

Adubação foliar na estimulação de nodulação e produtividade da soja

Renato Cassol de Oliveira¹ e Davi Brock dos Santos¹

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: A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo que é o maior exportador do mundo e o segundo maior produtor com 67,86 milhões de toneladas do grão, na safra 2009/10. Sendo o nitrogênio o macro nutriente de maior importância na produção do grão, sua disponibilização para as plantas é fundamental. A fixação biológica de nitrogênio através das bactérias do gênero *Bradyrhizobium* garantem um significativo suprimento de N. Visando verificar o efeito da adubação foliar na estimulação de nodulação e produtividade da soja, este trabalho foi desenvolvido em uma lavoura comercial. Para tanto, o delineamento utilizado no experimento foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos com quatro repetições cada. As repetições foram demarcas com 5x5m, para aplicação dos produtos nas dosagens recomendadas pelo fabricante, aos 30 e 60 dias. A coleta de dados foi realizada aos 30 e 60 dias após a semeadura para análise de nodulação, massa verde, e seca, crescimento radicular e produtividade. Para os parâmetros nodulação, crescimento radicular, peso de mil grãos e produtividade os tratamentos não diferiram para Tukey 5%, já para as variáveis massa verde e seca os tratamentos Ubyfol e Bioamino se mostram superiores aos demais.

Palavras-chave: *Glycine max*, FBN, nitrogênio.

Foliar fertilization on the stimulation of nodulation and production in soybean

Abstract: Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is a major agricultural product in Brazil, and is the world's largest exporter and second largest producer with 67.86 million tons in 2000/10. And nitrogen is the most important macro nutrient in the production of grain, their availability to plants is essential. The biological nitrogen fixation by bacteria of the genus *Bradyrhizobium* ensure a significant supply of N. In order to verify the effect of foliar fertilization on the stimulation of nodulation and yield of soybean, this work will be developed on a commercial farm. Thus, a randomized trial will be drawn up five treatments with four replicates. The replays will mark with 5x5m for application of the products in the dosages recommended by the manufacturer, at 30 and 60 days. Data collection will be held at 30 and 60 days after sowing for subsequent analysis of nodulation, green mass and dry root growth and productivity.

Key words: *Glycine max*, FBN, nitrogen

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) constitui um dos principais produtos agrícolas de maior importância para a economia mundial, sendo o Brasil o segundo maior produtor e o maior exportador do mundo (Stefanello 2009), na safra 2009/10, a cultura ocupou uma área de 22,600 milhões de hectares, com uma produção de 67,86 milhões de toneladas. Os Estados Unidos, maior produtor mundial, responderam pela produção de 86,77 milhões de toneladas.

A produtividade média da soja brasileira é de 2920 kg.ha⁻¹, chegando a alcançar cerca de 3050 kg.ha⁻¹ no estado de Mato Grosso, o maior produtor brasileiro de soja (CONAB, 2010).

O nitrogênio (N) é o elemento mais abundante na atmosfera terrestre (em torno de 79%), todavia é o mais escasso no solo, limitando a produção de grãos. Nas plantas é componente responsável por várias reações e faz parte da estrutura da clorofila, de enzimas e proteínas. Por ser elemento essencial, seu balanço afeta a formação de raízes, a fotossíntese, a produção de grãos e translocação de fotoassimilados e a taxa de crescimento entre folhas e raízes, sendo o crescimento foliar primeiramente afetado (Taiz e Zieger, 2004).

Para uma boa produtividade, a soja requer solos férteis, que forneçam os nutrientes requeridos em maior quantidade, tais como nitrogênio, seguido por potássio, enxofre e fósforo (Borkert *et al.*, 1994).

Estima-se que para produzir 1000 kg de grãos são necessários 80 kg de N por hectare. Basicamente, as fontes de N disponíveis para a cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados, materiais decompostos no solo (25 à 30%) (Borkert *et al.*, 1994) e, principalmente a fixação biológica do nitrogênio (FBN), na qual bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, quando em contato com as raízes da planta, infectam as raízes, via pêlos radiculares, formando os nódulos, garantindo de 65 à 85% de todo o N que a soja necessita (Hungria *et al.*, 1997).

Borkert *et al.* (1994) ressalta que a adubação com nitrogênio mineral, não é recomendada, pois além de causar a inibição da nodulação e reduzir a eficiência da fixação simbiótica, não aumenta a produtividade da soja.

Os inoculantes turfosos, líquidos ou outras formulações devem ter comprovada a eficiência agrônômica, conforme normas oficiais da RELARE, aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A legislação brasileira exige 1,2 milhões de células viáveis uma concentração mínima de 1x10⁹ células viáveis por grama ou mL do produto. A dose de inoculante a ser aplicada deve fornecer, no mínimo 1,2 milhões de células viáveis, por semente. Além disso, o volume de inoculante líquido a aplicar não deve ser inferior a 100 mL por 50 kg de semente (EMBRAPA, 2008).

As bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que se associam simbioticamente as raízes da soja, formam estruturas especializadas ao sistema radicular chamadas nódulos, estes quando apresentam tamanho superior a 2 mm, possuem maior capacidade de fixação de N₂. (Hungria *et al.*, 1997). Outro indicador de medida de eficiência da simbiose entre as bactérias e plantas é a massa e não o número de nódulos (Campos *et al.*, 2001).

Para que a fixação simbiótica seja eficiente, há a necessidade de se corrigir a acidez do solo e fornecer os nutrientes que estejam em quantidades limitantes, tais como cobalto e molibdênio, coadjuvantes no processo de FBN (Borkert *et al.*, 1994).

É através desta simbiose que ocorre o processo de fixação biológica, onde as bactérias quando bem inoculadas podem chegar à fornecer todo o nitrogênio que a planta necessita, para tanto nos nódulos, à amônia sintetizada são, rapidamente incorporados íons hidrogênio (H⁺), abundante nas células das bactérias, ocorrendo a transformação em íons amônio (NH₄⁺) que serão, então, distribuídos para a planta hospedeira e incorporados em diversas formas de N orgânico, como os ureídeos, aminoácidos e amidas (Hungria *et al.*, 1997).

Para que as bactérias consigam atender a demanda de nitrogênio exigido pelas plantas, na época de florescimento uma planta bem nodulada deve mostrar, à campo, entre 15 e 30 nódulos ou 100 a 200mg de nódulos secos por planta. Que podem continuar ativos mesmo durante o período de enchimento dos grãos, quando, então, inicia o processo de senescência, observando-se uma alteração da coloração da leghemoglobina para tons esverdeados ou marrons, indicando a redução de sua atividade de simbiose com a planta (Hungria *et al.*, 1997).

Porém há casos em que à nodulação não consegue suprir a demanda de N para as plantas, onde as principais causas estão associadas à baixa qualidade do inoculante e a vários fatores que afetam a sobrevivência da bactéria, como: aplicação do inóculo 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 (Zilli *et al.*, 2008).

Visando verificar o efeito da adubação foliar na estimulação de nodulação e produtividade da soja, este trabalho foi realizado em cultivo comercial.

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°56'24" S e 53°30'33" W com altitude de 687 metros. O clima da região é classificado como temperado mesotérmico e superúmido, com temperatura anual em torno de 21°C e 1300mm de pluviosidade e solo da região é latossolo vermelho distrófico típico.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, perfazendo 5 tratamentos dotados de 4 repetições de 5x5m cada. Para avaliar os fatores nodulação, crescimento radicular, peso de massa verde e seca e produtividade, os testes foram

realizados em lavoura comercial, na qual foram realizadas aplicações de adubos foliares aos 30 e 60 dias após a semeadura, com aplicação de Potamol Plus (1L ha^{-1}), Stimlate ($0,50\text{ L ha}^{-1}$), Bioamino ($1,5\text{ L ha}^{-1}$) e Microgel (20 L ha^{-1}).

Na semeadura foi utilizado a cultivar CD236 RR que ocorreu dentro do zoneamento, com uma população de 333.300 sementes ha^{-1} . As sementes receberam tratamento utilizando fungicida ($50\text{mL}/50\text{Kg}$ de sementes), inoculação com Biomax Premium Turf ($100\text{g}/50\text{ Kg}$ de sementes). Os tratamentos culturais para controle de pragas e doenças foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

Para a realização das análises, foram colhidas amostras das plantas aos 30 e 60 dias após a semeadura para verificação de nodulação, desenvolvimento radicular, peso de massa verde e seca e produtividade. Para tanto, cinco plantas de cada repetição foram retiradas e os nódulos removidos manualmente para quantificação. Posteriormente, foi mensurado o crescimento radicular das plantas, sendo as plantas pesadas para determinação da massa verde na seqüência secada em estufa a $105^{\circ}\text{C}/24$ horas, para determinação da massa seca.

Ao final do ciclo avaliou-se a produtividade, retirando-se as plantas no centro da parcela considerando 1 m^2 de área de amostragem, descartando-se as bordas. Na colheita, o material foi cortado e realizado a debulha do mesmo, que posteriormente foi pesado determinando a produtividade em kg ha^{-1} . Além da produtividade as amostras de grãos foram submetidas a análise de umidade e peso de mil grãos. A umidade foi utilizada para a aferição e correção do peso.

Resultados e Discussão

Dentre as variáveis analisadas, apenas a massa seca e verde apresentaram diferença significativa ($P\leq 0,05$); sendo que as variáveis: comprimento de raiz, nodulação, produção e peso de mil grãos não diferiram entre os tratamentos (Tabela 1).

Observando a M_v , verifica-se que os melhores resultados foram apresentados pelos tratamentos Ubyfol ($1725,5\text{g}$) e Biamino ($1666,0\text{g}$), sendo que apenas o Stimlate ($710,2\text{g}$) se mostrou inferior aos demais. Quando analisamos a variável M_s , verifica-se que os tratamentos Bioamino ($400,0\text{g}$) e Ubyfol ($385,0\text{g}$) se mostraram superior aos demais, já o tratamento Stimlate ($153,7\text{g}$) se mostra com média inferior. Isso se deve, possivelmente, pelo fato de que os produtos Bioamino e Ubyfol são fertilizantes foliares, auxiliando assim para que ocorresse uma maior nodulação, absorvendo maior quantidade de nitrogênio e conseqüentemente aumentando o desenvolvimento das mesmas, o que se refletiu na análise da massa verde das plantas. O baixo desempenho do Stimlate pode estar relacionado ao fato de

que o mesmo não é um fertilizante foliar e sim um enraizador recomendado para aplicação junto ao tratamento de sementes, não apresentando bom desempenho quando aplicado via foliar.

Tabela 1. Peso da Massa seca (Ms), Massa verde (Mv) em gramas, Comprimento radicular (Cr) em centímetros, Número de nódulos por plantas (Nn), Produtividade (Prod) em Kg ha⁻¹ e Peso de mil grãos (Pmg) em gramas

Tratamentos	Mv	Ms	Cr	Nn	Prod	Pmg
Stimolate	710,2b	153,7b	34,2 a	82,5a	4682a	132,5a
Microgel	1094,0ab	242,5 ab	34,7 a	107,5a	5095a	134,0a
Testemunha	1262,0ab	312,7 ab	36,7 a	110,7a	5600a	135,5a
Bioamino	1666,0a	400,0 a	36,7 a	129,0a	5717a	138,0a
Ubyfol	1725,5a	385,0 a	37,7 a	131,0a	5715a	144,7a
CV	25,22	27,65	7,37	23,52	13,36	4,65

Médias, seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de variação

Hungria *et al.* (2001) conduziram experimentos durante três safras, avaliando a reinoculação da soja, só não obtiveram resultados significativos no primeiro ano, sendo que nos demais anos os ganhos variaram de 80 à 291 kg.ha⁻¹ que corresponderam a incrementos de 4 à 12,5% na produtividade, ficando evidente assim a importância da inoculação da soja mesmo em áreas onde já se pratica o plantio direto. Os mesmos autores destacam que uma planta bem nodulada tem uma maior capacidade de produção de massa verde, que ao final do ciclo retornaram ao solo em forma de restos culturais, incrementando o solo com o N contido nas folhas e galhos, sendo que este ao ser decomposto pelos microorganismos ficara disponível para a próxima cultura. Fato comprovado por estudos em trigo implantado sobre os restos culturais da soja, onde compararam área inoculada, sem inoculação e área com fertilizantes nitrogenados, obtendo-se os melhores resultados nas áreas onde havia sido implantada a soja inoculada.

Quanto ao Cr os tratamentos não diferiram significativamente para o teste de Tukey a 5%, apesar de que os produtos comercializados como adubos foliares apresentaram comprimento radicular igual ou superior a testemunha, indicando os produtos podem contribuir com um incremento radicular aumentando assim também a área para nodulação e acarretando em uma maior assimilação de N para as plantas fazendo com que a mesma tenha mais condições de apresentar um melhor desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente uma maior produtividade.

Em relação a presença de nódulos nas plantas de soja, apesar de ter havido uma diferença de cinquenta nódulos entre os dois extremos, o mesmo não foi significativo

estatisticamente. Porém os tratamentos Ubyfol e Biamino apresentaram maior nodulação que a testemunha indicando que possivelmente os adubos foliares tem influência no Nn, já que o tratamento Bioamino apresentou o mesmo Cr da testemunha, porém um maior Nn, o que pode contribuir com maior assimilação de N para as plantas.

Analisando a produtividade, os tratamentos também não diferiram estatisticamente, apesar de que os extremos apresentaram uma diferença de 1033 kg.ha⁻¹, novamente o tratamento com Stimolate se mostrou inferior a todos os demais e os adubos foliares Bioamino e Ubyfol apresentaram as maiores produtividades, fato que pode ser explicado pelo maior Nn.

Na variável Pmg também não houve diferença estatística, mas pode-se observar o o padrão de dados em relação aos tratamentos, dando indícios de que os adubos foliares auxiliaram na complementação de nutrientes para as plantas, acarretando em um enchimento de grãos mais uniforme, fazendo com que os mesmos viessem a se apresentar mais pesados.

Conclusões

A nodulação e produtividade da soja não foram influenciadas pela adubação foliar.

Os produtos Bioamino e Ubyfol contribuíram para o melhor desempenho na produção de massa verde e seca para a cultura da soja.

Referências

BORKERT, C.M.; YORINORI, J.T.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; ALMEIDA, Á.M.R.; FERREIRA, L.P.; SFREDO, G.J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agronômicas - Nº 66**, 1994. Disponível em <http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/FILE/Soja1-6.pdf> Acesso em 09 de maio de 2010.

CAMPOS, B.C.; HUNGRIA, M.; TEDESCO, V. Eficiência da Fixação Biológica de N₂ por Estirpes de *Bradyrhizobium* na Soja em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.25, n.3, p.583-592, 2001. Disponível em <http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v25n3a07.pdf> Acesso em 09 de maio de 2010.

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

EMBRAPA. Sistemas de produção 13. Tecnologia de produção de soja – Região Central do Brasil 2009 e 2010. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Londrina EMBRAPA-CNPSo, 2008. Disponível em <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Tecnol2009.pdf> Acesso em 11 de maio de 2010.

HUNGRIA, M.; VARGAS, A.T.; CAMPO, R.J. A inoculação da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Londrina EMBRAPA-CNPSo, 28p, 1997. Disponível em

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPSO/15723/1/circtec17.pdf> Acesso em 08 de maio de 2010.

STEFANELLO, F.F. Aplicação de glifosato e manganês na nutrição e produtividade da soja transgênica. 2009. **Dissertação de Mestrado em Agronomia**. Universidade Federal da Grande Dourados, 2009. Disponível em http://www.ufgd.edu.br/tesesimplificado/tde_arquivos/1/TDE-2009-10-26T060044Z-88/Publico/FabioFernandoStefanello.pdf Acesso em 08 de maio de 2010.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. Fisiologia vegetal. 3.Ed. Porto Alegre: Artemed, 2004, 719p.

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. p.121-132, 2008. Disponível em http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=22&cod_pai=16. Acesso em 10 de maio de 2010.

Recebido em: 16/01/2011

Aceito para publicação em: 20/02/2011