Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Produtividade da cultura do feijoeiro submetido a doses de fósforo e nitrogênio

Grain yield of bean as affected by phosphorus and nitrogen rates

Evandro Luiz Schoninger[1], Anderson Lange[2], Tiago Guilherme Menegon[1], Gustavo Caione[1]

[1]Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Alta Floresta, Departamento de Agronomia, Rodovia MT-208, km 147, s/n, Jardim Tropical, Alta Floresta, MT. 78580-000. E-mail: schoningerel@gmail.com
[2]Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Campus Universitário de Sinop, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Departamento de Agronomia, Sinop, MT

Recebido em: 24/02/2014 Aceito em:18/09/2015

Resumo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade da cultura do feijoeiro em função de doses de P e N. O experimento foi desenvolvido a campo, no município de Alta Floresta – MT, no ano de 2009. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4x3, em que o primeiro fator representava as doses de P (0, 50, 100 e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5) e o segundo as doses de N em cobertura (0, 40 e 80 kg ha^{-1} de N). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliados atributos morfológicos da cultura, além da produção de massa seca do resíduo da parte aérea (MSPA) e a produtividade de grãos (PG). A MSPA aumentou linearmente com o incremento nas doses de P e N, em que a aplicação de cada kg ha^{-1} de P_2O_5 ou N proporcionou aumento de 6,4 e 6,3 kg ha^{-1} nesta variável, respectivamente. Para a PG, as respostas às doses de ambos os nutrientes também ocorreram, embora tenham sido mais acentuadas às doses de P, em que a aplicação de cada kg ha^{-1} de P_2O_5 proporcionou aumento de 10,3 kg ha^{-1} na PG, enquanto que, para cada kg ha^{-1} de N aplicado o aumento na PG foi de 6,6 kg ha^{-1}. Apesar das respostas em PG às doses de P e N terem ocorridos em intensidades diferentes, pode-se verificar a necessidade da aplicação de ambos nutrientes para obter-se elevada produtividade de grãos.

Palavras-chave: adubação fosfatada, adubação nitrogenada, *Phaseolus vulgaris* L.

Abstract. This study aimed to evaluate the grain yield of bean as affected by P and N rates. The field experiment was carried out in Alta Floresta, State of Mato Grosso, Brazil, in 2009. The experiment was a 4x3 factorial design completely randomized with three replicates, where the first factor was the P rates (0, 50, 100, and 150 kg ha^{-1} of P_2O_5) and the second factor was the N rates (0, 40, and 80 kg ha^{-1} of N). Morphological characteristics of bean, dry mass of the shoot residue (DMSR), and grain yield (GY) were evaluated. The DMSR increased linearly with P and N rates, where the application of each kg ha^{-1} of P_2O_5 and N resulted in an increase of 6.4 and 6.3 kg ha^{-1} in DMSR, respectively. For GY, responses to both nutrients rates were also observed, although they were more pronounced for P rates, where the application of each kg ha^{-1} of P_2O_5 provided an increase of 10.3 kg ha^{-1} in GY, whereas each kg ha^{-1} of N applied increased 6.6 kg ha^{-1} in GY. Although the GY responses to N and P rates have occurred at different magnitudes, both nutrients were required to achieve higher GY.

Keywords: phosphorus fertilization, nitrogen fertilization, *Phaseolus vulgaris* L.

Introdução

O feijão é um alimento tradicional na dieta dos brasileiros como fonte de proteínas (Lemos et al., 2004), sendo consumido por todas as classes sociais, principalmente pelas de menor poder aquisitivo, devido ao menor custo em relação à proteína de origem animal (Yokoyama & Stone, 2000).

De maneira geral, o feijoeiro exige bons níveis de fertilidade do solo para atingir elevada produtividade. Isto ocorre porque as plantas precisam absorver quantidades significativas de nutrientes em pequeno período de tempo, devido ao ciclo relativamente curto da cultura, e também por causa do sistema radicular superficial e pouco

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

desenvolvido, que limita a exploração de grande volume de solo.

A nutrição mineral do feijoeiro fica ainda mais comprometida quando o mesmo é cultivado em solos ácidos e de baixa disponibilidade de nutrientes, sendo estas características comuns em regiões tropicais. Dentre as restrições ao desenvolvimento do feijoeiro nesses solos, a deficiência de fósforo (P) tem merecido especial atenção, devido a sua grande adsorção à fase mineral do solo, predominantemente de baixa reversibilidade. Disto resulta a baixa disponibilidade deste nutriente às plantas, mesmo após a aplicação de fertilizantes fosfatados. Assim, apesar deste nutriente ser exigido em pequenas quantidades pela maioria das culturas, tem-se aplicado grandes doses de P para obter teores adequados de P disponível e suprir as necessidades dos cultivos (Sousa et al., 2004).

Plantas cultivadas em condições de limitada disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem apresentar restrições no desenvolvimento, sendo improvável sua recuperação, mesmo que posteriormente os teores deste nutriente sejam elevados a níveis adequados (Grant et al., 2001; Souto et al., 2009). Deste modo, diversos trabalhos relatam respostas positivas do feijoeiro à adubação fosfatada (Miranda et al., 2000; Silva et al., 2001; Valderama et al., 2009; Silva & Vahl, 2002; Kikuti et al., 2005; Viana et al., 2011; Zucarelli et al., 2011). Entretanto, as doses necessárias para atingir a máxima produtividade de grãos têm sido variadas, desde 104 kg ha^{-1} de P_2O_5 em solos arenosos (Silva et al., 2001), até valores de 201, 225 e 251 kg ha^{-1} de P_2O_5 em solos argilosos observados por Viana et al. (2011), Silva & Vahl (2002) e Kikuti et al. (2005), respectivamente.

Outro nutriente que frequentemente têm aumentado a produtividade de grãos de feijão quando da sua aplicação via fertilizantes, é o nitrogênio – N (Ambrosano et al., 1996; Almeida et al., 2000; Crusciol et al., 2007; Stone & Moreira, 2001; Soratto et al., 2001; Carvalho et al., 2003; Chidi et al., 2002; Bordin et al., 2003; Meira et al., 2005). Embora o feijoeiro seja uma espécie leguminosa capaz de estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de N, o fornecimento deste nutriente apenas via fixação do N_2, geralmente tem limitado a expressão do máximo potencial produtivo da cultura (Oliveira et al., 1996; Araújo et al., 2000). Dentre vários trabalhos testando doses de N em cobertura no feijoeiro, é possível observar grande variação em relação à dose adequada a ser aplicada. Crusciol et al. (2007), por exemplo, encontraram respostas significativas ao N aplicado em cobertura até a dose máxima testada de 120 kg ha^{-1} de N, com a qual atingiram produtividade acima de 3000 kg ha^{-1}. Esta necessidade de altas doses de N também foi reportada por Stone & Moreira (2001) e Carvalho et al. (2003), os quais verificaram resposta da cultura a doses de N acima de 100 kg ha^{-1}. Por outro lado, Bordin et al. (2003) verificaram produtividade máxima do feijoeiro com a aplicação de aproximadamente 50 kg ha^{-1} de N quando em sucessão a crotalária (*Crotalaria juncea* cv IAC-KR1), canavalia (*Canavalia brasiliensis*) ou milheto (*Pennisetum glaucum*), enquanto Crusciol et al. (2003) e Silva et al. (2006) não verificaram incremento na produtividade com a aplicação de N em cobertura. De acordo com Almeida et al. (2000), esta variação na frequência e na amplitude de resposta à adubação nitrogenada ocorrem em função do clima e das condições fitossanitárias da cultura, diferindo de região para região.

Considerando a importância do P e do N na nutrição mineral das plantas, diversos trabalhos têm avaliado a resposta das culturas a doses de um dos referidos nutrientes em condições de disponibilidade limitada de outro. De Groot et al. (2001), Jeschke et al. (1996), Rufty et al. (1993), Schjørring (1986) e De Groot et al. (2003), por exemplo, observaram diminuição nos teores de N em plantas cultivadas sob condições de baixa disponibilidade de P. Existem diversas hipóteses que tentam elucidar esta interação entre N e P. Uma delas supõe que a diminuição no teor de N na planta esteja relacionada a menor absorção deste nutriente devido à redução no crescimento radicular, resultado da baixa disponibilidade de energia - ATP (Rufty et al., 1990, 1993).

Outra hipótese propõe que a redução nos níveis de citocinina causada pela deficiência de P (Dhillon, 1978; Menary & Van Staden, 1976; Horgan & Wareing, 1980; Kuiper et al., 1988; Salama & Wareing, 1979; Thorsteinsson & Eliasson, 1990) também pode influenciar a absorção/assimilação de N, devido a diminuição na atividade da redutase do nitrato – uma das enzimas responsáveis pelo processo assimilatório do nitrato pelas plantas (Bueno et al., 1994; Gaudinová, 1990; Lu et al., 1992).

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar componentes da produção e a produtividade de grãos do feijoeiro em função da aplicação de doses de P na semeadura e de N em cobertura.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no ano de 2009, no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso, município de Alta Floresta – MT, localizado a 09° 51' 44'' S e 56° 04' 09'' W, com altitude média de 283 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Awa, com nítida estação seca no inverno, temperatura média anual de 26°C e, precipitação pluviométrica anual média de 2250 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura argilosa (Santos et al., 2013), e apresentava as seguintes características: pH ($CaCl_2$) = 4,3; P (Mehlich 1) = 0,9 mg dm^{-3}; K = 109 mg dm^{-3}; Ca, Mg e Al = 1,02, 0,28 e 0,30 $cmol_c$ dm^{-3}, respectivamente; CTC (pH 7,0) = 5,51 $cmol_c$ dm^{-3}; saturação por bases (V) = 28,5%; e matéria orgânica (MO) = 12,6 g dm^{-3}.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4x3, sendo os fatores representados por doses de fósforo (0, 50, 100 e 150 kg de P_2O_5 ha^{-1}) aplicadas na semeadura, e doses de nitrogênio (0, 40 e 80 kg de N ha^{-1}) aplicadas em cobertura. As parcelas apresentavam 4 m de largura (oito linhas com espaçamento entre linhas de 0,5 m) e 3,5 m de comprimento, sendo considerada como área útil as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 em cada extremidade.

A área experimental havia sido cultivada com milho na safra 2008/09 e, como o cultivo do feijoeiro foi realizado sob sistema de semeadura direta, tornou-se necessário o controle de plantas daninhas em pré-semeadura por meio da aplicação de glifosato, na dose de 900 g do equivalente ácido por hectare.

A semeadura foi realizada, manualmente, no dia 29 de março de 2009. Para tanto, foram abertos sulcos com 0,1 m de profundidade para a realização da adubação de semeadura, com a aplicação das doses de P referentes a cada tratamento, acrescidas de 40 kg de K_2O por ha^{-1}, utilizando o superfosfato simples e o cloreto de potássio como fontes de nutrientes, respectivamente. Em seguida, estes sulcos foram parcialmente cobertos, para posterior distribuição de dez sementes de feijão por metro linear, objetivando um estande final de 160.000 plantas por hectare (considerando 20% de perdas das sementes).

A cultivar utilizada neste experimento foi a BRS Requinte, do grupo comercial carioca, indicada para cultivos "de seca" e "de inverno" nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Esta cultivar tem potencial produtivo de 2700 kg ha^{-1} e padrão de grão comercial tipo "Pérola", com a vantagem de manter a coloração clara do grão por um período de tempo maior na pós-colheita.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência das plantas, nas doses anteriormente descritas. Para tanto, foi aplicada ureia na superfície do solo, entre as linhas da cultura.

O controle de plantas daninhas em pós-emergência, pragas e doenças foi realizado de acordo com a necessidade da cultura.

Ao termino do ciclo da cultura, foram mensuradas a altura de planta, a altura de inserção da primeira vagem, o número de grãos por vagem, o número de vagens por planta, a massa seca do resíduo da parte aérea e a produtividade de grãos (13% de umidade).

Os dados foram submetidos à análise de variância (p<0,05), com posterior ajuste de regressões lineares múltiplas para as doses de P e N. A significância dos coeficientes das regressões foram testados pelos teste t (p<0,05).

Resultados e Discussão

Praticamente todas as variáveis analisadas foram influenciadas pelas doses de P e N, exceto o número de grãos por vagens (NGV) que não foi alterado pelas doses de N aplicadas em cobertura (Tabela 1).

A altura de planta (AP) respondeu positivamente às doses de P e N (Figura 1a), com acréscimo de 0,06 e 0,13 cm a cada kg de P_2O_5 e N aplicados por hectare, respectivamente. Isto demonstra a necessidade de aplicação de maiores doses de P em relação ao N para o bom desenvolvimento da cultura, provavelmente, devido à grande capacidade de adsorção de P do solo em que foi realizado o experimento. O aumento na AP é uma característica desejável, pois apresentou correlação positiva com a produtividade de grãos (Tabela 2), assim como observado por Cunha et al. (2011). Isto ocorre porque plantas bem nutridas e, consequentemente maiores, produzem maior número de estruturas reprodutivas (Portes, 1996; Cunha et al., 2011), fato este, confirmado neste trabalho pela correlação significativa entre AP e NVP.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 1. Valores de F de cada fonte de variação (FV) para altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), massa seca do resíduo da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PG).

FV	AP	AIPV	NGV	NVP	MSPA	PG
Bloco	0,5^{ns}	0,5^{ns}	0,5^{ns}	0,4^{ns}	0,3^{ns}	0,7^{ns}
P	11,7*	3,2*	7,7*	76,7*	57,9*	77,1*
N	29,4*	12,2*	2,2^{ns}	38,2*	27,5*	15,9*
P x N	8,1*	5,9*	1,6^{ns}	4,9*	1,7^{ns}	1,9^{ns}
C.V. (%)	6,9	6,8	8,1	8,3	11,5	12,5

C.V. = coeficiente de variação; * e ^{ns} = significativo e não significativo com p<0,05, respectivamente.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre altura de planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), massa seca do resíduo da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PG).

Variável	AIPV	NGV	NVP	MSPA	PG
AP	0,64*	0,57*	0,55*	0,58*	0,55*
AIPV	-	0,56*	0,31^{ns}	0,44*	0,37*
NGV	-	-	0,71*	0,66*	0,65*
NVP	-	-	-	0,84*	0,81*
MSPA				-	0,95*

* e ^{ns} = significativo e não significativo com p<0,05.

Para altura de inserção da primeira vagem (AIPV) observa-se apenas efeitos das doses de N (Figura 1b). Embora o teste F da análise de variância tenha considerado as doses de P como significativas, o valor do coeficiente angular de P_2O_5 (0,004) é muito baixo, assemelhando-se a zero pelo teste t. Assim, o incremento obtivo na AIPV com as doses de P são insignificantes. Por outro lado, obteve-se aumento de 0,015 cm para cada kg de N ha^{-1} adicionado e, foi possível alterar a AIPV de 11,6 cm para 12,8 cm quando aplicados 80 kg de N ha^{-1}, considerando a ausência de aplicação de P.

O número de grãos por vagem (NGV), de modo contrário a AIPV, foi influenciado apenas pelas doses de P (Figura 2a). O incremento nas doses de P elevou o NGV de forma linear, com aumento de 0,006 unidades para cada kg ha^{-1}de P_2O_5 aplicado, proporcionando a produção de quase um grão a mais por vagem quando aplicada a dose máxima (150 kg ha^{-1}). A ausência de resposta em NGV às doses de N também foi relatada por Meira et al. (2005), Arf et al. (1991), Viana et al. (2011), sendo esta característica de alta herdabilidade genética e pouco influenciada pelo ambiente (Andrade et al., 1998). Contudo, em situações ambientais altamente restritivas ao bom desenvolvimento da cultura, é possível haver alterações no NGV, conforme observado para as doses de P.

O número de vagens por planta (NVP), que conjuntamente com o NGV, é determinante da produtividade de grãos, foi alterado tanto pela aplicação de P como de N (Figura 2b). A magnitude com que as doses de P e N aumentaram o NVP foi exatamente a mesma (0,06 unidades para cada kg de P_2O_5 ou de N aplicados por hectare), demonstrando a importância do suprimento de ambos os nutrientes via fertilização para a obtenção de maior NVP. Isso fica ainda mais evidente ao compararmos o NVP sem aplicação de P e N (10,6) com o NVP obtido com a aplicação de 150 e 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e N, respectivamente (24,4). Esse incremento de mais de 130 % no NVP provavelmente teve grande influência sobre a produtividade de grãos, conforme relatado por Farinelli et al. (2006), Soratto et al. (2006), Silva et al., (2007) e Souza et al. (2008), e confirmado pela significativa correlação entre estas duas variáveis (Tabela 2).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

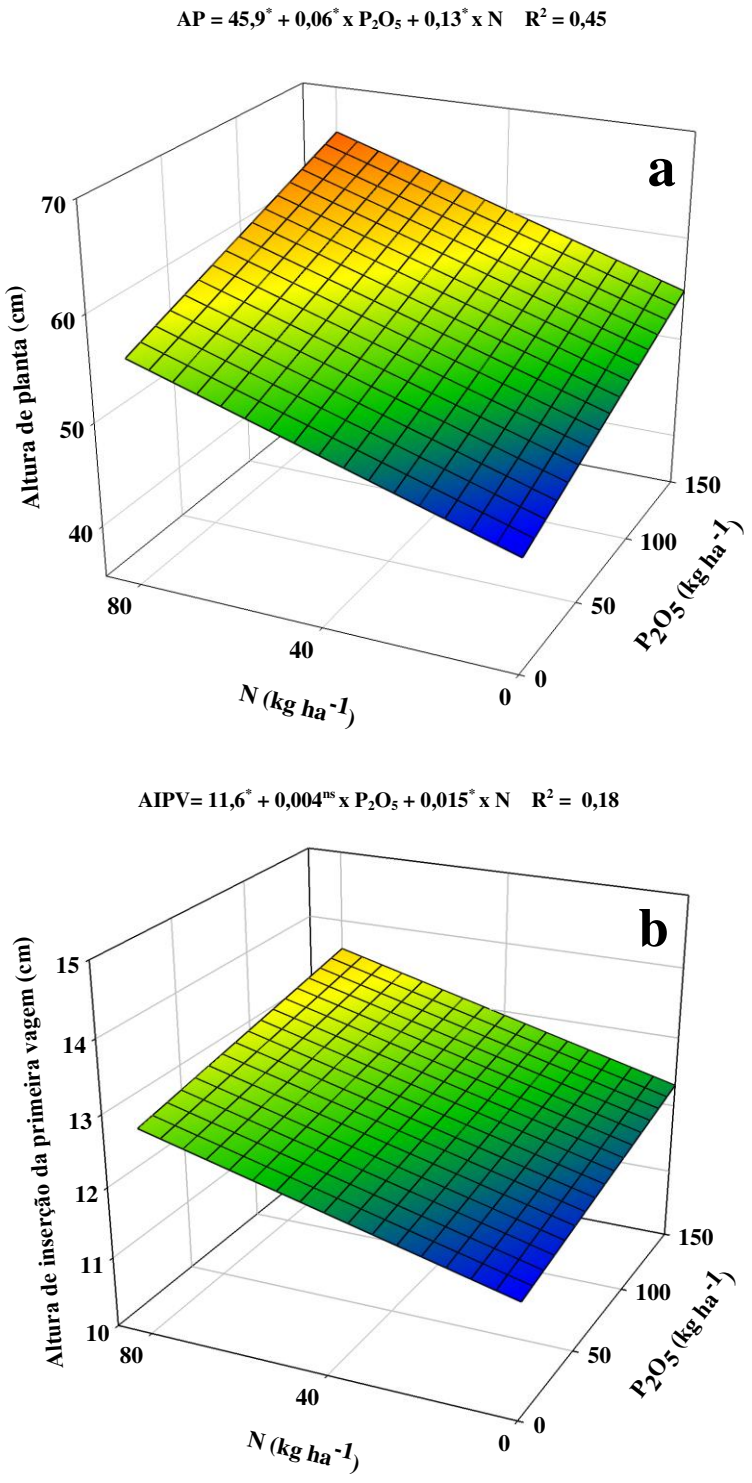


Figura 1. Altura de planta – AP (a) e altura de inserção da primeira vagem – AIPV (b) em função de doses de fósforo - P_2O_5, na semeadura, e nitrogênio - N, em cobertura, na cultura do feijoeiro comum. * e ns = significativo e não significativo com $p<0,05$, respectivamente.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

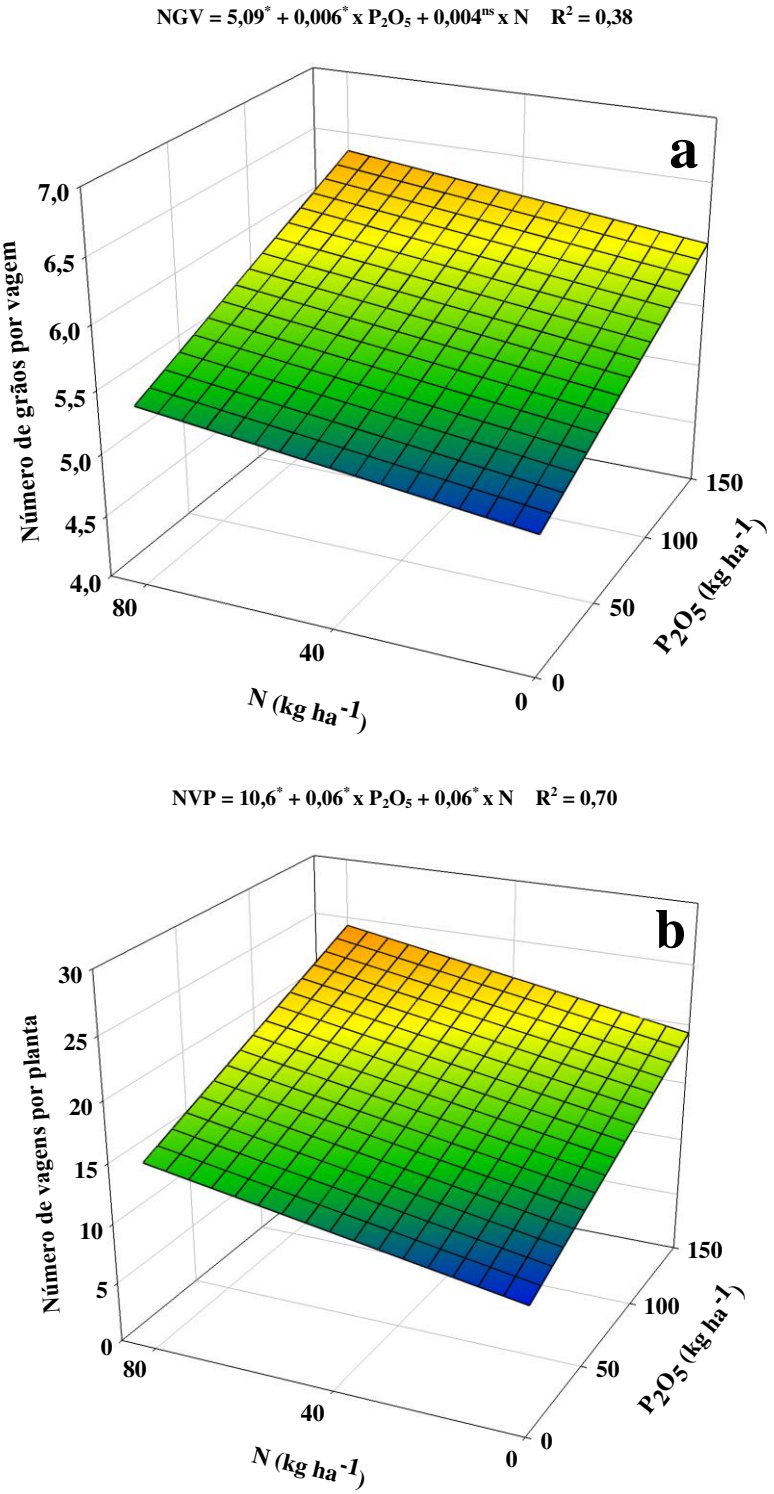


Figura 2. Número de grãos por vagem – NGV (a) e número de vagens por planta – NVP (b) em função de doses de fósforo - P_2O_5, na semeadura, e nitrogênio - N, em cobertura, na cultura do feijoeiro comum. * e ns = significativo e não significativo com $p<0,05$, respectivamente.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Para a massa seca do resíduo da parte aérea (MSPA), tanto as doses de P como de N foram fundamentais para o incremento desta variável (Figura 3a). De modo semelhante ao ocorrido para o NVP, a magnitude com que as doses de P e de N aumentaram a MSPA foram praticamente as mesmas (incremento de 6,4 e 6,3 kg ha^{-1} de MSPA para cada kg de P_2O_5 e N aplicados por hectare, respectivamente), embora algumas doses de P tenham sido maiores que as de N, resultando em maior incremento na MSPA devido a adubação fosfatada.

Como diversas variáveis determinantes da produtividade de grãos (PG), tais como NGV, NVP e MSPA, foram influenciadas pelas doses de P e N, o aumento na PG também ocorreu em resposta às adubações fosfatada e nitrogenada (Figura 3b). Embora a nutrição nitrogenada seja fundamental para a obtenção de elevadas produtividades de grãos na cultura do feijoeiro, principalmente após o cultivo de gramíneas (neste caso, o milho), neste experimento, a adubação fosfatada proporcionou maior incremento na PG do que a nitrogenada. Isto pode ser observado nos coeficientes angulares de P_2O_5 e N, que foram de 10,3 e 6,6 kg ha^{-1} de grãos, respectivamente.

A maior importância da adubação fosfatada sobre a PG neste experimento também pode ser verificada ao observar-se a PG quando aplicada a dose máxima de N na ausência de P (1374 kg ha^{-1} de grãos), e quando aplicada a dose máxima de P na ausência de N (2391 kg ha^{-1} de grãos). Para excluir a diferença entre as doses máxima de N e P, pode-se estimar a PG para a aplicação de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5, e assim, na ausência de N, obter-se-ia uma PG de 1670 kg ha^{-1}, a qual é 21% superior à obtida na mesma dose de 80 kg ha^{-1} de N. Essa resposta menos expressiva da PG às doses de N deve estar relacionada ao fato de que, a aplicação de P, provavelmente, aumentou o crescimento radicular e facilitou a exploração de maior volume de solo, podendo ter contribuído para maior absorção de N do solo, haja vista os incrementos na produtividade de grãos e o provável aumento na exportação de N mesmo na ausência de aplicação deste nutriente.

Esta hipótese já havia sido relatada por Rufty et al. (1990;1993), os quais comentaram que a diminuição no teor de N na planta estaria relacionada a menor absorção deste nutriente devido à redução no crescimento radicular, resultado da baixa disponibilidade de energia – ATP. Entretanto, Bueno et al. (1994), Gaudinová (1990) e Lu et al. (1992) relataram que é possível haver redução no processo de absorção/assimilação de N devido a diminuição na atividade da redutase do nitrato em função dos baixos níveis de citocinina na planta, que segundo Dhillon (1978), Menary & Van Staden (1976), Horgan & Wareing (1980) Kuiper et al. (1988), Salama & Wareing (1979) e Thorsteinsson & Eliasson (1990), podem ser causados pela deficiência de P.

Com base nos valores máximos de produção de massa seca do resíduo da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos (PG) estimados pelas regressões lineares múltiplas, pode-se calcular a necessidade de P e N da cultura, utilizando-se os teores médios de P e N encontrados por Fageria & Barbosa Filho (2008), que foram de 0,62 e 6,42 g kg^{-1} na MSPA e 3,84 e 32,12 g kg^{-1} nos grãos, respectivamente. Para P, foram obtidos os valores de 1,37 e 11,2 kg ha^{-1} de P, enquanto para N foram estimados os valores de 14 e 93 kg ha^{-1} de N na MSPA e nos grãos, respectivamente. Somando-se os valores estimados na MSPA e nos grãos, foram obtidos 12,57 kg ha^{-1} de P e 107 kg ha^{-1} de N, comprovando a maior necessidade de N em relação ao P pela cultura do feijoeiro. É importante ressaltar também que a maioria do P e do N é acumulada nos grãos, resultando em exportação de grande parte das quantidades absorvidas destes nutrientes, tornando-se importante a reposição destes via fertilizante.

Embora a necessidade de N do feijoeiro seja muito superior a de P, essa menor resposta às doses de N pode estar relacionada à absorção de N de outras fontes além do fertilizante. Nesta hipótese, é possível que a cultura tenha absorvido parte do N mineral proveniente do solo e, também, há a possibilidade de fixação de N por bactérias convivendo em simbiose com as plantas, conforme observado por Duque et al. (1985), os quais quantificaram a fixação de N_2 na cultura do feijoeiro e encontraram valores de até 31,7 kg ha^{-1} de N. Entretanto, a capacidade das plantas em estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de N_2 é muito variável entre as cultivares (Duque et al., 1985) e as diversas condições edafoclimáticas, não podendo-se precisar a quantidade de N que será fornecida via fixação para a cultura em determinada safra.

Conforme comentado anteriormente, a necessidade máxima de P da cultura foi de aproximadamente 12,57 kg ha^{-1} de P, e as doses aplicadas foram muito superiores a este valor, chegando a superar a necessidade em até 400% quando aplicada a maior dose (150 kg ha^{-1} de P_2O_5

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

ou 65,49 kg ha^{-1} de P). Isto ocorre devido à elevada capacidade de adsorção de P do solo em que foi desenvolvido o experimento, tendo em vista tratar-se de um solo argiloso e altamente intemperizado, no qual, provavelmente, a fração argila é composta principalmente por oxi-hidróxidos de Fe e Al.

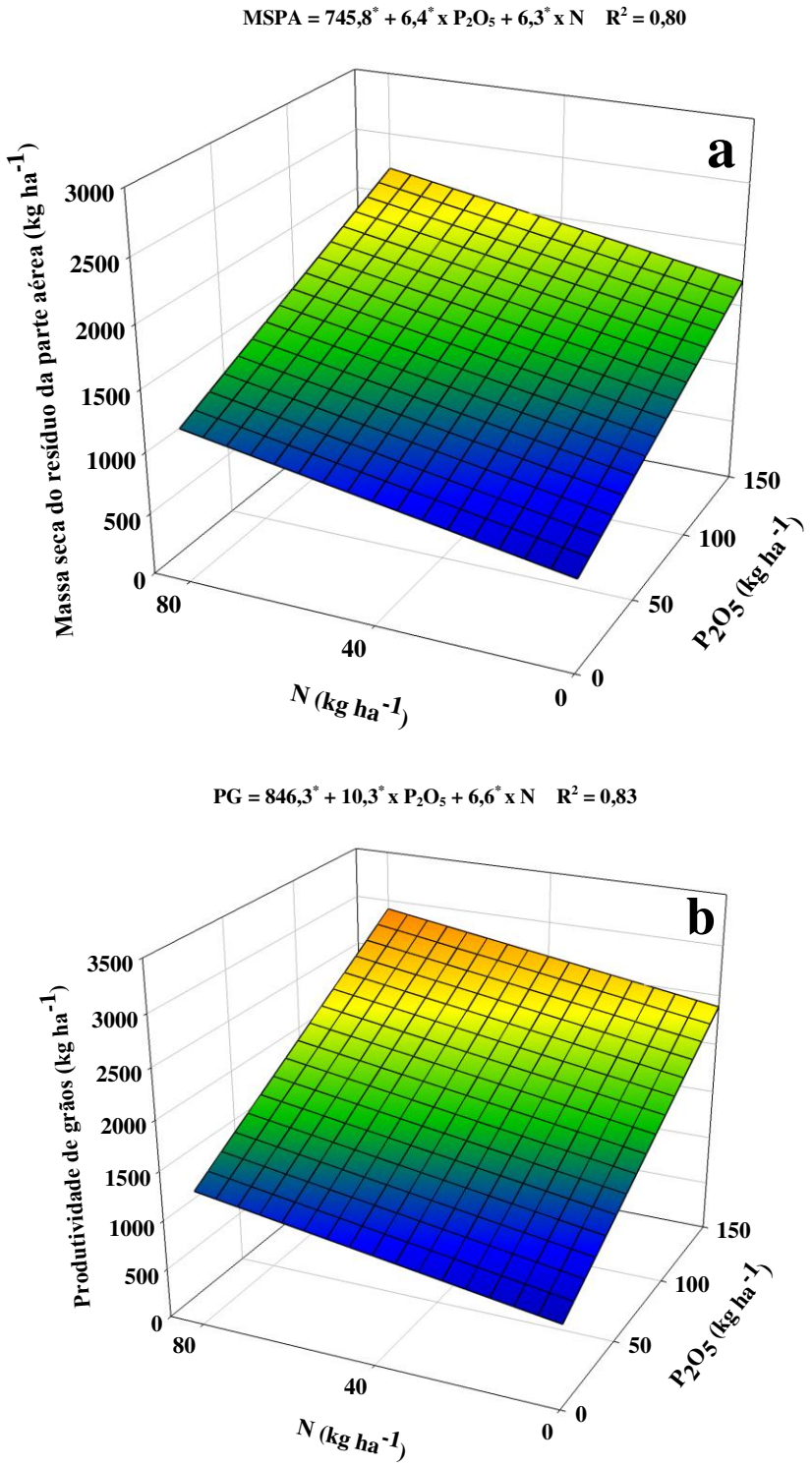


Figura 3. Massa seca do resíduo da parte aérea – MSPA (a) e produtividade de grãos – PG (b) em função de doses de fósforo - P_2O_5, na semeadura, e nitrogênio - N, em cobertura, na cultura do feijoeiro comum. * = significativo com p<0,05.

Conclusões

A altura de planta, o número vagens por planta, a massa seca do resíduo da parte aérea e a produtividade de grãos aumentaram com a aplicação de doses de P e N.

A altura de inserção da primeira vagem aumentou apenas com a aplicação de doses de N, enquanto o número de grãos por vagem teve incremento apenas quando aplicadas doses de P.

Os incrementos na massa seca do resíduo da parte aérea foram de mesma magnitude, tanto para doses de P como de N, enquanto a produtividade de grãos foi mais influenciada pelas doses de P.

Referências

ALMEIDA, C.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Uréia em cobertura e via foliar em feijoeiro. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 293-298, 2000.

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; AMBROSANO, G.M.B.; BULISANI, E.A.; BORTOLETTO, N; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; DE SORDI, G. Efeito do nitrogênio no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, v. 53, n. 2, p. 338-342, 1996.

ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.C.; CARVALHO, J.G.; LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, n. 4, p. 499-508, 1998.

ARAUJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; ALMEIDA, D.L. Growth and yield of common bean cultivars at two soil phosphorus levels under biological nitrogen fixation. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 809-817, 2000.

ARF, O.; FORNASIERI FILHO, D.; MALHEIROS, E.B.; SATTO, S.M.T. Efeito da inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca 80. I. Solo de alta fertilidade. **Revista Científica**, v.19, n. 1, p.29-38, 1991.

BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. **Bragantia**, v. 62, n. 03, p. 417-428, 2003.

BUENO, M.S.; ALONSO, A.; VILLALOBOS, N. Nitrate reduction in cotyledons of *Cicerarietinum* L.: regulatory role of cytokinins. **Plant Science**, v. 95, n. 2, p. 117–124, 1994.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e época de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.

CHIDI, S. N.; SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S. Nitrogênio via foliar e em cobertura em feijoeiro irrigado. **Acta Scientiarum: Agronomia**, v. 24, n. 05, p. 1391-1395, 2002.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R.P.; SILVA, L.M.; LEMOS, L.B. Fontes e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sucessão a gramíneas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1545-1552, 2007.

CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; NACAGAWA, J.; LEMOS, L.B.; MARUBAYASHI, O.M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 108-115, 2003.

CUNHA, P.C.R ; SILVEIRA, P.M.; XIMENES, P.A.; SOUSA, R.F.; ALVES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, J.L. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Online), v. 41, n. 1, p. 80-86, 2011.

DE GROOT, C.C.; MARCELIS, L.F.M.; BOOGAARD, R.; KAISER, W.M.; LAMBERS, H. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. **Plant and Soil**, v. 248, n. 1-2, p. 257-268, 2003.

DE GROOT, C.C.; MARCELIS, L.F.M.; VAN DEN BOOGAARD, R.; LAMBERS, H. Regulation of growth by phosphorus supply in whole tomato plants. In: Plant Nutrition – Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems, 2001, Hannover, Germany. **Proceedings…** XIV International Plant Nutrition pp, 2001. p. 114–115.

DHILLON, S.S. Influence of varied phosphorus supply on growth and xylem sap cytokinin level of sycamore (*Platanus occidentalis* L.) seedlings. **Plant Physiology**, v. 61, n. 4, p. 521–524, 1978.

DUQUE, F.F, NEVES, M.C.P.; FRANCO, R.L.; BODDEY, R.M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* to Rhizobium inoculation and the quantification of N_2 fixation using ^{15}N. **Plant and Soil**, v. 88, n. 3, p. 333-343, 1985.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Influence of pH on productivity, nutrient use efficiency by dry bean, and soil phosphorus availability in a no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 7-8, p. 1016-1025, 2008.

FARINELLI, R.; LEMOS, L.B.; PENARIOL, F.G.; EGÉA, M.M.; GASPAROTO, M.G. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro, em plantio direto e convencional.. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n.2, p. 307-312, 2006.

GAUDINOVÁ, A. The effect of cytokinins on nitrate reductase activity. **Biologia Plantarum**, v. 32, n. 2, p. 89–96, 1990.

GRANT, C. A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. The importance of early season phosphorus nutrition. **Canadian Journal of Plant Science,** v. 81, n. 2, p. 211-224, 2001.

HORGAN, J.M.; WAREING, P.F. Cytokinins and the growth response of seedlings of *Betula pendula* Roth. and *Acer pseudoplatanus* L. to nitrogen and phosphorus deficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 31, n, 2 p. 525–532, 1980.

JESCHKE, W.D.; PEUKE, A.D.; KIRKBY, E.A.; PATE, J.S.; HARTUNG, W. Effects of P deficiency on the uptake, flows and utilization of C, N and H_2O within intact plants of *Ricinus communis* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 47, n. 11, p. 1737–1754, 1996.

KIKUTI, H.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R. Nitrogênio e fósforo em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) variedade cultivada BRS MG Talismã. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 415-422, 2005.

KUIPER, D.; SCHUIT, J.; KUIPER, P.J.C. Effects of internal and external cytokinin concentrations on root growth and shoot to root ratio of *Plantago major* ssp *pleiosperma* at different nutrient conditions. **Plant and Soil**, v. 111, n. 2, p. 231–236, 1988.

LEMOS, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 319-326, 2004.

LU. J.L.; ERTL, J.R.; CHEN, C. Transcriptional regulation of nitrate reductase mRNA levels by cytokinin-abscisic acid interaction in etiolated barley leaves. **Plant Physiology**, v. 98, n. 4, p. 1255–1260, 1992.

MEIRA, F.A.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; ARF, O. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto**.** **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.

MENARY, R.C. VAN STADEN, J. Effect of phosphorus nutrition and cytokinins on flowering in the tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. **Australian Journal Of Plant Physiology**, v. 3, n. 2, p. 201–205, 1976.

MIRANDA, L. N.; AZEVEDO, J.A.; MIRANDA, J.C.C.; GOMES, A. C. Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regime de irrigação em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 703-710, 2000.

OLIVEIRA, I.P.; ARAUJO, R.S.; DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. (eds.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p. 169-221.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos, 1996. p.101-131.

RUFTY, T.W.JR.; ISRAEL, D.W.; VOLK, R.J.; QIU, J.; SA, T. Phosphate regulation of nitrate

assimilation in soybean. **Journal of Experimental Botany**, v. 44, n. 5, p. 879–891, 1993.

RUFTY, T.W.JR.; MACKOWN, C.T.; ISRAEL, D.W. Phosphorus stress effects on assimilation of nitrate. **Plant Physiology**, v. 94, n. 1, p. 328–333, 1990.

SALAMA, A.M.S.; EL-D, A.; WAREING, P.F. Effects of mineral nutrition on endogenous cytokinins in plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 30, n. 5, p. 971–981, 1979.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J. B. (Eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SCHJØRRING, J.K. Nitrate and ammonium absorption by plants growing at sufficient or insufficient level of phosphorus in nutrient solutions. **Plant and Soil**, v. 91, n. 3, p. 313–318, 1986.

SILVA, A.O.; LIMA, E.A.; MENEZES, H.E.A. Rendimento de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em diferentes densidades de plantio. **Revista das Faculdades Integradas de Bebedouro**, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2007.

SILVA, E.B.; RESENDE, J.C.F.; CINTRA, W.B.R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 973-977, 2001.

SILVA, R.J.S.; VAHL, L.C. Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada num Neosolo Litolítico distrófico da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 2, p.129-132, 2002.

SILVA, T.R.B.; LEMOS, L.B.; TAVARES, C.A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 739-745, 2006.

SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C.; ARF. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 259-265, 2006.

SORATTO, R.P.; SILVA, T.R.B.; ARF, O.; CARVALHO, M.A.C. Níveis e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura no feijoeiro irrigado em plantio direto. **Cultura Agronômica**, v.10, n. 1, p.89-99, 2001.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (eds). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 147-168.

SOUTO, J.S.; OLIVEIRA, F.T.; GOMES, M.M.S.; NASCIMENTO, J.P.; SOUTO, P.C. Efeito da aplicação de fósforo no desenvolvimento de plantas de feijão guandu (*Cajanus cajan* (l) millsp). **Revista Verde,** v. 4, n. 1, p. 135-140, 2009.

SOUZA, A.B.; ANDRADE, M.J.B.; VIEIRA, N.M.B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 1, p. 39-43, 2008.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n. 3, p.473-481, 2001.

THORSTEINSSON, B.; ELIASSON, L. Growth retardation induced by nutritional deficiency or abscisic acid in *Lemna gibba*: The relationship between growth rate and endogenous cytokinin content. **Plant Growth Regulation**, v. 9, n. 2, p. 171–181, 1990.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.

VIANA, T.O.; VIEIRA, N.M.B.; MOREIRA, G.B.L.; BATISTA, R.O.; CARVALHO, J.P.; RODRIGUES, H.F.F. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 115-120, 2011.

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. (eds). **Cultura do feijoeiro no Brasil: características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 75 p.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A.M.; RAMOS JUNIOR, E.U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.