

AŞILAMA VE AZOTLU GÜBRE UYGULAMASININ BAZI SOYA ÇEŞİTLERİNİN VERİM VE VERİM ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Tahsin SÖĞÜT

Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 21280 Diyarbakır, Türkiye
Sorumlu yazarın E-posta adresi: tsogut@dicle.edu.tr

Özet

Bu çalışma, bakteri aşılama ve azotlu gübrenin soya [*Glycine max.* (L.) Merrill]'da verim ve verim özellikleri üzerine etkisini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Farklı olgunlaşma grubundan (II, III ve IV) 6 soya çeşidi, 2002 ve 2003 yıllarında, buğday hasadı sonrası ikinci ürün olarak, *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi ihtiva etmeyen killi toprakta yetiştirilmiştir. Deneme, ana parsellerde aşıllı ve aşızsız, alt parsellerde ise çeşitler olacak şekilde bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Bu denemeden elde edilen sonuçlara göre, bakteri ile aşılanan tohumlardan gelişen bitkilerin, bitki boyu, meyve sayısı, 100 tane ağırlığı, hasat indeksi ve tohum veriminin, azotlu gübre uygulanan çeşitlere göre daha yüksek olduğu, ayrıca çeşit ile aşılama arasındaki interaksyona göre, aşılanmanın özellikle CF 492 ve Williams 79 gibi daha geç olgunlaşan çeşitlerin verimleri üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soya, Çeşit, *Rhizobium japonicum*, Aşılama, Azotlu Gübre, Verim

The Effect of Inoculation and Nitrogen Application on Yield and Yield Components of Soybean Cultivars

Abstract

This study was conducted to assess the effect of inoculation and N fertilizer on yield and yield components in soybean [*Glycine max.* (L.) Merrill]. Six soybean cultivars belonging to maturity group II, III and IV were grown following wheat in double crop system in a clay soil, free of *Bradyrhizobium japonicum*, in 2002 and 2003. A split plot design with inoculation or no inoculation as main plots and cultivars as sub-plot treatments were used with three replications in each years. The results of these experiments indicated that inoculation increased plant height, pod number, 100-seed weight, harvest index and seed yield. The interaction between inoculation and soybean cultivars indicated that inoculation was more effective on late maturity cultivars such as CF 492 and Williams 79 for seed yield.

Keywords: Soybean, Cultivar, *Rhizobium japonicum*, Inoculation, N Fertilizer, Yield

1. Giriş

Soya [*Glycine max.* (L.) Merrill], insan ve hayvan beslemede kullanılmak üzere, yüksek oranda protein ve yağ sağlayan ve dünyada en fazla üretimi yapılan baklagil bitkisidir (Herridge ve Danso, 1995). Soya, diğer baklagil bitkileri gibi, simbiyotik azot fiksasyonu yapabilmesi nedeniyle tarımsal ekosistemin sürdürülebilirliğinde önemli bir bitkidir. Ayrıca, toprak verimliliğinin artırılması ve gübre maliyetinin azaltılmasında da ayrı bir öneme sahiptir (Bohlool ve ark., 1992; Vance, 1997; Pastor ve Binkley, 1998).

Soya, hem topraktan kaldırdığı azotu hem de *Bradyrhizobium japonicum* bakterileri vasıtasıyla atmosferden fikse ettiği azotu kullanabilme yeteneğine sahip

bir bitkidir (Papakosta ve Veresoglou, 1989). Soyada tohum verimi artışı sağlamak için azotlu gübrelemenin ekonomik bir uygulama olmadığı (Weber, 1966; Welch ve ark., 1973), bununla birlikte; azotlu gübre uygulamasına ek olarak, simbiyotik azot fiksasyonunun soyada yüksek verim için gerekli olduğu belirtilmektedir (Weber, 1966; Harper, 1974). Azot gübresi kullanımı sonucunda; fitotoksite, amonyum buharlaşması ve nitrat birikimi gibi olumsuz çevre faktörleri ortaya çıkmaktadır (Bremner, 1995). Bakteri aşılama yöntemi ile her zaman yüksek verim elde edilememektedir. Bununla birlikte, tohum ve bitki kısımlarında daha fazla azot birikiminin

olduğu ve böylece baklagil sonrası ekilecek olan ürün için azot sağlanmış olacağı (Wani ve ark., 1995) düşünüldüğünde, aşılamanın çok yönlü etkilere sahip olabileceği sonucuna varılabilmektedir.

Koutroubas ve ark. (1998)'nin belirttiği gibi; N'li gübre uygulamasına göre, bakteri ile aşılamanın parsellerden elde edilen yüksek verimin nedeni sadece bitkinin fazla miktarda azot alımından dolayı değil, *Rhizobium japonicum* bakterilerinin henüz tam olarak bilinmeyen bitkideki metabolik faaliyetleri üzerine etkilerinden dolayı kaynaklanabileceği bildirilmektedir.

N'li gübre uygulaması ile, tüm vejetasyon süresi boyunca, yıkanma, buharlaşma, vb., etkiler nedeniyle bitkinin ihtiyaç duyduğu azotun optimal düzeyde sağlanamayacağı, buna karşılık bakteri aşılama ile ilk gelişme devresinden sonra olgunlaşma dönemine kadar azot fiksasyonu yapılabileceği (Henson ve Heichel, 1984; Zapata ve ark., 1987) ve böylece daha fazla kuru madde ve yüksek verim elde edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, azot fikse edebilme yeteneği bakımından soya çeşitleri ve farklı olgunlaşma grupları arasında da önemli farklılıkların olduğu belirtilmektedir (Neuhausen ve ark., 1998; Belkheir ve ark., 2000).

Ülkemizde diğer yağlı tohum ürünlerinde olduğu gibi, soyada da sınırlı bir üretim söz konusudur. Bununla birlikte; özellikle Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde soyanın, özellikle, ikinci ürün olarak çok önemli yetiştirme potansiyeli bulunmaktadır. Bu potansiyel düşünülerek yapılan bu çalışmanın amacı; bakteri ile aşılama ve azotlu gübre uygulamasının farklı olgunlaşma grubunda yer alan soya çeşitleri üzerine olan etkisini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, 2002 ve 2003 yıllarında Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülmüştür. Deneme alanı toprağı kırmızı-kahverengi toprak grubuna giren,

killi-tınlı, fosfor ve organik madde oranı düşük (% 1.6), pH 7.7-7.8, normal kireçli ve potasyum oranı yüksek toprak yapısından oluşmaktadır. Çalışmanın yapıldığı Temmuz-Ekim ayları arasında Diyarbakır ilinde sıcak-kurak bir hava hakimdir. Bu dönemde hemen hemen hiç yağış meydana gelmediği için bitkinin ihtiyaç duyduğu su sulama ile karşılanmaktadır.

Haziran ayı ortasında yapılan buğday hasadından sonra, tarla sulanmış ve toprak tavlı duruma geldiğinde, kültivatör ve diskaro ile işlenerek ekime hazır hale getirilmiştir. Denemede kullanılan farklı olgunlaşma grubundan (OG) çeşitler ve bu çeşitlere ait bazı özellikler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan farklı olgunlaşma grubundan soya çeşitleri ve olgunlaşma gün sayıları

Çeşitler	OG*	Olgunlaşma Gün Sayısı
Corsoy 79	II	110
Dwight	II	110
Williams 79	III	116
Maverick	III	115
CF-492	IV	124
Pyramide	IV	126

OG: olgunlaşma grubu

Bölünmüş parseller deneme desenine göre, 3 tekerrürlü olarak yürütülen denemede ana parsel muameleleri; bakteri aşılama ve aşılama yapılmamış tohumlar, alt parsel muameleleri ise üç farklı olgunlaşma grubundan 6 çeşitten oluşmaktadır. Tüm parsellere başlangıç dozu olarak NH_4NO_3 formunda 50 kg/ha N ve süper fosfat formunda 70 kg/ha P_2O_5 gübresi uygulanmıştır. Ayrıca, bakteri aşılama yapılmayan parsellere generatif dönem başlangıcında (R1) (Fehr ve ark., 1971) üst gübre olarak NH_4NO_3 formunda 7.5 kg/ha N uygulanmıştır.

Ekimi yapılacak çeşitlere ait tohumların yarısı ekim sırasında *Bradyrhizobium japonicum* bakterileri içeren toz halinde ticari bir inokulant (HiStick) ile aşılama ve aşılama yapılmayan diğer tohumlar ile birlikte 28 Haziran 2002 ve 30 Haziran 2003 tarihlerinde hazırlanan parsellere ekilmiştir.

Çizelge 2. 2002 ve 2003 yıllarında incelenen özelliklere ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması				
		Bitki Boyu (cm)	Meyve Sayısı (adet/bitki)	100 Tohum Ağırlığı (g)	Hasat İndeksi (%)	Tohum Verimi (kg/ha)
Yıl (Y)	1	29.2	209.4	2.565	0.002	420199.9
Çeşit (Ç)	5	1740.6**	213.0	15.534**	0.007**	1047026.7**
Y x Ç	5	26.1	26.5	0.422	0.001	32608.4
Hata	20	21.4	220.3	0.763	0.001	55779.6
Aşılama (A)	1	630.7**	1240.0*	6.845**	0.006**	2792829.8**
Y x A	1	5.6	296.0	0.161	0.000	43522.3
Ç x A	5	11.2	111.9	1.497	0.002	187151.6*
Y x Ç x A	5	11.3	37.4	0.102	0.001	40882.9
Hata	24	15.0	167.1	0.717	0.001	56366.9
CV (%)		5.1	20.7	5.4	9.1	11.8

* 0.05 ve ** 0.01 ihtimal seviyesine göre önemlidir.

Deneme parselleri 5 m uzunluğunda ve 4 sıradan oluşmuş, sıra arası mesafe 0.6 m olarak düzenlenmiştir. Ekim sırasında sıralara fazla miktarda tohum ekilmiş ve çimlenme sağlandıktan sonra V1 gelişme safhasında (Fehr ve ark., 1971) 1 m sırada 20 bitki olacak şekilde (330.000 bitki/ha) sıra üzeri 5 cm olacak şekilde seyreltilmiştir.

Yetiştirme süresi boyunca bitkilerin hastalık, zararlı ve yabancı ot kontrolleri ve mücadelesi yapılmıştır. Ayrıca, toprağın nem durumuna göre, her bir yetiştirme döneminde toplam 10 kez sulama yapılmıştır (10-12 gün aralıklar ile). Olgunlaşma döneminde (R8) 4 m uzunluğundaki parsellerin ortadaki ikişer sırasında bulunan bitkiler toprak seviyesinden kesilerek hasat işlemi yapılmıştır.

Hasat edilen her parselden tesadüfen seçilen 20 bitki örneğinin tepe noktasına kadar olan uzunluğu ölçülerek bitki boyu (cm), aynı şekilde 20 bitki örneği üzerindeki meyveler sayılıp ortalaması alınarak bitki başına meyve sayısı (adet), ayrıca parseldeki tüm bitkilerin harmanı yapıldıktan sonra tesadüfi olarak sayılan 3 x 100 adet örnek ortalaması üzerinden 100 tohum ağırlığı (g), tohum ağırlığı (g)/toplam bitki ağırlığına bölünmesi ile hasat indeksi (%) ve ortadaki iki sıradan hasat edilen bitkilerin tamamından elde edilen tohumların tartımı ile parsel verimi, parsel verimlerinden yararlanarak da hektara (kg/ha) tohum verimi belirlenmiştir.

3. Sonuç ve Tartışma

Yukarıda belirtilen özelliklere ait elde edilen veriler, yıllar üzerine kombine varyans analizine (ANOVA) tabi tutularak ana etkiler ve interaksiyonlar F testi yardımıyla (SAS, 1985) belirlenmiş, muamele ortalamalarını karşılaştırmak için LSD (EGF = En Küçük Güvenilir Fark) değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada incelenen tüm özellikler, bakteri aşılama ve N'li gübre uygulamasından önemli derecede etkilenmiştir. Bitki başına meyve sayısı hariç, farklı olgunlaşma grubuna dahil çeşitler arasında da önemli derecede farklılıklar bulunmuştur. Ayrıca; tohum verimi bakımından, aşılama-N'li gübre uygulaması ile çeşit interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2 ve 3 incelendiğinde; bakteri ile aşılanmış parsellerden elde edilen bitki boyu değerleri, N'li gübre uygulamış parsellere göre daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla 78.3 ve 72.4 cm). Ayrıca, bitki boyu bakımından çeşitler arasında önemli derecede farklılık görülmekte ($P < 0.01$) ve özellikle Pyramide ve Maverick çeşitlerinin daha yüksek bitki boyuna sahip oldukları belirlenmiştir. Buna karşılık, Corsoy 79 ve Dwight çeşitlerinin daha kısa boylu oldukları ve yatmaya dayanıklılık bakımından bu özelliğin önemli olduğu söylenebilir.

Meyve sayısı değerleri bakteri aşılama muamelesinden önemli derecede

Çizelge 3. 2002 ve 2003 yıllarında bitki boyu, meyve sayısı ve 100 tohum ağırlığına ait ortalama değerler

Çeşitler	Bitki Boyu (cm)			Meyve Sayısı (adet/bitki)			100 Tohum Ağırlığı (g)		
	Aşılı	Aşısız	Ort.	Aşılı	Aşısız	Ort.	Aşılı	Aşısız	Ort.
Corsoy 79	75.9	68.7	72.1	76.9	60.8	68.8	15.7	15.0	15.4
Dwight	62.3	58.8	60.5	63.6	56.2	59.9	14.8	14.8	14.8
Williams 79	85.3	76.8	81.1	62.4	55.4	58.9	18.1	16.5	17.3
Maverick	90.1	83.3	86.7	65.4	50.5	57.9	14.4	14.0	14.2
Cf-492	64.8	60.9	62.8	65.3	61.1	63.2	14.8	15.0	14.9
Pyramide	91.8	85.6	88.7	65.5	65.1	65.3	16.9	15.8	16.4
Ort.	78.3	72.4		66.5	58.2		15.8	15.2	
EGF _(0.05) ^a		3.9			^c			0.7	
EGF _(0.05) ^b		1.8			6.2			0.4	

^a çeşit ortalaması, ^b aşılama muameleleri ortalaması, ^c çeşitler arasındaki fark önemli olmadığından hesaplanmamıştır.

etkilenmiş ($P<0.05$) ve aşılama parsellerden elde edilen meyve sayısı değerleri daha yüksek bulunmuştur (66.5 adet/bitki ve 58.2 adet/bitki). Elde edilen bulgular, bitki başına meyve sayısının bakteri aşılama ile artış gösterdiğini belirten Nadem ve ark. (2004)'nin yaptıkları çalışmanın sonuçları ile uyum içerisindedir. Çeşitlerin bitki başına meyve sayısı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark bulunmamasına rağmen, sırasıyla Corsoy, Pyramide ve CF-498 çeşitleri en yüksek meyve sayısına sahip olmuştur.

Yüz tane ağırlığı bakımından, bakteri aşılama ile N'li gübre uygulaması arasındaki fark önemli olup, aşılı parsellerden elde edilen tohum ağırlığı daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, Nadem ve ark. (2004)'nin bulgularıyla da desteklenmekte ve aşılama bitkilerden elde edilen tohumların daha ağır olması, daha yüksek kuru madde birikiminden kaynaklandığı belirtilmiştir. Çemen (Poi ve ark., 1991) ve baklada (Babiker ve ark., 1995) yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiş ve azotlu gübre uygulamasının 100 tane ağırlığı üzerine önemli etkisi olmadığı, bakteri aşılama ise 100 tane ağırlığında artış sağladığı bildirilmektedir. 100 tane ağırlığı bakımından çeşitler arasında da önemli farklılıklar bulunmuş ($P<0.01$), Williams 79 ve Pyramide çeşitleri en yüksek tohum ağırlığına sahip olmuştur (sırasıyla, 17.3 ve 16.4 g) (Çizelge 2 ve 3). Çeşitler arasında

100 tane ağırlığının farklı olması çeşidin genetik yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi hasat indeksi bakımından, bakteri aşılı ve N'li gübre muameleleri arasında önemli derecede farklılık bulunmuş ve bakteri ile aşılama parsellerden elde edilen hasat indeksi değerleri daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla, 0.31 ve 0.29). Çeşitler arasında da hasat indeksi değerleri bakımından önemli farklılıklar belirlenmiş, Williams 79 ve CF 492 çeşitlerinin hasat indeksi değerleri (0.32), diğer çeşitlerden daha yüksek bulunmuştur. Vejetasyon süresinin uzunluğu nedeniyle vejetatif gelişme ve kuru madde birikiminin daha fazla olması, çeşitler arasındaki bu farklılığın nedeni olarak açıklanabilir.

N'li gübre uygulaması ile karşılaştırıldığında, bakteri ile aşılama uygulamasının tüm çeşitlerde daha yüksek tohum verimine neden olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Aşılama ile elde edilen bu verim artışı, bitki başına meyve sayısı ve 100 tane ağırlığı ile ilişkilendirilebilir. Benzer sonuçlar, Datson ve Acquaah (1984) tarafından da bulunmuş ve *Rhizobium* bakterisi ile aşılama soyada verim artışı sağlandığı, bununla birlikte, *Rhizobium* bakterisi ve azotlu gübrenin birlikte uygulanması durumunda ayrıca bir verim artışı meydana gelmediği belirtilmektedir. Farklı olgunlaşma grubuna dahil çeşitler arasında da tohum verimi bakımından önemli farklılıklar ($P<0.01$)

Çizelge 4. 2002 ve 2003 yıllarında hasat indeksi ve tohum verimine ait ortalama değerler

Çeşitler	Hasat İndeksi (%)			Tohum Verimi (kg/ha)		
	Aşılı	Aşısız	Ort.	Aşılı	Aşısız	Ort.
Corsoy 79	0.25	0.26	0.25	1850.7	1488.3	1669.5
Dwight	0.29	0.29	0.29	2185.4	1990.5	2087.9
Williams 79	0.33	0.31	0.32	2264.1	1842.8	2053.5
Maverick	0.34	0.28	0.31	2050.1	1613.4	1831.7
Cf-492	0.33	0.30	0.32	2931.9	2100.2	2516.0
Pyramide	0.30	0.29	0.30	1910.3	1793.9	1852.1
Ort.	0.31	0.29		2198.8	1804.9	
EGF _(0.05) ^a		0.02			201.1	
EGF _(0.05) ^b		0.01			115.5	

^a çeşit ortalaması, ^b aşılama muameleleri ortalaması

belirlenmiştir (Çizelge 2). Buna göre, CF-492 çeşidi, 2516 kg/ha ile en yüksek tohum verimine sahip olmuştur. Bu çeşidi, sırasıyla, 2087.9 ve 2053.5 kg/ha verim ile Dwight ve Williams 79 çeşitleri takip etmiştir. En düşük tohum verimi ise Corsoy 79 çeşidinde belirlenmiştir (1669.5 kg/ha). Ayrıca, Aşılama x çeşit da önemli ($P < 0.05$) bulunmuş ve aşılamanın özellikle vejetasyon süresi daha uzun olan CF 492 ve Williams 79 gibi çeşitler üzerinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada elde edilen verilere dayanarak bakteri aşılması ile karşılaştırıldığında, soyada yüksek verim için azotlu gübrelemenin ekonomik bir uygulama olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca; amonyum buharlaşması ve toprakta nitrat birikimi gibi olumsuz çevre faktörleri yanında, gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından inorganik gübre kullanımı yerine azot fiksasyonuna dayalı organik üretim sisteminin teşvik edilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

Kaynaklar

- Babiker, E. E., Elsheikh, E. A. E., Osman, A. J. and El Tinay, A. H. 1995. Effect of nitrogen fixation, nitrogen fertilization and viral infection on yield, tannin and protein content and *in vitro* protein digestibility of faba bean. *Plant Foods Human Nutrition*, 47: 257-263.
- Belkheir, A. M., Zhou, X. and Smith, D. L. 2000. Response of soybean (*Glycine max*. L. Merr.) cultivars to genistein-preincubated *Bradyrhizobium japonicum*: Nodulation and dry matter accumulation under Canadian short season conditions. *J. Agron. Crop. Sci.*, 185: 167-175.
- Bohlool, B. B., Ladha, J. K., Garrity, D. P. and George, T. 1992. Biological N fixation for sustainable agriculture: a perspective. *Pl. Soil*, 141: 1-11.
- Bremner, J. M. 1995. Recent research on problems on the use of urea as a nitrogen fertilizer. *Fert. Res.*, 42: 321-329.
- Datson, R. B. and Acquah, G. 1984. *Rhizobium japonicum*, nitrogen and phosphorus effects on nodulation, symbiotic nitrogen fixation and yield of soybean (*Glycine max* L. Merrill) in the Southern Savana of Ghana. *Field Crops Research*, 9: 101-108.
- Fehr, W. H., Caviness, C. E., Burmood, D. T. and Pennington, J. S. 1971. Stage of development descriptions for soybeans (*Glycine max* L. Merrill). *Crop Sci.*, 11: 929-931.
- Harper, J. E. 1974. Soil and symbiotic nitrogen requirements for optimum soybean production. *Crop Sci.*, 14: 255-260.
- Henson, R. A. and Heichel, G. H. 1984. Partitioning and symbiotically fixed nitrogen in soybeans and alfalfa. *Crop Sci.*, 24: 986-990.
- Herridge, D. F. and Danso, S. K. A. 1995. Enhancing crop legume N₂ fixation through selection and breeding. *Plant Soil*, 174: 51-82.
- Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K. and Gagianas, A. A. 1998. The importance of early dry matter and nitrogen accumulation in soybean yield. *European J. Agron.*, 9: 1-10.
- Nadem, M. A., Ahmad, R. and Ahmad, M. S. 2004. Effect of seed inoculation and different fertilizer levels on the growth and yield of mungbean (*Vigna radiata* L.). *J. Agron. Crop Sci.*, 163: 275-283.
- Neuhausen, S. L., Graham, P. H. and Orf, J. H. 1988. Genetic variation for dinitrogen fixation in soybean of maturity group 00 and 0. *Crop Sci.*, 28: 769-772.
- Papakosta, D. K. and Veresoglou, D. S. 1989. Responses of soybean cultivars to inoculation and nitrogen application in Greece in fields free of *Bradyrhizobium japonicum*. *J. Agron.*

- Crop. Sci., 163: 275-283.
- Pastor, J. and Binkley, D. 1998. Nitrogen fixation and the mass balance of carbon and nitrogen in ecosystems. *Biogeochemistry*, 43: 63-78.
- Poi, S. C., Basu, T. K., Behari, K. and Srivastav, A. 1991. Symbiotic effectiveness of different strains of *Rhizobium meliloti* in selecting inoculants for improvement of productivity of *Trigonella foenum-graecum*. *Envir. Ecology*, 9: 286-287.
- SAS Institute. 1985. SAS user's guide: Statistics. 5th Ed. SAS Inst., Cary, NC.
- Vance, C. P. 1997. Enhanced agricultural sustainability through biological nitrogen fixation. I: Legocki, A., Ed. *Biological fixation of nitrogen for ecology and sustainable agriculture*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 179-186.
- Wani, S. P., Rupela, O. P. and Lee, K. K. 1995. Sustainable agriculture in semi-arid tropics through biological nitrogen fixation in grain legumes. *Plant Soil*, 174: 29-49.
- Weber, C. R. 1966. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions. *Agron. J.*, 58: 46-49.
- Welch, L. F., Bone, L. V., Champliss, C. G., Christiansen, A. T., Muvaney, D. L., Oldham, M. G. and Pendleton, J. W. 1973. Soybean yields with direct and residual nitrogen fertilization. *Agron. J.*, 65: 547-550.
- Zapata, J. R., Danso, S. K. A., Hardarson, G. and Fried, M. 1987. Time course of mitrogen fixation in the field grown soybean using nitrogen-15 methodology. *Agron. J.*, 79: 172-176.