

Nodulação e desenvolvimento vegetativo de soja com adubação orgânica e química

Renato Cassol de Oliveira¹ e Elisandro Matzech¹

¹Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia, Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR. renato@fag.edu.br

Resumo: O Brasil foi responsável por 26,8% da safra mundial de soja (*Glycine max* (L.) Merril), produzindo 67,86 milhões de toneladas do grão, na safra 2009/10. O nitrogênio é considerado o principal macro-nutriente para essa cultura e pode ser fixado biologicamente por organismos de forma simbiótica sendo que esse processo de fixação pode ser prejudicado pelo tratamento de sementes causando prejuízo à inoculação. Visando verificar a nodulação e o desenvolvimento vegetativo sob adubação química e orgânica no cultivo da soja, este trabalho foi desenvolvido. Para isso, cinco tratamentos com quatro repetições cada, foram implementados a campo, sendo eles: semente sem adubos e sem inoculante; semente + húmus granulado inoculado; semente + NPK; semente inoculada + NPK e semente inoculada + húmus granulado. O inoculante utilizado foi o *Bradyrhizobium japonicum* na dosagem de 100g/50Kg de semente. A coleta de dados foi realizada aos 40 e 65 dias após a semeadura e quantificou-se a nodulação e mensurou-se o desenvolvimento vegetativo. A avaliação da nodulação e desenvolvimento vegetativo de soja com adubação orgânica e química com e sem adição de inoculante em diferentes pontos, não diferiram estatisticamente demonstrando o comportamento indiferenciado das plantas de soja com relação aos parâmetros analisados.

Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio, *Bradyrhizobium japonicum*, húmus.

Nodulation and vegetative growth of soybean with organic and chemical fertilizer

Abstract: Brazil accounted for 26.8% of the global harvest of soybean (*Glycine max* L.), producing 67.86 million tons of grain in 2009/10. Nitrogen is considered the main macro-nutrient for the culture and can be fixed biologically by organisms in a symbiotic being that the process of fixation may be affected by seed treatment causing injury to inoculation. In order to verify the nodulation and vegetative growth under organic and chemical fertilizers in cultivation, this work was realized. Five treatments with four replicates each, were implemented in the field, namely: seed without fertilizer and without inoculation; granular humus + inoculated seed, seed + NPK, seed inoculation + NPK and seed inoculation + granular humus. The inoculant was used at a dosage of *Bradyrhizobium japonicum* 100g/50Kg seed. Data collection was performed at 40 and 65 days after planting and nodulation was quantified and measured to the vegetative growth. The assessment of nodulation and vegetative growth of soybean with organic and chemical fertilizer with and without inoculant at different points, showing no statistical differences between the behavior of undifferentiated soybean plants with respect to parameters.

Key words: biological nitrogen fixation, *Bradyrhizobium japonicum*, humus.

Introdução

A soja (*Glycine max*) chegou ao Brasil em 1882, mas somente em 2003 o país atingiu o segundo lugar em produtividade, sendo responsável por 26,8% da safra mundial (EMBRAPA, 2004), sendo que na safra de 2009/10, a cultura ocupou uma área de 20,687 milhões de hectares, com uma produção de 67,86 milhões de toneladas (CONAB, 2010).

Para garantir uma boa produtividade é importante que o solo esteja equilibrado nutricionalmente. Para tanto, pode-se manejar o sistema a fim de propiciar estas condições, através dos processos de mecanização e rotação de culturas. Todavia devido à exportação de nutrientes com a retirada dos grãos, a reposição nutricional precisa ser realizada periodicamente com a adubação de base ou cobertura com adubos químicos ou orgânicos.

Neste sentido a matéria orgânica presente no solo, em vários estágios de decomposição, devido as suas características, não apenas como fonte de nutrientes, mas com sua notável propriedade de natureza coloidal que apresenta decorrente de uma estrutura orgânica complexa, aliada a uma fina subdivisão de partículas, somadas as suas longas cadeias orgânicas, funciona como grande condicionador de solo, agregando partículas minerais e conferindo ao solo condições favoráveis de porosidade e friabilidade (Raij, 1991).

De acordo com Silva *et al.* (1999) a matéria orgânica produz muitos benefícios para o solo, melhorando suas propriedades químicas, físicas e biológicas, sendo esses aspectos extremamente relevantes relacionados a sua dinâmica. É evidente que a utilização da matéria orgânica deve ser feita de maneira à melhor explorar suas características.

Pavinato e Rosolem (2008) afirmam que a utilização de compostos orgânicos antes da húmificação pode promover a elevação do pH no solo e promover desequilíbrio nutricional na plantas. Por outro lado, Loureiro *et al.* (2009) destacam as vantagens da utilização de húmus de minhoca na preparação do solo, visando a redução de pH e salinidade, bem como contribuindo como substrato para o desenvolvimento de microorganismos fixadores de nitrogênio.

A absorção e assimilação de N pela planta são processos multi-regulados e integrados ao metabolismo geral da mesma. A multi-regulação do metabolismo do N torna complexa a identificação de pontos metabólicos específicos que sejam mais limitantes para o incremento da produtividade. A fonte de N e o local de assimilação podem ser importantes, especialmente em condições de crescimento nas qual a disponibilidade de energia é limitante (Bremeier e Mundstock, 2000).

De acordo com Kerbauy (2004) entre os organismos fixadores de nitrogênio estão *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Anabaena*

cylindrica e *Nostoc punctiforme*. A contribuição na economia de nitrogênio em comunidades naturais e para a fertilidade dos solos de sistemas simbióticos, especialmente aqueles que resultantes de nódulos radiculares, é maior do que nos sistemas assimbióticos, onde os primeiros podem fixar até 100 vezes mais nitrogênio do que os últimos. A incorporação de nitrogênio molecular (N_2) encontrado na atmosfera em um composto nitrogenado corresponde a sua fixação, sendo a principal forma de sua introdução nos ecossistemas.

Conforme Yuyama e Henning (1997) o tratamento químico de sementes permite a germinação de sementes infectadas, controla patógenos transmitidos pela semente e protege as sementes dos fungos do solo. Diante das vantagens que a técnica apresenta, Mertz *et al.* (2009) aponta que atualmente mais de 90% das sementes comerciais de soja são tratadas com fungicidas, o que demanda, por parte da pesquisa, soluções alternativas, como o uso de bioprotetores, no intuito de reduzir a utilização de pesticidas sintéticos, os riscos aos operadores e os possíveis prejuízos à inoculação com *Bradyrhizobium*.

Os fungicidas orgânicos, embora em menor intensidade que os metais pesados, também são tóxicos. A toxicidade dos fungicidas orgânicos pode afetar a sobrevivência da bactéria na semente, ou ainda, a bactéria permanece viva, mas perde a capacidade de infectar a planta e formar nódulos (Campo e Hungria, 1999).

Perreira *et al.* (1999) destaca que, além de apresentar uma boa eficiência fixadora, deve-se considerar os fatores que influenciam a capacidade competitiva do inoculante a ser utilizado na cultura da soja, para que seja explorado o máximo do potencial de fixação biológica do N_2 pelas estirpes de *B. elkanii* e *B. japonicum*. Em situações como essa, as estirpes presentes nos inoculantes comerciais necessitam competir ativamente por substratos e pelos microssítios já ocupados pelos demais microrganismos.

O nitrogênio é o mais importante dos macronutrientes, tanto em uso de fertilizantes como em conteúdo nas culturas e nas colheitas (Raij, 1991). Quando há deficiência deste elemento, as plantas apresentam-se amareladas, crescimento reduzido, encurtamento de seu ciclo normal e amadurecimento antecipado e para a produção de 1000 Kg de grãos são necessários 80 kg de N por hectare (Embrapa, 2004).

As respostas a nitrogênio variam de ano para ano, em razões e fatores impossíveis até o momento de prever principalmente relacionado a clima e uso anterior do solo. Portanto a adubação nitrogenada apresenta dificuldades muito grandes e deve ser feita com cuidado. Se, de um lado, a falta de nitrogênio pode limitar seriamente as produções, por outro, o excesso pode reduzi-las (Raij, 1991).

Como mostra Zelli *et al.* (2008) as causas do insucesso da nodulação estão associadas à baixa qualidade do inoculante e a vários fatores que afetam a sobrevivência da bactéria, como: aplicação do inoculo às sementes de forma inadequada; baixa umidade do solo por ocasião da semeadura; tratamento de sementes com fungicidas incompatíveis com a bactéria e utilização de inoculantes no final do prazo de validade.

Oliveira *et al.* (2004) ainda aponta que a utilização de N-mineral na cultura de leguminosas afeta negativamente a eficiência do processo simbiótico entre a bactéria fixadora de nitrogênio e a planta, consequentemente reduzindo a nodulação. Hungria *et al.* (2001), destaca que para que a demanda de nitrogênio exigido pelas plantas seja atendida pelas bactérias, na época de florescimento, a mesma deve apresentar, à campo entre 15 e 30 nódulos ou 100 a 200mg de nódulos secos/planta.

De acordo com os resultados obtidos por Xavier *et al.* (2008), a adição de pequenas quantidades de N no solo pode favorecer a nodulação, porém ocorre sua diminuição quando se adiciona doses superiores a 80 kg.ha⁻¹ de N, o que mostra que a simbiose é inibida pela presença de doses elevadas de N no solo, evidenciando que quanto mais N mineral disponível no substrato de crescimento da leguminosa menor será a sua nodulação.

Visando avaliar a nodulação e desenvolvimento vegetativo de soja com adubação química e orgânica e adição de inoculante em diferentes pontos, este experimento foi conduzido a campo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido a campo na Fazenda Escola da Faculdade Assis Gurgacz, no município de Cascavel, PR, situada nas coordenadas geográficas 24°56'40"S e 53°30'31"W com altitude de 720 metros. O clima da região é temperado úmido, com temperatura média anual em torno de 22°C, e o solo da região é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, perfazendo 5 tratamentos dotados de 4 repetições com 5x5m cada. Para avaliar os fatores que afetam a nodulação, os tratamentos foram elaborados com semente sem adubos e sem inoculante; semente + húmus granulado inoculado; semente + NPK; semente inoculada + NPK e semente inoculada + húmus granulado. As sementes não foram tratadas com inseticida ou fungicida.

A adubação de base foi de 611 Kg.ha⁻¹ (NPK: 2-18-18) e 800 Kg.ha⁻¹ (Húmus Granulado). O inoculante utilizado foi o *Bradyrhizobium japonicum* na dosagem recomendada pelo fabricante (100g/50 Kg de sementes).

A semeadura ocorreu no dia 28 de outubro de 2009, onde as sementes da cultivar Apolo RR foram semeadas a uma profundidade de 4 cm, com população de 15 plantas/metro. Os tratos culturais constituíram-se de controle de plantas daninhas com glifosate (5 L.ha⁻¹), de insetos com Engeo Pleno e Curyon 550 e fungos com Priori Xtra conforme necessário.

Para a realização das análises, foram colhidas amostras das plantas aos 40 e 65 dias após a semeadura para verificação de nodulação, desenvolvimento radicular, massa verde e massa seca. Para verificar a nodulação foram retiradas cinco plantas de cada repetição onde todos os nódulos foram retirados manualmente e quantificados.

Após a retirada dos nódulos, mensurou-se o crescimento radicular das plantas, com o auxílio de uma régua. Para a determinação da massa verde as plantas foram pesadas e posteriormente secadas em estufa a 105°C/24 horas, para determinação da massa seca.

Os dados foram submetidos à análise estatística com as médias comparadas por Tukey a ($P \leq 0,05$), utilizando-se o programa SISVAR.

Resultados e Discussão

Tanto na primeira coleta de dados realizada aos 40 dias após a semeadura quanto na segunda coleta realizada aos 65 dias após a semeadura, não houve variação significativa no desenvolvimento radicular, massa verde, massa seca e nodulação em soja a partir de tratamentos com adubações químicas, orgânicas e diferentes formas de inoculação.

Este resultado mostra o comportamento indiferenciado das plantas de soja com relação aos aspectos analisados diante dos tratamentos utilizados, sendo assim possível que nessas condições se possa optar pela utilização da melhor forma de condução da cultura quando e levando em consideração aspectos como a melhor eficiência dos inoculantes e as diferentes adubações utilizadas na cultura.

Em relação à massa seca da parte aérea, o fato de não ter havido diferença significativa entre os tratamentos, coincide com os resultados obtidos por Zilli *et al.* (2008), que trabalhou com inoculação em cobertura, onde o tratamento controle e o tratamento com inoculação em cobertura apresentaram valores inferiores aos tratamentos com inoculação padrão. O autor associa esse resultado ao baixo teor de matéria orgânica do solo não ter fornecido nitrogênio suficiente para o desenvolvimento adequado das plantas nesses tratamentos.

Tabela 1: Médias da primeira e segunda coleta do desenvolvimento radicular (cm), massa verde (g), massa seca (g) e quantidade de nódulos em soja com adubação química e orgânica.

Tratamentos	1ª Coleta				2ª Coleta			
	Raiz	MV	MS	Nodul.	Raiz	MV	MS	Nodul.
Testemunha	27,9 a	63,6 a	36,2 a	545,8 a	36,5 a	1153,8a	302 a	753,3 a
S + HGI	32,2 a	69,4 a	38,4 a	687,8 a	34,9 a	1235,0a	296 a	791,8 a
S + NPK	28,9 a	35,8 a	34,7 a	589,8 a	38,3 a	1227,8a	322 a	707,5 a
SI + NPK	31,5 a	50,9 a	34,3 a	644,0 a	33,4 a	1088,0a	257 a	720,3 a
SI + HG	31,8 a	68,1 a	41,2 a	456,0 a	37,1 a	1501,8a	375 a	536,0 a
CV	16,8	32,7	22,9	33,4	10,9	33,9	25	34,7

S + HGI – Semente + húmus granulado inoculado, S + NPK – Semente + NPK, SI + NPK – Semente inoculada + NPK, SI + HG – Semente inoculada + húmus granulado, CV – Coeficiente de variação. As médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Já Bizarro (2004) obteve resultados positivos na massa seca da parte aérea da soja com a utilização da adubação orgânica e inoculação quando comparada a tratamentos com adubação química e irrigação. O autor atribui o aumento da massa seca a maior disponibilidade de fósforo fornecida pelo adubo orgânico.

O desenvolvimento radicular, massa verde e massa seca estatisticamente igual obtidos neste estudo, significam que as bactérias conseguiram garantir o suprimento de nitrogênio, bem como a adubação orgânica conseguiu suprir a demanda de nutrientes para que a cultura se desenvolvesse da mesma forma que nos tratamentos adubados com fertilizantes químicos.

No que diz respeito à nodulação, o tratamento com inoculante no húmus granulado apresentou a mesma eficiência dos demais, não apresentando diferença significativa ($P \leq 0,05$). Isso pode ter sido influenciado possivelmente pelo incremento de matéria orgânica fornecida pelo húmus. Por outro lado, verifica-se com esta estratégia de inoculação, uma nova opção para proteger as bactérias simbióticas da ação lesiva dos fungicidas e inseticidas utilizados no tratamento de sementes, reduzindo a mortalidade das bactérias e aumentando a eficiência da fixação de nitrogênio na cultura, visto que, muito embora não tenham diferido estatisticamente, o maior número de nódulos, tanto na primeira quanto na segunda avaliação, foram obtidos no tratamento com adição de inoculante no húmus granulado (Tabela 1).

Castro *et al* (1993) em seus estudos, também destacam que a maior nodulação em soja foi obtida em solo com maior nível de matéria orgânica, corroborando com os dados obtidos neste estudo e evidenciando a importância da matéria orgânica como condicionadora do solo e facilitadora dos processos de simbiose entre bactérias nitrificantes e planta leguminosas.

Conclusão

A avaliação da nodulação e desenvolvimento vegetativo de soja com adubação química e orgânica e adição de inoculante em diferentes pontos, não diferiram estatisticamente demonstrando o comportamento indiferenciado das plantas de soja com relação aos parâmetros analisados.

Referências

BIZARRO, M.J. **Inoculação de soja em solo submetido a diferentes sistemas de manejo**. Porto Alegre. 2004. 59 p. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6104/000436695.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 set. 2010.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**. v.30. n.2. 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-4782000000200029&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 02 mar. 2010.

CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Efeito do tratamento de sementes de soja com fungicidas na nodulação e fixação simbiótica do N₂**. PA/21, EMBRAPA-CNPSO, janeiro/1999. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPSO/17094/1/021.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2010.

CASTRO, O.M.; PRADO, H.; SEVEDO, A.C.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da atividade de microrganismos do solo em diferentes sistemas de manejo de soja, **Scientia Agrícola**, v.50. n.2. 1993. Disponível em: [HTTP:// www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161993000200007&script=sci_arttext&tlng= es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161993000200007&script=sci_arttext&tlng=es), Acesso em: 13 set. 2010.

CONAB. **Estimativa safra de grãos 2009/10**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/SojaSerieHist.xls>. Acesso em: 12 mar. 2010.

EMBRAPA, **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004**. Embrapa Soja. Sistema de Produção, N^o 1, Brasil, 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>. Acesso em: 16 mar. 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina-Embrapa soja. Circular Técnica, 35. 48p. 2001. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2010.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal. Fixação biológica de nitrogênio**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2004.

MARINHO, F.J.L.; FERNANDO, J.D.; FILHO, A.F.M.; TAVARES, A.C.; SOUSA, G.A.V.S.; DUARTE, M.S.B. Comparação da Mistura de Componentes de Origem Orgânica e Mineral para Uso como Biofertilizantes. **Revista Brasileira De Agroecologia**. v.4. n.3. 2009. Disponível em: <http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/article/viewFile/9470/6532>. Acesso em: 29 mar. 2010.

MERTZ, L.M.; HENNING, F.A.; ZIMMER, P.D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**. v.39. n.1. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-sci_arttext&tlng=%5D. Acesso em: 31 mar. 2010.

OLIVEIRA, W.S.; OLIVEIRA, P.P.A.; CORSI, M.; DUARTE, F.R.S.; TSAI, S.M. Alfafa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *Sinorhizobium meliloti*. **Scientia Agricola**. v.61. n.4. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-0162004000400013&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 05 abr. 2010.

PAVINATO, P.S; ROSOLEM. C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p. 911-920, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 09 abr. 2010.

PEREIRA, J.C.; NEVES, M.C.P.; DROZDOWICZ, A. Influência da antibiose exercida por actinomicetos às estirpes de *Bradyrhizobium* spp., na nodulação da soja. **Pesquisa agropecuária brasileira**. v. 34, n 1. 1999. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 14 abr. 2010.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Constituição do solo. Piracicaba: Agronômica Ceres. 1991.

SILVA, A.C.; TORRADO, P.V.; JUNIOR, J.S.A. **Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo**. v.5, n.21. p.26. 1999.

XAVIER, T.F.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B.S.; CAMPOS, F.L. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi. **Ciência Rural**. v.38, n.7. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 23 abr. 2010.

YUYAMA, M.M.; HENNING, A.A. Avaliação de thiabendazole e thiram no controle dos principais fitopatógenos em sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19 n. 2, p.266-269. 1997. Disponível em: <http://www.abrates.org.br/revista/artigos/1997/v19n2/artigo20.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2010.

ZILLI, J.É.; MARSON, L.C.; MARSON, B.F.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.43. n.4. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 12 mai. 2010.

Recebido em: 20/10/2010

Aceito para publicação em: 15/11/2010