

Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio na semeadura e cobertura no sistema plantio direto

Elias Franco*, Carlos Alberto de Bastos Andrade, Carlos Alberto Scapim e Paulo Sérgio Lourenço de Freitas

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.
*Autor para correspondência. E-mail: ciafranco@bol.com.br

RESUMO. O manejo da adubação nitrogenada no sistema plantio direto é muito importante, e a resposta à sua aplicação depende da dose aplicada e da época de sua aplicação. O objetivo do trabalho foi avaliar as respostas de diferentes doses e métodos de aplicação de nitrogênio para a cultura do feijoeiro em plantio direto. Os tratamentos foram: T1 = 0; T2 = 20 + 30; T3 = 40 + 60; T4 = 60 + 90; T5 = 80 + 120 e T6 = 100 kg ha⁻¹ de N. Em T6, a aplicação de nitrogênio foi todo na semeadura. Nos demais, exceto T1, parte do N (uréia) foi aplicado na semeadura e a outra em cobertura no estágio V₄. O delineamento experimental utilizado foram blocos casualizados. Foram avaliados: índice de área foliar, matéria seca de folha população final, os componentes de produção e os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, e Mn. Observaram-se diferenças entre os tratamentos para o conteúdo de matéria seca de folhas, índice de área foliar, número de vagens por planta, produtividade e para os teores foliares de N, P, Ca, Mg e Cu. Para a população final, o número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos e para os teores foliares de K, Zn e Mn, não foram observadas diferenças.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., adubação nitrogenada, parcelamento do nitrogênio, teores foliares, produção de grãos.

ABSTRACT. Response of the common bean to nitrogen application at sowing and topdressing in non-tillage systems. Nitrogen fertilization management in non-tillage systems is very important, and the response to its application depends on the applied nitrogen rate as well as the time of application. The objective of this work was to determine the responses of bean crops to different nitrogen dosages and application methods in non-tillage. Treatments were carried out as follows: T1 = 0; T2 = 20 + 30; T3 = 40 + 60; T4 = 60 + 90; T5 = 80 + 120 e T6 = 100 kg ha⁻¹ of N. Nitrogen application in T6 was done during sowing. In the other treatments, except T1, part of the N (urea) was applied during sowing and the other part at coverage, during the V₄ stage. The randomized blocks experimental design was applied. N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn and Mn production components, leaf area index, dry matter of leaves, final population and foliar content were evaluated. Significant differences were found among leaf dry matter content, leaf area index, number of pods per plant, yield and foliar content for N, P, Ca, Mg and Cu. However, final population, number of grains per pod, hundred grain mass, as well as K, Zn and Mn foliar content showed no significant differences.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L, nitrogen fertilization, nitrogen split application, foliar content, grains yield.

Introdução

A área de cultivo, em sistema de plantio direto, vem crescendo anos após anos no Estado do Paraná, e com isto tem gerado questionamento sobre adubação nitrogenada em relação às doses, às épocas e ao modo de aplicação para a cultura do feijoeiro.

Dentre os nutrientes, destaca-se o nitrogênio, o seu fornecimento em quantidade adequada propicia alta atividade fotossintética, crescimento vegetativo vigoroso e folhas verde-escuras. A deficiência de

nitrogênio associa-se ao pequeno desenvolvimento das plantas, as folhas verde-pálidas ou mesmo amareladas e ao desenvolvimento de poucas flores, acarretando perdas na produção (Vieira, 2006). Para alta produtividade, quantidade superior a 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio são necessárias para a cultura do feijoeiro (Vieira, 2006). A absorção de nitrogênio promove maior influência na absorção de cátions e ânions, além do que, é o nutriente mais absorvido pelo feijoeiro e o único que pode ser absorvido tanto

na forma catiônica quanto aniônica (Vale *et al.*, 1993). A maior absorção da forma nítrica causa elevação do pH e quando prevalecer à absorção na forma amoniacal ocorre o abaixamento (Vale *et al.*, 1993 e Marschner, 1995). O teor foliar adequado de nitrogênio no feijoeiro no estágio R₆ (florescimento pleno, segundo escala de Fernández *et al.* (1986)) de acordo com a metodologia descrita por Raji (1991), é de 30 a 50 g kg⁻¹ de massa seca de folhas. Oliveira *et al.* (1996) afirmam que plantas com deficiências de nitrogênio apresentam, além de folhas com coloração amarelada, vagens com número e tamanho de grãos menores. Em estudo que confirma a importância do nitrogênio para o feijoeiro, Andrade *et al.* (2000) trabalharam com quatro solos de várzeas utilizando a técnica do elemento faltante, e concluíram que a omissão de nitrogênio reduz o crescimento, o número de vagens por planta e o rendimento de grãos. Embora no feijoeiro ocorra a fixação simbiótica de nitrogênio, que segundo Cassini e Franco (1998), contribui com cerca de 20 a 30% do nitrogênio à planta, o fornecimento de nitrogênio é necessário, pois o nitrogênio é o nutriente mais absorvido por esta espécie (Rosolem, 1987 e Vieira, 2006).

O nitrogênio por ser afetado por uma dinâmica complexa e que não deixa efeitos residuais diretos das adubações. O manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis (Raji, 1991).

Em geral, têm-se obtido respostas do feijoeiro ao nitrogênio em todo o Brasil, embora a frequência e amplitude de respostas variam de região para região, e ainda dentro de uma mesma região em função do tipo de manejo (Rosolem, 1987).

Vieira (2006), em levantamento feito no Estado de Minas Gerais, descreve que dos 80 ensaios conduzidos em condição de campo, 51 (64%) deles houve respostas positivas à aplicação de nitrogênio e em três casos a resposta produtiva foi negativa.

Em solos que apresentam elevada disponibilidade de restos culturais com alta relação C/N, acima de 30:1 (Lopes, 1989), o nitrogênio pode torna-se insuficiente às plantas em decorrência da fixação microbiana do solo Lopes (1989).

Em estudos realizados por Arf *et al.* (2005), foi avaliado o efeito residual de coberturas vegetais e as doses de nitrogênio aplicado na cultura do feijoeiro em plantio direto e constataram que a aplicação de nitrogênio em cobertura não influenciou os componentes de produção e nem na produtividade de grãos, independente dos tipos de resíduos vegetais existente em cobertura. Meira *et al.* (2005) avaliaram a aplicação de 0, 40, 80, 120, 160, 200 e

240 kg ha⁻¹ de nitrogênio na cobertura do feijoeiro em sistema plantio direto e irrigado. A cultura anterior foi o arroz e a cultivar de feijão utilizada foi a IAC Carioca. A aplicação da uréia, em cobertura, foi realizada no estágio V_{4,5} (quinta folha trifoliolada em mais de 50 % das plantas), no estágio V_{4,9} (primeiros botões florais em mais de 50% das plantas), estando as plantas com aproximadamente 11 a 12 folhas trifolioladas e no estágio R₆ (primeira flor aberta em mais de 50% das plantas). Como resultado, obtiveram que a aplicação de nitrogênio nas diferentes fases da cultura não interferiu no número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa de 100 sementes. No entanto, houve influência na produtividade de grãos. Silveira *et al.* (2005) conduziram um experimento em condição de plantio direto e sob irrigação com o objetivo de avaliar a resposta do feijoeiro à adubação nitrogenada em cobertura, em sucessão às culturas de braquiária cv. Marandu, milho em consórcio com braquiária, guandu, milheto, mombaça, sorgo granífero, e estilosante cv. Mineirão, e como resultado observaram que o feijoeiro respondeu à aplicação de nitrogênio em cobertura em todas as sucessões. Kiehl *et al.* (1993) estudaram o efeito dos modos de aplicação de uréia na produção de feijão e observaram que a aplicação de uma só vez em cobertura conferiu menores produções, enquanto que o fracionamento da dose aplicada (no plantio e cobertura) ou somente no plantio foram os melhores métodos e igualmente efetivos.

É consenso de que a incorporação do adubo nitrogenado quando aplicado em cobertura, deve ser realizada logo após à sua aplicação, principalmente, se a fonte de nitrogênio for a uréia. Estudos desenvolvidos por Lara Cabezas *et al.* (2000) indicam que podem ocorrer perdas de até 54% do nitrogênio quando a uréia é aplicada na superfície do solo, principalmente em solo com baixo teor de umidade, ou ainda sobre restos culturais. Esses autores destacam ainda que as perdas são insignificantes quando a uréia é incorporada em profundidade de 5 a 8 cm.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a campo, a resposta do feijoeiro comum, cultivar IPR Juriti, às doses de nitrogênio e aos métodos de aplicação que compreende a aplicação da dose total na semeadura e a aplicação de parte da dose na semeadura e o restante da mesma em cobertura, durante o estágio V₄ (emissão da terceira folha trifoliolada), segundo escala de Fernández *et al.* (1986), em sistema plantio direto.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no período denominado “safra das águas” (primavera-verão) entre agosto/2004 e janeiro/2005, em área da Fazenda Escola do Colégio Agrícola Estadual Manoel Ribas, de Apucarana-PR, situado na região norte do Estado do Paraná (23°30'S; 51°32'W Grw.; 746m). O clima da região, de acordo com a classificação Koeppen, é do tipo Cfb. (IAPAR, 1994). A temperatura mínima diária e máxima diária assim como, a precipitação pluvial diária durante o período que antecederam ao cultivo e que ocorreram na fase de cultivo é apresentada na Figura 1.

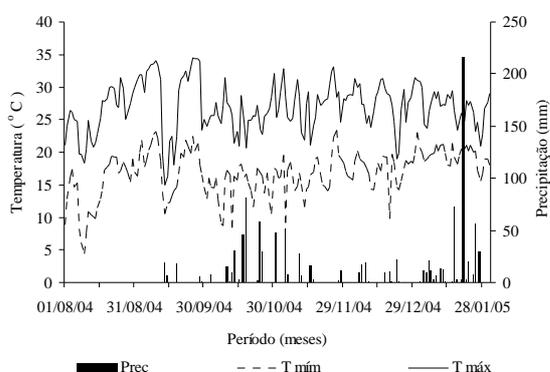


Figura 1. Temperatura mínima diária, máxima diária e precipitação pluvial diária, no período de agosto de 2004 a janeiro de 2005, em Apucarana-PR. Dados fornecidos pelo Simepar (Sistema Meteorológico do Paraná).

O solo da área experimental, conforme Embrapa, (1999), classifica-se como Nitossolo Vermelho eutroférico.

O solo, coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade na área experimental, foi levado ao laboratório para que se efetuassem as análises e como resultados foram obtidos para a análise granulométrica: areia grossa = 90 g kg⁻¹, areia fina = 60 g kg⁻¹, silte = 110 g kg⁻¹, argila = 740 g kg⁻¹ e quanto para a análise química, essa foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1997), sendo o pH (H₂O) = 6,0; pH (CaCl₂) = 5,1; Al⁺⁺⁺ = 0,0 cmol_c dm⁻³; H⁺ + Al⁺⁺⁺ = 4,96 cmol_c dm⁻³; Ca⁺⁺ = 5,04 cmol_c dm⁻³; Mg⁺⁺ = 3,44 cmol_c dm⁻³; K⁺ = 0,20 cmol_c dm⁻³ e P = 11,0 mg dm⁻³; SB = 8,68 cmol_c dm⁻³ e CTC = 13,64 cmol_c dm⁻³, V% = 63,64; C = 25,74 g dm⁻³; e para os micronutrientes Fe = 53,30 mg dm⁻³; Zn = 1,88 mg dm⁻³; Cu = 4,57 mg dm⁻³ e o Mn = 73,70 mg dm⁻³. Em função dos resultados da análise, não foi realizada a calagem, uma vez que a saturação de bases do solo era de 63,64%. A adubação fosfatada e potássica foram, respectivamente, de 30 kg de P₂O₅

ha⁻¹ e 40 kg de K₂O ha⁻¹, tendo como fonte o Superfosfato Simples e o Cloreto de Potássio, ambos aplicados por ocasião da semeadura.

A semeadura foi realizada no dia 23/10/04 e a colheita no dia 23/01/05. A cultivar utilizada foi a IPR Juriti, grupo comercial Carioca, hábito de crescimento indeterminado, (Tipo II). O delineamento experimental utilizado foi o bloco casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições. O cultivo do feijoeiro foi realizado em sistema plantio direto em área que anteriormente foi cultivado de acordo com a seguinte ordem (sorgo, aveia preta, soja e por último trigo).

Os seis tratamentos foram definidos da seguinte forma: T1 = 0; T2 = 20+30; T3 = 40+60; T4 = 60+90; T5 = 80+120 e T6 = 100 kg ha⁻¹ de N. Em T6, a aplicação de nitrogênio foi todo na semeadura. Nos demais, exceto o tratamento testemunha (T1), uma parte do N na forma de uréia foi aplicado na semeadura e a outra em cobertura, estágio V₄ (emissão da terceira folha trifoliolada), segundo escala de Fernández *et al.* (1986). O adubo foi aplicado próximo das fileiras do feijoeiro, formando um filete sobre a superfície do solo. A semeadura e a adubação foram realizadas manualmente. As sementes foram tratadas com Benomyl 500, na dose de 100 g 100 kg⁻¹ de sementes. O controle de plantas daninhas foi realizado mediante a aplicação de 0,5 L ha⁻¹ do produto Fluazifop-p-Butil na formulação 200 = 250 g L⁻¹, quando o feijoeiro encontrava-se no estágio V₃ (emissão da primeira folha trifoliolada). Posteriormente, efetuou-se o repasse por meio do controle manual. O controle de doenças foi realizado preventivamente, aplicando uma vez após a realização da coleta de plantas no florescimento. O produto utilizado foi o Tebuconazole 250, na dose de 250 g ha⁻¹.

As parcelas foram constituídas por seis linhas de 6,0 metros de comprimentos e espaçadas, entre si, de 0,45 m, com densidade de semeadura de 13 sementes por metro linear de sulco. A área útil da parcela foi composta pelas duas linhas centrais, excluindo-se 0,5 m de suas extremidades, sendo, portanto, a área útil de cada parcela de 4,5 m².

As características estudadas foram: índice de área foliar, matéria seca de folha, teor foliar de macro e micronutrientes, componentes de produção e população final. Quanto à área foliar (AF), esta foi estimada, conforme descrito por Andrade *et al.* (2005), que consiste em coletar todas as folhas da quatro plantas, colhidas ao acaso da área útil de cada parcela durante o estágio de florescimento (R₆). Destas plantas, retiraram-se três folhas trifolioladas de cada uma das plantas, uma de cada terço da

planta. Para cada uma das folhas, retiraram-se três discos, um de cada folíolo, com o auxílio de um 'furador' com a área de corte conhecida. Os discos foliares foram acondicionados separadamente em sacos de papel e levados para secagem em estufa a 65°C com circulação de ar forçado. A partir da massa seca dos discos foliares e da área foliar ocupada pelos mesmos, e também da massa seca total das folhas da planta, efetuou-se o cálculo da área foliar da planta de feijoeiro e o índice de área foliar (IAF) que foi obtido por meio da divisão do valor da área foliar pela área ocupada pela planta (S), conforme descrito por Benincasa (2003).

Em relação aos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, e Mn, estes foram realizados de acordo com a metodologia descrita por Rajj (1991), que consiste em coletar todas as folhas das plantas, lavar e secar preferencialmente a 65°C até massa constante e, posteriormente efetuar a moagem. Para a realização deste estudo, foram coletadas todas as folhas de quatro plantas conforme Andrade *et al.* (2005). Após o processo de moagem, o material passou pelo processo de digestão via úmida, utilizando combinação de ácido nítrico e perclórico, desta forma obtendo-se os teores totais dos nutrientes. Estes teores de nutrientes, no material, foram analisados quimicamente, conforme metodologia proposta por Malavolta *et al.* (1997) que compreendem para o N a utilização do método Kjeldahl; para P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn por meio da digestão nítrico-perclórica e determinados nos extratos: P – colorimetria; K – fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica. A interpretação dos resultados, dentro das faixas críticas do teor de cada elemento nas folhas do feijoeiro, foi realizada de acordo com Rajj (1991).

Foram retiradas dez plantas ao acaso da área útil de cada uma das parcelas para determinar os

componentes primários da produção: número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de 100 grãos (M 100 G). No final do estágio de maturidade fisiológica R₉ (maturidade das vagens, segundo escala de Fernández *et al.*, 1986), foi avaliada a produtividade de grãos (PROD), mediante à colheita de todas as plantas da área útil. Os grãos foram pesados e, a suas massas foram corrigidas para 13% de umidade de acordo com a expressão: $M = Mc (100 - U_o) / (100 - U_i)$, em que: M = massa corrigida; Mc = massa de campo; U_o = umidade de campo (%); U_i = umidade de correção = (13%). As populações de plantas por hectare (POP) foram determinadas a partir dos números de plantas verificadas em cada área útil de cada parcela por ocasião da colheita.

Após a coleta e tabulação dos dados, procedeu-se a análise estatística, segundo recomendação de Campos (1984), utilizando-se o programa SAEG 8.0 (Ribeiro Junior, 2001), da UFV. As comparações entre as médias dos tratamentos foram efetuadas pelo teste Scott-Knott, em nível de 5%.

Resultados e discussão

Os resumos das análises de variância da matéria seca de folha (MSF), índice de área foliar (IAF), população de plantas ha⁻¹ (POP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M 100 G) e produtividade (PROD), encontram-se na Tabela 1.

Observa-se que houve diferenças para IAF, MSF, NVP, PROD, no entanto, não foram observadas diferenças entre os tratamentos para POP, NGV e M100 G (Tabela 1).

Os resumos das análises de variância dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Resumo da análise de variância de população de plantas (POP), índice de área foliar (IAF), matéria seca de folhas (MSF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M 100 G) e Produtividade de grãos (PROD), em função de doses e métodos de aplicação de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. Apucarana, Estado do Paraná, 2004/05.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios						
		POP	IAF	MSF	NVP	NGV	M 100 G	PROD
Tratamento	5	0,5196731 ^{ns}	0,8507995*	4,347811*	41,43260*	0,1178913 ^{ns}	1,019203 ^{ns}	1429763,0*
Blocos	4	0,1832924	0,8443648	0,4371383	10,88367	0,2781050	1,970113	377290,2
Resíduo	20	0,4188530	0,1229611	0,6313963	5,327267	0,3041630	0,7917633	90951,34

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo pelo teste F (p ≤ 0,05).

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn em função de doses e métodos de aplicação de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. Apucarana, Estado do Paraná, 2004/05.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios							
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn
Tratamento	5	271,9727*	0,3921393*	8,3906 ^{ns}	44,64223*	56,64364*	8,783733*	78,678 ^{ns}	805,85 ^{ns}
Blocos	4	1,227042	0,1925583	7,130933	3,420537	2,222408	1,896333	30,28083	530,8212
Resíduo	20	6,437846	0,8724433	3,639357	7,627167	2,178966	2,992733	97,26823	357,8994

ns = não-significativo pelo teste F; * significativo p ≤ 0,05 pelo teste F.

Observa-se que houve diferenças para os teores foliares de N, P, Ca, Mg e Cu. No entanto, não foram observadas diferenças entre os tratamentos para os teores foliares de K, Zn e Mn (Tabela 2).

As médias das características avaliadas, em função de doses e métodos de aplicação de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro, encontram-se na Tabela 3.

Em relação ao número de plantas por hectare (POP) não houve diferença entre os tratamentos.

No que se refere ao índice de área foliar (IAF), observa-se que ocorreram diferenças entre os tratamentos. Os maiores valores de (IAF) foram obtidos para os tratamentos que receberam doses iguais ou maiores de 100 kg ha⁻¹ de N. Os menores valores foram para o tratamento-testemunha e para aquele que recebeu 50 kg ha⁻¹ de N parcelado. Os tratamentos que apresentaram os valores médios do IAF maiores (ficaram entre 1,62 e 2,10) foram os que proporcionaram as maiores produtividades (Tabela 3).

Em relação à matéria seca de folhas (MSF), os maiores valores ocorreram quando se aplicou nitrogênio na dose igual ou superior a 100 kg ha⁻¹ de N, enquanto os menores valores, para doses de até 50 kg ha⁻¹ de N (Tabela 3). Esses resultados indicam que o N presente no solo e a quantidade de 50 kg ha⁻¹ de N foram insuficiente para o acúmulo de matéria seca foliar nos mesmos níveis dos demais tratamentos que receberam maiores quantidades de N. Com isto, fica evidente que em sistema de plantio direto com elevado teor de matéria orgânica há necessidade da aplicação de N em doses mais elevadas para obter plantas com maiores valores de massa de folhas.

Observa-se, na (Tabela 3), que houve diferença significativa entre tratamentos para o número de vagens por planta (NVP). Os acréscimos do NVP entre o tratamento 0 kg ha⁻¹ de N e os demais tratamentos que receberam as doses de 20+30; 40+60; 60+90; 80+120 e 100 kg ha⁻¹ de N foram, respectivamente de 78,03; 118,56; 112,5; 148,86 e

138,63%, evidenciando a importância da aplicação de nitrogênio, independente do método da aplicação do nitrogênio, quer seja parcelado ou aplicado todo na semeadura. Corroboram com estes resultados Silveira e Damasceno (1993).

Quanto o número de grãos por vagem (NGV), este não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 3). Em estudos realizados por Andrade *et al.* (1998b), envolvendo adubação de N, não foi obtida diferença para o NGV. Segundo estes autores, isto se deve, provavelmente, devido ao NGV sofrer menor influência do ambiente e este caráter está mais relacionado com o genótipo.

Em relação à massa de 100 grãos (M 100 G) a mesma não foi influenciada pelos tratamentos utilizados. Todos os valores estiveram próximos de 25,75 g que é o valor descrito para a cultivar (Tabela 3).

Entre as características avaliadas a de maior interesse aos produtores é a produtividade. As condições climáticas, em especial as temperaturas mínimas e máximas diárias no período, assim como, as ocorrências de precipitações bem distribuídas no período, sobretudo, na germinação e na semana que antecedeu ao florescimento, são condições muito importantes a serem observadas.

Conforme pode ser verificado na Figura 1, as ocorrências de precipitação após a semeadura e na semana anterior ao período de florescimento foram favoráveis. Quanto à temperatura mínima e máxima diária, sobretudo no período de florescimento, verifica-se que para a temperatura mínima registrada nestes dias foram favoráveis e a temperatura máxima em alguns dias do período do florescimento não foi favorável, ou seja, apresentou acima do desejado. Segundo Mariot (2000), a temperatura ambiente mais favorável situa-se próximo a 21°C e que temperatura diurna superior a 30°C e noturna acima de 25°C causam redução nos componentes de produção, principalmente no número de flores e no número de vagens pequenas por planta.

Tabela 3. Valores médios de população de plantas (POP), índice de área foliar (IAF), matéria seca de folha (MSF), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagens (NGV), massa de 100 grãos (M100 G) e produtividade de grãos (PROD), em função de doses e métodos de aplicação de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. Apucarana, Estado do Paraná, 2004/05.

Trat.	Mét/doses	Características						
		Pop ¹	IAF	MSF ²	NVP	NGV	M100G ³	PROD ⁴
T1	0	199.666	0,96b	2,17b	5,28b	5,12	24,57	880,782c
T2	20 + 30	170.666	1,34b	3,04b	9,40a	4,84	24,01	1.460,755b
T3	40 + 60	173.777	1,62a	3,74a	11,54a	4,80	24,07	1.891,324a
T4	60 + 90	187.555	1,80a	4,07a	11,22a	4,81	25,01	2.259,013a
T5	80 + 120	188.888	1,89a	4,27a	13,14a	4,65	25,07	2.248,347a
T6	100	167.999	2,10a	4,76a	12,60a	4,79	24,41	2.023,355a
Média		179.925	1,62	3,68	10,53	4,83	24,52	1.793,930
C.V.(%)		11,37	21,57	21,61	21,91	11,40	3,62	16,01
DMS		27,052	0,46	1,05	3,05	0,72	1,17	398,63

¹(plantas ha⁻¹); ²(g planta⁻¹); ³(g); ⁴(kg ha⁻¹); Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

A produtividade de grãos (PROD) diferiu entre tratamentos. Os maiores rendimentos foram observados, nos tratamentos que tiveram como doses 40+60; 60+90; 80+120 e 100 kg ha⁻¹ de N, enquanto que os menores para a aplicação das doses de 0 e 20+30 kg ha⁻¹ de N (Tabela 3). A produtividade entre o tratamento 0 kg ha⁻¹ de N e os tratamentos que proporcionaram os maiores rendimentos 40+60; 60+90; 80+120 e 100 kg ha⁻¹ de N, foram acrescidas de 114,73, 156,48, 155,26 e 129,72%, respectivamente. Esses resultados denotam a importância da aplicação de N, tanto aplicada parte da dose na semeadura e o restante em cobertura quanto aplicada a dose total somente na semeadura, para a cultura do feijoeiro conduzido em condição de plantio direto. Isto pode ser explicado em parte pela redução dos níveis de precipitações ocorrida após a emergência do feijoeiro que se deu no início de novembro. A maior precipitação foi de 28 mm e posteriormente não ultrapassou os 19,2 mm até a fase de florescimento, reduzindo as perdas por lixiviação (Figura 1). Corroboram com estes resultados os trabalhos de Kiehl *et al.* (1993), Silva *et al.* (2003) e Soratto *et al.* (2003).

Os valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn encontram-se na Tabela 4.

Em relação ao teor de N foliar, observa-se que diferiu entre os tratamentos. O maior teor observado foi para a dose de 80+120 kg ha⁻¹ de N seguido da dose de 60 + 90; 40 + 60; (20 + 30 e 100) e 0 kg ha⁻¹ de N. Os teores foliares de N foram superiores em 80 + 120; 60 + 90; 40 + 60 kg ha⁻¹ de N em relação à faixa crítica proposta pela metodologia descrita por Rajj (1991), que é de 30 a 50 g kg⁻¹ de matéria seca de folhas, e para 100; 20 + 30 e 0 kg ha⁻¹ de N os teores ficaram dentro da faixa crítica. Houve aumento do teor de N na folha em função das doses crescentes (Tabela 4). Resultado semelhante também foi observado por Silveira e Damasceno (1993), Andrade *et al.* (1998a) e Soratto *et al.* (2003).

Em termo de produtividade de grãos, pode ser observado que nos tratamentos em que os teores foliares foram superiores aos da faixa crítica, e para T6 = 100 kg ha⁻¹ de N, que apresentou teor dentro da faixa crítica, foram obtidas as maiores produtividades para a cultivar IPR Juriti. Nos demais tratamentos T2 (20 + 30 kg ha⁻¹ de N) e T1 (0 kg ha⁻¹ de N), as produtividades foram menores, (Tabelas 3 e 4). É importante destacar que embora em T2 e T6 não tenha diferido em termo de teores foliares de N, houve diferença em relação à produtividade. Esse resultado pode indicar que a maior quantidade de N utilizada em T6 (100 kg ha⁻¹ de N) e aplicado na semeadura foi disponibilizado ao feijoeiro por maior

período de que T2 (20 + 30 kg ha⁻¹ de N) em função da menor dose e parcelado. Conforme Lara Cabezas *et al.* (2000), quando o N é aplicado em cobertura às perdas por volatilização podem chegar até 54% e quando incorporado na forma de uréia às perdas são insignificantes. A importância do N para crescimento e desenvolvimento é incontestável. Segundo Malavolta (1980), o N é macronutriente aniônico mais abundante na planta e também é o mais exigido entre todos os demais, pois é constituinte de uma série de compostos indispensável à planta. Segundo Marschner (1995), o N está envolvido na síntese de proteínas, na promoção do crescimento vegetativo, na formação de gemas floríferas e frutíferas. A influência do N, na produção de grãos relaciona com o número de flores, vagens por planta e grãos por vagens, é descrita por Oliveira *et al.* (1996), Andrade *et al.* (2000) e Vieira (2006).

No que se refere ao teor foliar de P, este foi superior e dentro da faixa crítica proposta por Rajj (1991), que é de 2,5 – 4,0 g kg⁻¹ de matéria seca de folhas, para os tratamentos-testemunha T1(0) e para T2 (20 + 30 kg ha⁻¹ de N). Para os demais tratamentos, os teores ficaram abaixo da faixa crítica, mostrando que o fósforo pode ter sofrido processo de diluição em função dos maiores valores de MSF (Tabela 4). Resultado semelhante foi obtido para o fósforo por Andrade *et al.* (1998a), os quais em suas argumentações atribuem aos resultados o processo de diluição. Segundo Rajj (1991) e Marschner (1995), a maior absorção de N contribuiu para o aumento da área da superfície radicular que favorece a maior absorção de P conforme ressalta Lopes e Guilherme (1992).

O teor de potássio (K) nas folhas não diferiu em função das doses de N e dos métodos de aplicação desse nutriente. Em todos os tratamentos, os teores foliares de potássio foram abaixo da faixa crítica proposta por Rajj (1991), que é de 20 a 24 g kg⁻¹ de matéria seca de folhas (Tabela 4). Este resultado pode ter contribuído para restringir que a cultivar utilizada pudesse obter produtividade próxima do rendimento médio obtido em ensaios realizados pelo IAPAR que foi de 2.607 kg ha⁻¹. Oliveira *et al.* (1996) relatam que plantas deficientes em K formam poucas flores e ocasionam redução na produção de vagens. Segundo Marschner (1995), o K relaciona-se com a síntese de proteína e de carboidratos, promove o armazenamento de açúcares e amido, além de estimular o crescimento vegetativo.

Em relação à absorção de K pelo feijoeiro em função da aplicação de N, a mesma depende da forma de suprimento do mesmo, sendo a forma amoniacal mais favorável para a absorção do K em relação à nítrica, segundo Marschner (1995).

Tabela 4. Valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Mn no florescimento do feijoeiro (estádio R₆), em função de doses e métodos de aplicação de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. Apucarana, Estado do Paraná, 2004/05.

Trat.	Mét/doses	Nutrientes							
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn
		----- (g kg ⁻¹ de folha) -----				----- (mg kg ⁻¹ de folha) -----			
T1	0	38,13 e	2,77 a	14,56	15,50 b	1,41 b	11,58 b	32,06	73,30
T2	20 + 30	48,47 d	2,67 a	16,46	22,38 a	8,95 a	12,28 b	30,36	86,68
T3	40 + 60	52,00 c	2,31 b	16,28	22,93 a	9,03 a	14,10 a	36,92	103,30
T4	60 + 90	55,76 b	2,30 b	16,68	22,18 a	9,74 a	11,20 b	38,04	94,76
T5	80 + 120	59,18 a	2,20 b	17,16	23,51 a	10,06 a	10,66 b	38,16	99,74
T6	100	47,28 d	2,04 b	13,90	22,64 a	10,05 a	10,54 b	29,56	108,30
Média		50,13	2,38	15,84	21,52	8,20	11,72	34,18	94,34
C.V.(%)		5,06	12,40	12,04	12,82	17,99	14,75	28,85	20,05
DMS		3,35	0,39	2,52	3,65	1,95	2,28	13,03	25,00

Médias seguidas de mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

O teor de cálcio (Ca) nas folhas, em todos os tratamentos, ficou dentro da faixa crítica proposta por Raij (1991), que é de 10 a 25 g kg⁻¹ de matéria seca de folhas. Porém, houve diferença significativa entre T1 (0 kg ha⁻¹ de N) e os demais tratamentos. Para os tratamentos que receberam a aplicação da adubação nitrogenada, os teores foliares de Ca foram superiores ao T1 (0 kg ha⁻¹ de N), (Tabela 4). O que pode ter ocorrido é que o processo de contato fizesse com que a necessidade da planta fosse superada em decorrência do maior desenvolvimento de raiz, que pode ser promovido pela adição do nitrogênio Raij (1991), Lopes e Guilherme (1992) e Marschner (1995). Em relação à absorção de cálcio em razão do fornecimento de N, este depende da concentração de NH₄⁺ no meio.

O teor de magnésio (Mg) nas folhas diferiu entre o tratamento-testemunha (o teor ficou abaixo da faixa crítica) e os demais tratamentos, sendo que estes apresentaram maiores teores foliares e superior ao da faixa crítica proposta por Raij (1991), que é de 2,5 a 5,0 g kg⁻¹ de matéria seca folhas, (Tabela 4). O que pode ter ocorrido é que o processo de contato fizesse com que a necessidade da planta fosse superada em decorrência do maior desenvolvimento de raiz promovido pela adição do nitrogênio Raij (1991), Lopes e Guilherme (1992) e Marschner (1995). A absorção do Mg pode ser fortemente reduzida pela presença do N na forma amoniacal e em contrapartida a forma nítrica benéfica à absorção do Mg (Vale *et al.*, 1993).

O teor de cobre (Cu) nas folhas diferiu entre o tratamento T3 (40:60) e os demais tratamentos. Todos os teores ficaram acima da faixa crítica proposta por Raij (1991), que é de 4 a 10 mg kg⁻¹ de matéria de folhas (Tabela 4). A acidificação da rizosfera favorece a absorção de micronutrientes catiônicos tais como o cobre. No entanto, no presente trabalho, esta questão não ficou evidenciada claramente. Andrade *et al.* (1998a) observaram que com a adição de fertilizante nitrogenado aumentou o teor de Cu nas folhas. Thomson *et al.* (1993)

verificaram que há influência da forma do nitrogênio fornecido ao feijoeiro sobre a concentração de Cu nas folhas. Como resultado, observaram que o teor foliar de Cu foi maior quando aplicou o nitrogênio na forma N-NH₄⁺ em relação à forma N-NO₃⁻ e para a situação de não-aplicação. Marschner (1995) relata que a alta disponibilidade de N pode acentuar a deficiência de cobre.

O teor de zinco (Zn) nas folhas não diferiu entre os tratamentos estudados. Os teores ficaram dentro da faixa crítica proposta por Raij (1991), que é de 18 a 50 mg kg⁻¹ de matéria seca folha (Tabela 4). Thomson *et al.* (1993) avaliaram a influência da forma do nitrogênio fornecido ao feijoeiro sobre a concentração de Zn nas folhas. Os teores foliares de Zn foram maiores quando foi aplicado o nitrogênio na forma N-NH₄⁺ em relação à forma N-NO₃⁻ e para a situação de não-aplicação. Marschner (1995), também indica que ocorre maior conteúdo de Zn no feijoeiro quando a fonte de N é NH₄⁺ em relação a NO₃⁻. Andrade *et al.* (1998a) observaram que com a adição do nitrogênio aumentou o teor de Zn nas folhas.

O teor de manganês (Mn) nas folhas não diferiu entre os tratamentos e a faixa crítica para o Mn, segundo metodologia apresentada por Raij (1991) é de 15 a 100 mg kg⁻¹ de matéria seca folha, sendo que os valores ficaram acima para T3 (40+60 kg ha⁻¹ de N) e T6 (100 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 4).

Thomson *et al.* (1993) avaliaram a influência da forma do nitrogênio fornecido ao feijoeiro sobre a concentração de Mn nas folhas. Os teores foliares de Mn foram maiores quando foi aplicado o nitrogênio na forma N-NH₄⁺ em relação à forma N-NO₃⁻ e para a situação de não-aplicação. Marschner (1995) também indica que o maior conteúdo de Mn em planta de feijão quando a fonte de N foi a forma NH₄⁺ em relação à NO₃⁻.

Conclusão

O feijoeiro cultivado no sistema plantio direto responde à adubação nitrogenada aplicada toda na

semeadura ou parcelada.

A massa seca de folhas, o índice de área foliar, o número de vagens por planta e o rendimento, assim como, o teor foliar de nitrogênio, cálcio e de magnésio foi maior com a aplicação de doses mais elevadas de nitrogênio.

Referências

- ANDRADE, C.A.B. et al. Fertilidade de solos de várzea do sul de Minas Gerais para o cultivo do feijoeiro. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2287-2294, 2000.
- ANDRADE, C.A.B. et al. Growth and dry matter accumulation in bean cultivars. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.*, Oxford, v. 48, p. 158-159, 2005.
- ANDRADE, M.J.B. et al. Influência do nitrogênio, rizóbio e molibdênio sobre o crescimento, nodulação radicular e teores de nutrientes no feijoeiro. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 45, n. 257, p. 65-79, 1998a.
- ANDRADE, M.J.B. et al. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 22, n. 4, p. 499-508, 1998b.
- ARF, O. et al. Efeito residual de coberturas vegetais e doses de nitrogênio no feijoeiro em plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. *Anais...* Goiânia: Embrapa-CNPAF, 2005. v. 2, p. 804-807.
- BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003.
- CAMPOS, H. *Estatística aplicada à experimentação com cana-de-açúcar*. Piracicaba: Fealq, 1984.
- CASSINI, S.T.A.; FRANCO, M.C. Fixação biológica de nitrogênio. In: VIEIRA, C. et al. (Ed.). *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, 1998. p. 153-180.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise do solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPSO, 1997.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação dos solos*. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPSO, 1999.
- FERNÁNDEZ, F. et al. *Etapas de desarrollo de la planta de frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Cali: CIAT, 1986.
- IAPAR-Instituto Agronômico do Paraná. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*. Londrina: Iapar, 1994. (Documento, 18).
- KIEHL, J.C. et al. Rates and methods of applying urea to common beans. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 254-260, 1993.
- LARA CABEZAS, W.A.R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.
- LOPES, A.S. (Trad.). *Manual de fertilidade do solo*. São Paulo: Anda; Potafós, 1989.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.S. *Uso de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos*. 2. ed. rev. atual. São Paulo: Anda, 1992. (Anda boletim técnico, 4).
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 1980.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997.
- MARIOT, E.J. *Feijão: tecnologia de produção*. Londrina: IAPAR, 2000.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. ed. London: Academic Press, 1995.
- MEIRA, F.A. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio no feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 40, n. 4, p. 383-388, 2005.
- OLIVEIRA, I.P. et al. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAUJO, R.S. et al. (Coord.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-216.
- RAIJ, B.V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Potafós, 1991.
- RIBEIRO JUNIOR, J.I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa: UFV, 2001.
- ROSOLEM, C. *Nutrição e adubação do feijoeiro*. Piracicaba: Potafós, 1987. (Circular técnica, 8).
- SILVA, T.R.B. et al. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 25, n. 1, p. 81-87, 2003.
- SILVEIRA, P.M.; DAMASCENO, M.A. Estudo de doses e parcelamentos de K e de doses de N na cultura do feijão irrigado. In: REUNIÃO NACIONAL DA PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. *Resumos...* Londrina: Iapar, 1993.
- SILVEIRA, P.M. et al. Adubação nitrogenada no feijoeiro cultivado sob plantio direto em sucessão de culturas. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 40, n. 4, p. 377-381, 2005.
- SIMEPAR-Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em: <<http://www.simepar.gov.br>>. Acesso em: 14 abr. 2005.
- SORATTO, R.P. et al. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do nitrogênio. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 25, n. 1, p. 89-96, 2003.
- THOMSON, C.J. et al. Effect of nitrogen fertilizer form on pH of the bulk soil and rhizosphere, and on the growth, phosphorus, and micronutrient uptake of bean. *J. Plant Nutr.*, Philadelphia, v. 16, n. 3, p. 493-506, 1993.
- VALE, F.R. et al. *Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas*. Lavras: Esal Gráfica Universitária, 1993.
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C. et al. (Ed.). *Feijão*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. p. 115-142.

Received on February 28, 2007.

Accepted on September 05, 2007.