

Adubação Nitrogenada Suplementar Tardia na Soja Cultivada em Latossolos do Cerrado



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 187

Adubação Nitrogenada Suplementar Tardia na Soja Cultivada em Latossolos do Cerrado

*Iêda de Carvalho Mendes
Fábio Bueno dos Reis Junior
Mariangela Hungria
Djalma Martinhão Gomes de Sousa
Rubens José Campo
Jozeneida Lúcia Pimenta Aguiar
Tito Carlos Rocha de Sousa*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretário-Executivo: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Revisão de texto: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Shaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto(s) da capa: *Leo Nobre de Miranda*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2007): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

A244 Adubação nitrogenada suplementar tardia na soja cultivada em latossolos de Cerrado / Iêda de Carvalho Mendes ... [et al.].
Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2007.
18 p. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X; 187)

1. Suplemento nitrogenado. 2. Adubação. 3. Inoculação. 4. Soja.
I. Mendes, Iêda de Carvalho.
II. Série.

631.46 - CDD 21

© Embrapa 2007

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	10
Conclusões	15
Recomendação	15
Agradecimentos	15
Referências	16

Adubação Nitrogenada Suplementar Tardia na Soja Cultivada em Latossolos do Cerrado

*Iêda de Carvalho Mendes¹; Fábio Bueno dos Reis Junior²;
Mariangela Hungria³; Djalma Martinhão Gomes de Sousa⁴;
Rubens José Campo⁵; Jozeneida Lúcia Pimenta Aguiar⁶;
Tito Carlos Rocha de Sousa⁷*

Resumo

Foi avaliado o efeito da suplementação tardia (pré-florescimento e início do enchimento de grãos) com diferentes fontes de adubo nitrogenado (uréia, nitrato de amônio e sulfato de amônio) no rendimento da soja cultivada em latossolos de Cerrado. Quinze experimentos foram conduzidos na Embrapa Cerrados, no período de 2000 a 2005, em latossolos com populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* capazes de nodular a soja. Em apenas dois experimentos, a resposta da soja à adubação tardia com nitrogênio foi estatisticamente significativa. Considerando-se o custo do adubo nitrogenado e o preço da soja, foi verificado que a adubação tardia com nitrogênio não acarreta nenhum lucro para os produtores, já que o custo de produção com a adoção dessa prática supera as receitas. Os resultados obtidos reforçam os benefícios econômicos que resultam da substituição dos fertilizantes nitrogenados pela inoculação e indicam, claramente, que não existe razão para a utilização de fertilizantes nitrogenados em nenhum estágio do cultivo da soja em latossolos do Cerrado.

Termos para indexação: Fixação biológica de nitrogênio, fertilizantes nitrogenados, *Bradyrhizobium*, pré- florescimento, enchimento de grãos.

¹ Eng. Agrôn., Ph.D., Pesquisadora da Embrapa Cerrados, mendesi@cpac.embrapa.br

² Eng. Agrôn., D.Sc., Pesquisador da Embrapa Cerrados, fabio@cpac.embrapa.br

³ Eng. Agrôn., Ph.D., Pesquisadora da Embrapa Soja, hungria@pesquisador.cnpq.br

⁴ Quím., M.Sc., Pesquisador da Embrapa Cerrados, dmgsousa@cpac.embrapa.br

⁵ Eng. Agrôn., Ph.D., Pesquisador da Embrapa Soja, rjcampo@cnpso.embrapa.br

⁶ Econ., M.Sc., Pesquisadora da Embrapa Cerrados, joze@cpac.embrapa.br

⁷ Econ., M.Sc., Analista da Embrapa Cerrados, tito@cpac.embrapa.br

Late Supplemental Nitrogen Fertilization in Soybean Cropped in Cerrado Oxisols

Abstract

The expansion of no tillage systems in the Cerrados region, the release of cultivars with high yield potential and some results obtained in US, regarding soybean yield responses to late season N applications, have generated questions about the need to use this practice for soybeans grown under tropical conditions. This work examined the effects of late season (pre-flowering and grain filling) Nitrogen fertilizer on soybean yields, grown in Cerrado oxisols. Fifteen experiments were carried out over a five year period (2000-2005), at Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, in oxisols with established Bradyrhizobium populations able to nodulate soybeans. The six treatments evaluated were: Inoculated (SEMIA 5079 and 5080, Bradyrhizobium japonicum strains) controls without or with 200 kg of N urea ha⁻¹ (split twice), and inoculation with N fertilizer (ammonium nitrate and ammonium sulfate) applied at the R1 or R5 stage (50 kg of N ha⁻¹). Out of the fifteen experiments, in only two the yield responses to late season N applications were significant. Considering the results obtained, the cost of N fertilizers and soybean prices, late season N applications do not result in any economical benefit. The results evidenced, once more, that there is no reason to use N fertilizers in soybeans grown under the Brazilian Cerrados conditions.

Index terms: biological nitrogen fixation, nitrogen fertilizer, Bradyrhizobium, pre-flowering, grain filling.

Introdução

Juntamente com os programas de melhoramento e lançamento de cultivares, a seleção de estirpes de bradirrízóbio de soja adaptadas às condições do Cerrado, capazes de substituírem totalmente o uso de adubos nitrogenados foi, sem dúvida, um dos fatores que mais contribuíram para a expansão da cultura nessa região ([PERES; VIDOR, 1980](#); [VARGAS; SUHET, 1980](#); [PERES et al., 1993](#)). Outros pontos que merecem destaque são os de que, em vários países, a inoculação da soja em áreas que já foram inoculadas anteriormente não apresenta resultados satisfatórios em termos de aumento de rendimento de grãos, sendo necessário, então, fazer a complementação com adubo nitrogenado ([WEAVER; FREDERICK, 1974](#); [SINGLETON; TAVARES, 1986](#); [THIES et al., 1991, 1995](#)). Esse não é o caso do Brasil. Aqui a existência de um programa bem sucedido de seleção de estirpes de bradirrízóbio permitiu o lançamento de novas estirpes, capazes de aumentar o rendimento dessa cultura mesmo em áreas com populações estabelecidas dessa bactéria ([HUNGRIA et al., 2006](#)).

Desde o início da expansão da soja nas áreas de primeiro cultivo de Cerrado, na década de 1970, houve o temor, por parte dos agricultores, de que somente a inoculação não fosse suficiente para suprir todo o nitrogênio necessário para se alcançar boas produtividades. Várias pesquisas realizadas na década de 1980 ([VARGAS; SUHET, 1980](#); VARGAS et al., 1982) demonstraram que, utilizando-se um inoculante de boa qualidade, a prática da adubação nitrogenada na semeadura da soja era totalmente desnecessária. Mesmo em solos com grande quantidade de resíduos vegetais (26 t.ha⁻¹), não foi observada resposta da soja à aplicação de fertilizantes nitrogenados, em níveis de até 30 kg N.ha⁻¹ ([VARGAS et al., 1982](#)). Mais recentemente, resultados semelhantes ([HUNGRIA et al., 1997](#); [MENDES et al., 2003](#)) confirmaram que não há a necessidade da utilização de doses de “arranque” de adubo nitrogenado na semeadura, visando superar possíveis problemas relacionados à imobilização do N mineral do solo e/ou à competição inicial com ervas daninhas, tanto em áreas de plantio direto quanto de plantio convencional da soja.

Entretanto, o avanço do plantio direto na região do Cerrado, o lançamento de cultivares com teto elevado de produtividade e os resultados de pesquisa obtidos nos Estados Unidos ([WESLEY et al., 1998](#); [LAMOND](#); [WESLEY, 2001](#)) evidenciando resposta da soja inoculada à aplicação tardia de nitrogênio no pré-florescimento e no início do enchimento de grãos voltaram a gerar dúvidas sobre a necessidade de adubar a soja brasileira com fertilizantes nitrogenados.

Essas informações precisavam ser avaliadas de forma sistematizada pela pesquisa, pois poderiam desestimular o agricultor com relação à necessidade da prática de reinoculação da soja, acarretando prejuízos para a fixação biológica. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação com diferentes fertilizantes nitrogenados, no pré-florescimento e no início do enchimento de grãos, sobre o rendimento da soja cultivada em latossolos do Cerrado.

Material e Métodos

Foram conduzidos na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, 15 ensaios nas safras 2000/2001 a 2005/2006 em latossolos com populações estabelecidas de *Bradyrhizobium* capazes de nodular a soja, estimadas em, no mínimo, 1.0×10^4 células. g⁻¹ solo.

Dos quinze experimentos, 12 foram conduzidos em um Latossolo Vermelho- Amarelo (LVA), argiloso, sendo seis experimentos sob o sistema de plantio direto (PD) e seis sob plantio convencional (PC). As áreas de PD e PC eram adjacentes e vinham sendo cultivadas sob esses dois sistemas desde 1993. Essas áreas foram desmatadas em 1978, cultivadas no sistema convencional por três anos, permanecendo em pousio até 1993. Em ambas as áreas, a soja foi cultivada após milho. Os outros três experimentos foram conduzidos em um Latossolo Vermelho (LV), textura muito argilosa, desmatado em 1980 e cultivado com soja e milho no sistema de PC desde então.

O delineamento dos 15 experimentos foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: (1) Inoculação padrão (IP) com as estirpes SEMIA 5079 (CPAC-15) e SEMIA 5080 (CPAC-7) na dose de 500 g de inoculante turfoso/50 kg de sementes, correspondendo a uma concentração de 1.0×10^6 células/semente; (2) IP + 200 kg de N na forma de uréia (dividido em duas aplicações de 100 kg de N na semeadura e 100 kg no início do florescimento, estágio R1 do desenvolvimento da soja; (3) IP + 50 kg de N na forma de nitrato de amônio em R1 (início do florescimento); (4) IP + 50 kg de N na forma de sulfato de amônio em R1; (5) IP + 50 kg de N na forma de nitrato de amônio em R5 (enchimento de grãos) e (6) IP + 50 kg de N na forma de sulfato de amônio em R5. A área das parcelas foi de 8,0 m x 4,0 m nos experimentos conduzidos no LVA e de 6,0 m x 4,0 m nos experimentos conduzidos no LV.

Em cada experimento, a correção e a adubação com P, K e micronutrientes foram realizadas de acordo com os resultados da análise do solo. Nas áreas sob PD e PC, localizadas no LVA, a cultivar EMGOPA 316 (ciclo curto, 116 dias) foi utilizada em todos os experimentos, com exceção dos anos agrícolas 2004/2005 e 2005/2006, onde foi utilizada a cultivar EMGOPA 313 (ciclo longo, 138 dias). Nos experimentos conduzidos no LV, foi utilizada a cultivar Celeste (ciclo longo, 136 dias). Em todos os experimentos, a densidade de plantio foi de 17 sementes por metro linear em um espaçamento de 45 cm. A produção de grãos foi calculada com base na colheita de uma área útil de 12,6 m² (experimentos do LVA) e de 10,0 m² (experimentos do LV), corrigindo-se a umidade para 13 %.

As análises de variância para produção de grãos foram efetuadas utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE). As diferenças estatísticas foram determinadas pelo teste de Duncan no nível de 5 % de probabilidade. Para cada uma das três áreas, foi feita uma análise conjunta dos dados englobando todos os experimentos (safras).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, são apresentados os dados de rendimento de grãos nos experimentos conduzidos no LVA cultivado sob PC. Não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, exceto na safra 2002/2003 quando houve resposta significativa à adubação com 200 kg N na forma de uréia. Na análise conjunta dos seis experimentos conduzidos nessa área, os rendimentos de grãos obtidos nos tratamentos com 50 kg de N na forma de nitrato de amônio aplicados em R1; 50 kg de N na forma de sulfato de amônio aplicados em R1 e R5 e 200 kg N na forma de uréia foram superiores ao do tratamento apenas com inoculação. Os ganhos de produtividade nesses tratamentos com nitrogênio foram, em média, de 154 kg de grãos/ha.

Os dados de rendimento de grãos nos experimentos conduzidos no LVA cultivado sob PD são apresentados na Tabela 2. Apenas na safra 2000/2001, houve resposta significativa à adubação com 50 kg N na forma de sulfato de amônio na fase R5. Nas demais safras, não houve diferença entre os tratamentos. Na análise conjunta dos seis experimentos, os tratamentos com 50 kg de N na forma de sulfato de amônio aplicados em R5 e 200 kg N na forma de uréia apresentaram rendimentos superiores aos do tratamento apenas com inoculação (incremento médio de 176 kg de grãos/ha).

Em nenhum dos três experimentos conduzidos no LV, houve diferença entre os tratamentos ([Tabela 3](#)). Entretanto, na análise conjunta, o tratamento com 200 kg de N e os tratamentos com 50 kg de N/ha como nitrato de amônio e sulfato de amônio em R5 apresentaram rendimento de grãos superiores ao obtido apenas com a inoculação. Esses ganhos de produtividade foram, em média, de 216 kg de grãos/ha.

Nas três áreas, a soja estava bem nodulada (dados não apresentados).

Tabela 1. Rendimento de grãos de soja (kg/ha) em resposta à reinoculação e à aplicação suplementar, tardia, de diferentes fertilizantes nitrogenados num LVA argiloso cultivado sob plantio convencional.

Tratamentos	Safras						
	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	Médias
	 Grãos (kg/ha)						
Controle (IP)	3282	2868	3245 b	3482	2971	3797	3280 c
IP + 50 kg de N nitrato de amônio R1	3520	2999	3236 b	3640	3185	4130	3433 a
IP + 50 kg de N sulfato de amônio R1	3431	3042	3214 b	3614	3147	3881	3407 ab
IP + 50 kg de N nitrato de amônio R5	3398	2956	3330 ab	3670	2759	3921	3339 abc
IP + 50 kg de N sulfato de amônio R5	3405	3186	3318 ab	3711	3213	3844	3447 a
IP + 200 kg de N uréia	3491	3116	3442 a	3660	3052	3885	3441 a
CV (%)	7,0 ns	7,1 ns	2,6**	7,3 ns	9,6 ns	7,3 ns	

ns = diferenças não significativas

** diferenças significativas ($p < 0,05$)

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan 5 %.

IP = Inoculação padrão com *B. japonicum* (SEMIA 50879 e SEMIA 5080).

Tabela 2. Rendimento de grãos de soja (kg/ha) em resposta à reinoculação e à aplicação suplementar, tardia, de diferentes fertilizantes nitrogenados num LVA argiloso cultivado sob plantio direto.

Tratamentos	Safras						Médias
	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	
	 Grãos (kg/ha)						
Controle (IP)	3466 b	2827	2871	3187	2976	3562	3148 b
IP + 50 kg de N nitrato de amônio R1	3607 ab	2772	2889	3009	3361	3833	3250 ab
IP + 50 kg de N sulfato de amônio R1	3571 ab	2826	2952	3210	3381	3682	3260 ab
IP + 50 kg de N nitrato de amônio R5	3796 ab	2878	2787	3394	3051	3711	3269 ab
IP + 50 kg de N sulfato de amônio R5	3872 a	2919	2818	3247	3279	3820	3326 a
IP + 200 kg de N uréia	3764 ab	3017	2791	3075	3261	3838	3323 a
CV (%)	6,7 *	7,4 ns	6,5 ns	13,5 ns	8,2 ns	5,6 ns	

ns = diferenças não significativas

* diferenças significativas ($p < 0,05$)

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan 5 %.

IP = Inoculação padrão com *B. japonicum* (SEMIA 50879 e SEMIA 5080).

Tabela 3. Rendimento de grãos de soja (kg/ha) em resposta à reinoculação e à aplicação suplementar, tardia, de diferentes fertilizantes nitrogenados num LV argiloso cultivado sob plantio convencional.

Tratamentos	Safras			
	2001/2002	2002/2003	2003/2004	Médias
	 Grãos (kg/ha)			
Controle (IP)	3701	4159	3711	3857 b
IP + 50 kg de N nitrato de amônio R1	3697	4332	3892	3973 ab
IP + 50 kg de N sulfato de amônio R1	3844	4347	3808	3999 ab
IP + 50 kg de N nitrato de amônio R5	3947	4382	3764	4031 a
IP + 50 kg de N sulfato de amônio R5	3912	4382	3934	4076 a
IP + 200 kg de N uréia	3923	4371	4047	4113 a
CV(%)	4,8 ns	6,6 ns	7,0 ns	

ns = diferenças não significativas

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan 5 %.

IP = Inoculação padrão com *B. japonicum* (SEMIA 50879 e SEMIA 5080).

Independente da significância estatística, analisando-se a média dos rendimentos de grãos da soja em cada uma das três áreas (Tabelas 1 a 3), observa-se que a aplicação de nitrato de amônio e sulfato de amônio nas fases de pré-florescimento e enchimento de grãos promoveu incrementos no rendimento da cultura, que variaram de 1,0 a 4,3 sacas de soja a mais por hectare. No entanto, ao se considerar, a título de exemplo, os custos de 50 kg de N na forma de sulfato de amônio (no Distrito Federal, em novembro de 2007 da ordem de US\$ 119) e o custo da saca de 60 kg de soja (em novembro de 2007 da ordem de US\$ 23), observa-se que, mesmo na melhor das hipóteses (um ganho de 4 sacas de soja por ha), não existiria lucro para os produtores, já que o custo de produção com o uso do adubo supera a receita. Nesse cálculo, não foram incluídos os preços do transporte do adubo e de sua aplicação. Outro ponto que merece destaque é que para essa análise consideraram-se as médias dos experimentos, mas, dos 15 experimentos conduzidos, em apenas dois a resposta à adubação tardia com N foi estatisticamente significativa. Assim, os resultados obtidos

reforçam os benefícios econômicos que resultam da substituição dos fertilizantes nitrogenados pela inoculação e indicam, claramente, que não existe razão para a utilização de fertilizantes nitrogenados na soja.

[Hungria et al. \(2006\)](#) também verificaram em experimentos conduzidos sob PD e PC, em Londrina e Ponta Grossa, PR, que a aplicação de 50 kg de N na forma de uréia, tanto no estágio R2 como em R4, não promoveu ganhos de produtividade na soja. Em alguns experimentos, foi observado inclusive que a aplicação de 50 kg N ha⁻¹ nos estágios R2 e R4 promoveu redução na nodulação secundária, o que afetou negativamente o rendimento de grãos. A aplicação tardia de N também resultou em reduções na quantidade de nitrogênio fixado biologicamente.

Na literatura internacional, estudos de campo sobre a adubação nitrogenada tardia da soja evidenciam tanto a ocorrência de respostas positivas ([WESLEY et al., 1998](#); [GAN et al., 2003](#)) bem como a ausência dessas respostas ([WELCH et al., 1973](#); [PAPACOSTA; VERESOGLOU, 1989](#); [WOOD et al., 1993](#); [KOUTROUBAS et al., 1998](#)). Entretanto, os resultados obtidos em outros países não podem ser extrapolados para as condições brasileiras, tendo em vista que as interações entre o tipo de solo e os genótipos do macro e microsimbionte variam em função de cada local. Outro ponto importante é que as relações custo/benefício do uso dos adubos nitrogenados também variam entre os países. Por exemplo, nos experimentos conduzidos por Wesley et al. (1998), os aumentos de produtividade médios foram da ordem de 470 kg de grãos com a aplicação tardia (estádio R3) de apenas 20 kg N/ha, resultados bem diferentes dos reportados no presente estudo. Cabe ainda destacar que nos estudos conduzidos no Kansas, EUA (WESLEY et al., 1998), as respostas à adubação suplementar tardia só ocorreram em áreas onde a soja era irrigada e apresentava níveis médios de produtividade superiores a 3.700 kg/ha.

A divulgação dos resultados obtidos nesta pesquisa contribuirá para que um manejo mais adequado seja utilizado pelos produtores, evitando não só prejuízos para a fixação biológica do N₂ bem como o uso desnecessário de

fertilizantes nitrogenados, com significativos aumentos no custo de produção da soja. Para se ter uma idéia do que isso representa, em novembro de 2007, o uso de 50 kg de N/ha na soja cultivada no Brasil resultaria em um custo adicional de cerca de US\$ 100 ha⁻¹ (preço médio do quilo de nitrogênio em torno de US\$ 2,00, cotação do real US\$ 1,76), totalizando 2,2 bilhões de dólares nos 22 milhões de hectares cultivados com soja.

Conclusões

A utilização de fertilizantes nitrogenados em suplementação tardia para a soja não apresenta vantagem em relação à inoculação com bradirrizóbios em latossolos do Cerrado.

A inoculação da soja proporciona a melhor relação custo/benefício, aumentando a competitividade da soja brasileira no agronegócio internacional.

Recomendação

Independentemente do sistema de manejo (plantio direto ou convencional), a inoculação com bradirrizóbio substitui o uso de adubos nitrogenados no cultivo da soja, sendo desnecessária a suplementação com nitrogênio em qualquer estágio do crescimento da cultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem o valioso auxílio do técnico agrícola Osmar Teago de Oliveira e dos funcionários do laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Cerrados Maria das Dores Silva, Edvaldo Oliveira Neves e Clodoaldo Alves de Sousa na condução dos trabalhos.

Os microbiologistas da Embrapa Cerrados e Embrapa Soja são apoiados em suas pesquisas pelo CNPq/FINEP/MCT, Instituto do Milênio. I.C. Mendes e M. Hungria agradecem ao auxílio de bolsas e financiamento de projetos pelo CNPq.

Referências

- GAN, Y.; STULEN, I.; VAN KEULEN, H.; KUIPER, P. J. C. Effect of N fertilizer top-dressing at various reproductive stages on growth, N₂ fixation and yield of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes. **Field Crops Research**, v. 80, p. 147-155, 2003.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, W.; NEWTON, W. E. (Ed.). **Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 25-42.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N. R.; MENDES, I. C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, p. 927-939, 2006.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T.; CAMPO, R. J.; GALERANI, P. R. **Adubação nitrogenada na soja?** Londrina: Embrapa Soja, 1997. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 57).
- KOUTROUBRAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; GAGIANAS, A. A. The importance of early dry matter and nitrogen accumulation in soybean yield. **European Journal of Agronomy**, v. 9, p. 1-10, 1998.
- KVIEN, C. S.; HAM, G. E.; LAMBERT, J. W. Recovery of introduced *Rhizobium japonicum* strains by soybean genotypes. **Agronomy Journal**, v. 73, p. 900-905, 1981.
- LAMOND, R. E.; WESLEY, T. L. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. **Informações Agrônomicas**, v. 95, p. 6-7, 2001.
- MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Soybean response to starter nitrogen and *Bradyrhizobium* inoculation on a cerrado oxisol under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 81-87, 2003.

PAPACOSTA, D. K.; VERESOGLOU, D. S. Responses of soybean cultivars to inoculation and nitrogen application in Greece in fields free of *Bradyrhizobium japonicum*. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 163, p. 275-283, 1989.

PERES, J. R. R.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Eficiência e competitividade de estirpes de rizóbio para a soja em solos de Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 357-363, 1993.

PERES, J. R. R.; VIDOR, C. Seleção de estirpes de *Rhizobium japonicum* e competitividade por sítios de infecção nodular em cultivares de soja. **Agronomia Sulriogradense**, v. 16, p. 205-219, 1980.

SAS INSTITUTE. **The SAS system for windows**: release 9.1 (software). Cary, 2003.

SINGLETON, P. W.; TAVARES, J. W. Inoculation response of legumes in relation to the number and effectiveness of indigenous *Rhizobium* populations. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 51, p. 1013-1018, 1986.

THIES, J. E.; SINGLETON, P. W.; BOHLOOL, B. B. Modeling symbiotic performance of introduced rhizobia in field-based indices of indigenous populations size and nitrogen status of the soil. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, p. 29-37, 1991.

THIES, J. E.; WOOMER, P. L.; SINGLETON, P. W. Enrichment of *Bradyrhizobium* spp. populations in soil due to cropping of the homologous host plant. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, p. 633-636, 1995.

VARGAS, M. A. T.; PERES, J. R. R.; SUHET, A. R. Adubação nitrogenada, inoculação e épocas de calagem para a soja em um solo sob Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, p. 1227-1132, 1982.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Efeitos de tipos e níveis de inoculantes na soja cultivada em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, p. 343-347, 1980.

WEAVER, R. W.; FREDERICK, L. B. Effect of inoculum rate on competitive nodulation of *Glycine max* L. Merrill. I - Greenhouse studies. **Agronomy Journal**, v. 66, p. 229-232, 1974.

WELCH, L. F.; BOONE, L. V.; CHAMBLISS, C. G.; CHRISTIANSEN, A. T.; MULVANEY, D. L.; OLDHAM, M. G.; PENDLETON, J. W. Soybean yields with direct and residual nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, v. 65, p. 547-550, 1973.

WESLEY, T. L.; LAMOND, R. E.; MARTIN, V. L.; DUNCAN, S. R. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. **Journal of Production Agriculture**, v. 11, p. 331-336, 1998.

WOOD, C. W.; TORBERT, H. A.; WEAVER, D. B. Nitrogen fertilizer effects on soybean growth, yield, and seed composition. **Journal of Production Agriculture**, v. 6, p. 354-360, 1993.