), Tokat'ta yazlık olarak yetiştirilen nohutta bakteri aşılamasının bitkide tane sayısını olumlu yönde etkilediğini saptamışlardır. Çakır (2005) Eskişehir koşullarında nohut bitkisinde farklı bakteri suşları ile aşılamanın tane sayısını % 13,8-27,6 oranında, bitki boyu değerlerini ise % 1,6-3,6 arttırdığını saptamıştır. Akçin ve Işık (1995), Meral ve ark. (1998) İç Anadolu koşullarında yazlık olarak yetiştirilen nohutta bakteri aşılamalı ve 4 kg N/da uygulamalarından en yüksek bitki boyunu elde etmişlerdir. Tippanaver ve ark. (1990), Vaishya ve Dube (1988) ve Çakır (2005) kullanılan bakteri suşlarına bağlı olarak nodül ağırlığı değerlerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Azot fiksasyonu konusu ülkemizde çok yeni bir konu olmadığı halde günümüzde dahi baklagillerle yürütülen ancak bakteri aşılaması yapılmayan çalışmalarla karşılaşmak olasıdır.

Bugün dünya üzerinde üretimi yapılan en önemli bitkisel ürünlerden biri olmasına karşın soya, 100 yıl öncesine kadar Uzakdoğu dışında pek fazla bilinmemekteydi (Haskınacı 2006). Ülkemizde soya, ilk defa 1.Dünya Savaşı sırasında ana ürün olarak Karadeniz bölgesinde (İlisulu 1983), 1968-1970 yıllarında ise Akdeniz ve Ege bölgelerinde ikinci ürün olarak çeşit araştırmalarıyla ekilmeye başlanmıştır (Deniz 1988). Teşvik yoluyla ekim alanları artırılan soya üretimi; 1987 yılında 1 120 000 dekar alandan 250 000 ton iken, 2006 yılında 119 186 dekar alandan 47 300 tona düşmüştür (Anonim 2008).

Baklagillerde genellikle tohuma aşılama yapılmaktadır. Ancak gerek aşılamanın uygun biçimde yapılamaması ve gerekse kullanılan yöntemin otomasyona çok uygun olmayışı şeklinde bazı sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Deaker ve ark. (2004) aşılama yöntemlerini karşılaştırdıkları derleme çalışmasında tohuma aşılama yapıldığında çimlenme esnasında tohum kabuğunda bulunan bakterilerin toprak üstüne çıkabildiğini, bu yöntemde daha az sayıda bakteri bulaştırılabildiğini ve aşı materyalinin önemli bölümünün ekim makinesinde kalabildiğini rapor etmiştir. Araştırıcı ayrıca bir yapıştırıcı ajan kullanıldığında daha fazla aşı materyalinin tohuma bulaştırılabileceğini bildirmiştir. Ancak Brockwell (1977), kullanılan yapıştırıcı materyalin ekim makinesini tıkamayacak, çimlenmeyi önlemeyecek ve kotiledonlara zarar vermeyecek özellikte olması gerektiğini vurgulamıştır.

Bu çalışmada ekolojik ve ekonomik öneme sahip soya bitkisi yetiştiriciliğinde mutlak yapılması gereken bakteri aşılamasında kullanılabilecek farklı aşılama teknikleri araştırılarak, kullanılan tekniklerin azot fiksasyonu üzerine etkileri belirlenmiş ve tohuma aşılamaya alternatif olabilecek farklı yöntemler önerilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Deneme, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü laboratuarında bulunan iklimlendirme kabininde 28 ℃ sıcaklıkta ve %60-70 oransal nemde, saksıda gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan toprak, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi arazisinden, 5 yıldan daha uzun süredir ekim ve dikimin yapılmadığı, gübre ve tarımsal mücadele ilaçlarının uygulanmadığı alandan alınmıştır. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneme 6 farklı bakteri aşılama yöntemi uygulaması ile 8 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Uygulamalar;

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

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

(3) Üst Aşılama: Tohumlar saksılara ekildikten sonra üzerine sprey yardımı ile pulverize bakteri aşılaması yarı aydınlık ortamda yapılmış ve hemen ardından sulama yapılmıştır.

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

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye Sınıfı	Org. Mad. (%)	Nt (%)	$CaCO_3$ (%)
16	43	41	Siltli Kil	1,08	0,03	27

pH (1:2,5 H_2O)	Tuz (%)	Nmin (kg da^{-1})		P_2O_5 (kg da^{-1})	Fe (mg kg^{-1})
		NO^-_3	NH^+_4		
8,24	0,018	3,1	1,1	7,24	2,92

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

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

Denemede, yurt dışından temin edilmiş olan 1809 nolu bakteri suşu yenilenmek amacıyla, önce petri kutularına hazırlanmış olan Yeast Mannitol Agar (Jordan, 1984) besi ortamına birkaç defa aşılanarak üremeye bırakılmış, bunlardan alınan koloniler daha sonra tekrar eğik besiyerine aşılanarak buzdolabında (+4 °C'de) saklanmıştır. Eğik besiyerine alınan *B. japonicum* suşu ekimden 5-6 gün önce erlenlerdeki sıvı besiyerine (150 ml) aşılanarak, 30 °C'de, mekanik çalkalayıcıda sürekli çalkalanarak 5-6 gün üremeye bırakılmıştır.

Soya bitkilerinin çiçeklenme dönemi ve hasat döneminde her bir saksıya ait yaş ve kuru kök, kök üstü aksam, nodül ve tane ağırlıkları alınmış olup çiçeklenme döneminde nodül sayısı, hasat döneminde tane sayısı tespit edilmiştir. Soya bitkilerinin nodül, kök, tane ve toprak üstü kısımlarının çiçeklenme ve hasat dönemi toplam azot değerleri analiz edilmiştir. Nodül sayılarını belirlemek için kökler musluk suyu ile nodülleri kopmayacak şekilde yıkanmış, saf sudan geçirilerek nodüller ayrılmıştır. Nodül, kök ve toprak üstü aksamların kuru ağırlıkları, örnekler sabit ağırlığa gelinceye kadar 65 °C'de etüvde kurutulduktan sonra hassas terazi ile tartılması ile belirlenmiştir.

Araştırmada toplam azot Kjeldahl (1883) yöntemi ile, bünye Bouyoucus (1952) tarafından esasları verilen, hidrometre yöntemi ile, kireç Scheibler'in kalsimetre yöntemi ile (Allison ve Moodie, 1965), organik madde modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemi ile (Schlichting and Blume 1966), toprak reaksiyonu cam elektrodlu Beckman pH metresi ile (U.S. Salinity Laboratuary Staff 1954) belirlenmiştir.

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

Araştırma Bulguları

Farklı aşılama tekniklerinin soya vejetasyonu altında azot fiksasyonuna etkisini belirlemeye yönelik olarak yürütülen bu çalışmadan çiçeklenme ve hasat dönemlerinde biyomas verimleri ve bitki materyalin azot içerikleri belirlenmiş, yapılan ölçüm ve analizlere ilişkin sonuçlar aşağıda ilgili alt başlıklar halinde verilmiştir.

Çiçeklenme Döneminde Nodül Sayısı ve Ağırlığı: Çiçeklenme döneminde bitkiler hasat edilmiş, bitki kökleri topraktan ayrılmış, el ile kök üzerindeki nodüller ayrılarak sayılmış, kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen nodül sayıları ve nodül ağırlıkları Çizelge 2'de verilmiştir.

Nodül sayıları yönünden değerler incelendiğinde en fazla nodülün 28 nodül/bitki ile tohum yatağına aşılama yapılan uygulamada belirlendiği görülmüştür ($P<0,05$). Bunu su-peat süspansiyonu ile yapılan aşılama izlemiştir. Hiçbir aşılamanın yapılmadığı kontrol uygulamasında sadece bir bitkide nodül oluşumu gözlenmiştir. Nodül ağırlıkları yönünden en yüksek değerler 29,42 ve 28,09 mg/bitki ile sırasıyla tohum yatağına aşılama ve peat ile aşılama uygulamalarından elde edilmiştir ($P<0,05$). Nodül ağırlığı yönünden kontrol uygulaması ile tohuma aşılama uygulaması arasında sitatistiksel bir fark bulunmamıştır. Kontrol dışındaki uygulamalar karşılaştırıldığında, pratikte sıklıkla kullanılan tohuma aşılama uygulamasında diğer uygulamalara göre daha düşük değerler elde edildiği görülmüştür.

Çizelge 2. Çiçeklenme döneminde belirlenen nodül sayıları ve ağırlıkları

Uygulamalar	Nodül Sayısı (nodül/bitki)		Nodül Ağırlığı (mg/bitki)	
Kontrol	0,10	f	0,18	c
Tohuma Aşılama	6,00	e	2,68	c
Üst Aşılama	19,25	c	20,14	b
2 Defa Üst Aşılama	14,00	d	19,63	b
Tohum Yat. Aşılama	28,00	a	29,42	a
Peat İle Aşılama	23,75	b	28,09	a
SEM	1,472		1,678	
LSD	2,23		2,39	

a-f; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Uygulamaların Çiçeklenme Döneminde Kuru Ot Verimine Etkisi: Çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkilere ait kök, toprak üstü ve kök+toprak üstü değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3'te görüldüğü üzere en yüksek kök ağırlığı değeri 0,45 g/bitki ile tohum yatağına aşılama uygulamasından, en düşük değer ise tohuma aşılama uygulamasından elde edilmiştir (P<0,05). Toprak üstü ağırlıkları yönünden, kök ağırlığı değerlerine benzer biçimde en düşük değer tohuma aşılama uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek değer yine tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir. Tohuma aşılama uygulamasından, kontrol uygulamasına göre daha düşük değerler elde edilmiş olmasının aşılama sırasında tohum kabuğunun ıslanma-kuruma sırasında zarar görmüş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çiçeklenme Döneminde Nodül, Kök ve Toprak Üstü Azot İçerikleri: Çiçeklenme döneminde hasat edilen bitkilerin nodül, kök ve toprak üstü aksamlarının toplam azot kapsamları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Azot kapsamları bakımından uygulamalar arasında belirgin farklar görülmüştür (P<0,05; Çizelge 4). Kontrol uygulamasında yeter miktarda nodül oluşumu gerçekleşmediğinden azot analizi yapılamamıştır. Diğer uygulamalarda ise paralel analiz yapmaya yetecek miktarda materyal olmadığı için tüm paralellerden elde edilen nodüller birleştirilerek tek bir analiz yapılmıştır. Bu nedenle nodül azot içeriği değerlerinde istatistik analizi yapılamamıştır.

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

Hasat Döneminde Kök, Toprak Üstü ve Toplam Bitki Ağırlıkları: Hasat döneminde kök ve toprak üstü kuru ağırlıklar belirlenmiş ve Çizelge 5'te ayrı ayrı ve toplam bitki ağırlığı olarak verilmiştir. Kök ağırlığı yönünden en düşük değerler kontrol, 2 defa üst aşılama ve peat ile aşılama uygulamasından elde edilirken en yüksek değer tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir (P<0,05). Toprak üstü ağırlık yönünden en yüksek değer tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilirken diğer uygulamalar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Toplam bitki ağırlığı değerleri incelendiğinde en yüksek değerin 4,86 g bitki^{-1} ile tohum yatağına aşılama uygulamasında olduğu görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 3. Çiçeklenme döneminde belirlenen kök, toprak üstü ve kök+toprak üstü ağırlıkları

Uygulamalar	Kök Ağırlığı (g/bitki)		Toprak Üstü Ağırlığı (g/bitki)		Toplam Ağırlık (g/bitki)	
Kontrol	0,31	bc	2,19	b	2,50	b
Tohuma Aşılama	0,16	e	0,82	d	0,98	d
Üst Aşılama	0,32	b	2,19	b	2,51	b
2 Defa Üst Aşılama	0,24	d	1,73	c	1,97	c
Tohum Yatağına Aşılama	0,45	a	2,57	a	3,02	a
Peat İle Aşılama	0,29	c	2,22	b	2,51	b
SEM	0,013		0,087		0,101	
LSD	0,03		0,15		0,06	

a-e; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Çizelge 4. Çiçeklenme döneminde belirlenen nodül, kök ve toprak üstü azot içerikleri

Uygulamalar	Nodül N (%)	Kök N (%)	Toprak Üstü N (%)
Kontrol	0,00 c	2,33 d	4,08 ab
Tohuma Aşılama	3,09 b	2,68 b	3,98 abc
Üst Aşılama	3,28 b	2,43 c	3,87 bc
2 Defa Üst Aşılama	3,86 a	2,87 a	4,15 a
Tohum Yatağına Aşılama	3,23 b	2,34 d	3,83 c
Peat İle Aşılama	3,66 a	2,18 e	4,04 abc
SEM	0,324	0,051	0,046
LSD	0,377	0,08	0,25

a-e; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Çizelge 5. Uygulamaların hasat döneminde belirlenen kök, toprak üstü ve toplam bitki ağırlıklarına etkisi

Uygulamalar	Kök Ağırlığı (g/bitki)	Toprak üstü Ağırlığı (g/bitki)	Toplam Ağırlık (g/bitki)
Kontrol	0,64 c	3,44 b	4,08 b
Tohuma Aşılama	0,73 b	3,40 b	4,13 b
Üst Aşılama	0,76 ab	3,23 b	3,99 bc
2 Defa Üst Aşılama	0,60 c	3,30 b	3,90 c
Tohum Yatağına Aşılama	0,80 a	4,06 a	4,86 a
Peat İle Aşılama	0,64 c	3,36 b	4,00 bc
SEM	0,017	0,062	0,061
LSD	0,06	0,21	0,19

a-c; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Hasat Döneminde Belirlenen Tane Sayısı ve Tane Verimi: Hasattan sonra bitkiler kurutulmuş, taneleri ayrılarak bitki başına tane sayısı ve bitki başında tane ağırlığı değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6'dan görüldüğü üzere en yüksek tane sayısı (9,08 tane/bitki) ve tane ağırlığı (3,36 g bitki^{-1}) değerleri tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir (P<0,05). Tane sayısı değerleri yönünden kontrol, tohuma aşılama ve peat ile aşılama uygulamalarında daha düşük değerler belirlenmiş, bu uygulamalar arasında ise istatistiksel fark bulunmamıştır. Tane ağırlığı değerleri, tane sayısı değerleri ile benzer bulunmuş, en yüksek değer 3,36 g/bitki ile tohum yatağına aşılama uygulamasında, en düşük değerler ise kontrol (2,31 g/bitki) ve tohuma aşılama (2,33 g bitki^{-1}) uygulamalarında belirlenmiştir (P<0,05).

Hasat Döneminde Kök, Toprak Üstü ve Tanenin Azot İçeriği: Hasattan sonra kök, toprak üstü ve tanelerin total azot miktarları belirlenmiştir. Elde edilen değerler Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7'de görüldüğü üzere bitki köklerinde en düşük azot içeriği peat ile aşılama uygulamasından (% 0,89) elde edilirken en yüksek değer tohuma aşılama uygulamasından (% 1,75) elde edilmiştir (P<0,05). En yüksek toprak üstü azot içeriği kontrol uygulamasında, en yüksek değerler ise tohum yatağına aşılama ve peat ile aşılama uygulamalarında belirlenmiştir. Tane azot içeriği yönünden değerler incelendiğinde kontrol dışındaki tüm uygulamaların tanenin azot içeriğini artırdığı, en düşük değerin ise kontrol uygulamasında (% 4,65) olduğu görülmüştür. En yüksek değerler ise % 6,49, % 6,63 ve % 6,67 ile sırasıyla tohuma aşılama, üst aşılama ve 2 defa üst aşılama uygulamalarında belirlenmiştir (P<0,05).

Çizelge 6. Hasat döneminde belirlenen tane sayısı ve tane ağırlığı değerleri

Uygulamalar	Tane sayısı (tane/bitki)	Tane ağırlığı (g/bitki)
Kontrol	7,23 c	2,31 c
Tohuma Aşılama	6,84 c	2,33 c
Üst Aşılama	8,14 b	2,68 b
2 Defa Üst Aşılama	7,95 b	2,81 b
Tohum Yat. Aşılama	9,08 a	3,36 a
Peat İle Aşılama	6,90 c	2,86 b
SEM	0,137	0,076
LSD	0,39	0,22

a-c; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Çizelge 7. Hasat dönemi kök, toprak üstü ve tane total azot değerleri

Uygulamalar	Kök N (%)	Toprak Üstü N (%)	Tane N (%)
Kontrol	1,13 c	1,31 d	4,65 c
Tohuma Aşılama	1,75 a	1,62 bc	6,49 a
Üst Aşılama	1,53 b	1,69 b	6,63 a
2 Defa Üst Aşılama	0,94 cd	1,54 c	6,67 a
Tohum Yatağına Aşılama	1,54 b	1,88 a	6,11 b
Peat İle Aşılama	0,89 d	1,89 a	6,06 b
SEM	0,075	0,044	0,152
LSD	0,19	0,08	0,27

a-d; Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklar istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Tartışma ve Sonuç

Bir baklagil bir bölgede ilk kez yetiştirilecekse, uygun bir yöntemle bakteri aşılaması yapılmasının hem ekolojik hem de ekonomik değere sahip olması gerçeğinden hareketle, farklı aşılama yöntemlerinin karşılaştırılmasına yönelik olarak bu çalışma yürütülmüştür.

Burada sonuçları verilen çalışmada; bakteri aşılamasının azot fiksasyonunda belirgin etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak çiftçiler aşılamaya gereken değeri vermediğinden baklagillerin azot bağlama potansiyelinden yeterince yararlanılamamaktadır. Zira *Rhizobium spp.* olarak bilinen mikroorganizmalar aşılama ile toprağa verilmediği durumda genellikle toprakta az sayıda bulunurlar ya da etkili olmazlar (Gök ve Onaç 1995). Biren (2002), daha önce hiç soya yetiştirilmeyen Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti topraklarında yürüttüğü çalışmasında, aşılama yapılmayan kontrol uygulamasında hiç nodülasyonun gerçekleşmediğini bildirmiştir. Bu çalışmada da, üzerinde daha önce baklagil yetiştirilmemiş topraklarda aşılama yapılmadığında nodülasyonun, dolayısıyla azot fiksasyonunun gerçekleşmediği ya da sınırlı düzeyde gerçekleştiği, bu nedenle Isparta koşullarında ilk defa soya yetiştirileceğinde aşılamanın son derece önemli olduğu ortaya konmuştur.

Tohum ekildikten sonra toprağa yapılan aşılamanın tohum yatağına kadar ulaşabildiği, bu yöntemle de etkin aşılama yapılabileceği belirlenmiştir. Bu yönüyle aşılamanın, sulama suyunun tuz içeriği göz önünde bulundurmak kaydı ile damla sulama sistemleri ile dahi yapılabileceğini açık bir biçimde ortaya koymuştur. İki defa üst aşılama uygulaması, ekimle birlikte uygulanan bakterilerin infeksiyonun

gerçekleşeceği zamana kadar zarar görmesi ihtimali göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Ancak araştırma sonucunda özellikle tane sayısı ve tane ağırlığı değerleri göz önüne alındığında iki defa üst aşılama ile üst aşılama uygulamaları arasında fark bulunmamıştır.

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

Peat kültürü ile aşılama, aşı materyalinin genellikle peat kültürü içerisinde hazırlanması nedeniyle uygulanan yöntemlerden birisidir. Ancak nemliyken tohuma aşılanan peat kültürü kuruyacak olursa, tohumdan ayrılmakta ve peat ekim makinesinin alt tarafında birikmektedir (Gault 1978). Ayrıca kuru peat'e bakteri aşılarken, ıslanma nedeniyle meydana gelen sıcaklık artışı canlı bakteri sayısının azalmasına neden olabilmektedir (Deaker 2004). Bu çalışmada denenen uygulamada ise peat su ile ıslatıldıktan sonra aşı materyali eklenmiş, süspansiyon haline getirildikten sonra tohum yatağına uygulanmıştır. Elde edilen nodül sayısı ve nodül ağırlığı değerlerinden yukarıda sözü edilen olumsuzlukların yaşanmadığı görülmüş, bu şekilde yapılan uygulamadan da yine etkin azot fiksasyonunu sağlandığı belirlenmiştir.

Aşılamada genellikle yapıştırıcı bir çözelti yardımıyla bakteriler tohumlara bulaştırılmakta ve tohumlar yarı aydınlık ortamlarda kurutulduktan sonra güneş görmesine izin verilmeden ekilmektedir. Bu yöntemde tohumların ıslanması birçok dezavantajı beraberinde getirmektedir. Bu yöntemde tohumlar birbirine veya ekim makinesine yapışabilmekte, bu durum zaten aşılama konusunda isteksiz olan çiftçilerin yöntemi uygulamamasına neden olmaktadır. Aşılama sırasında aşırı su kullanımı tohum kabuğunun zarar görmesine, bunun sonucunda tohumun dış koşullardan daha fazla etkilenmesine neden olabilmektedir. Deaker ve ark. (2004) tohuma aşılama yönteminin ekim makinesinde canlı bakteri sayısının azalması ve tohum kabuğunun çimlenme sırasında toprak yüzeyine çıkması gibi riskler de taşıdığını rapor etmişlerdir. Brockwell (1977) ise toprağa aşılama yönteminde, özellikle küçük tohumlu baklagillerde, tohuma aşılama yöntemine göre tohum başına daha fazla bakteri uygulanabileceğini bildirmiştir.

Sonuç olarak çalışmada tohuma aşılamaya alternatif olmak üzere, tohuma aşılama uygulaması ile birlikte toplam 5 farklı aşılama tekniği karşılıklı olarak denenmiş ve bu yöntemler arasında azot bağlama yönünden farklılıkların olup olmadığı araştırılmıştır. Elde edilen tüm değerler tüm uygulamaların tohuma aşılama uygulamasından daha etkili olduğunu göstermiştir. Tohuma aşılamaya alternatif olarak denenen yöntemlerin tohuma aşılama uygulamasına oranla daha etkin azot fiksasyonu sağlaması ve bu yöntemlerin otomasyona daha uygun olması nedeniyle uygulanan yöntemlerin ekim makinelerine entegre edilerek uygulanmasının hem kolay hem de etkin aşılama yapılmasına olanak sağlayacağı belirlenmiştir.

Kaynaklar

Akçin, A. ve Y. Işık. 1995. Konya ekolojik şartlarında azotlu gübre uygulaması ve bakteri ile aşılamanın nohut çeşitlerinin (*Cicer arietinum* l.) Tane verimi, tanenin kimyasal kompozisyonu ve morfolojik karakterler üzerine etkileri. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 6(8):146-159.

Akdağ, C. ve S. Şehirali. 1995. Bakteri (*Rhizobium* Ssp.) aşılama, azot dozları ve ekim sıklığının nohut (*Cicer arietinum L.*)'un verim ve verim unsurlarına etkileri. Gaziosmanpaşa Ünv. Ziraat Fakültesi Dergisi 12:122-134.

Allison, L.E. and C.D. Moodie. 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy 9:1379-1400. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.

Anonim 1998. http://www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi 09.03.2008, Saat:11:00

Bek, Y. 1983. Araştırma ve Deneme Metodları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Notu Yay. No: 92. Adana.

Biren, S. 2002. Bakteri (*Bradyrhizobium japonicum*) Aşılamasının Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) Koşullarında Soya (*Glycine mac. L.*) Bitkisinde Nodülasyona ve Tane Verimine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.

Bouyoucous, G.J. 1952. Hydrometer method improved for making particle size at analysis of soil. Agronomy Journal 54:464-465.

Brockwell, J. 1977. Application of Legume Seed Inoculants. In: Hardy, R. W. F., Gibson, A. H. (eds), A Treatise on Denitrogen Fixation, Wiley, Sydney, pp:277-309.

Coşkan, A., M. Gök ve K. Doğan. 2006. Anız yakılmış ve yakılmamış parseller üzerine uygulanan tütün atığının soyada biyolojik azot fiksasyonuna ve verime etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi 12(3):239-245.

Çakır, S. 2005. Eskişehir Koşullarında Etkin Bakteri Suşuyla Aşılamanın Nohut (*Cicer Arietinum* L.) Çeşit ve Hatlarının Tane Verimi, Morfolojik, Fizyolojik ve Teknolojik Özelliklerine Etkisi. Doktora Tezi (Yayınlanmamış). Uludağ Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 115 S.

Deaker, R., R. J. Roughley and I.R. Kennedy. 2004. Legume seed inoculation technology – a review. Soil Biology and Biochemistry (36):1275-1288.

Deniz, N. 1988. Ankara Yöresinde Sulu Koşullarda Yetiştirilebilecek Soya Çeşitleri. Tarım Orman ve Köy İşl. Bak., Köy Hiz. Gen. Md., Toprak ve Gübre Araş. Enst. Md. Genel Yayın No: 148, Rapor Seri No: R-72. Ankara.

Gault, R. R. 1978. A Study of Developments and Trends in New Zealand, The USA and Canada in the Technology Associated with the Exploitation of the Nitrogen-Fixing Legume Root Nodule Bacteria, *Rhizobium spp.* For Use in Legume Crops New to Australian Agriculture, Winston Churchil Memorial Trust. Canberra.

Gök, M. ve I. Onaç. 1995. Değişik Bradyrhizobium japonicum İzolatları ile Aşılamanın Farklı Soya Çeşitlerinde Verime, Nodülasyona ve N_2 Fiksasyonuna Etkisi. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu C-237-244.

Haskınacı, Ş. 2006. Soya Sektör Raporu, İ.T.O. Etüt ve Araştırma Şubesi, Sektör Araştırma Raporları http://www.ito.org.tr Erişim Tarihi: 15.01.2009 Saat:13:99

İlisulu, K. 1983. Soyanın Türkiye Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. Soya Semineri ve Paneli. Adana.

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.

Kjeldahl, J. 1883. Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. Journal of Analytical Chemistry 22(1):366-382.

Meral, N., C.Y. Çiftçi ve S. Ünver. 1998. Bakteri aşılaması ve değişik azot dozlarının nohut (*Cicer arietinum* L.)'un verim ve verim öğelerine etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi 7(1):44-59.

Obaton, M. 1983. Legumes and Nitrogen Cycle. Technical Handbook on Symbiotic Nitrogen Fixation. Legume/Rhizobium FAO. Rome I Biol. 1, No:1/3.

Schlichting, E. ve E. Blume. 1966. Bodenkundliches Practikum. Verlag Paul Parey. Hamburg and Berlin.

Snapp, S.S., D.D. Rohrbach, F. Simtowe and H. A. Freeman. 2002. Sustainable soil management options for malawi: Can smallholder farmers grow more legumes? Agriculture Ecosystems and Environment 91:159-174.

Tippanaver, C.M., S. A. Desai and S. K. Gumaste. 1990. Screening for efficiency of Rhizobium strains on chickpea (*Cicer arietinum* L.) In Northern Zone of Karnakata. Journal of Agricultural Science 3(3-4)285-287.

U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Sodic Soils. USDA. Handbook 60. U.S. Gov. Printing Office. Washington D.C.

Vaishya, U.K. and J.N. Dube. 1988. Interaction between *Rhizobium* strains and chickpea varieties. Agricultural Science Digest 8(3):153-156.

Werner, D. 1987. Pflanaliche Und Mikrobielle Symbiosan. Georg Thieme Verlog Stuttgart. New York.

İletişim Adresi:

Ali COŞKAN
Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Toprak Bölümü 32260 Çünür, Isparta, Türkiye
Tel: +90 246 2114632
Fax: +90 246 2371693
E-posta: acoskan@gmail.com