

Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no Cerrado

Tiago de Lisboa Parente¹, Edson Lazarini¹, Sheila Caioni¹, Raul Sobrinho Pivetta¹, Luiz Gustavo Moretti de Souza¹, João William Bossolani¹

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Avenida Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira - SP. Caixa Postal 31. E-mail: tiago.c4@hotmail.com; lazarini@agr.feis.unesp.br; sheila_caioni@hotmail.com; raulspivetta@hotmail.com; souzamoretti@gmail.com; joaowilliam_shk@hotmail.com

RESUMO

A prática da inoculação nas sementes de soja, com bactérias que fixam o nitrogênio (N) atmosférico, é amplamente utilizada por dispensar a adubação mineral. No entanto, ainda há questionamentos sobre a eficiência da prática em suprir a demanda do nutriente para as cultivares atuais, mais produtivas e exigentes nutricionalmente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação mineral nitrogenada, associada à inoculação, em duas cultivares de soja. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Selvíria-MS. O delineamento foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹) e duas épocas de aplicação (semeadura e início do florescimento). Os tratamentos foram aplicados em duas cultivares de soja (BMX Potência RR e BRS Valiosa RR), com quatro repetições. Foram avaliados os componentes produtivos e morfológicos da cultura, bem como os níveis de N nos tecidos e a nodulação. O uso de N na semeadura comprometeu a nodulação nas duas cultivares de soja, e para a cultivar BRS Valiosa RR, a aplicação de N no início do florescimento aumentou a produtividade, porém, não o suficiente para indicar esta prática.

Palavras-chave: Adubação mineral, fixação biológica de nitrogênio, *Glycine max*, nodulação

Nitrogen fertilization at soybean genotypes associated with inoculation in no-tillage in the Savannah

ABSTRACT

The practice of inoculation of soybean seeds, with bacteria that fix atmospheric nitrogen (N), is widely used without adoption of mineral fertilizers. However, there are still questions about the efficiency of the practice supply the demand of the nutrient for the cultivars current, more productive and nutritionally demanding. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen mineral fertilization, associated with inoculation, in two soybean cultivars. The experiment was conducted at the in Selvíria, Mato Grosso do Sul state. The experimental design was randomized blocks in a 4 x 2 factorial scheme, with four nitrogen levels (0, 10, 20 and 40 kg ha⁻¹) and two application times (seeding and early-flowering). Treatments were applied in two soybean cultivars (BMX Potência RR and BRS Valiosa RR), with four replicates. Productive and morphological components of culture were evaluated, as well as the N levels in tissues and nodulation. The use of N at seeding committed nodulation in the two soybean cultivars, and for the BRS Valuable RR cultivar, the application of N at early-flowering increased the productivity, however, not enough to indicate this practice.

Key words: Mineral fertilizer, biological nitrogen fixation, *Glycine max*, nodulation

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é um dos principais commodities agrícolas do Brasil. Na safra 2013/2014 a produção foi estimada em 86.273,2 mil toneladas, correspondendo a uma produtividade de 2.865 kg ha⁻¹ (Conab, 2014).

O grande sucesso desta leguminosa nas regiões de Cerrado se deve, entre outros fatores, ao uso do Sistema Plantio Direto (SPD) e a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). O SPD é um dos principais meios para aumentar a matéria orgânica (MO), devido ao não revolvimento do solo e a manutenção de plantas e resíduos vegetais na superfície do solo durante o ano todo, promovendo assim melhorias na fertilidade do solo para a cultura (Broch & Ranno, 2012). Dentre estas melhorias podemos destacar a manutenção da temperatura e da umidade do solo, condições que favorecem a infecção e o desenvolvimento das bactérias que realizam a FBN na cultura.

A FBN por sua vez, ocorre nos nódulos que se desenvolvem nas raízes devido à associação simbiótica entre a planta e bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, especialmente as espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*, responsáveis por cerca de 90% do N fixado de forma natural (Taiz & Zieger, 2009).

Devido ao seu alto teor de proteína, a soja é uma importante fonte para alimentação humana e animal. Neste sentido, o nitrogênio (N) é essencial na formação deste composto. No entanto, Hungria et al. (2007) afirmam que os solos brasileiros são muito pobres neste nutriente, e em geral fornecem apenas cerca de 10 a 15 kg ha⁻¹ para a cultura. Devido a isso, os fertilizantes minerais nitrogenados e a FBN são as principais fontes de N utilizadas na agricultura.

Grande parte das pesquisas recomendam que a adubação nitrogenada na soja deve ser evitada quando é feita a inoculação de forma adequada. No entanto, fatores como o avanço do SPD no Cerrado e o lançamento de cultivares com maior potencial produtivo, trazem a tona novamente os questionamentos quanto à necessidade de se utilizar este tipo de fertilizante nas lavouras de soja do Brasil (Mendes et al., 2008).

Pereira et al. (2010) ressaltam que há produtores que aplicam N na adubação de base, para promover o “arranque inicial” na cultura, prevenindo assim sintomas de deficiência principalmente nos estágios iniciais (Nogueira et al., 2010). Mas de acordo com Silva et al. (2011), pesquisas têm mostrado que o N mineral aplicado no sulco de semeadura em dose maior que 20 kg ha⁻¹ pode inibir a nodulação e consequentemente comprometer a eficiência da FBN.

Com isso, ainda há a hipótese de que a utilização de N suplementar na cultura da soja, em doses não muito elevadas, pode aumentar a produtividade de grãos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de diferentes doses de nitrogênio na semeadura ou no início do florescimento da cultura, em área de Cerrado.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de Selvíria-

MS, altitude de 335 m. O clima é classificado segundo Köppen como Aw, tropical úmido com nítidas estações, chuvosa no verão e seca no inverno. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. A temperatura média atinge 25 °C, com precipitação média anual de 1.330 mm.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso no esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro doses de nitrogênio (0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹) na forma de uréia (46% de N), e duas épocas de aplicação, na semeadura e no estágio reprodutivo R1 (início do florescimento). Cada parcela apresentava as dimensões de 3,5 m de largura e 10,0 m de comprimento, com sete linhas de soja em espaçamento 0,45 m.

Os tratamentos foram testados em duas cultivares de soja (BMX Potência RR e BRS Valiosa RR), que apresentavam as seguintes características: BMX Potência RR - hábito de crescimento indeterminado, grupo de maturação 7.0, população de plantas indicada entre 350 a 450 mil plantas por hectare, altura média de 0,90 a 1,00 m e ciclo total de 106 dias em média; BRS Valiosa RR - hábito de crescimento determinado, grupo de maturação 8.1, população de plantas indicada de 210 a 250 mil plantas ha⁻¹, altura média de 0,71 m e ciclo total de 123 a 130 dias.

Durante o período de condução do experimento, os dados referentes à precipitação pluvial e temperatura foram coletados diariamente junto à estação meteorológica situada na FEPE, e seus valores médios quinzenais são apresentados na Figura 1.

Anterior à instalação do experimento foi realizada a caracterização dos atributos químicos do solo, cujos resultados foram: M.O. = 21 g dm⁻³; P-resina = 17 mg dm⁻³; pH (CaCl₂) = 5,2; K = 2,3 mmol_c dm⁻³; Ca = 21 mmol_c dm⁻³; Mg = 14 mmol_c dm⁻³; H+Al = 31 mmol_c dm⁻³; SB = 37,3 mmol_c dm⁻³; CTC = 68,3 mmol_c dm⁻³; V = 55%.

A área foi inicialmente cultivada com milho para formação de palhada antes do cultivo da soja. Foram utilizadas sementes da cultivar ADR 300, sendo a semeadura realizada no início de outubro de 2013, utilizando-se 15 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, em espaçamento 0,34 m sem utilização de adubo. No dia 20 de novembro foi realizada a dessecação do milho (43 dias após a semeadura) utilizando-se o herbicida

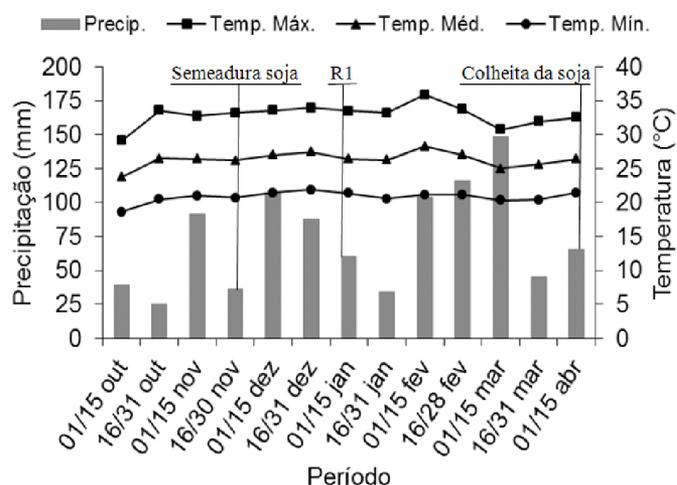


Figura 1. Dados climáticos, de precipitação (mm), temperaturas máxima, média e mínima (°C), registrados durante a condução do experimento. Selvíria, MS, 2013/2014

Glyphosate na dose de 1440 g i.a. ha⁻¹. Após a dessecação foi feito o manejo mecânico com triturador horizontal de resíduos vegetais (Triton).

A soja foi semeada sobre a cobertura do milho em 29 de novembro. Foram utilizados 250 kg ha⁻¹ do adubo formulado N-P₂O₅-K₂O 00-20-20. As sementes foram inoculadas com inoculante líquido contendo bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*. Na semeadura pretendeu-se obter o estande de 400.000 e 240.000 plantas ha⁻¹, respectivamente, para BMX Potência RR e BRS Valiosa RR.

As doses de N (0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹) foram aplicadas em duas épocas em ambos os genótipos, por ocasião da semeadura e em R1. Os tratamentos que receberam adubação mineral nitrogenada na primeira época, não receberam na segunda, e vice-versa.

Quinze dias após a aplicação de N em R1, foi realizada coleta foliar para determinação da concentração de N nos tecidos. Foram amostradas 30 plantas parcela⁻¹ de acordo com metodologia empregada por Boaretto et al. (2009). Posteriormente as folhas foram levadas para estufa a 65 °C por 72 h, e em seguida moídas em moinho tipo Willey. Os teores de N foliar foram determinados pelo método de destilação-titulação (Kjeldahl).

A avaliação da nodulação foi feita no florescimento pleno, amostrando-se cinco plantas por parcela de acordo com a metodologia descrita por Brandelero et al. (2009), sendo as plantas coletadas cuidadosamente para se ter um volume de solo pré-estabelecido de 0,010 m³ com dimensões de 0,23 m (largura₁) × 0,23 m (largura₂) × 0,20 m (profundidade) coletadas com auxílio de pá-de-corte reta. Em seguida, o volume de solo era acondicionado em sacos plásticos para posterior separação das raízes, nódulos e solo das amostras, com auxílio de peneiras e água corrente.

Após a contagem, os nódulos foram levados para secagem em estufa a 65 °C até obterem peso constante e pesados em balança eletrônica de precisão (0,0001 g) para determinação da massa seca.

A colheita foi realizada após o período de maturação fisiológica R8, procedendo-se o arranquio das plantas em seis metros de linha para posterior cálculo da produtividade por hectare. Em seguida elas foram trilhadas em trilhadora mecânica e, posteriormente, pesados os grãos para determinação da produtividade a 13% de umidade (base úmida). Após a

pesagem, foi determinada a massa de mil grãos em balança eletrônica de precisão (0,01 g).

Durante a colheita foram separadas e identificadas cinco plantas de cada parcela. Destas, foi realizada a aferição da altura de planta com auxílio de fita métrica. Determinou-se ainda através da contagem o número de vagens por planta.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo teste F (P ≤ 0,05). O efeito da adubação nas duas épocas foi comparado pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05), enquanto que o efeito das diferentes doses de adubação nitrogenada foi comparado por análise de regressão.

Resultados e Discussão

Para o teor de N foliar, não houve diferença significativa para nenhuma das cultivares avaliadas (Tabela 1). No presente trabalho, além da utilização de baixas doses de N, ocorreram complicações por conta de déficit hídrico durante o período de condução da cultura, com poucas precipitações e intervalos prolongados sem chuvas, e baixa umidade nos primeiros estádios da cultura.

Para Amado et al. (2010), diversos fatores podem limitar o funcionamento adequado das bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, enquanto Sinclair et al. (2007) destacam o estresse hídrico como um deles, ocorrendo assim queda no nitrogênio disponível para a planta.

A baixa umidade no solo, que ocorreu nos primeiros estádios da cultura, influenciou a atividade da nitrogenase, sendo uma das causas devido à diminuição da síntese de leghemoglobina, acúmulo de ureídeos e aspartato nas folhas e nódulos, devido ao decréscimo no fluxo de água no floema (Hungria & Vargas, 2000).

Com relação ao NN (Tabela 1), a cultivar BRS Valiosa RR apresentou diferença significativa com valores mais elevados na adubação com N em R1 do que na semeadura, o mesmo comportamento ocorreu para MSN. Isso demonstra que a adubação nitrogenada em R1 permitiu o desenvolvimento de um maior número de nódulos e os mesmos com maior volume, quando comparado com aplicação do fertilizando na semeadura.

Para BMX Potência RR a aplicação de N em R1 apresentou resultados mais satisfatórios, promovendo maior quantidade

Tabela 1. Valores médios para teor de nitrogênio foliar (NF), número de nódulos por planta (NN) e massa seca de nódulos por planta (MSN), para a cultivar BMX Potência RR e BRS Valiosa RR, em Selvíria, MS, 2014

Tratamentos	kg ha ⁻¹	NF (g kg ⁻¹)		NN (quantidade planta ⁻¹)		MSN (g planta ⁻¹)	
		Potência	Valiosa	Potência	Valiosa	Potência	Valiosa
Doses de N (D)	0	41,13	37,66	12,4	15,6	0,2000	0,2000
	10	41,33	39,47	6,8	20,6	0,1212	0,1562
	20	40,39	46,82	5,4	7,6	0,1150	0,1837
	40	40,87	39,9	4,4	9	0,1450	0,1775
Épocas (E)	Semeadura	42,43	42,12	5,1 b	2,0 b	0,1612	0,0725 b
	R1	39,43	39,80	9,3 a	4,5 a	0,1293	0,2862 a
Teste F	E	2,75 ns	0,80 ns	10,02 **	36,49 **	0,86 ns	63,27 **
	D	0,05 ns	2,42 ns	7,63 **	2,08 ns	1,47 ns	0,45 ns
	E*D	2,07 ns	1,42 ns	0,85 ns	2,69 ns	1,41 ns	2,38 ns
CV (%)		12,46	17,84	23,55	34,26	6,86	5,69

** e ns correspondem, respectivamente, a significativo a 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si a nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

que na semeadura. No entanto, não houve diferença para MSN, indicando que as plantas com menor número de nódulos apresentavam estas estruturas em tamanho maior, o que realmente foi evidenciado no momento da contagem dos mesmos. Observou-se ainda que ocorreu diferença significativa para as diferentes doses utilizadas na cultivar BMX Potência RR, em relação ao NN (Figura 2).

De acordo com a Figura 2, houve ajuste quadrático, evidenciando uma tendência em redução no número de nódulos de acordo com o aumento das doses aplicadas, corroborando com os resultados concluídos por Nogueira et al. (2010) e Mendes et al. (2008), em que o aumento das doses comprometeram a nodulação.

Isso pode ser explicado pelo fato de que a presença de fertilizante nitrogenado reduz a eficiência da bactéria (Embrapa 2008), e em suas formas minerais o N presente no solo afeta a fixação e a nodulação das plantas, devido a inibição e senescência dos nódulos formados. Este efeito adverso ocorre devido à diminuição da disponibilidade de oxigênio para a respiração nodular e a limitação de carboidratos ao metabolismo do nódulo.

Os valores médios obtidos nas avaliações bem como os resultados do teste F, dos componentes produtivos e para altura de planta das duas cultivares são apresentados a seguir na Tabela 2. A cultivar BRS Valiosa RR não apresentou

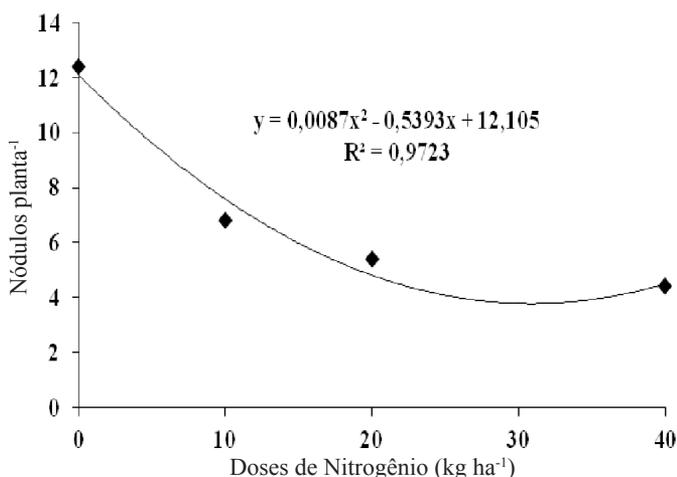


Figura 2. Número de nódulos por planta de soja, cultivar BMX Potência RR, em função de diferentes doses de Nitrogênio, em Selvíria, MS, 2014

diferença significativa para altura de planta (AP) e número de vagens por planta (NVP), no entanto a altura ficou acima da média estipulada pelos fornecedores do genótipo. Um fator que também influenciou neste resultado é o fato da cultivar apresentar hábito de crescimento determinado. Assim, mesmo com adubação nitrogenada no período reprodutivo, as plantas tendem a não aumentar de tamanho.

Já para BMX Potência RR ocorreu interação significativa entre as doses e épocas de aplicação de N para os dois caracteres avaliados. Ainda em relação à AP, a utilização de fertilizante nitrogenado no estágio R1 proporcionou aumento no porte das plantas, com cerca de 8,0 centímetros a mais. Este resultado diferiu de Zimmer (2012), no qual salienta que pode não ocorrer resposta de N sobre os componentes morfológicos, pelo fato de que o N aplicado após a floração é normalmente carregado para os grãos. O que, possivelmente, não aconteceria com aplicação na semeadura, pois neste caso o nutriente iria contribuir no desenvolvimento vegetativo. No entanto, como esta cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado, isto justifica o aumento da altura com adição de N suplementar mesmo após o florescimento.

As duas épocas de aplicação de fertilizante ainda promoveram diferenças para massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PDG) da cultivar BRS Valiosa RR. Para estes dois componentes produtivos o uso de N em R1 também promoveu resultados superiores em comparação com o uso na semeadura, proporcionando uma diferença de 403 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos, ocorrendo ainda diferença em relação à dose utilizada.

Petter et al. (2012) também observaram aumento significativo para massa de mil sementes em três cultivares de soja testadas com adubação nitrogenada em R1, de acordo com os autores, o aumento no peso das sementes pode estar associado ao maior acúmulo de proteína nos grãos, ocasionado pela maior síntese de aminoácidos (AAs) devido à presença de N.

Já para a cultivar BMX Potência RR, não houve diferença significativa para as diferentes doses ou épocas de aplicação de N para MMG e PDG. Estes dados corroboram com os estudos de Uhry (2010), em que o autor não verificou aumento de produtividade ao utilizar N para “arranque”, em três cultivares de soja. No entanto, para os dois genótipos testados no presente trabalho, as produtividades ficaram acima da média nacional,

Tabela 2. Valores médios para altura de planta (AP), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PDG), para as cultivares de soja BMX Potência RR e BRS Valiosa RR, em Selvíria, MS, 2014

Tratamentos	kg ha ⁻¹	AP		NVP		MMG		PDG	
		(m)		(vagens planta ⁻¹)		(g)		(kg ha ⁻¹)	
		Potência	Valiosa	Potência	Valiosa	Potência	Valiosa	Potência	Valiosa
Doses de N (D)	0	0,84	0,94	48	43,2	168,0	172,4	3.196	3.144
	10	0,92	0,96	41	41,3	168,2	176,1	3.279	3.095
	20	0,88	0,94	42	48,9	167,5	186,8	3.359	3.286
	40	0,92	0,94	49	42,2	168,5	180,9	3.287	2.689
Épocas (E)	Semeadura	0,85 b	0,95	43	42,0	166,8	175,0 b	3.196	2.852 b
	R1	0,93 a	0,94	47	45,7	169,3	183,1 a	3.365	3.255 a
Teste F	E	71,77 **	0,67 ns	2,30 ns	1,33 ns	1,36 ns	5,43 *	1,28 ns	10,71 **
	D	14,59 **	0,24 ns	2,27 ns	1,18 ns	0,04 ns	0,96 ns	0,19 ns	4,32 *
	E*D	7,71 **	0,70 ns	8,05 **	2,94 ns	2,05 ns	0,15 ns	3,82 *	3,97*
CV (%)		3,06	5,9	16,28	20,3	3,53	5,46	12,86	11,42

ns, * e ** correspondem à não significativo, significativa a nível de 5% e 1% pelo teste F, respectivamente. Médias segundas de mesma letra nas colunas de Épocas não diferem entre si pelo teste de Tukey.

que de acordo com a Conab (2014) foi de 2.865 kg ha⁻¹. Houve ainda interação entre os dois fatores testados para PDG.

Para altura de planta de BMX Potência RR e produtividade de BRS Valiosa RR, temos os dois gráficos demonstrados na Figura 3.

Para altura de plantas (Figura 3.A) houve ajuste linear, diferindo do que foi observado por Bahry (2011), em que não constatou influência da aplicação de N, independente do estágio reprodutivo ou dose utilizada, o mesmo foi verificado por Bahry et al. (2013a).

Já na Figura 3.B, foi possível verificar uma produtividade média de 3.286 kg ha⁻¹ com utilização de 20 kg ha⁻¹ de N, e posterior decréscimo com aplicação de doses superiores a esta, sendo que com 40 kg ha⁻¹ houve uma queda de 597 kg ha⁻¹ no rendimento da cultivar.

Estes resultados diferem de Aratani et al. (2008), que não observaram diferenças no rendimento de grãos de soja em função da aplicação de N, no entanto com doses mais elevadas do que as testadas no presente estudo. Silva et al. (2011), com as mesmas doses de N em duas safras, também não observaram diferença significativa.

O desdobramento da interação entre doses e épocas de aplicação para altura de planta é apresentado a seguir na Tabela 3. Para a maioria das doses utilizadas, a adubação no início do florescimento proporcionou valores de altura de planta maiores, em relação à adubação nitrogenada de base.

Com relação às doses, houve ajuste de regressão apenas para semeadura, sendo que os valores de altura de planta se comportaram de forma linear crescente de acordo com o aumento das doses de N, corroborando com Silva et al. (2011)

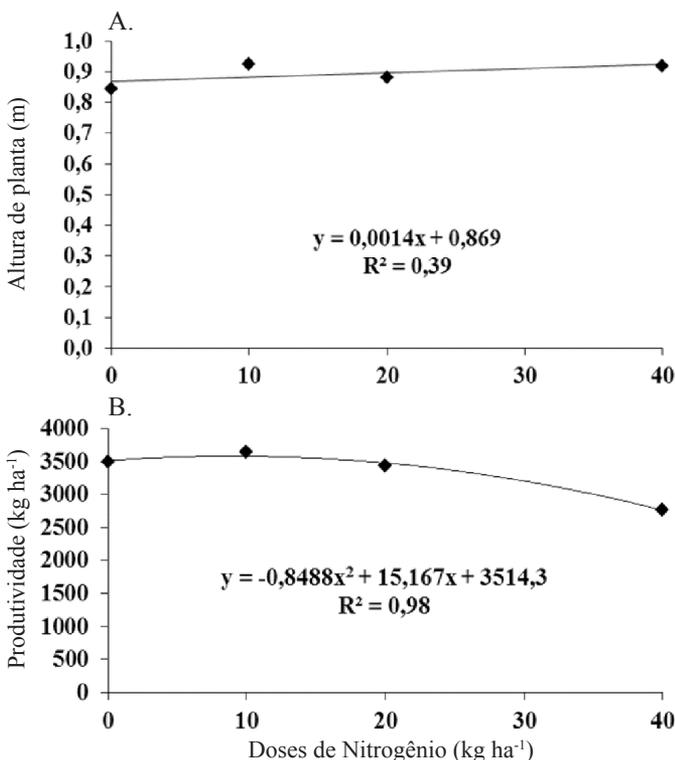


Figura 3. Regressão linear para altura de planta, na cultivar de soja BMX Potência RR, e quadrática para produtividade de grãos na cultivar BRS Valiosa RR, em função de diferentes doses de nitrogênio, em Selvíria, MS, 2014

Tabela 3. Desdobramento da interação entre épocas de aplicação e doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) para a variável altura de planta na cultivar de soja BMX Potência RR, em Selvíria, MS, 2014

Tratamentos	(kg ha ⁻¹)	Semeadura R1	
		(m)	
Doses de Nitrogênio	0	0,77 B	0,92 A
	10	0,89 B	0,95 A
	20	0,83 B	0,93 A
	40	0,90 A	0,93 A
Teste F			
Regressão linear		32,89 **	0,02 ns
Regressão Quadrática		3,84 ns	0,75 ns
DMS épocas		0,04	

Equação de regressão linear para semeadura: $y = 0,0027x + 0,8055$, $R^2 = 0,51$.

** e ns são, respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas, para o desdobramento das doses dentro de cada época, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

para áreas já cultivadas com soja anteriormente, e também com Pereira et al. (2010), cuja aplicação de N influenciou na altura de planta.

Os resultados do desdobramento da variável NVP para épocas de aplicação e doses de N são apresentados na Tabela 4. Em relação às épocas de aplicação, não ocorreram diferenças significativas para nenhuma das doses utilizadas. Observou-se que houve ajuste quadrático apenas para suplementação de N em R1. Estes resultados assemelham-se com os de Petter et al. (2012), que constataram ajuste de regressão, tendo aumento neste componente produtivo com aplicação de até 40 kg ha⁻¹ de N no início do florescimento em três cultivares testadas. Silva et al. (2011) verificaram ajuste linear para aplicação de até 40 kg ha⁻¹ de N.

Para a interação entre épocas e doses na produtividade de grãos da cultivar BMX Potência RR e BRS Valiosa RR, o desdobramento aparece na Tabela 5. Para BMX Potência RR não houve ajuste de regressão para as doses utilizadas, e em relação às diferentes épocas, a maioria delas não apresentaram diferença significativa em função da aplicação de nitrogênio na semeadura ou em início do florescimento, sendo que para a dose de 20 kg ha⁻¹ houve redução maior que 900 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos. Estes resultados evidenciam que, para a cultivar BMX Potência RR, a adubação suplementar com N não promoveu nenhum benefício à produtividade.

Bahry et al. (2013b) também estudaram a adubação nitrogenada em cobertura na soja, e demonstraram que a prática não beneficiou o rendimento de grãos da cultura. No

Tabela 4. Desdobramento da interação entre épocas de aplicação e doses de nitrogênio para a variável número de vagens na cultivar de soja BMX Potência RR, em Selvíria, MS, 2014

Tratamentos	(kg ha ⁻¹)	Semeadura R1	
		(vagens planta ⁻¹)	
Doses de Nitrogênio	0	36,1 B	60,0 A
	10	46,7 A	36,2 A
	20	43,6 A	40,8 A
	40	46,6 A	51,7 A
Teste F			
Regressão linear		2,59 ns	0,281 ns
Regressão Quadrática		1,22 ns	20,50 **
DMS épocas		10,83	

Equação de regressão quadrática para R1: $y = 0,047x^2 - 2,0147x + 57,788$, $R^2 = 0,81$.

** e ns são, respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas, para o desdobramento das doses dentro de cada época, não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre épocas de aplicação e doses de nitrogênio para a variável produtividade de grãos, na cultivar de soja BMX Potência RR e BRS Valiosa RR. Selvíria, MS, 2014

Tratamentos	(kg ha ⁻¹)	Potência		Valiosa	
		Semeadura	R1	Semeadura	R1
		(kg ha ⁻¹)			
Doses de Nitrogênio	0	3.236,9 A	3.156,5 A	2.874,3 B	3.413,2 A
	10	3.469,0 A	3.089,4 A	2.675,1 B	3.515,3 A
	20	2.869,1 B	3.849,9 A	3.017,9 B	3.555,1 A
	40	3.209,1 A	3.365,3 A	2.840,1 A	2.538,0 B
Teste F					
Regressão linear		0,27 ns	1,234 ns	0,04 ns	15,19 **
Regressão quadrática		0,51 ns	2,615 ns	0,05 ns	7,48 *
DMS épocas BMX Potência				620,63	
DMS épocas BRS Valiosa				512,65	

Nota: Regressão quadrática para R1 na cultivar BRS Valiosa RR: $y = -1,3453x^2 + 32,76x + 3388,4$, $R^2=0,98$.

*, ** e ns são, respectivamente, significativo a 5%, 1% e não significativo pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, para cada uma das cultivares.

entanto resultados diferentes foram verificados na cultivar BRS Valiosa RR.

Já em relação à BRS Valiosa RR, houve ajuste de regressão para adubação em R1, sendo o maior coeficiente de determinação (R^2) para regressão quadrática, demonstrando que com adubação neste estágio o melhor rendimento da cultura ocorre com aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N. A partir desta dose, nota-se ainda tendência de decréscimo na produtividade, com resultados muito baixos na utilização de 40 kg ha⁻¹ de fertilizante. Mesmo assim, o acréscimo de produtividade alcançado nas condições estudadas foi da ordem de 141 kg ha⁻¹, o que é pouco expressivo para recomendar adubação nitrogenada na cultura.

Estes resultados se assemelham com os encontrados por Hungria et al. (2006), onde os autores verificam que ocorre redução no rendimento da cultura com o uso de quantidades maiores que 50 kg ha⁻¹ deste nutriente.

Em trabalhos conduzidos por Santos Neto et al. (2013), estes não observaram melhorias no rendimento de grãos com doses de 0 até 90 kg ha⁻¹ de N, verificando inclusive resultados mais satisfatórios apenas com a inoculação das sementes sem o uso de fertilizante nitrogenado.

Em relação às duas épocas de aplicação, nas três primeiras doses a suplementação de N em R1 promoveu rendimento melhor quando comparado com a semeadura, corroborando os resultados de Petter et al. (2012), que verificaram um incremento de até 360 kg ha⁻¹.

Ao utilizar 40 kg ha⁻¹ ocorreu o inverso, os resultados foram melhores com o uso do fertilizante na primeira época. Mesmo assim, em ambas as situações, esta última dose resultou em produtividades muito menores que as demais, o que pode evidenciar comprometimento da FBN por conta da redução da nodulação, devido ao aumento na dose de fertilizante nitrogenado.

Com estes resultados, verifica-se o quão importante e eficiente é a prática de inoculação na soja, e ao mesmo tempo, o quanto sua eficiência pode ser comprometida por fatores ambientais. É importante ressaltar que tanto no presente trabalho, quanto em outros apresentados (Aratani et al., 2008; Silva et al., 2011; Santos Neto et al., 2013), fica evidente que o aumento da utilização de N suplementar na cultura compromete cada vez mais a FBN na soja.

Deve-se salientar, que as duas cultivares se comportaram de forma diferente quanto à aplicação de N, indicando que há

efeito do genótipo envolvido na resposta de ambas, que neste caso foi mais expressivo em BRS Valiosa RR. Isto evidencia a importância de se desenvolver estudos nesta linha de pesquisa, pois os resultados não podem ser generalizados para todos os materiais disponíveis no mercado. Além do mais, o custo da operação (caso seja aplicado em R1) também podem inviabilizar essa prática.

Conclusões

A adubação nitrogenada na semeadura compromete a formação de nódulos na soja, sendo que a nodulação diminui conforme o aumento da dose de N aplicada.

Na cultivar BMX Potência RR, a aplicação de N não aumentou a produtividade de grãos. Para BRS Valiosa RR, embora tenha ocorrido aumento na produtividade com aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N em R1, os ganhos ainda não são suficientes para recomendar esta prática.

Literatura Citada

- Amado, T. J. C.; Schleindwein, J. A.; Fiorin, J. E. Manejo do solo visando à obtenção de elevados rendimentos de soja sob sistema plantio direto. In: Thomas, A. L.; Costa, J. A. (Eds.) Soja - manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre: UFRGS, 2010, p.35-97.
- Aratani, R. G.; Lazarini, E.; Marques, R. R.; Backes, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. Bioscience Journal, Uberlândia, v.24, n.3, p.31-38, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000200020>>.
- Bahry, A. C.; Venske, E.; Nardino, M.; Fin, S. S.; Zimmer, P. D.; Souza, V. Q. de; Caron, B. O. Aplicação de ureia na fase reprodutiva da soja e seu efeito sobre os caracteres agrônomicos. Tecnologia & Ciência Agropecuária, v.7, n.2, p.9-14, 2013b. <http://www.emepa.org.br/revista/volumes/tca_v7_n2_jun/tca7202.pdf>. 04 Jul. 2014.
- Bahry, C. A. Desempenho agrônomico da soja em função da adubação nitrogenada em diferentes estádios reprodutivos. Pelotas: UFPel, 2011. 45p. Dissertação Mestrado. <http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1517/1/dissertacao_carlos_andre_bahry.pdf>. 02 Jul. 2014.

- Bahry, C. A.; Venske, E.; Nardino, M.; Fin, S. S.; Zimmer, P. D.; Souza, V. Q.; Caron, B. O. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. *Revista Agrarian*, v.6, n.21, p.281-288, 2013a. <<http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2240/1570>>. 02 Jul. 2014.
- Boaretto, A. E.; Raij, B. van; Silva, F. C.; Chitolina, J. C.; Tedesco, M. J.; Carmo, C. A. F. S. Amostragem, acondicionamento e preparo de amostras de plantas para análise química. In: Silva, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; CNPS, 2009. 627p.
- Brandelero, E. M.; Peixoto, C. P.; Ralisch, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. *Semina: Ciências Agrárias*, v.30, n.3, p.581-588, 2009. <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n3p581>>.
- Broch, D.L.; Ranno, S.K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. Maracaju: Fundação MS, 2012. 39p.
- Companhia Nacional de Abastecimento - Conab. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento. Brasília: Conab, 2014. v.1, 85p. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf>. 01 Set. 2014.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrado; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p. <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/471536/1/Tecnol2009.pdf>>. 15 Jun. 2014.
- Hungria, M.; Campo, R. J.; Mendes, I. C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 82p. <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/468512>>. 20 Mai. 2014.
- 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, n.4, p.927-939, 2006. <<http://dx.doi.org/10.4141/P05-098>>.
- Hungria, M.; Vargas, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. *Field Crops Research*, v.65, n.2-3, p.151-164, 2000. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00084-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00084-2)>.
- Mendes, I. C.; Reis Junior, F. B.; Hungria, M.; Sousa, D. M. G.; Campo, R. J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em Latossolo do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.8, p.1053-1060, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000800015>>.
- Nogueira, P. D. M.; Sena Júnior, D. G.; Ragagnin, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. *Global Science and Technology*, v.3, n.2, p.117-124, 2010. <<http://rioverde.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/260/167>>. 28 Jul. 2014.
- Pereira, V. J.; Rodrigues, J. F.; Gomes Filho, R. R.; Reis, J. M. R. Comportamento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetida à adubação nitrogenada de plantio. *Enciclopédia Biosfera*, v.6, n.10, p.1-5, 2010. <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/Comportamento%20da%20soja.pdf>>. 12 Jun. 2014.
- Petter, F. A.; Pacheco, L. P.; Alcântara Neto, F.; Santos, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de Cerrado. *Revista Caatinga*, v.25, n.1, p.67-72, 2012. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237123860010>>. 12 Jun. 2014.
- Santos Neto, J. T.; Lucas, F. T.; Fraga, D. F.; Oliveira, L. F.; Pedrosa Neto, J. C. Adubação nitrogenada, com e sem inoculação de semente, na cultura da soja. *FAZU em Revista*, n.10, p.8-12, 2013. <www.fazu.br/ojs/index.php/fazuemrevista/article/download/242/411>. 10 Mai. 2014.
- Silva, A. F.; Carvalho, M. A. C.; Schoninger, E. L.; Monteiro, S.; Caione, G.; Santos, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. *Bioscience Journal*, v.27, n.3, p.404-412, 2011. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8067/7555>>. 31 Jul. 2014.
- Sinclair, T. R.; Purcell, L. C.; King, C. A. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. *Field Crops Research*, v.101, n.1, p.68-71, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2006.09.010>>.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia Vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- Uhry, D. Adubação nitrogenada e densidade de semeadura em soja. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2010. 60p. Dissertação Mestrado. <http://cascavel.ufsm.br/tede/tede_busca/arquivo.php?codArquivo=3074>. 15 Jun. 2014.
- Zimmer, P. D. Fundamentos da qualidade da semente. In: Peske, S. T.; Villela, F. A.; Meneghello, G.E. (Eds.) *Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos*. Pelotas: UFPel, 2012. p. 105-160.