

## Isparta Koşullarında Soyada Bakteri Aşılmasının Nodülasyona ve Dane Verimine Etkisi

Ali COŞKAN<sup>\*1</sup>, Erdinç İŞLER<sup>2</sup>, Zeliha KÜÇÜKYUMUK<sup>1</sup>, İbrahim ERDAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 32260, Isparta

<sup>2</sup> Mürşide Ermumcu Anadolu Öğretmen Lisesi, Isparta

\*Yazışma yazarı: acoskan@ziraat.sdu.edu.tr

Geliş tarihi: 21.07.2009, Yayına Kabul Tarihi: 06.10.2009

**Özet:** Tüm dünyada giderek artan ancak ülkemizde giderek azalan öneme sahip olan soya, geleceğin endüstriyel bitkisi olarak tanımlanabilecek önemli bir baklagil bitkisidir. Isparta ilinde soya üretimi yaygın olarak yapılmamaktadır. Bu çalışmada gelecekte önem taşıyabilecek ve Isparta’da alternatif ürün olarak yetiştirilebilecek soya bitkisinde bakteriyel aşılamanın (*Bradyrhizobium japonicum spp.*) biyolojik N<sub>2</sub> fiksasyonuna, vejetatif gelişime ve dane verimine etkisini araştırmak amacıyla bir yıllık tarla denemesi yürütülmüştür. Denemede 2 farklı soya çeşidi (Sa88 ve Asgrow) ve 2 farklı Rhizobium suşu (110, 1809) kullanılmıştır. Denemeye ayrıca mineral gübreli ve aşısız varyantlar da eklenmiştir. Araştırmada çiçeklenme döneminde kök, toprak üstü ve nodül, hasat döneminde ise kök, toprak üstü ve dane kuru ağırlıkları ve azot içerikleri ile danenin mikrobesele elementlerinden Fe, Zn, Mn ve Cu içeriği belirlenmiştir. Denemede hiç aşılama yapılmayan “aşısız” ve “mineral gübre” uygulamalarında hiç nodül oluşmadığı görülmüştür. Aşılama kullanılan suşlardan 110 nolu suş etkin nodül oluşturmuştur. Diğer suş olan 1809 nolu suş ise nodül oluşturmuş ancak sayı, ağırlık ve azot kapsamı bakımından 110 nolu suşa oranla çok düşük düzeyde kalmıştır. Verim değerleri yönünden Sa88 tohum çeşidinden genelde daha yüksek verim elde edildiği görülmüştür. Ancak her iki tohum çeşidinde de etkin infeksiyon gösteren 110 nolu suşun aşılandığı parseller dikkate alındığında Sa88 ile Asgrow tohum çeşidi arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Bakteri aşılama yönünden dane azot içeriği değerleri incelendiğinde 110 nolu suşun diğerlerine oranla daha etkili olduğu, Mineral gübre ve 1809 nolu suş ile aşılanmanın ikinci derece etkili olduğu, tüm uygulamaların verimi kontrole oranla artırdığı tesbit edilmiştir. Tohum çeşitleri arasında azot içeriği bakımından fark bulunmuş olmakla birlikte fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

**Anahtar kelimeler:** Soya, Azot Fiksasyonu, Bakteriyel Aşılama, Soya Tohum Çeşidi

### Effects of Bacterial Inoculation of Soybean on Nodulation and Yield of Soybean Grown under Isparta Conditions

**Abstract:** The importance of the soybean which is a member of leguminosae and defined as plants for future, is increasing in all over the world and is decreasing in Turkey. In Isparta, cultivation of soybean is not wide-spread. In this research one-year field experiment was carried out to determine the effect of bacterial inoculation (*Bradyrhizobium japonicum spp.*) on N<sub>2</sub> fixation, vegetative growth and yield of soybean which may have valuable importance in Isparta region as alternative plant. Two different soybean varieties (Sa88 and Asgrow) and 2 different *B. japonicum* strains were tested. Root, shoot and nodule dry weight and nodule number were determined in flowering stages whereas root, shoot, yield and the contents of Fe, Zn, Mn and Cu of seed were evaluated in harvest stage. In the plot that was non-inoculated by *B. japonicum* there were no nodulation. The strain 110 was effective on nodulation. Nodulation occurrence was also observed in the plant that was inoculated with 1809 however the nodule number, dry weight and nitrogen contents of nodule were much lower than that of 110. Although higher yield was found in Sa88 variety, in general, there were no differences between Sa88 and Asgrow varieties which were inoculated by the strain 110 that was effective on nodulation. Seed nitrogen content was highest in the strain 110 and was followed by 1809; nevertheless all bacteria inoculants increased the yield compared to the control. According to the yield there were differences between the varieties however it was not significant.

**Key Words:** Soybean, Nitrogen Fixation, Bacterial Inoculation, Soybean Varieties

## Giriş

Bitkisel üretimi artırmak protein açığını gidermek için tarım topraklarındaki azot açığının kapatılması gerekmektedir. Bunu da ya gübrelerle ya da biyolojik azot fiksasyonunun potansiyelini artırarak yapmak mümkündür. Endüstriyel olarak (Haber-Bosch metodu) azotun bitkilerin kullanabileceği formlara dönüştürülmesinde, yüksek basınç ve sıcaklık (230 °C) yanında fosil enerjisi de tüketilmekte, ham madde olarak da çoğunlukla petrol yan ürünleri kullanılmaktadır. Yapılan hesaplara göre 1 kg azotun, üretiminin yapılıp tarlaya taşınması için 1.5 kg petrole ihtiyaç vardır. Yüksek enerji ve petrole dayalı ürünlerin kullanılması yanında, toprağa verilen gübrenin ancak % 50'sinin bitkiye ulaştığı hesaplanırsa yararlanılabilir azotun maliyetinin ne kadar pahalı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Dünyada yapılan soya tarımının % 52.9'u ABD'de yapılmakta, Türkiye'de ise soya üretimi en çok Çukurova Bölgesi'nde gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde 1996 yılında soya ekim alanı 20500 ha olup, soya üretimi 50 bin ton ve soya verimi 2439 kg/ha'dır (DİE, 1997). A.B.D.'nde yapılan bir çalışmada, soya tarımında 380 kg/da dane verimi alındığında, 1 da alandan 36 kg N, 9 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 16 kg K<sub>2</sub>O kaldırıldığı saptanmıştır (Arıoğlu, 1989). Baklagillerle atmosferden bağlanan azotun, baklagil bitkisinin türüne göre farklılık gösterdiği, bezelye ve fasulyenin yılda 7-10 kg/da; üçgül ve yoncanın yılda 30 kg/da azot bağladığı görülmüştür (Postgate, 1982). Baklagil yeşil gübre bitkileri kontrol toprağına oranla, toprağı kazandırdıkları azot miktarı bitki ve uygulama şekline göre 7,5 ile 13 kg N/da arasında değişebilmektedir (Gök ve ark., 1995). İyi şartlar altında soya - *Bradyrhizobium japonicum* ikilisi simbiyotik yolla yılda 30 kg/da'a kadar azot fikse edebilirler (Keyser ve Li, 1992). Farklı *Rhizobium* bakterileri ile aşılama, soya ve üçgül bitkilerinde N<sub>2</sub> fiksasyonunu ve bitki kuru madde ağırlığını önemli ölçüde artırmaktadır (Gök ve Martin, 1993). Bakteri ile aşılama, kontrol varyantına oranla, dane verimini, azot

fiksasyonunu, kuru madde oluşumunu ve nodülasyonu olumlu yönde etkilemektedir (Gök ve Onaç 1995). Her bitki kendine özel bakteri istemekte ve aşılama çoğu zaman gerekli olmaktadır. Uygun bakteri ile aşılanmış baklagillerin verimlerinin kontrol bitkisine oranla % 15 arttığı saptanmıştır (Drobereiner ve Camoelo, 1976). Baklagillerde bakteriyel aşılmanın vejetatif gelişme, kuru madde oluşumu, dane verimi, nodülasyon, vejetatif aksam, nodül ve danede azot içeriğini etkilediği birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Gök ve Onaç, 1995; Gök ve Yalı 1997). Daha önce hiç soya ekilmemiş alanda *B. japonicum* ile aşılanan soyadan birinci yılda %27-84 oranında, ikinci yılda ise % 41-92 oranında daha fazla verim alındığı belirlenmiştir (Dube, 1976). Baklagiller azot ihtiyacının % 50-80'ini azot fiksasyonu ile sağlayabilmektedirler (Keating ve ark., 1986). Bu çalışmada Isparta yöresinde bakteri aşılmasının azot fiksasyonuna ve buna bağlı bitkisel özelliklere etkiler araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Deneme, SDÜ, Ziraat Fakültesi Araştırma istasyonunda yer alan topraklar üzerinde, tarla koşullarında yürütülmüştür. Deneme kurulmadan önce toprak örnekleri alınmış ve temel toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Denemede kullanılacak suşlar YMA (Yeast Mannitol Agar) besiyerinde üretilmiştir. Bakteri materyali olarak *B. japonicum 110* ve *B. japonicum 1809* nolu suşlar kullanılmıştır. Soya tohumu çeşidi olarak Sa88 ve Asgrow çeşitleri kullanılmıştır.

### Yöntem

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre, 3 paralel olacak şekilde 2,8 x 6,0 m boyutlarındaki parsellerde yürütülmüştür Parsellere YMA besiyerinde üretilen (RAO, 1980) 2 farklı suş ile

aşılansmış 2 değişik soya tohumu el ile ekilmiştir. Denemeye ayrıca, aşılamanın etkisini karşılaştırmak amacıyla bakteri aşısız +N (normal N gübrelemesi) ve -N (mineral N gübresiz) varyantları kontrol olarak ilave edilmiştir. Nodülasyonun belirlenmesi amacıyla parsellerden çiçeklenme dönemi sonunda kök, toprak

üstü ve nodül örnekleme yapılmıştır. Hasat döneminde ise kök, toprak üstü ve dane örnekleme yapılmıştır. Örnekler 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları tartım yoluyla belirlenmiştir. Örneklerde toplam azot (Nt) analizi yapılmış, danede ayrıca Fe, Zn, Mn ve Cu analizleri gerçekleştirilmiştir

Çizelge 1. Deneme alanının Bazı Temel Toprak Özellikleri

Kum	Silt	Kil	Bünye Sınıfı	Org. Madde (%)	Toplam Azot (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Mineral azot (kg/da)		pH (1:2,5 H <sub>2</sub> O)	Tuz (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)	Fe (mg/kg)
							NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N				
16,1	42,9	41,0	SiC	1,08	0,03	27	3,1	1,1	8,24	0,018	7,24	2,92

Deneme alanına ekimden önce toprakta var olan besin elementleri de dikkate alınarak 3 kg/da saf fosfor pulluk derinliğine gelecek şekilde uygulanmıştır. Toprakta yeter miktarda azot olması nedeniyle teşvik azotu verilmemiştir. Mineral azot uygulaması yapılacak olan parselde çiçeklenme döneminde 6 kg N/da azot gelecek şekilde amonyum sülfat gübresi verilmiştir. Soya tohumları sıra arası 70 cm sıra üzeri 5 cm olacak şekilde el ile ekilmiştir.

Toprak analizlerinden toprak bünyesi Bouyoucos (1951) tarafından verilen esaslara göre hidrometre yöntemi ile analiz edilmiştir. Kireç tayini Scheibler kalsimetresi ile; total tuz, Wheastone yöntemiyle; pH, cam elektrotlu Beckman pH metresi ile (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954); KDK, sodyum asetat yöntemi ile tayin edilmiştir. Toprakta total azot analizi Kjeldahl yöntemi ile (Bremner, 1965); organik madde modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemine göre (Schlichting ve Blume, 1966); toprakta fosfor analizi Olsen ve arkadaşlarına (1954) göre yapılmıştır. Topraktaki mineral azot (Nmin) miktarının tayini için amonyum, Na-nitroprussid (Deutsche Einheitsverfahren, 1983), nitrat, Na-salicilat (Fabig ve ark., 1978) yöntemlerine göre belirlenmiştir. Bitkisel analizlerden toplam azot (Nt) Kjeldahl yöntemi ile (Bremner, 1965), mikro elementler ise Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi ile (Kacar ve İnal, 2008) saptanmıştır.

#### İstatistiki değerlendirme

Araştırmada elde edilen verilerin tümü MSTAT-C paket programı yardımıyla (Crop and Soil Sciences Department, Michigan State University, Version 1.2) varyans analizine tabii tutulmuştur.

#### Bulgular

Bakteri aşılmasının 2 çeşit soya tohumu çeşidinde biyolojik azot fiksasyonuna etkisini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda ilgili başlıklar altında, çiçeklenme ve hasat dönemleri için ayrı ayrı verilmiştir.

#### Çiçeklenme Dönemi Bulguları

##### Nodülasyona etki

Çiçeklenme dönemi sonunda her parselden alınan bitki örneklerinin köklerindeki nodüller ayrılmış, sayılmış, kuru ağırlıkları ve azot kapsamaları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir. Biyolojik azot fiksasyonunun belirlenmesine yönelik olarak bitkilerdeki nodül sayılarının, ağırlıklarının ve nodül azot kapsamalarının verildiği Çizelge 2 incelendiğinde, aşılama yapılmayan “aşısız” ve “mineral gübre” uygulamalarında hiç nodül oluşmadığı görülmüştür. Aşılama kullanılan suslardan 110 nolu suş etkin nodülsayon oluşturmuştur. Diğer suş olan 1809 nolu suş ise nodül oluşturmuş ancak sayı, ağırlık ve

azot kapsamı bakımından 110 nolu suş oranla çok düşük düzeyde kalmıştır. Denemede kullanılan soya tohumu çeşitleri arasında nodülasyon yönünden farklılık bulunmamış, 110 nolu suş her iki tohum çeşidinde de etkin nodül oluştururken, 1809 nolu suş her iki tohum çeşidinde de etkili olmamıştır. Uygulamaların yarısında hiç nodül oluşmadığı ve suşlar arasında belirlenen değerlerde belirgin farklar olduğu için Çizelge 2’de verilen değerlerin istatistiki analizleri yapılmamıştır.

#### *Biyomas verimine etki*

Çiçeklenme döneminde alınan örneklerin kök ve toprak üstü aksamaları kurutularak tartılmış ve elde edilen veriler Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Uygulamaların Nodül Sayısına, Nodül Ağırlığına ve Nodül Azot İçeriğine Etkisi

		Nodül		
		Nodül sayısı (adet/bitki)	kuru ağırlık (g/bitki)	Nodül azot (%)
Sa88	Aşısız	-*	-	-
	110	42.17	0.34	0.97
	1809	1.00	0.04	0.28
	MinGüb	-	-	-
Asgrow	Aşısız	-	-	-
	110	42.67	0.30	1.01
	1809	0.89	0.05	0.19
	MinGüb	-	-	-

\* Nodül oluşumu gözlenmemiştir.  
MinGüb: Mineral gübre

Çizelge 3. Uygulamaların Çiçeklenme Döneminde Biyomas Verimine Etkisi

		Kök kuru ağırlığı	Toprak üstü kuru ağırlığı	Toplam ağırlık
		(kg/da)	(kg/da)	(kg/da)
Sa88	Aşısız	55 bc	100 cd	155 b
	110	91 a	187 a	279 a
	1809	58 bc	98 cd	156 b
	MinGüb	72 ab	135 bc	207 ab
Ortalama		69 A	130 A	199 A
Asgrow	Aşısız	50 bc	98 cd	147 b
	110	73 ab	163 ab	236 a
	1809	43 c	89 cd	132 b
	MinGüb	56 bc	71 d	127 b
Ortalama		55 A	105 A	161 B
LSD (Çeşit*Bakteri)		22.9	48.8	71.7
Ortalama	Aşısız	53 B	99 B	151 B
	110	82 A	175 A	258 A
	1809	51 B	94 B	144 B
	MinGüb	64 B	103 B	167 B

MinGüb: Mineral gübre

Çiçeklenme döneminde belirlenen biyomas verimleri kullanılan tohum çeşidi yönünden incelendiğinde, Sa88 ve Asgrow çeşidi arasında istatistiksel farkların olmadığı görülmüştür. Bakteri aşılması yönünden değerler incelendiğinde 110 nolu suşun diğer uygulamalara oranla istatistiksel olarak daha etkili olduğu belirlenmiştir. Diğer uygulamalar kontrol uygulamasına göre önemli farklar oluşturmamıştır. Hem kök hem de toprak üstü kuru ağırlığı yönünden en yüksek değerler 110 nolu suş ile aşılana Sa88 çeşidinden elde edilmiştir (91, 187 kg/da).

#### *Toplam azot içeriğine etki*

Çiçeklenme döneminde alınan kök ve toprak üstü örneklerinin toplam azot içerikleri belirlenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4’te verilmiştir.

Uygulamaların hiçbiri çiçeklenme dönemi kök azot içeriği bakımından etkili olmamış, ne kullanılan tohum çeşitleri arasında ne de bakteri uygulamaları arasında istatistiksel farklar görülmüştür. Toprak üstü aksamalar bakımından değerler incelendiğine ise Asgrow çeşidinin azot kapsamının Sa88 çeşidine göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. Uygulamaların Çiçeklenme Döneminde Kök ve Toprak Üstü Azot İçeriğine Etkisi

		Kök azot (%)	Toprak üstü azot (%)
Sa88	Aşısız	0.14 a	1.06 b
	110	0.81 a	3.01 a
	1809	0.20 a	1.57 ab
	MinGüb	0.72 a	1.70 ab
	Ortalama	0.47 A	1.84 A
Asgrow	Aşısız	0.37 a	0.70 b
	110	0.55 a	1.21 b
	1809	0.43 a	0.88 b
	MinGüb	0.70 a	0.91 b
	Ortalama	0.51 A	0.93 B
LSD (Çeşit*Bakteri)		0.79	1.62
Ortalama	Aşısız	0.26 A	0.88 A
	110	0.68 A	2.11 A
	1809	0.32 A	1.23 A
	MinGüb	0.71 A	1.31 A

MinGüb: Mineral gübre

En yüksek toprak üstü azot kapsamı 110 nolu suş ile aşıl原因 Sa88 soya tohumu çeşidinden elde edilmiştir (%3.01). Mineral gübre uygulaması kontrole ve 1809 nolu suşa oranla daha yüksek değerler vermiş ancak farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

#### Hasat Dönemi Bulguları

##### Biyomas verimine etki

Uygulamaların hasat döneminde biyomas verimine etkisine yönelik değerler Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Uygulamaların Hasat Döneminde Biyomas Verimine Etkisi

		Kök kuru ağırlığı	Toprak üstü kuru ağırlığı	Toplam ağırlık
Sa88	Aşısız	52 c	97 c	149 c
	110	193 a	351 a	544 a
	1809	62 c	120 c	182 c
	MinGüb	71 c	147 c	219 c
	Ortalama	95 A	179 A	274 A
Asgrow	Aşısız	49 c	94 c	144 c
	110	149 b	266 b	415 b
	1809	54 c	94 c	148 c
	MinGüb	66 c	155 c	221 c
	Ortalama	80 A	152 A	232 A
LSD (Çeşit*Bakteri)		38.0	57.2	89.9
Ortalama	Aşısız	51 B	96 C	146 C
	110	171 A	309 A	480 A
	1809	58 B	107 C	165 BC
	MinGüb	69 B	151 B	220 B

MinGüb: Mineral gübre

Hasat dönemi kök ve toprak üstü biyomas verimleri yönünden soya tohumu çeşitleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Bakteri aşıl原因 uygulamasında ise 110 nolu suşun

kullanıldığı parsellerde en yüksek değerler elde edilmiş, diğer uygulamalar arasında fark bulunmamıştır. Bakteri aşıl原因 toprak üstü kuru ağırlığına etkisi daha belirgin olmuş, en yüksek değer

nodülasyonun etkin gerçekleştiği 110 nolu suştan elde edilmiş bunu sırasıyla Mineral gübre, 1809 ve kontrol uygulamaları izlemiştir. Bakteri tohumu çeşidi ile bakteri uygulaması bir arada değerlendirildiğinde hem kök hem de toprak üstü kuru ağırlık değerleri yönünden en yüksek değerler 110 nolu suş ile aşılana Sa88 çeşidinden elde edilmiştir. Bunu yine 110 nolu suş ile aşılana Asgrow çeşidi takip etmiş, diğer çeşitler arasında ise istatistiksel fark bulunmamıştır ( $p=0.05$ ).

#### Azot kapsamına etki

Uygulamaların hasat döneminde kök ve toprak üstü azot kapsamına etkileri Çizelge 6'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar hasat döneminde uygulamaların etkilerinin kaybolduğunu göstermiştir. Gerek soya tohumu çeşidi ve gerekse bakteri aşılması uygulamaları arasında hem kök hem de toprak üstü azot kapsamı yönünden istatistiksel fark bulunmamıştır.

Çizelge 6. Uygulamaların Hasat Döneminde Kök ve Toprak Üstü Azot Kapsamına Etkisi

		Kök azot	Toprak üstü azot
Sa88	Aşısız	0.59 a	0.62 a
	110	0.79 a	1.35 a
	1809	0.40 a	0.85 a
	MinGüb	0.47 a	0.96 a
Ortalama		0.56 A	0.95 A
Asgrow	Aşısız	0.36 a	0.21 a
	110	0.52 a	0.96 a
	1809	0.21 a	1.25 a
	MinGüb	0.46 a	0.53 a
Ortalama		0.39 A	0.74 A
LSD (Çeşit*Bakteri)		0.67	1.00
Ortalama	Aşısız	0.48 A	0.42 A
	110	0.66 A	1.16 A
	1809	0.31 A	1.05 A
	MinGüb	0.47 A	0.75 A

MinGüb: Mineral gübre

#### Verime ve dane azot içeriğine etki

Uygulamaların soyanın dane verimine ve danenin azot kapsamına etkileri Çizelge 7'de verilmiştir. Verim değerleri yönünden sonuçlar incelendiğinde Sa88 tohum çeşidinden genelde daha yüksek verim elde edildiği görülmüştür. Ancak her iki tohum çeşidinde de etkin infeksiyon gösteren 110 nolu suşun aşılacağı parseller dikkate alındığında Sa88 ile Asgrow tohum çeşidi arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Bakteri aşılması yönünden değerler incelendiğinde 110 nolu suşun diğerlerine oranla daha etkili olduğu, Mineral gübre ve 1809 nolu suş ile aşılamanın ikinci derece etkili olduğu, tüm uygulamaların verimi kontrole oranla artırdığı tesbit edilmiştir. Dane azot kapsamı içeriği yönünden değerler incelendiğinde ise verim değerlerine benzer sonuçlar görülmüş, yine

110 nolu suş ile aşılana uygulamalarda diğerlerine oranla daha yüksek dane azot içeriği değerleri bulunmuştur. Çeşitler arasında azot içeriği bakımından fark bulunmuş olmakla birlikte fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

#### Mikro besin elementi içeriğine etki

Uygulamaların soya danesinin mikro besin elementlerinden olan Fe, Zn, Mn ve Cu içeriğine etkileri Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelge 8 incelendiğinde mikro besin elementi içeriği yönünden soya tohumu çeşitleri arasında fark olmadığı görülmüştür. Denemeye konu olan çeşitlerin hiçbirinde diğerinden farklı sonuçlar elde edilmemiştir. Çinko içeriği yönünden uygulamaların hiçbirisi istatistiksel olarak önemli düzeyde fark yaratmamıştır. Aşılama kullanılan suşlar incelendiğinde

110 nolu suş ile aşılanan bitkilerin Fe ve Cu beslendiği görülmüştür. yönünden diğerlerine oranla daha az

Çizelge 7. Uygulamaların Dane Verimine ve Dane Azot İçeriğine Etkisi

		Verim (kg/da)	Dane azot (%)
Sa88	Aşısız	119 de	3.58 c
	110	254 a	6.29 a
	1809	158 c	3.83 c
	MinGüb	188 b	4.19 bc
	Ortalama	180 A	4.47 A
Asgrow	Aşısız	109 e	3.30 c
	110	242 a	5.20 ab
	1809	142 cd	3.44 c
	MinGüb	139 cd	3.87 c
	Ortalama	158 B	3.95 A
LSD (Çeşit*Bakteri)		25	1.17
Ortalama	Aşısız	114 C	3.44 B
	110	248 A	5.75 A
	1809	150 B	3.64 B
	MinGüb	164 B	4.03 B

MinGüb: Mineral gübre

Çizelge 8. Uygulamaların Danenin Mikro Besin Elementi İçeriğine Etkisi (mg/kg)

		Fe	Zn	Mn	Cu
Sa88	Aşısız	84 a	71 a	33 b	14 a
	110	77 ab	63 a	37 ab	9 b
	1809	88 a	66 a	38 a	16 a
	MinGüb	84 a	65 a	34 ab	18 a
	Ortalama	83 A	66 A	35 A	14 A
Asgrow	Aşısız	80 a	75 a	34 ab	16 a
	110	63 c	53 a	35 ab	9 b
	1809	68 bc	78 a	34 ab	7 b
	MinGüb	77 ab	60 a	34 ab	15 a
	Ortalama	72 A	66 A	34 A	12 A
LSD (Çeşit*Bakteri)		11.1	28.5	4.3	4.0
Ortalama	Aşısız	82 A	73 A	33 A	15 AB
	110	70 B	58 A	36 A	9 C
	1809	78 A	72 A	36 A	11 B
	MinGüb	80 A	62 A	34 A	17 A

MinGüb: Mineral Gübre

### Sonuç ve Tartışma

İki farklı soya tohumunun iki farklı bakteri suşu ile aşılması üzerine kurgulanan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Isparta yöresinde soya tarımının başarıyla yapılabileceğini göstermiştir. Deneme sonuçları, bölgede soya tarımı yapılacağı zaman aşılamanın mutlak yapılması gerektiğini açıkça ortaya

koyuştur. Aşılama yapılmayan uygulamalarda hiç nodül oluşmaması, aşılama yapılmadan soya üretimi yapıldığında biyolojik azot fiksasyonunun hiç gerçekleşmeyeceğinin işaretidir. Gök ve Onaç (1995) bir baklagilin uzun yıllar bir yerde yetiştirilmediği veya ilk kez yetiştirildiği durumlarda, aşılama yapılmasının zorunlu olduğunu aksi halde biyolojik azot fiksasyonunun

gerçekleşmeyeceğini bildirmişlerdir. Denemede kullanılan 2 suş arasında nodülasyon yönünde büyük farklar oluşması kullanılan bakteri suşlarının bölgeye adaptasyonunun da önemli olduğunu göstermektedir. Denemede 110 nolu suş etkili nodülasyon gerçekleştirirken 1809 nolu suş neredeyse yok denecek kadar az sayıda ve zayıf nodül oluşturmuştur. Burada yürütülen çalışmada zayıf nodülasyon gösteren 1809 nolu suş, Çukurova bölgesinde kullanılmış ve etkin nodülasyon ve dolayısıyla azot fiksasyonu gerçekleştirdiği görülmüştür (Coşkan ve ark., 2006). Aşı materyali yönünden bölgeye uygun suşların belirleme çalışmalarına devam edilerek en etkili suşlar kültüre alınmalı, muhafaza edilmeli ve ihtiyaç duyulduğunda çoğaltılarak soya üreticilerinin hizmetine sunulmalıdır.

Çiçeklenme döneminde belirlenen biyomas verimleri incelendiğinde, nodülasyona benzer biçimde soya tohumu çeşitleri arasında farklılık belirlenmemiştir. Aşılama kullanılan 110 nolu suş belirgin etki gösterirken 1809 nolu suş hiç etkili olamamış, kontrol uygulaması ile 1809 nolu suş arasında farklılık görülemedi. Mineral gübre uygulamasında belirlenen değerler 110 nolu suş ile aşılama uygulaması dışındaki değerlerden daha yüksek değerler elde edilmiş ancak etki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kullanılan 1809 nolu suşun etkin nodülasyon sağlamaması biyomas veriminde de etkili olamamasına neden olmuştur. Etkin enfeksiyon oluşturan 110 nolu suştan elde edilen veriler literatürle uyumludur (Coşkan ve ark., 2006).

Çiçeklenme dönemi azot kapsamı bakımından kök azot içeriği değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Bitkinin çiçeklenme döneminde özellikle etkin nodül oluştuğunda yüksek azot kapsamı gerekirken kontrol uygulamasına göre fark oluşturmaması köklerin nodüller ayrıldıktan sonra analiz edilmesinden ve bağlanan azotun bir bölümünün toprak üstü aksamlara taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Hasat dönemi biyomas verimlerinde 110 nolu suşun en etkili olduğu, bunu sırasıyla Mineral gübre, 1809 ve Aşısız

uygulamalarının takip ettiği görülmüştür. Mineral gübre uygulamasının 1809 nolu suştan daha düşük değerler vermesi etkin enfeksiyonun gerçekleşmemesi nedeniyledir. Zira aşılama yapılan parsellere ilave azot gübresi verilmemiş, azot fiksasyonu yeterli düzeyde gerçekleşmeyince bitki toprakta var olan azotla yetinmek zorunda kalmıştır. Oysa Mineral gübre uygulamasından bitkilere ilave azot verilmiş bu nedenle bitki 1809 nolu suşun uygulandığı parsellerden daha fazla gelişim göstermiştir. Ancak 1809 nolu suş etkin enfeksiyon oluşturmamasına, enfeksiyonun sınırlı kalmasına rağmen Kontrol uygulamasına göre daha yüksek değerler göstermiştir.

Çiçeklenme döneminde uygulamaların kök ve toprak üstü aksamları üzerinde gösterdikleri farklı etkinlikler hasat döneminde kaybolmuştur. Ne tohum çeşidi ne de bakteri uygulamaları bitkinin azot kapsamı üzerinde etkili olmamıştır. Bu durum büyük olasılıkla azotun daneye taşınması nedeniyle ortaya çıkmıştır. Tüm bitkilerde vejetasyon sonuna doğru fikse edilen veya mineral gübre olarak verilen azot daneye taşınmış bu nedenle dane dışındaki aksamlardaki azot düşük seviyelere gerilemiş ve aralarındaki farklar kaybolmuştur. Diğer taraftan ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli olmasa da belirgin farklar da görülmektedir. Ancak belirlenen değerler arasındaki varyasyonun yüksek olması farkları istatistiksel olarak önemsiz kılmaktadır. Yüksek varyasyonun kaynağı, daha önce soya yetiştirilmeyen ve soya tohumuna uygun bakteri ile tanışık olmayan toprakta kimi biyotik ve abiyotik faktörlerin her noktada aynı düzeyde enfeksiyon oluşmasına olanak sağlamıyor olmasından kaynaklanabilir. İstatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte 110 nolu suşun hasat dönemi azot kapsamı bakımından önemini devam ettirdiği söylenebilir. Bu önem özellikle hasattan sonra tarlada kalan atıkların toprağa karıştırıldığı durumlarda ön plana çıkmaktadır. Zira tarlada kalan atıklarla toprağa kazandırılan azot sonraki kültür bitkisinin verim değerini olumlu yönde etkilemektedir (Snapp ve ark., 2002).



Dane verimi değerleri incelendiğinde, nodülasyonun en etkili gerçekleştiği 110 nolu suş ile aşılama uygulamasından en yüksek verimin alındığı görülmüştür. Bitkinin azotla yeterli beslenmesi hem biyomas verimini hem biyomasın azot içeriğini hem de verimi olumlu yönde etkilemiştir. Oluşan etki, denemede planlanan miktar azotla gübrelemeden bile daha etkili olmuştur. Mineral gübreler toprağa uygulandıktan sonra yıkanma (Haktanır ve Arcak, 1997), amonyak formunda atmosfere uçma (volatilizasyon) (Özbek ve ark., 1993), denitrifikasyon (Coşkan ve ark., 2002) ve biyomasta immobilizasyon (Asmus ve Hübner, 1985; Gök, 1987) süreçleri tek tek veya bir arada etkili olurlar. Bunun sonucunda da kullanılan azotlu gübrelerin etkinliği çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Oysa biyolojik azot fiksasyonu ile bağlanan azotun bitki yaşadığı sürece yukarıdaki etkilere maruz kalması söz konusu değildir. Bu nedenle 110 nolu suş ile aşılama, Mineral gübre uygulamasından daha etkili olmuş, bitkiler 110 nolu suş ile aşılama uygulamasında azotla yeterince beslenmiş ve buna bağlı olarak da belirlenen hemen tüm parametrelerde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Aşılama yapılmayan uygulamadan verim yönünden en düşük değerler elde edilmiştir. Diğer uygulamalar olan 1809 nolu suş ile aşılama ve Mineral gübreleme uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Bu sonuca dayanılarak verim yönünden yeterince etkili olmasa dahi aşılamanın en az mineral gübreleme kadar etkili olduğu söylenebilir. Azot kapsamlarının verim ögesi kadar etkili olmaması, verimin azalması sonucu bağlanan veya topraktan alınan azotun daha az sayıda danede birikmesi nedeniyledir. Elde edilen dane verimi ve dane azot içeriği değerleri Coşkan ve ark. (2006) tarafından elde edilen %6.57-6.84 ile 391-484 kg/da değerlerine göre daha düşük bulunmuştur.

Çalışmada hasat sonrası tohumların mikro besin elementlerinden Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri de belirlenmiştir. Denemede bitkilerin sözü edilen mikro besin elementleri ile beslenmesini doğrudan etkileyebilecek bir uygulama

bulunmamakla birlikte, yörede soya tohumu yetiştirilmesi halinde mikro element yönünden beslenme probleminin olup olmayacağını belirlemek amacıyla bu analizler yapılmıştır. Sonuçlar, yörede Fe ve Cu ile beslenme yönünde gelecekte sorun olabileceğini göstermektedir. Zira en etkili büyüme ve en fazla azot içeriği sağlayan 110 nolu suş ile aşılama uygulamasından elde edilen danelerin Fe ve Cu içeriği diğer uygulamalardan daha düşüktür. Bu durum büyük olasılıkla sınırlı miktarda alınan besin elementinin, bitkinin diğerlerine oranla daha fazla büyümesi nedeniyle seyrelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu sonuçtan hareketle, etkili aşılama veya yeterli azotla besleme şartlarından birinin sağlanması halinde, sözü edilen besin elementlerinin noksanlığının görülebileceği, gübreleme programlarına bu iki besin elementinin de dahil edilmesinin yarar sağlayabileceği söylenebilir.

Denemeden elde edilen tüm veriler ışığında genel olarak bölgede soya tarımının başarıyla yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bölgede soya yetiştiriciliğine başlamadan önce toprakların soya tohumu ile ortak yaşam sürebilen *Bradyrhizobium japonicum*'un uygun suşları ile tanıştırılmasının zorunlu olduğu da görülmüştür. Biyolojik azot fiksasyonu dikkate alınmaz ise etkili azotla gübreleme yapılmalı, ancak bu kez de kullanılana azotlu gübrenin ekonomik kayıp ve çevre kirliliğine katkı yönleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Burada sonuçları verilen sınırlı bilgiler ışığında Isparta çevresinde bu gün soya tarımına geçilecek olursa en uygun çeşit ve bakteri suşu ikilisinin Sa88 tohum çeşidi ve 110 nolu suş olduğu söylenebilir. Ülkemizde bulunabilecek soya tohumu çeşitleri ve bakteri suşları göz önüne alındığında burada sadece küçük bir bölümünün denendiği görülmektedir. Soya yetiştirilmesinden önce daha kapsamlı denemelerin yürütülmesinde yarar vardır.

### Teşekkür

Bu çalışmaya verdikleri destekten ötürü Süleyman Demirel Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Proje) birimine teşekkür ederiz.

**Kaynaklar**

- Arıoğlu, H., 1989. Yağ Bitkileri (Soya ve Yerfıstığı). Cilt 1, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 35. Adana.
- Asmus, F., Hübner, C., 1985. Untersuchungen zur N-Immobilisierung nach Strohdüngung. Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenkd. 29, 39-45.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agron. J., 43, p 434-438.
- 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.
- Coşkan, A., Gök, M., Onaç, I., İnal, İ., Sağlamtimur, T., 2002. The Effect of Wheat Straw, Corn Straw and Tobacco Residues on Denitrification Losses in a Field Planted with Wheat. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 26, 349-353, TUBITAK
- Coşkan, A., M. Gök, K. Doğan, 2006. Anız Yakılmış ve Yakılmamış Parseller Üzerine Uygulanan Tütün Atığının Soyada Biyolojik Azot Fiksasyonuna ve Verime Etkisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 12(3), 239-245.
- Deutsche Einheitsverfahren Zur Wasser-Abwasser Und Schlammuntersuchungen, 1983. Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (ed.) Verlag Chemie, Weinheim / Bergstrasse (BRD).
- DİE, 1997. Tarımsal Yapı ve Üretim. Türkiye İstatistik Yıllığı, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayın No: 1720. Ankara
- Drobereiner, J., Vampelo A.B.1976. In Application of Nitrogen Fixing Systems in Soil Management 1982 FAO Rome.
- Dube, J. N. 1976. Yeild Responseses of Soybean, Chickpea and Lentil to Inoculation With Legume Inoculants, Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants Experiencing Water Deprivation J. Exp. Bot. 38:311-321.
- Fabig, W., Ottow, J.C.G., Müller, F., 1978. Mineralization von 14C-Markiertem Benzoat mit Nitrat als Wasserstoff-Akseptor Unter Vollstaendig anaeroben Bedingungen sowie bei Verminderten Saurstoffpartialdruck. Landwitsch. Forsch. 35, 441-453.
- Gök, M. Yalı, K. 1995. Değişik *Bradyrhizobium japonicum* İzolatları İle Aşılamanın Farklı Soya Çeşitlerinde Verime Nodülasyona ve N<sub>2</sub>-fiksasyonuna Etkisi C-237-244.
- Gök, M., 1987. Einfluss energiereicher Substrate (Cellulose oder Stroh) und O<sub>2</sub>-Partialdruck auf Quantitaet und Qualitaet der Denitrifikation eines sandigen Lehms. Doktora Tezi, Hohenheim Üniv. (BRD).
- Gök, M., A.E. Anlarsal, A.C. Ülger, C. Yücel, I. Onaç, 1995. Bazı Baklagil Yeşil Gübre Bitkilerinde N<sub>2</sub>-Fiksasyonu ve Biyomas Verimi. Toprak İlmi Derneği, İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, Cilt 2. C.207-216. Ankara.
- 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., Onaç, I., 1995. Değişik *Bradyrhizobium japonicum* İzolatlarının Farklı Soya Çeşitlerinde Nodülasyon, N<sub>2</sub> fiksasyonu ve Verime Etkisi. Türkiye Toprak İlmi Derneği İ. Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Cilt 2. C. 247-255. Ankara.
- Haktanır, K., Arcak, S., 1997. Toprak Biyolojisi, Ankara Üniversitesi Yayın No: 1486. Ankara.
- Kacar, B. Ve İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nonel Yay. Dağıtım ISBN 978-605-395-036-3, Birinci Basım, Ankara
- Keating J.D.H, Saxone, M. C. 1986. Biological N<sub>2</sub>-fixationby Food Legumes in Dry Areas, Field Crop Abist. 39(4):331.

- Keyser, H.H., F. Li, 1992. Potential for Increasing Biological Nitrogen Fixation in Soybean. *Plant and Soil*. 141: 119-135.
- 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.
- Özbek, H., Z. Kaya, M. Gök, H. Kaptan, 1993. *Toprak Bilimi*. P. Schachtschabel, H.-P. Blume, G. Brummer, K.-H. Hartge, U. Schwertmann (Çeviri). Ç.Ü. Zir. Fak. Ders Kitapları Yay. No: 16.
- Postgate, J.R., 1982. *The Fundamentals of Nitrogen Fixation*. Cambridge University Press.
- Rao, N.S.S., 1980. *Recent Advances in Biological Nitrogen Fixation*. Holmes-Meier Publishers. Inc. New York. pp.453-466.
- Schlichting, E., Blume, E., 1966. *Bodenkundliches Prakticum*. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- Snapp, S.S., Rohrbach, D.D., Simtowe, F. and Freeman, H.A., 2002. Sustainable Soil Management Options for Malawi: Can Smallholder Farmers Grow More Legumes? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 91:159-174.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*, USDA No: 6.