



Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja

Cassiano Spaziani Pereira¹

Marcos Guilherme Trentin Filho²

Ivan Vilela Andrade Fiorini³

Hélcio Duarte Pereira⁴

José Roberto Rocha⁵

Anderson Lange⁶

Resumo

Objetivou-se verificar o efeito da aplicação de Nitrogênio mineral (N) na dose de 10 kg por hectare, via solo e foliar, em diferentes estádios do desenvolvimento da soja. O experimento foi conduzido em área de cultivo comercial de soja, localizada no município de Sinop (MT), em delineamento de blocos casualizados (DBC), com dez tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos estudados foram: testemunha sem N aplicação na semeadura, V2 a lanço em cobertura, V2 via foliar, V4 a lanço em cobertura, V4 via foliar, R1 a lanço em cobertura, R1 via foliar, R2 a lanço em cobertura e R2 via foliar. Foram avaliadas as variáveis teor de clorofila, massa seca de parte aérea, número de nódulos, massa seca de nódulos, número de vagens, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade. Os tratamentos com aplicação de N diferiram da testemunha para todas as variáveis, exceto para teor de clorofila. Para as variáveis número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos, todos os tratamentos com aplicação de N foram superiores à testemunha, e as maiores respostas foram obtidas quando o N foi aplicado via foliar nos estádios V2 e R1.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Nitrogênio mineral. Nodulação. Adubação foliar.

1 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), *Campus Sinop*, ICAA- Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, professor de Agronomia. cassianospaziani@yahoo.com.br.

2 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), *Campus Sinop*, ICAA- Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, agrônomo. maguitrentin@gmail.com.

3 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), *Campus Sinop*, pós-doutorando e pesquisador associado ativo. ivanvaf@yahoo.com.br. Avenida Jacarandás, 6471, Parque das Ararás, Sinop, Mato Grosso, CEP 78.557-456.

4 Universidade Federal de Lavras (UFLA), mestrado em Fitotecnia UFLA. hhelciopassos@yahoo.com.br.

5 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), *Campus Sinop*, ICAA- Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, agrônomo. robertoroch@hotmail.com.

6 Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), *Campus Sinop*, ICAA- Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, professor de Agronomia. paranalange@hotmail.com.

Introdução

O Brasil na atualidade é um dos maiores produtores mundiais de soja. O grão é importante fonte de alimento em vários países e fonte de energia renovável (GESTEIRA et al., 2015). A cultura da soja é a cultura de maior importância econômica no país, com área plantada, totalizando 33.878,8 milhões de hectares na safra 2016/2017 (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB, 2017). Na cultura da soja, devido ao alto teor de proteína presente nos grãos, há uma elevada necessidade de nitrogênio mineral (N) (SALES et al., 2016). A cultura é exigente quanto à extração de N e para nutri-la adequadamente seriam necessárias altas doses de adubo nitrogenado. Estima-se que a soja necessite de 240 kg ha⁻¹ de N para atingir produtividade de aproximadamente 3.000 kg ha⁻¹ (HUNGRIA et al., 2007).

O N é um elemento com função estrutural nos organismos vivos por participar diretamente da constituição de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e, especialmente nos vegetais, da molécula de clorofila (NOGUEIRA et al., 2010). É o nutriente mais demandado pelas culturas e possui um manejo complexo, sendo a eficiência da adubação nitrogenada um fator determinante do rendimento da cultura. O N não se encontra facilmente disponível para as plantas, pois na atmosfera o N₂ é uma molécula estável que os vegetais não têm a capacidade de utilizar diretamente. No solo, a matéria orgânica funciona como fornecedora de formas solúveis e assimiláveis de N pelos vegetais, pois na forma livre o N é rapidamente utilizado por bactérias do solo ou lixiviado devido a sua grande solubilidade (HUNGRIA et al., 2006).

No Brasil, as cultivares de soja foram melhoradas a fim de se fixar diretamente o N atmosférico, por meio da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) via associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Neste contexto, é consagrada no país a prática da inoculação, que é a aplicação de bactérias gênero *Bradyrhizobium* (*B. japonicum* e *B. elkanii*) em um substrato turfoso com posterior inoculação nas sementes de soja no momento da semeadura. Após a inoculação nas sementes, estas bactérias presentes no solo reconhecem as raízes da planta hospedeira, infectando-as via pelos radiculares, causando a formação dos nódulos, responsáveis pela relação mutualística entre a bactéria e a planta com a fixação do N₂ atmosférico, transformando em formas de N disponíveis à planta (BRANDELERO et al., 2009; FAGAN et al., 2007).

O potencial de produtividade da soja aumentou nos últimos anos graças ao melhoramento genético e melhorias no sistema de cultivo. Assim, apenas a FBN pode não ser capaz de suprir o N suficiente para altas produtividades, necessitando de complementação via adubação com N mineral (PIEROZAN et al., 2015). Há relatos do uso de N mineral como complemento à fixação biológica até mesmo porque a partir do estágio R2 ocorre diminuição na atividade dos rizóbios (BRANDELERO et al., 2009; FERREIRA et al., 2016; PARENTE et al., 2015). Alguns produtores aplicam certa quantidade de N na semeadura para prevenir a deficiência inicial do N ainda não totalmente disponível nos estádios iniciais da soja via FBN. Outro fator que pode agravar esta deficiência inicial de N é que parte do adubo formulado contendo NPK, usado na cultura da soja, é comercializado em fórmulas que apresentam uma pequena quantidade de N.

De acordo com Brito et al. (2015), ainda é necessária a compreensão do efeito da adubação nitrogenada na fisiologia da planta, a fim de buscar equilíbrio entre a adição de N e FBN. Sabe-se que nas diferentes fases do ciclo da cultura da soja o papel e a atividade da FBN assumem importância variável, sendo necessário encontrar formas de incrementar a produtividade da cultura por meio de suplementação com N mineral, pois as cultivares atuais são mais produtivas e exigentes em N. No

entanto, o N mineral não deve competir com o processo de FBN na soja, o qual já está bem estabelecido e produzindo bons resultados (FERREIRA et al., 2016; PIEROZAN et al., 2015).

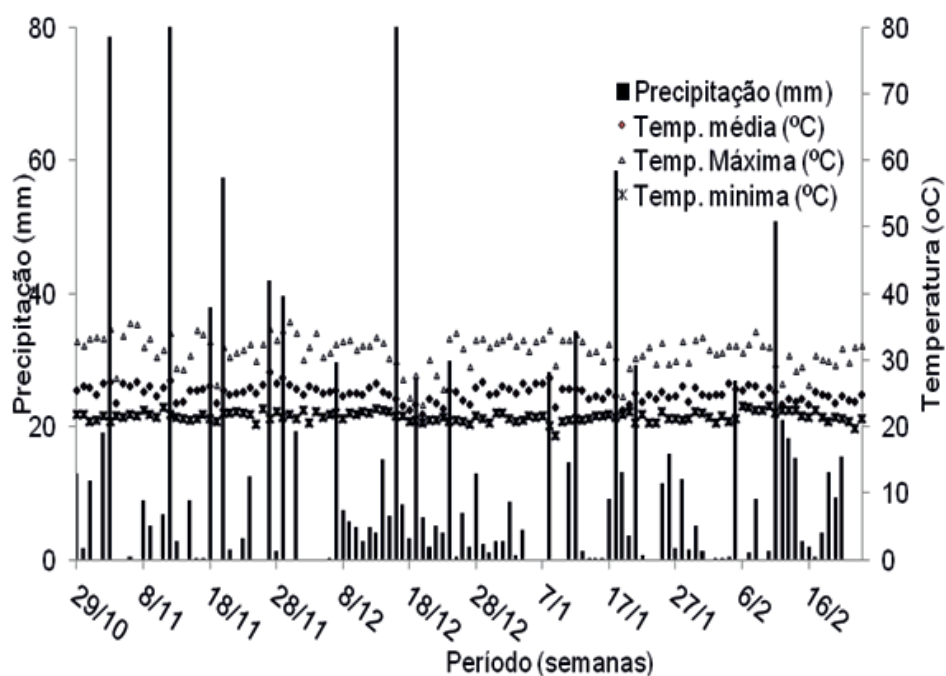
Neste sentido, identificar a melhor época de fornecimento do N mineral de forma a impulsionar o desenvolvimento e produção da cultura contribuiria para maior sustentabilidade econômica da soja. Objetivou-se, portanto, verificar o efeito da aplicação mineral via solo e foliar, em diferentes estádios do desenvolvimento da soja, na região norte do estado do Mato Grosso.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área comercial, cultivada em sistema de plantio direto entre os meses de outubro de 2016 a fevereiro de 2017, no município de Sinop (MT). O local do experimento encontra-se na Latitude 11°57'05" S, Longitude 55°23'51" O e altitude de 380 m, com topografia plana. O clima segundo Köppen-Geiger é classificado como Aw, possuindo duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa entre outubro e abril e outra seca de maio a setembro, com baixa amplitude térmica anual variando entre 24 e 27 °C e pluviosidade média anual em torno de 2.100 mm (ROLIM et al. 2007).

Os dados de precipitação e temperatura ocorridos entre os meses de outubro e fevereiro estão representados na Figura 1. A precipitação acumulada no período foi de 1.179,85 mm, volume bem maior que a demanda da cultura que é de 450 a 800 mm por ciclo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA, 2011), porém suficiente para a cultura atingir altas produtividades. As temperaturas registradas no período não foram limitantes ao crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura.

Figura 1. Precipitação e temperaturas mínima, média e máxima ocorridas entre os meses de outubro de 2016 e fevereiro de 2017.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo. Realizou-se uma amostragem nesse solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade e posterior análise química em laboratório. A análise química do solo obteve os seguintes resultados: pH(CaCl₂) 5,4; M.O. 18,55 g dm⁻³; P (Melich) 6,07 mg dm⁻³; K 52,00 mg dm⁻³; Ca 2,84 mg dm⁻³; Mg 0,93 mg dm⁻³; S 4,0 mg dm⁻³; V= 57,2%; relação Ca/Mg; 3,05; Ca/K; 21,85; Mg/K; 7,16. Os valores de micronutrientes em mg dm⁻³ foram: Zn 5,51; Cu 0,44; Fe 199,16; Mn 11,25; B 0,15. A análise física do solo revelou os teores de: Areia 497; Silte 125; Argila 378, em g dm⁻³, respectivamente.

Com o resultado da análise de solo, observou-se que a saturação de bases estava de acordo com a exigência da cultura, não necessitando de calagem. Em pré-plantio, realizou-se a adubação a lanço com 500 kg ha⁻¹ do formulado NPK 00:18:18, conforme manejo do produtor, fornecendo fósforo e potássio à cultura da soja.

Os dez tratamentos avaliados em delineamento experimental blocos casualizados (DBC) com quatro repetições foram: testemunha sem aplicação de N (apenas inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*) e os tratamentos que receberam 10 kg ha⁻¹ de N mineral (Ureia 45% de N) de acordo com o modo de aplicação e o estágio fenológico de fornecimento (N a lanço na semeadura; N em V2 a lanço em cobertura; N em V2 via foliar; N em V4 a lanço em cobertura; N em V4 via foliar; N em R1 a lanço em cobertura; N em R1 via foliar; N em R2 a lanço em cobertura e N em R2 via foliar, totalizando 40 parcelas experimentais.

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de cultivo de cinco metros de comprimento, totalizando 10 m². Foi considerada como área útil da parcela as duas linhas centrais com quatro metros de comprimento, totalizando 4 m². Como bordadura, descartaram-se meio metro em cada extremidade das parcelas e duas linhas laterais. A cultivar semeada foi a TMG 132 RR na densidade de 15 sementes por metro, visando obter após desbaste uma população média de 260.000 mil plantas ha⁻¹. A cultivar possui tipo de crescimento determinado, cor de hilo marrom claro, tolerante ao acamamento, ciclo de 118 a 122 dias, alta exigência em fertilidade do solo para expressar altas produtividades e é indicada para plantio entre 14/10 e 14/11 na região.

Antes da semeadura, realizou-se o tratamento de sementes, aplicando inseticida à base de Fipronil do grupo pirazol e os fungicidas Piraclostrobina do grupo das estrubirulinas e Metil Tiofanato do grupo dos benzimidazois, na dose de 2 mL kg⁻¹ de semente. Aplicaram-se também os micronutrientes cobalto e molibdênio, na proporção de 5 g de Co e 42 g de Mo, para aumentar a eficiência da nodulação. Realizou-se antes da semeadura a inoculação das sementes com inoculante turfoso para soja, *Bradyrhizobium japonicum* estirpe SEMIA 5079 e 5080 e *Bradyrhizobium elkanii* estirpe SEMIA 587 e 5019.

Os tratos culturais foram realizados conforme a exigência da cultura. Para controle da ferrugem foram realizadas quatro aplicações de fungicida dos grupos químico Estrobirulina e Triazol. O controle de plantas daninhas em pós-emergência ocorreu dentro do período recomendado, da germinação até trinta dias após o plantio. Antes da semeadura realizou-se a dessecação das plantas daninhas com aplicação de 1,5 kg ha⁻¹ de glifosato (granulado) e em pós-emergência; aos 30 DAE, foi aplicado mais 1,5 kg ha⁻¹ de glifosato, com volume de calda de 100 L ha⁻¹.

As avaliações do teor de clorofila, massa seca da parte aérea, número de nódulos e massa seca de nódulos foram realizadas no estágio de pleno florescimento (R2), coletando-se amostras de quatro plantas por parcela. Foi avaliado o teor de clorofila em três folhas intactas, na região mediana de cada planta, no estágio de pleno florescimento, utilizando um clorofilômetro da marca ClorofiLOG (modelo CFL-1030), que estima o teor de clorofila de forma indireta, por meio da leitura de unidades SPAD. A massa seca da parte aérea foi obtida acondicionando-se as amostras em sacos de papel e levadas para

estufa de circulação forçada com temperatura de 65 °C até peso constante, conforme Pereira et al. (2014). O número de nódulos e a massa seca de nódulos foram obtidos por meio da retirada do sistema radicular de uma cova de aproximadamente 20 x 20 x 20 cm, tomando cuidado para não danificar o sistema radicular. Foi feita a lavagem e a coleta dos nódulos com auxílio de uma tesoura, separando-os das raízes, sendo posteriormente contado o número de nódulos das amostras. Em seguida, foram colocados em sacos de papel identificados e levados para estufa de circulação forçada com temperatura de 65 °C até peso constante. Após a secagem, obteve-se a massa seca de nódulos. A colheita foi realizada manualmente em 24 de fevereiro de 2017. Após, realizou-se a contagem do número de vagens e o número de grãos por vagem de quatro plantas de cada parcela. Na colheita, os grãos foram trilhados mecanicamente em trilhadeira estacionária motorizada. Após a trilha, os grãos foram limpos e peneirados manualmente, colocados em sacos de papel devidamente identificados. A umidade dos grãos foi então corrigida para 130 g kg⁻¹ água, em estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C. Após correção da umidade, determinou-se a massa de mil grãos (g) em gramas e a produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANAVA), com nível de 5 % de probabilidade pelo Teste F, com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As médias foram comparadas pelo Teste Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Resultados e discussão

Não foi observado efeito significativo dos tratamentos para a variável teor de clorofila total (CLO), porém as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de nódulos (MSN) e número de nódulos (Nº nódulos) foram afetadas significativamente pelos tratamentos (TABELA 1).

Tabela 1. Médias das variáveis teor de clorofila total (CLO); massa seca da parte aérea (MSPA); massa seca de nódulos (MSN) e número de nódulos (Nº nódulos), sob diferentes formas e épocas de aplicação de 10 kg ha⁻¹ de N.

Tratamentos	Variáveis			
	CLO (SPAD)	MSPA (g planta ⁻¹)	Nº nódulos	MSN (g planta ⁻¹)
Sem N	46,20 a	24,71 b	86,25 c	0,44 a
N semeadura	46,55 a	36,06 a	91,00 b	0,47 a
N V2 cobertura	46,85 a	36,59 a	102,75 a	0,47 a
N V2 foliar	48,95 a	25,08 b	67,00 d	0,32 c
N V4 cobertura	47,26 a	18,78 b	85,50 c	0,33 c
N V4 foliar	47,75 a	31,48 a	75,50 c	0,37 b
N R1 cobertura	46,92 a	26,41 b	65,25 d	0,29 c
N R1 foliar	45,21 a	27,07 b	108,25 a	0,37 b
N R2 cobertura	45,77 a	25,01 b	107,25 a	0,45 a
N R2 foliar	46,26 a	26,63 b	81,25 c	0,41 a
C.V. (%)	3,37	17,23	7,14	10,46

*Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si com nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Para o índice de clorofila a aplicação dos tratamentos com N não alterou as leituras, não diferindo em relação à testemunha sem N. Os valores de leituras indiretas de clorofila no estágio de florescimento obtidos neste estudo variaram de 45,21 a 48,95, assemelhando-se aos obtidos por outros autores na cultura da soja (NOGUEIRA et al., 2010; SILVA et al. 2011; WERNER et al., 2016).

Quanto à variável massa seca da parte aérea, a testemunha diferiu dos tratamentos com aplicação de N na semeadura, N em V2 cobertura e N em V4 via foliar, com os respectivos valores de 36,06; 36,59 e 31,48 g planta⁻¹. O tratamento com N em V2 cobertura destacou-se, obtendo a maior massa seca de 36,59 g planta⁻¹ com 47 % de aumento em relação à testemunha que atingiu 24,71 g planta⁻¹.

Nota-se que a massa seca da parte aérea diferiu apenas nos tratamentos com aplicação de N em estádios iniciais da cultura. Este resultado pode estar associado ao fato de que o N aplicado após a floração é, em geral, utilizado diretamente para os grãos (ZILLI et al., 2010). O contrário ocorre antes da floração, em que o N é rapidamente incorporado em novas proteínas vegetativas, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento vegetativo da planta (SALES et al., 2016).

Segundo Fagan et al. (2007), a fase de desenvolvimento que compreende os estádios que vão de V2 a V5 é o período em que os nutrientes são absorvidos em maior quantidade. Nesta fase as plantas apresentam uma maior exigência nutricional que é acentuada durante o período entre a floração e o início de enchimento de grãos, causando uma elevação na taxa de translocação da planta.

Werner et al. (2016), com avaliações em dois anos agrícolas, encontraram diferenças na massa seca total apenas em um ano agrícola para os tratamentos que receberam 45 kg ha⁻¹ de N aplicados em cobertura no estágio V2 e a testemunha sem N, com avaliações nos estádios V5 e R5. Verificou-se neste trabalho que o N disponibilizado no solo na semeadura e em V2 e via foliar no estágio V4 proporcionaram um maior acúmulo de massa seca.

Para o número de nódulos por planta os valores situaram-se entre 75,50 e 108,25. Observou-se que as plantas que receberam N no estágio V2 em cobertura e nos estádios R1 e R2 via foliar apresentaram maior número de nódulos em relação à testemunha e aos demais tratamentos. A aplicação de N foliar no estágio R1 apresentou o maior número de nódulos (108,25) entre todos os tratamentos, acréscimo de 44 % em relação às plantas que não receberam nenhuma suplementação com N.

O aumento observado no número de nódulos em decorrência da adubação nitrogenada em alguns estádios de desenvolvimento (V2, R1 e R2) é contrário ao que outros autores têm verificado. Viera Neto et al. (2008) e Nogueira et al. (2010) verificaram que plantas adubadas com N apresentaram redução na eficiência de colonização da bactéria *Bradyrhizobium*. Em estudos realizados por Stephens e Neyra (1983) constatou-se que a aplicação de fertilizante nitrogenado na forma de KNO₃ reduz a atividade da enzima nitrogenase em mais de 50 %. Isso ocorre devido ao nitrato e o nitrito acumulados a nível nodular inibirem a fixação de N devido à redução da disponibilidade de energia à bactéria. Entretanto, deve-se ressaltar que no presente estudo a dose utilizada foi de apenas 10 kg de N por hectare.

Parente et al. (2015), estudando duas variedades de soja que receberam 0, 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura ou no estágio reprodutivo R1 (início do florescimento), verificaram que a cultivar BRS Valiosa RR também apresentou maior número de nódulos quando adubada no estágio R1 em comparação à adubação na semeadura. A adubação nitrogenada em R1, segundo esses autores, permitiu o desenvolvimento de um maior número de nódulos, resultado que corrobora o observado neste trabalho.

A massa seca de nódulos não diferiu entre a testemunha e os tratamentos que receberam N na semeadura, N em V2 cobertura, N em R2 cobertura e N em R2 foliar. Os tratamentos com N em V2 foliar, N em V4 cobertura e foliar, N em R1 cobertura e foliar proporcionaram menor massa de nódulos, diferindo-se dos demais. Parente et al. (2015), aplicando doses de até 40 kg ha⁻¹ de N em duas cultivares de soja, verificaram que a massa de nódulos da cultivar BRS Valiosa RR apresentou diferença significativa com valores mais elevados na adubação com N em R1 do que na semeadura. Isso demonstra que a adubação nitrogenada em R1 permitiu o desenvolvimento de uma maior massa de nódulos e com maior volume quando comparados com aplicação do fertilizante na semeadura. A menor formação de nódulos com aplicação de N pode ter ocorrido devido à redução na eficiência da bactéria *Bradyrhizobium* na presença de N mineral (VIEIRA NETO et al., 2008). Verifica-se que a aplicação de N nos estádios fenológicos V4 e R1, independente do modo de aplicação, reduziu a massa dos nódulos das plantas de soja. Por outro lado, a aplicação de N nos estádios fenológicos V2 em cobertura e R2 em cobertura e via foliar proporcionou aumentos na massa seca da parte aérea.

Observou-se efeito significativo dos tratamentos para todas as variáveis avaliadas após a colheita, ou seja, número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (GPV), massa de mil grãos (M1000) e produtividade de grãos (PROD) (TABELA 2).

Tabela 2. Média das variáveis número de vagens por planta (NV), número de grãos por vagem (GPV), massa de mil grãos (M1000) e produtividade de grãos (PROD), sob diferentes formas e épocas de aplicação de 10 kg ha⁻¹ de N.

Tratamentos	Variáveis			
	NV	GPV	M1000 (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Sem N	58,25 a	2,07 b	111,66 a	3286,50 b
N semeadura	57,25 a	2,16 b	109,74 b	3472,23 b
N V2 cobertura	64,75 a	1,92 b	114,58 a	3621,73 b
N V2 foliar	47,00 b	2,60 a	116,49 a	4136,00 a
N V4 cobertura	47,25 b	2,26 b	108,66 b	3504,18 b
N V4 foliar	62,00 a	2,18 b	108,91 b	3739,31 b
N R1 cobertura	61,00 a	2,12 b	112,49 a	3610,06 b
N R1 foliar	58,00 a	2,60 a	112,49 a	3838,50 a
N R2 cobertura	53,50 b	2,52 a	109,41 b	3633,43 b
N R2 foliar	46,50 b	2,64 a	109,74 b	3558,25 b
C.V. (%)	12,63	13,46	3,96	6,74

* Médias seguidas das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si com nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

A adubação com N na semeadura, a aplicação de N em cobertura em V2, a aplicação foliar em V4 e a aplicação em R1 resultaram nos maiores valores para número de vagens, superando os demais tratamentos, porém sem diferir da testemunha. O maior número de vagens foi observado na adição de N em V2 em cobertura e superou em 18,25 vagens por planta (39,2%) o menor número de vagens obtido com a aplicação foliar de N em R2.

Silva et al. (2011) verificaram aumento no número de vagens em doses até 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura da soja, porém sem incremento na produtividade de grãos. Petter et al. (2012) também constataram aumento no número de vagens por planta aplicando doses de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N no estágio fenológico R1 e verificaram que a máxima eficiência agrônômica foi obtida com a dose de 29,8 kg ha⁻¹ de N, obtendo média de 49,3 vagens por planta, um aumento de 6,7 % no número de vagens por planta em relação à testemunha.

Segundo Hungria (2006), o N é um elemento envolvido na síntese de clorofilas e compostos proteicos apresentando potencial para aumentar a capacidade das plantas em produzir gemas reprodutivas. No presente trabalho a dose de N aplicada nos diferentes estádios não aumentou o número de vagens em relação à testemunha.

Para a variável número de grãos por vagem verificou-se que houve diferença em relação à testemunha com a aplicação de N mineral em alguns tratamentos, assim como encontrado por Bhary et al. (2014).

A adubação via foliar com N em V2, R1 e R2 e em cobertura em R2 resultou em ganhos no número de grãos por vagem em relação aos demais tratamentos. Nestes tratamentos houve acréscimo médio de 0,52 no número de grãos por vagem em relação à testemunha.

O maior número de grãos por vagem foi obtido com aplicação foliar de N em R2 (2,64), 12,75% superior à testemunha com 2,07 grãos por vagem. Há de se destacar que independente do estágio da cultura as aplicações foliares resultaram em maior número de grãos por vagem.

No presente estudo, os tratamentos com N em V2 foliar e N em R1 foliar se destacaram obtendo média de 2,6 grãos por vagem, refletindo em maiores produtividades de grãos nesses tratamentos. Silva et al. (2011) não verificaram diferença nessa variável aplicando doses entre 10 e 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura da soja, obtendo valores entre 1,73 e 1,93 grãos por vagem.

Para a variável massa de mil grãos verificou-se que a aplicação de N em V2 cobertura, N em V2 foliar, N em R1 cobertura e N em R1 foliar não diferiram estatisticamente da testemunha. O tratamento com aplicação de N em V2 foliar apresentou a maior massa de mil grãos, com valor de 4,14 % superior à testemunha. Os demais tratamentos, ou seja, N na semeadura, N em V4 foliar e cobertura e N em R2 foliar e cobertura obtiveram menor massa de mil grãos que a testemunha.

Bahry et al. (2014) também não encontraram resposta da aplicação de N mineral em vários estádios reprodutivos da soja para massa de mil grãos. Somente aplicações em estádios reprodutivos avançados, como R5.2, resultaram em aumento significativo nessa variável, comparado a aplicações em R1 e R3.

O aumento na massa de mil grãos pode estar relacionado ao maior acúmulo de proteína nos grãos, em função da maior síntese de aminoácidos ocasionada pela aplicação de N. Silva et al. (2011) não obtiveram diferenças significativas em área de primeiro cultivo na massa de cem grãos com a aplicação das doses 0, 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹ de N na semeadura da soja em dois anos de cultivo. Corrobora tais autores o resultado do presente trabalho, em que a dose de N aplicada não proporcionou diferença estatística na massa de mil grãos em relação à testemunha.

A adubação foliar em V2 ou R1 resultou nas maiores produtividades de grãos da soja. O tratamento adubação foliar em V2 atingiu a produtividade de 4.136 kg ha⁻¹ e superou a testemunha em 12,58 %, gerando um ganho de 849,5 kg ha⁻¹, ou seja, 14,16 sacas ha⁻¹. No tratamento com N em R1 foliar o ganho foi de 552 kg ha⁻¹, ou seja, 9,2 sacas ha⁻¹.

Bahry et al. (2014) somente constataram efeito do N em doses acima de 30 kg ha⁻¹, independente da época de aplicação. Schefer et al. (2016) verificaram resposta de 11,43 sacas por hectare com aplicações de N em R3 e R5, com uma dose de 45 kg ha⁻¹.

Resultados diferentes do presente trabalho foram obtidos por outros autores, como Werner et al. (2016), que aplicaram a dose de 45 kg ha⁻¹ de N, Silva et al. (2011) e Parente et al. (2015), que aplicaram doses de até 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura e Franchini et al. (2015), que aplicaram 30 kg ha⁻¹ de N. Os autores Zilli et al. (2010), na média de dois anos de semeadura, verificaram que os tratamentos apenas inoculados produziram de forma estatisticamente igual ao tratamento nitrogenado.

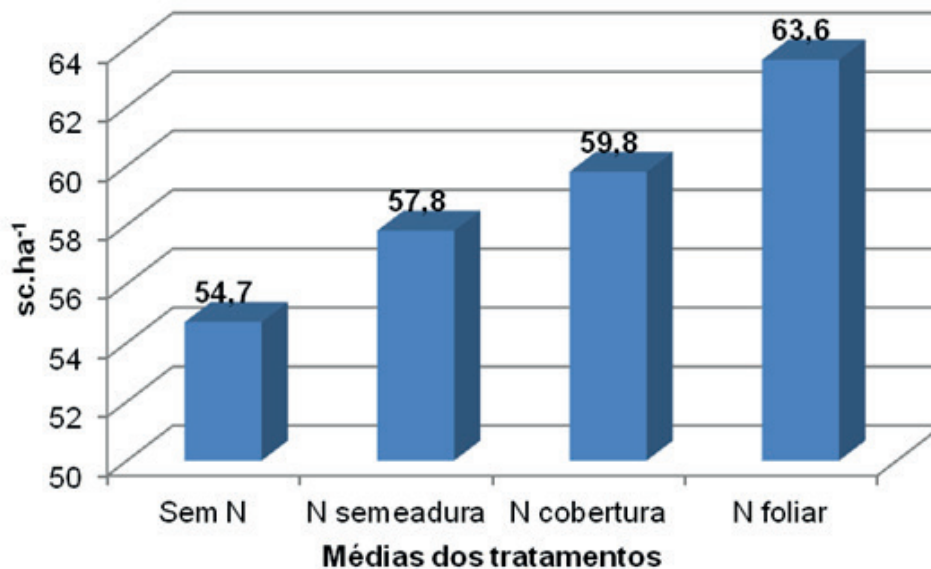
Em trabalho realizado por Hungria, Campo e Mendes (2007) houve redução na produtividade da soja com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de N. Os autores Petter et al. (2012), com aplicações de 80 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹ de N via solo, verificaram redução na produtividade de soja. Altas doses de N, aplicadas via solo ou foliar, de acordo com esses autores, podem causar redução da nodulação e, com isso, uma baixa eficiência na FBN, além de fitotoxidez nas folhas, com acentuada redução na produtividade de grãos da cultura da soja.

Diferentemente dos autores citados, no presente trabalho, a aplicação de N obteve resultados complementares à FBN em todos os tratamentos, com aumento de produtividade de grãos, destacando-se estatisticamente os tratamentos V2 e R1 foliar. Hungria et al. (2006) relatam que a demanda de N para a soja, visando a altas produtividades, não é totalmente suprida pela FBN, sendo este um nutriente estimulador para absorção de outros nutrientes pela planta.

Conforme Amado et al. (2010), a aplicação de N mineral na fase vegetativa da soja tem sido uma alternativa de complementação à FBN. Os autores também relatam que nos estádios vegetativos de V2 a V5 as plantas apresentam maior exigência de nutrientes. Assim, há acúmulo de nutrientes nas fases de desenvolvimento das plantas que serão translocados no período reprodutivo para os grãos, resultando em maiores teores de proteína e peso. Porém, a demanda por nutrientes nos estádios reprodutivos, da floração até o enchimento de grãos, também continua alta, fato que corrobora este trabalho, uma vez que se obteve aumento significativo de produtividade nos tratamentos com N em V2 e R1 foliar.

A Figura 2 representa as médias de produtividade convertidas em sacas por hectare e agrupadas de acordo com a forma de aplicação de N. Pode-se observar que além da produtividade ter sido superior em todos os tratamentos em relação ao controle, a soja produziu mais, em média, quando recebeu aplicação de N via foliar. Na sequência, produziu mais quando recebeu N em cobertura e, por último, em semeadura.

Figura 2. Média de produtividade em sacas por hectare (sc ha⁻¹) para os tratamentos controle, aplicação na semeadura, cobertura ou via foliar.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Conclusões

A aplicação de 10 kg ha⁻¹ de N via foliar no estágio V2 aumenta o número de vagens, massa de mil grãos e a produtividade da soja.

A adubação nitrogenada via foliar nos estádios V2 ou R1 mostraram-se mais eficiente em elevar os rendimentos da cultura da soja.

Forms and stages of Nitrogen fertilization on soybean development and yield

Abstract

The objective was to verify the effect of the application of mineral Nitrogen (N) in the dose of 10 kg per hectare, via soil and foliar, in different stages of soybean development. The experiment was conducted in commercial soybean growing area, in the city of Sinop (MT), in randomized block design, with ten treatments and four replicates. The studied treatments were: control without N, application via soil in sowing, V2 to the cover, V2 via foliar, V4 via cover, V4 via foliar, R1 via cover, R1 via foliar, R2 via cover and R2 via foliar. The following variables were assessed: chlorophyll content, dry mass of aerial part, number of nodules, dry mass of nodules, number of pods, number of grains per pod, mass of a thousand grains and yield. The treatments with N application differed from the control on all attributes, except for chlorophyll content. For the variables number of pods per plant, number of grains per pod, mass of a thousand grains and grain yield, all treatments with N application were superior to the control and the highest responses were obtained when the N was applied via foliar in V2 and R1 stages.

Keywords: *Glycine Max.* Mineral Nitrogen. Nodulation. Foliar fertilization.

Referências

- 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. (Org.). **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre, UFRGS, 2010. p. 35-97.
- BAHRY, C. A.; NARDINO, M.; VENSKE, E.; FIN, S. P.; ZIMMER, P. D.; SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Efeito do nitrogênio suplementar sobre os componentes de rendimento da soja em condição de estresse hídrico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, 2014. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/4111>>. Acesso em: 22 jul. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200019>.
- BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/html/4457/445744093008/>>. Acesso em: 25 set. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n3p581>.
- BRITO, L. F. D.; PACHECO, R. S.; SOUZA FILHO, B. F. D.; FERREIRA, E. P. D. B.; STRALIOTTO, R.; ARAÚJO, A. P. Response of common bean to rhizobium inoculation and supplemental mineral nitrogen in two Brazilian Biomes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 981-992, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832015000400981&script=sci_arttext&tIng=PT>. Acesso em: 22 maio 2017. DOI: 10.1590/01000683rbcS20140322.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grão: nono levantamento junho/2017**. Brasília: Conab, 2016. Disponível em: <www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/9levantamentojunho2017.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Sistemas de Produção, n. 15).
- FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P.; MANDRON, P. A.; CSAROLI, D. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja. **Revista FZVA**, Uberaba, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2481/0>>. Acesso em: 02 jun. 2017.
- FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p. 362-370, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052016000300362&script=sci_arttext>. Acesso em: 02 jun. 2017. DOI: 10.1590/1678-4499.479.
- FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1131-1138, 2015. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/21110>>. Acesso em: 22 maio 2017. DOI: 10.1590/S0100-204X2015001200002.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2015. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

GESTEIRA, G. S.; ZAMBIAZZI, E. V.; BRUZI, A. T.; SOARES, I. O.; REZENDE, P. M.; SILVA, K. B. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a Região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, p. 79-88, 2015. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/730>>. Acesso em: 10 set. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v7n32015730>.

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. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/468512>>. Acesso em: 20 maio 2016.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N.; 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**, Toronto, v. 86, n. 4, p. 927-939, 2006. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.4141/P05-098#.XD4ZHix7nIU>>. Acesso em: 12 jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.4141/P05-098>.

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**, Rio Verde, v. 3, n. 2, p. 117-124, 2010. Disponível em: <<http://rv.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/260>>. Acesso em: 10 set. 2017.

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R. S.; SOUZA, L. G. M.; BOSSOLANI, J. W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 2, p. 249-255, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/115779>>. Acesso em: 22 jun. 2017. DOI: 10.5039/agraria.v10i2a5320.

PEREIRA, C. S.; MAIA, L. F. P.; PAULA, F. S. Aplicação de extrato etanólico de própolis no crescimento e produtividade do feijoeiro comum. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 1, p. 98-104, 2014. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/4137>>. Acesso em: 02 jul. 2017. DOI: 10.1590/S0034-737X2014000100013.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F. de; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/2371/237123860010.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

PIEROZAN, C.; FAVARIN, J. L.; ALMEIDA, R. E. M. de; OLIVEIRA, S. M. de; LAGO, B. C.; TRIVELIN, P. C. O. Uptake and allocation of nitrogen applied at low rates to soybean leaves. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, n. 1-2, p. 83-94, 2015. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-015-2468-7>>. Acesso em: 22 ago. 2017. DOI: 10.1007/s11104-015-2468-7.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Koppen e Thornthwaite e sua aplicabilidade da determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/bragantia/volumesonline.php>>. Acesso em: 10 ago. 2017. DOI: 10.1590/S0006-87052007000400022.

SALES, P. V. G.; SALES, V. H. G.; PELÚZIO, J. M.; AFFÉRI, F. S.; SALES, A. C. R. C. Effect of pods' position on the protein content in soybean grains at low latitude. **Journal Bioenergy and Food Science**, Macapá, v. 3, n. 4, p. 216-221, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.ifap.edu.br/index.php/JBFS/article/viewFile/102/154>>. Acesso em: 02 set. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18067/jbfs.v3i4.102>.

SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Doses of inoculant and nitrogen at sowing of soybean in first cultivation area. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8067/7555>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

SCHEFER, A.; CIPRIANI, K.; CERICATO, A.; SORDI, A.; LAJÚS, C. R. Eficiência técnica e econômica da cultura da soja submetida à aplicação de fertilizantes nitrogenados em semeadura e cobertura. **Scientia Agraria**, Londrina, v. 17, n. 2, p. 14-20, 2016. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6113587>>. Acesso em: 02 set. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v17i2.45413>.

STEPHENS, B. D.; NEYRA, C. A. Nitrate e nitrite reduction in relation to nitrogenase activity in soybean nodules and *Rhizobium japonicum* bacteroids. **Plant Physiology**, Amesterdã, v. 71, n. 4, p. 731-735, 1983. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/71/4/731.full.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.71.4.731>.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 861-870, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/750/1/40.pdf>>. Acesso em: 22 maio. 2017. DOI: 10.1590/S0100-06832008000200040.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; SILVA, M. A. D. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 8, p. 734-738, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662016000800734&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 set. 2017. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p734-738.

ZILLI, J. E.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; ROUWS, J. R. C.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja com Bradyrhizobium no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1875-1881, 2010. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/html/1802/180217297011/>>. Acesso em: 12 ago. 2017. DOI: 10.1590/S0100-06832010000600011.

Submetido em: 30/08/2017.

Aceito em: 21/11/2017.

Como citar:

ABNT

PEREIRA, C. S.; TRENTIN FILHO, M. G.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, H. D.; ROCHA, J. R.; LANGE, A. Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 4, p. 99-112, dez. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181259>

APA

PEREIRA, C. S., TRENTIN FILHO, M. G., FIORINI, I. V. A., PEREIRA, H. D., ROCHA, J. R. & LANGE, A. (2018). Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (4), 99-112. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181259>

ISO

PEREIRA, C. S.; TRENTIN FILHO, M. G.; FIORINI, I. V. A.; PEREIRA, H. D.; ROCHA, J. R. E LANGE, A. Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 4, pp. 99-112. Eissn 2316-1817. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181259>

VANCOUVER

Pereira CS, Trentin Filho MG, Fiorini IVA, Pereira HD, Rocha JR, Lange, A. Formas e estádios de aplicação de adubação nitrogenada no desenvolvimento e produtividade da soja. *Rev agrogeoambiental*. 2018 dez.; 10(4): 99-112. Doi: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181259>