

DIVISÃO 3 - USO E MANEJO DO SOLO

Comissão 3.1 - Fertilidade do solo e nutrição de plantas

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS GRÃOS DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM COBERTURA E VIA FOLIAR⁽¹⁾

Rogério Peres Soratto⁽²⁾, Adalton Mazetti Fernandes⁽³⁾, Emerson de Freitas Cordova de Souza⁽³⁾ & Genivaldo David de Souza-Schlick⁽³⁾

RESUMO

A adequada disponibilidade de N durante do ciclo do feijoeiro é fundamental para garantir elevada produtividade e qualidade dos grãos produzidos. Esse nutriente pode ser absorvido pelas raízes e folhas da planta. Contudo, ainda existem dúvidas sobre a eficiência da aplicação via foliar de N no feijoeiro e sobre a influência dessa prática na qualidade dos grãos. Objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da adubação nitrogenada em cobertura e via foliar sobre a produtividade e qualidade dos grãos da cultura do feijão. O experimento foi conduzido durante a safra “da seca”, em um Latossolo Vermelho distroférico, no município de Botucatu-SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, num esquema fatorial 3 x 4, constituído por três doses de N (0, 45 e 90 kg ha⁻¹) em cobertura e quatro épocas de aplicação de N via foliar (1 – sem aplicação de N via foliar, 2 – pulverização estádio R₅ (pré-floração), 3 – pulverização no estádio R₇ (início da formação das vagens) e 4 – pulverizações nos estádios R₅ e R₇). Em cada aplicação de N via foliar foram utilizados 200 L ha⁻¹ de uma solução com 10 % de ureia. Quando foi realizada a adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar, independentemente da época, não alterou os componentes da produção, a produtividade e a qualidade dos grãos do feijoeiro. Na ausência da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar na fase reprodutiva aumentou a massa e o tamanho dos grãos, a produtividade de grãos e o teor de

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 20 de janeiro de 2011 e aprovado em 17 de agosto de 2011.

⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista – FCA/UNESP, Campus de Botucatu. Caixa Postal 237, CEP 18603-970 Botucatu (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: soratto@fca.unesp.br

⁽³⁾ Pós-Graduandos em Agronomia (Agricultura), FCA/UNESP. E-mails: adalton@fca.unesp.br; emerson.cordova@hotmail.com; genivald@fca.unesp.br

proteínas nos grãos do feijoeiro. A aplicação de N via foliar no estágio R₅ foi mais eficiente em aumentar a produtividade de grãos do feijoeiro que a aplicação em R₇.

Termos de indexação: *Phaseolus vulgaris*, adubação nitrogenada, adubação foliar, ureia, proteína.

SUMMARY: COMMON BEAN GRAIN YIELD AND QUALITY AS AFFECTED BY NITROGEN SIDEDRESSING AND LEAF APPLICATION

Appropriate nitrogen availability during the common bean cycle is essential to ensure high grain yield and quality. This nutrient can be absorbed by the roots and leaves. However, there are still doubts about the efficiency of N leaf application and the influence on common bean grain quality. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effect of N sidedressing and leaf application on common bean grain yield and quality. The experiment was carried out in the dry growing season, on a Haplorthox, in Botucatu, São Paulo State, Brazil. The experiment was arranged in a randomized block design with four replications, in a 3 x 4 factorial scheme consisting of three N sidedressing rates (0, 45, and 90 kg ha⁻¹) and four times of N application (1 - control without leaf spraying, 2 - N leaf spraying in the pre-flowering stage (R₅), 3 - N leaf spraying in the beginning of pod formation (R₇), and 4 - N leaf spraying in R₅ and R₇). For each N leaf spraying, 200 L ha⁻¹ of a solution containing 10 % of urea was used. When N sidedressing was applied, N leaf application, regardless of the time, did not affect the common bean yield components, grain yield and quality. In absence of N sidedressing, N leaf spraying in the reproductive phase of common bean plants increased grain weight and size, grain yield, and protein concentration. N leaf spraying in R₅ increased common bean grain yield more than leaf spraying in R₇.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, nitrogen fertilization, leaf application, urea, protein.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é um dos mais importantes constituintes da dieta da população brasileira, por ser uma excelente fonte de proteínas, rico em Fe, carboidratos e fibras (Borém & Carneiro, 2006). Esses fatos estimulam o interesse no estudo de técnicas que acarretem aumento da produtividade e da qualidade dos grãos dessa cultura (Soratto et al., 2005).

O N é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo feijoeiro, e a sua deficiência na planta é a mais frequente (Oliveira et al., 1996). Esse nutriente tem grande importância, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, pois, como há vagens e grãos crescendo quase ao mesmo tempo, a demanda por N é alta (Portes, 1996). Como grande parte do N das folhas é translocada para os grãos, as folhas mais velhas caem e a taxa fotossintética das folhas remanescentes decresce quase simultaneamente se a disponibilidade do nutriente no solo for baixa no estágio reprodutivo (Portes, 1996), podendo ocorrer redução da produtividade e qualidade dos grãos.

Soratto et al. (2005) verificaram que a aplicação de N via solo, após o início da formação das vagens,

aumentou a produtividade de grãos do feijoeiro, porém de forma menos eficiente que a aplicação na fase vegetativa. Segundo Fancelli & Tsumanuma (2007), após o florescimento, por razões de relação fonte-dreno, o N fornecido somente é aproveitado se a aplicação for realizada via foliar. Após o início do enchimento dos grãos, por serem drenos mais fracos, o crescimento radicular cessa e a atividade das raízes diminui, o que leva à menor absorção dos nutrientes do solo (Wien et al., 1976; Rosolem, 2002). Assim, para obtenção de alta produtividade do feijoeiro, é essencial que o N seja colocado à disposição da planta em tempo e locais adequados (Carvalho et al., 2001). Além disso, técnicas de manejo que possibilitem a maximização da absorção do nutriente pelas plantas são de extrema importância, devido ao alto custo dos fertilizantes nitrogenados e às perdas de N, que podem representar menor lucratividade e riscos de contaminação ambiental. Entre as técnicas utilizadas para aumentar a produtividade de grãos do feijoeiro, a adubação nitrogenada em cobertura tem sido preconizada, sendo seus efeitos positivos relatados por diversos autores (Carvalho et al., 2001; Bordin et al., 2003; Soratto et al., 2004, 2005; Franco et al., 2008).

A adubação foliar com N, utilizada em complemento à adubação via solo para o feijoeiro, com

o objetivo de reduzir o efeito das perdas do nutriente, é uma alternativa interessante (Machado et al., 1982; Rosolem et al., 1982; Boaretto & Rosolem, 1987; Ambrosano et al., 1996). Desde que realizada adequadamente, a eficiência do fornecimento de nutrientes via foliar é geralmente maior que o fornecimento via solo, acarretando economia de fertilizantes (Rosolem, 2002). Rosolem et al. (1990) verificaram recuperação de 80 % do N na forma de ureia aplicado via foliar no algodoeiro. Ademais, a adubação foliar é de fácil aplicação e apresenta custos relativamente baixos, além de ser adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados por muitos produtores. A ureia é uma boa fonte de N para pulverização foliar, pois apresenta elevado teor do nutriente e as plantas toleram soluções mais concentradas de ureia que de outras fontes nitrogenadas (Boaretto et al., 1985; Rosolem et al., 1990). Boaretto et al. (1985) e Almeida et al. (2000) demonstraram que concentrações de ureia de até 10 % não causam injúrias sérias às folhas do feijoeiro, desde que a aplicação seja realizada no início da manhã ou no final da tarde. Entretanto, dificilmente se poderá nutrir a planta adequadamente por via foliar, uma vez que a aplicação de grande quantidade de nutriente pode causar fitotoxidez (Rosolem, 1996, 2002; Almeida et al., 2000).

A aplicação de N via foliar até a época do florescimento pode aumentar o número de grãos por vagem e o número de vagens por planta, assim como causar pequeno aumento na massa de 100 grãos (Rosolem & Boaretto, 1987). Já adubações foliares com N realizadas após o florescimento podem aumentar, principalmente, a massa dos grãos (Machado et al., 1982; Rosolem & Boaretto, 1987; Fancelli & Tsumanuma, 2007), ou seja, proporcionar a produção de grãos maiores, o que é uma característica interessante que determina a aceitabilidade do produto pelo mercado consumidor (Carbonell et al., 2010).

Por participar da composição dos aminoácidos, o N tem relação direta com o teor de proteínas dos grãos (Malavolta et al., 1997). Assim, estudos têm

demonstrado que plantas que recebem doses maiores de adubação nitrogenada via solo apresentam maior teor de proteínas nos grãos (Soratto et al., 2005; Gomes Júnior et al., 2005; Gomes Júnior & Sá, 2010), o que melhora a qualidade nutricional destes. Contudo, ainda há controvérsia quanto à eficiência da aplicação de N via foliar no feijoeiro e pouco se sabe sobre a influência dessa prática no teor de proteína e no tamanho dos grãos dessa cultura. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da adubação nitrogenada em cobertura e via foliar sobre a produtividade e qualidade dos grãos da cultura do feijão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP, município de Botucatu, SP (48° 26' W, 22° 51' S e 740 m de altitude), num Latossolo Vermelho distroférrico (Embrapa, 2006). O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, que se caracteriza como tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso. As precipitações e temperaturas máximas e mínimas, registradas durante a condução do experimento, estão apresentadas na figura 1.

Antes da instalação do experimento, foi coletada amostra composta de 10 subamostras, na camada de 0–0,20 m, para determinação das propriedades químicas (Raij et al., 2001) do solo, cujos resultados foram: matéria orgânica = 33,5 g dm⁻³; pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹) = 5,4; P (resina) = 12 mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e H + Al³⁺ = 2,4, 76, 22 e 41 mmol_c dm⁻³, respectivamente; e V = 70 %.

A área vinha sendo manejada em sistema plantio direto há cinco anos. Na safra “das águas” de 2008/09, a área foi cultivada com a cultura do feijão. Após o cultivo do feijão, a área foi cultivada com milho safrinha consorciado com braquiária (*Urochloa*

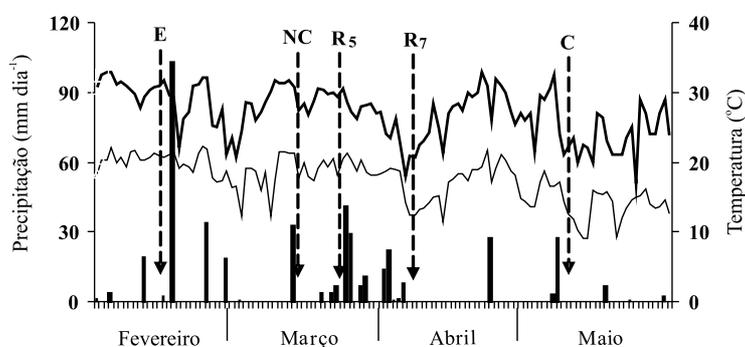


Figura 1. Precipitação pluvial (■), temperatura máxima (—) e temperatura mínima (---) obtidas na área experimental durante o período de fevereiro a maio de 2010 e datas de emergência (E), aplicação do nitrogênio em cobertura (NC), estágio de pré-floração (R₅), estágio de aparecimento das primeiras vagens (R₇) e colheita (C) da cultura do feijão.

brizantha cv. Marandu), o qual foi semeado em março de 2009. Na adubação da cultura de feijão precedente ao consórcio, foram utilizados 50 kg ha⁻¹ de N, 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 48 kg ha⁻¹ de K₂O. Na adubação dos consórcios milho + braquiária foram utilizados 60 kg ha⁻¹ de N, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Após a colheita do milho safrinha (agosto), a área permaneceu com braquiária durante o período das chuvas de 2009, até a época da instalação do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, num esquema fatorial 3 x 4, constituído por três doses de N (0, 45 e 90 kg ha⁻¹) em cobertura e quatro épocas de aplicação de N via foliar (1 – sem aplicação de N via foliar, 2 – pulverização no estádio R₅ (pré-floração), 3 – pulverização no estádio R₇ (início da formação das vagens) e 4 – pulverizações nos estádios R₅ e R₇) (Fernandez et al., 1986). A aplicação dos tratamentos com N em cobertura foi realizada quando as plantas estavam no estádio V_{4.5} (cinco folhas trifolioladas totalmente expandidas), aos 26 dias após a emergência (DAE), utilizando-se como fonte o nitrato de amônio. O fornecimento de N via foliar, utilizando-se solução com 10 % de ureia, ou seja, 4,5 % de N, foi realizado com pulverizador manual pressurizado com CO₂, aplicando-se 200 L ha⁻¹ de solução, aos 37 DAE (R₅) e 51 DAE (R₇).

Cada parcela foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento. A área útil foi constituída pelas três linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

Um dia antes da dessecação das plantas encontradas na área, foram realizadas coletas do material vegetal. As amostras foram secas em estufa a 65 °C e, em seguida, realizou-se a pesagem e a conversão dos dados para kg ha⁻¹ de matéria seca. O consórcio de milho + braquiária, no período da safrinha, proporcionou acúmulo de 16.500 kg ha⁻¹ de matéria seca. O manejo químico da área foi feito com aplicações dos herbicidas glifosato (1.981 g ha⁻¹ do i.a.), no dia 5/1/2010, e dicloreto de paraquat (300 g ha⁻¹ do i.a.), no dia 13/1/2010.

O feijão foi semeado mecanicamente em sistema plantio direto, no dia 9/2/2010, utilizando-se a cultivar IAC-Alvorada (Carbonell et al., 2008), no espaçamento de 0,45 m e 16 sementes por metro de sulco. Essa cultivar apresenta grãos maiores quando comparados aos das demais cultivares de grão “tipo carioca” disponíveis no mercado, obtendo normalmente maior porcentagem de grãos retidos nas peneiras de número 13 e 14, estabelecidas como um parâmetro referente à aceitação de 100 % pelo consumidor (Carbonell et al., 2008, 2010). Antes da semeadura, as sementes dessa cultivar foram tratadas com carbendazim + thiram (45 + 105 g do i.a. por 100 kg de sementes), tiametoxam (105 g do i.a. por 100 kg de sementes) e cobalto + molibdênio (3 + 30 g por 100 kg de sementes). Por ocasião da semeadura, foram

aplicados, em todos os tratamentos, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 40 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio. O N foi aplicado somente em cobertura e via foliar, de acordo com os tratamentos, não sendo incluído na adubação de semeadura. A emergência das plântulas ocorreu seis dias após a semeadura.

Por ocasião da colheita, realizada aos 85 DAE, foram coletadas 10 plantas de cada parcela e determinados o número de vagens/planta, o número de grãos/vagem e a massa de 100 grãos. Em duas fileiras da área útil de cada parcela foi determinada a população final de plantas, as quais foram arrancadas, deixadas para secar ao sol e, em seguida, submetidas à trilha mecânica. O teor de água dos grãos foi corrigido para 130 g kg⁻¹ (base úmida), para determinação da sua produtividade. Considerando a produtividade de grãos da testemunha (sem aplicação de N em cobertura ou via foliar) como 100 %, determinou-se a produtividade relativa dos demais tratamentos.

Os grãos colhidos em cada parcela foram classificados em peneiras com furos oblongos de número 10 (3,97 x 19,05 mm), 11 (4,37 x 19,05 mm), 12 (4,76 x 19,05 mm), 13 (5,16 x 19,05 mm), 14 (5,56 x 19,05 mm) e 15 (5,95 x 19,05 mm), para determinação da produção de grãos retidos em cada peneira. Com o objetivo de obter uma classificação de cada parcela para posterior comparação, a massa dos grãos retidos em cada peneira foi submetida a uma escala de pesos/notas, em que, para a peneira 10, foi estipulado peso 1; para a peneira 11, peso 4; para a peneira 12, peso 6; para a peneira 13, peso 10; para a peneira 14, peso 10; e para a peneira 15, peso 6 (Carbonell et al., 2010). Essas medidas de peso/nota foram estabelecidas em razão da exigência da indústria empacotadora e do mercado consumidor. Por meio dos resultados coletados, foi elaborada a seguinte fórmula:

$$PRGP = \frac{(P10 \times \text{Peso } 1) + (P11 \times \text{Peso } 4) + (P12 \times \text{Peso } 6) + (P13 \times \text{Peso } 10) + (P14 \times \text{Peso } 10) + (P15 \times \text{Peso } 6)}{P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15}$$

em que PRGP: Produtividade Relativa de Grãos retidos em Peneiras; P10: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 10; P11: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 11; P12: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 12; P13: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 13; P14: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 14; e P15: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 15.

Também foi determinado o rendimento de peneira (RP %), conforme a fórmula:

$$RP \% = \frac{P12 + P13 + P14 + P15}{P10 + P11 + P12 + P13 + P14 + P15 + \text{Fundo}} \times 100$$

em que RP %: rendimento de peneira; P10: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 10; P11:

massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 11; P12: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 12; P13: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 13; P14: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 14; e P15: massa (g) retida na peneira de furo oblongo de número 15 (Carbonell et al., 2010).

Uma amostra de grãos de cada parcela foi seca em estufa com circulação forçada de ar a 60–70 °C, até atingir massa constante. Em seguida, os grãos foram moídos e submetidos à análise para determinação do teor de N, conforme método descrito em Malavolta et al. (1997). Posteriormente, multiplicou-se o teor de N pelo fator 6,25 e obteve-se o teor de proteína nos grãos. Com a multiplicação do valor do teor de proteína pelo valor de produtividade de grãos (em massa seca) da parcela correspondente, obteve-se a produtividade de proteína.

Os dados foram submetidos à análise de variância, usando o software Sisvar (Ferreira, 2008), e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população final de plantas de feijão não foi influenciada pelos fatores estudados, sendo o valor médio obtido de 269.365 plantas ha⁻¹, o qual está dentro do recomendado para a cultura, que é de 200.000 a 375.000 plantas ha⁻¹, dependendo da cultivar e do espaçamento entre linhas adotado (Araújo & Ferreira, 2006).

A aplicação de N via foliar não alterou o número de vagens por planta, o que está de acordo com os resultados obtidos por Almeida et al. (2000) e Chidi et al. (2002), que também não observaram influência da aplicação de N via foliar sobre essa variável. Contudo, o número de vagens por planta foi incrementado pela aplicação de N em cobertura, apresentando maior produção de vagens na dose de 90 kg ha⁻¹ de N, em comparação ao tratamento sem N em cobertura (Quadro 1). Soratto et al. (2004, 2005) e Franco et al. (2008) também verificaram aumento do número de vagens por planta do feijoeiro cultivado em sistema

Quadro 1. Número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos, produtividade e produtividade relativa de grãos da cultura do feijão, em função da aplicação de N em cobertura e via foliar

N em cobertura	Aplicação de N via foliar				Média
	Sem aplicação	Aplicação em R ₅	Aplicação em R ₇	Aplicação em R ₅ e R ₇	
kg ha ⁻¹					
			Nº de vagens por planta		
0	6,3	6,8	6,0	7,5	6,6b
45	6,8	7,6	7,6	7,4	7,3ab
90	9,8	7,7	7,2	7,8	8,1a
Média	7,6	7,4	7,0	7,6	
CV (%)			17,9		
			Nº de grãos por vagem		
0	3,0	3,4	3,1	3,2	3,2
45	3,5	3,3	3,1	3,3	3,3
90	3,4	3,5	3,4	3,2	3,4
Média	3,3	3,4	3,2	3,2	
CV (%)			11,2		
			Massa de 100 grãos (g)		
0	30,8bB	32,5aAB	32,0aAB	33,0aA	32,1
45	32,8 aA	32,3aA	32,8aA	33,0aA	32,7
90	32,8aA	32,5aA	33,0aA	34,0aA	33,1
Média	32,1	32,4	32,6	33,3	
CV (%)			2,9		
			Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
0	1.559bB	2.117aA	1.670bAB	2.184aA	1.883
45	2.186aA	2.096aA	2.097abA	2.377aA	2.189
90	2.305aA	2.468aA	2.322aA	2.312aA	2.352
Média	2.017	2.227	2.030	2.291	
CV (%)			12,9		
			Produtividade relativa (%)		
0	100	136	107	140	-
45	140	134	135	152	-
90	148	158	149	148	-

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, para cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

plantio direto com a aplicação de N em cobertura. O aumento no número de vagens por planta, em resposta à aplicação do N em cobertura, está relacionado com o papel do N na fisiologia da planta, pois, quando há deficiência de suprimento desse nutriente para a planta, ela produz menos flores e, consequentemente, menos vagens (Portes, 1996; Soratto et al., 2005).

O número de grãos por vagem não foi influenciado significativamente pelos fatores estudados ou pela interação entre eles (Quadro 1), o que se justifica pelo fato de essa característica apresentar alta herdabilidade genética, sendo pouco influenciada pelo ambiente (Andrade et al., 1998). Soratto et al. (2006) e Barbosa et al. (2010) também não obtiveram aumento no número de grãos por vagem com a aplicação de N em cobertura no feijoeiro.

A massa de 100 grãos foi alterada pelos fatores estudados e pela interação entre eles; a adubação de cobertura e a adubação foliar proporcionaram aumento na massa de grãos (Quadro 1). Na ausência do fornecimento de N via foliar, a massa de 100 grãos foi maior quando foram aplicados 45 e 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Entretanto, independentemente da adubação foliar, a massa de 100 grãos não diferiu entre os tratamentos que receberam 45 ou 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Já na presença da adubação foliar, independentemente da época de aplicação, não foi verificado efeito da aplicação de N em cobertura na massa dos grãos. Por outro lado, a aplicação de N via foliar promoveu incremento nessa variável apenas na ausência da aplicação do nutriente em cobertura, com o tratamento que recebeu duas aplicações via foliar (R₅ + R₇) diferindo significativamente do tratamento sem o fornecimento de N. Rosolem et al. (1982) também constataram efeito da aplicação de N via foliar na massa dos grãos apenas quando o feijoeiro não havia recebido N em cobertura.

Principalmente quando não foi feita a adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar foi eficiente em aumentar a massa dos grãos. No entanto, os incrementos foram maiores quando se realizaram duas pulverizações: uma em pré-floração (R₅) e outra no início da formação de vagens (R₇). Segundo Portes (1996), o N tem grande importância na fase de enchimentos de grãos, pois grande parte do nutriente das folhas é translocada para os grãos. Assim, caso a disponibilidade desse elemento no solo seja baixa nessa fase do ciclo da cultura, as folhas mais velhas podem apresentar senescência rapidamente e a taxa fotossintética das folhas remanescentes decrescer quase simultaneamente, dificultando o adequado enchimento dos grãos. Dessa forma, a reposição do nutriente via foliar pode manter a taxa fotossintética por um tempo maior, refletindo em melhor enchimento dos grãos (Rosolem et al., 1982; Rosolem, 2002). Machado et al. (1982) também verificaram que a aplicação de N via foliar no feijoeiro a partir da fase reprodutiva incrementou a massa dos grãos.

Quanto à produtividade de grãos, verificou-se interação significativa entre os fatores estudados (Quadro 1). Na ausência da aplicação de N via foliar, ou quando ele foi aplicado apenas no estágio R₇, a aplicação de N em cobertura promoveu incremento na produtividade de grãos da ordem de 35 a 49 % em relação ao tratamento testemunha. Contudo, não foram observadas diferenças de produtividade entre a aplicação de 45 ou 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura, independentemente da aplicação de N via foliar. Nos tratamentos que receberam aplicação de N via foliar em R₅ ou em R₅ + R₇, a aplicação desse nutriente em cobertura não teve efeito na produtividade de grãos.

Quando não foi realizada a adubação de cobertura, a aplicação via foliar em R₅ ou R₅ + R₇ aumentou a produtividade de grãos, proporcionando valores 36 e 40 % superiores aos obtidos no tratamento testemunha (sem aplicação de N em cobertura ou via foliar). No entanto, quando a aplicação via foliar foi realizada somente no estágio R₇, ela não interferiu na produtividade de grãos (Quadro 1). Verificou-se também que na presença da adubação de cobertura no estágio V₄₋₅, independentemente da dose utilizada, a adubação via foliar não influenciou a produtividade de grãos, indicando que a adubação de cobertura foi suficiente para suprir as necessidades do feijoeiro em relação a esse nutriente. Rosolem et al. (1982) também observaram efeito mais pronunciado da aplicação de N via foliar na produtividade do feijoeiro na ausência de adubação nitrogenada de cobertura. A adubação via foliar no estágio R₅ ou R₅ + R₇ substituiu, em parte, a adubação de cobertura, pois, no tratamento que não recebeu adubação de cobertura, a aplicação via foliar proporcionou produtividades semelhantes às dos tratamentos que receberam adubação de cobertura. Machado et al. (1982) também constataram que a aplicação de N via foliar no feijoeiro a partir da fase reprodutiva incrementou a produtividade de grãos.

Esses resultados demonstram que, quando não é feita adubação de cobertura durante a fase vegetativa do feijoeiro, apenas uma aplicação de N via foliar no início do estágio de formação de vagens (R₇), embora cause pequenos incrementos na massa dos grãos, não é suficiente para aumentar a produtividade de grãos. Rosolem & Boaretto (1987) verificaram que a aplicação de N via foliar até a época do florescimento aumenta o número de vagens por planta do feijoeiro, porém adubações foliares realizadas após o florescimento aumentam, principalmente, a massa de 100 grãos. Carvalho et al. (2001) relataram que o N deve ser fornecido ao feijoeiro em doses e épocas corretas, de modo que propicie boa nutrição da planta até o início do florescimento – momento esse em que ainda é possível aumentar o número de vagens por planta. Soratto et al. (2005) verificaram que, quando a aplicação de N em cobertura é realizada no início do estágio R₇, há menor eficiência da adubação nitrogenada em comparação com a aplicação no estágio V₄. Dessa forma, apesar de a maior demanda de N pelo feijoeiro ocorrer entre os estádios de florescimento

e meados do enchimento dos grãos (Hungria et al., 1985), é importante que a aplicação de N seja feita na fase vegetativa, para se promover o crescimento da planta. Plantas mais robustas, com mais ramificações e que produzam maior número de estruturas reprodutivas acarretam maior produtividade de grãos, como também verificado por Carvalho et al. (2001) e Soratto et al. (2004, 2005). Assim, na ausência da adubação de cobertura a aplicação via foliar feita na fase de pré-florescimento (R_5) ou com uma aplicação em pré-florescimento (R_5) e outra no início da formação de vagens (R_7) aumenta a produtividade de grãos do feijoeiro. Para Rosolem (1996), as melhores épocas de aplicação de N (ureia) via foliar no feijoeiro são no início e no final do florescimento.

Destaca-se que, apesar da reduzida precipitação ocorrida após o início do estágio R_7 (Figura 1), a produtividade de grãos da cultivar IAC-Alvorada, obtida nos tratamentos que receberam N em cobertura, foi semelhante à observada por Carbonell et al. (2008, 2010) na safra “da seca”. A grande quantidade de restos vegetais na área antes da semeadura do experimento (16.500 kg ha⁻¹ de matéria seca), provavelmente, manteve maior umidade no solo e favoreceu a obtenção de boas produtividades, mesmo em condições de restrição hídrica, e a resposta da cultura à aplicação de N.

As peneiras de classificação de grãos de número 13 e 14 foram consideradas as mais importantes, devido à atual demanda do mercado consumidor indicada pela indústria empacotadora (Carbonell et al., 2010). Verificou-se interação significativa entre os fatores estudados. Na ausência da aplicação de N via foliar, ou quando esta foi realizada apenas em R_5 , a adubação nitrogenada de cobertura, independentemente da dose, proporcionou grãos de maior qualidade, indicado pelos maiores valores de PRGP (Quadro 2). Carvalho et al. (2001) e Crusciol et al. (2003) também constataram que a aplicação de N em cobertura aumentou o tamanho dos grãos de feijão. Na ausência da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar no estágio R_7 ou em $R_7 + R_5$ proporcionou grãos de maior qualidade, em relação ao tratamento que recebeu N via foliar apenas em R_5 (Quadro 2). Contudo, na presença da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar não interferiu no tamanho dos grãos. Segundo Carbonell et al. (2008, 2010), a cultivar IAC-Alvorada apresenta grãos maiores quando comparados aos das demais cultivares de grão “tipo carioca” disponíveis no mercado. Assim, normalmente essa cultivar apresenta maior percentagem de grãos retidos nas peneiras de número 13 e 14, estabelecidas como uma característica referente à aceitação de 100 % pelo consumidor. Todavia, destaca-se que a aplicação de N, seja em cobertura via solo ou em pulverização via foliar, é importante para que se obtenha grão de maior qualidade.

Apesar de terem aumentado a massa de 100 grãos e a percentagem de grãos retidos nas peneiras 13 e

14, demonstrada pelos maiores valores de PRGP, os fatores estudados não interferiram no rendimento de peneira (Quadro 2). Crusciol et al. (2003) e Soratto et al. (2006) também não verificaram influência da aplicação de N no rendimento de peneiras do feijoeiro. Contudo, vale destacar que todos os tratamentos proporcionaram valores acima de 97 % de grãos retidos na peneira 12 ou maiores, indicando que a cultivar IAC-Alvorada apresenta como característica genética grãos graúdos (Carbonell et al., 2010).

Houve interação da aplicação de N em cobertura e via foliar no teor de proteína bruta nos grãos do feijoeiro (Quadro 2). A aplicação de N em cobertura, independentemente da dose (45 ou 90 kg ha⁻¹), proporcionou maiores teores de proteína bruta nos grãos do feijoeiro, tanto na ausência da aplicação do elemento via foliar como quando este foi aplicado apenas em uma única ocasião (R_5 ou R_7). Soratto et al. (2005), Gomes Júnior et al. (2005) e Silva et al. (2006) também obtiveram aumento no teor de proteína nos grãos do feijoeiro com a aplicação de N em cobertura. No entanto, na presença de duas aplicações de N via foliar ($R_5 + R_7$) a aplicação de N em cobertura não influenciou os teores de proteína bruta nos grãos do feijoeiro.

Na ausência da adubação de cobertura, a aplicação via foliar em R_7 ou em $R_5 + R_7$ proporcionou teores de proteína bruta nos grãos superiores aos obtidos no tratamento testemunha (Quadro 2), ao passo que a aplicação foliar em R_5 não diferiu da testemunha e dos tratamentos que receberam N via foliar em R_7 e $R_5 + R_7$. Vasilas et al. (1980) verificaram que grande parte do N aplicado via foliar durante a fase reprodutiva da soja foi translocada para os grãos. Entretanto, no presente trabalho, quando foi realizada a aplicação de N em cobertura, não houve influência da aplicação via foliar sobre o teor de proteína dos grãos do feijoeiro. Esses resultados demonstram que, quando não foi feita a adubação de cobertura, a aplicação de N via foliar elevou os teores de proteína bruta nos grãos. Contudo, foi necessária uma aplicação em R_5 e outra em R_7 para obter teores semelhantes aos verificados com a aplicação de 45 ou 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura.

Com relação à produtividade de proteína bruta, constatou-se que houve efeito das doses de N em cobertura, da aplicação via foliar e da interação (Quadro 2). Tanto a adubação de cobertura quanto a adubação via foliar aumentaram a produtividade de proteína. A aplicação de N em cobertura e via foliar em $R_5 + R_7$ aumentou a produtividade de proteínas. Apenas na presença da aplicação foliar de N, exclusivamente no estágio R_5 a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura proporcionou produtividade de proteína superior à observada com a dose de 45 kg ha⁻¹, a qual não diferiu do tratamento sem adubação de cobertura. Bordin et al. (2003) também obtiveram aumento da produtividade de proteínas pelo feijoeiro cultivado em sistema de plantio direto sobre diferentes tipos de palhada com a aplicação de N em cobertura.

Quadro 2. Produtividade relativa de grãos retidos em peneiras de furos oblongos, rendimento de peneira, teor de proteína bruta nos grãos e produtividade de proteína da cultura do feijão, em função da aplicação de N em cobertura e via foliar

N em cobertura	Aplicação de N via foliar				Média
	Sem aplicação	Aplicação em R ₅	Aplicação em R ₇	Aplicação em R ₅ e R ₇	
kg ha ⁻¹	Produtividade Relativa de Grãos em Peneiras				
0	6,94bAB	6,81bB	7,15aA	7,21aA	7,03
45	7,24aA	7,30aA	7,20aA	7,14aA	7,22
90	7,08abA	7,14aA	7,07aA	7,00aA	7,07
Média	7,08	7,08	7,11	7,11	
CV (%)			2,3		
	Rendimento de Peneira (%)				
0	97,0	98,3	97,3	97,9	97,6
45	97,4	97,4	97,0	98,4	97,6
90	97,9	97,1	97,2	97,7	97,5
Média	97,4	97,6	97,2	98,0	
CV (%)			1,9		
	Teor de proteína nos grãos (%)				
0	16,6bB	21,5bAB	22,5bA	25,8aA	21,6
45	24,6aA	26,3aA	26,6abA	25,1aA	25,6
90	25,7aA	28,8aA	29,0aA	28,3aA	27,9
Média	22,3	25,5	26,0	26,4	
CV (%)			10,7		
	Produtividade de proteína (kg ha ⁻¹)				
0	250bC	447bAB	375bBC	563aA	401
45	532aA	549bA	558aA	597aA	486
90	589aA	711aA	675aA	657aA	510
Média	457	569	536	605	
CV (%)			16,6		

Médias seguidas de letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, para cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Gomes Júnior et al. (2005) observaram que, embora o teor de proteína dos grãos de feijão tenha variado com as doses e épocas de aplicação de N em cobertura, a produtividade de proteína não foi alterada pela dose de N aplicada (40 e 80 kg ha⁻¹) em cobertura.

Na ausência da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N em R₅ e em R₅ + R₇ proporcionou produtividade de proteína superior à observada na testemunha. Soratto et al. (2005) observaram que a produtividade de proteína foi incrementada linearmente pela aplicação de N em cobertura no início do estágio R₇, tanto sem quanto com a aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N no estágio V₄. Todavia, pelos resultados do presente trabalho, verifica-se que a aplicação de N via foliar no início do estágio R₇ foi menos eficiente em aumentar a produtividade de proteína do que quando realizada no estágio R₅. Isso se deve ao fato de que a aplicação de N no estágio de pré-floração (R₅) promoveu aumento na produtividade de grãos e no teor de proteína nos grãos, enquanto a aplicação no início da formação das vagens (R₇) incrementou apenas o teor de proteína, sem alterar a produtividade de grãos. Gomes Júnior & Sá (2010) observaram que, à medida que a aplicação de N em cobertura foi realizada mais tardiamente durante o ciclo (estádio V_{4,6}), ocorreu maior acúmulo de proteína

bruta nos grãos com a aplicação de menores doses de N. Na presença da adubação de cobertura, a aplicação de N via foliar, independentemente da época, não influenciou a produtividade de proteínas.

Os resultados evidenciam que, quando não se realiza adubação nitrogenada de cobertura, é possível aumentar a produtividade e a qualidade dos grãos da cultura do feijão mediante aplicações de N via foliar na sua fase reprodutiva (R₅ e R₇).

CONCLUSÕES

1. Na presença da adubação nitrogenada de cobertura, a aplicação de N via foliar, independentemente da época, não alterou os componentes da produção, a produtividade e a qualidade dos grãos do feijoeiro.

2. Na ausência da adubação nitrogenada de cobertura, duas aplicações de N via foliar na fase reprodutiva aumentaram a massa e o tamanho dos grãos, a produtividade de grãos e o teor de proteínas nos grãos do feijoeiro.

3. A aplicação de N via foliar no estágio R₅ foi mais eficiente em aumentar a produtividade de grãos do feijoeiro que a aplicação em R₇.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, C.; CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E. & BUZETTI, S. Ureia em cobertura e via foliar em feijoeiro. *Sci. Agric.*, 57:293-296, 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. *Sci. Agric.*, 53:338-343, 1996.
- ANDRADE, M.J.B.; DINIZ, A.R.; CARVALHO, J.G. & LIMA, S.F. Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Ci. Agrotec.*, 22:499-508, 1998.
- ARAÚJO, G.A.A. & FERREIRA, A.C.B. Manejo do solo e plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. & BORÉM, A., ed. Feijão. 2.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.87-114.
- BARBOSA, G.F.; ARF, O.; NASCIMENTO, M.S.; BUZETTI, S. & FREDDI, O.S. Nitrogênio em cobertura e molibdênio foliar no feijoeiro de inverno. *Acta Sci. Agron.*, 32:117-123, 2010.
- BOARETTO, A.D.; DAGHLIAN, C.; MURAOKA, T. & CRUZ, A.P. Adubação do feijoeiro: Fontes de nitrogênio, concentração da solução e horários de aplicação. *R. Agric.*, 60:117-123, 1985.
- BOARETTO, A.E. & ROSOLEM, C.A. Adubação foliar: conceituação e prática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2., Botucatu, 1987. Anais... Botucatu, Fundação de Estudos Agrícolas e Florestais, 1987. p.161.
- BORDIN, L.; FARINELLI, R.; PENARIOL, F.G. & FORNASIERI FILHO, D. Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. *Bragantia*, 62:417-428, 2003.
- BORÉM, A. & CARNEIRO, J.E.S. A cultura. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. & BORÉM, A., eds. Feijão. 2.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.13-18.
- CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F. & CARVALHO, C.R.L. Tamanho de grão comercial em cultivares de feijoeiro. *Ci. Rural*, 40:2067-2073, 2010.
- CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; ITO, M.F.; PERINA, E.F.; GONÇALVES, J.G.R.; SOUZA, P.S.; GALLO, P.B.; TICELLI, M.; COLOMBO, C.A. & AZEVEDO FILHO, J.A. IAC-Alvorada and IAC-Diplomata: New common bean cultivars. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.*, 8:163-166, 2008.
- CARVALHO, M.A.C.; ARF, O.; SÁ, M.E.; BUZETTI, S.; SANTOS, N.C.B. & BASSAN, D.A.Z. Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:617-624, 2001.
- 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 Sci. Agron.*, 24:1391-1395, 2002.
- CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, E.D.; ANDREOTTI, M.; NAKAGAWA, J.; LEMOS, L.B. & MARUBAYASHI, O.M. Efeito do nitrogênio sobre a qualidade fisiológica, produtividade e características de sementes de feijão. *R. Bras. Sementes*, 25:108-115, 2003.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Pesquisa do Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FANCELLI, A.L. & TSUMANUMA, G.M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. & VITTI, G.C. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, IPNI, 2007. p.445-486.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *R. Symposium*, 6: 36-41, 2008.
- FERNANDEZ, F.; GEPTS, P. & LOPES, M. Etapas de desarrollo de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1986. 34p.
- FRANCO, E.; ANDRADE, C.A.B.; SCAPIM, C.A. & FREITAS, S.L. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio na semeadura e cobertura no sistema plantio direto. *Acta Sci. Agron.*, 30:427-434, 2008.
- GOMES JUNIOR, F.G. & SÁ, M.E. Proteína e qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em função da adubação nitrogenada em plantio direto. *R. Bras. Sementes*, 32:34-44, 2010.
- GOMES JUNIOR, F.G.; LIMA, E.R.; LEAL, A.J.F.; MATOS, F.A.; SÁ, M.E. & HAGA, K.I. Teor de proteína em grãos de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. *Acta Sci. Agron.*, 27:455-459, 2005.
- HUNGRIA, M.; NEVES, M.C.P. & VICTORIA, R.L. Assimilação do nitrogênio pelo feijoeiro. II. Absorção e translocação do N mineral e do N₂ fixado. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:201-209, 1985.
- MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A.; BALDUCCI JÚNIOR, J.J. & NAKAGAWA, J. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): I. Estudo de épocas de aplicação de nitrogênio. *Turrialba*, 32:417-422, 1982.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, Potafós, 1997. 308p.
- OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S. & DUTRA, L.G. Nutrição mineral e fixação biológica de nitrogênio. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, M.J.O., coords. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, Potafós, 1996. p.169-221.
- PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, M.J.O., coords. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, Potafós, 1996. p.101-137.
- RAIJ, B.van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 284p.

- ROSOLEM, C.A. & BOARETTO, A.E. Adubação foliar do feijoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2., Botucatu, 1987. Anais... Campinas, Fundação Cargill, 1987. p.449-512.
- ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, M.J.O., coords. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba, Potafós, 1996. p.353-390.
- ROSOLEM, C.A. Recomendação e aplicação de nutrientes via foliar. Lavras, UFLA/FAEPE. 2002. 99p.
- ROSOLEM, C.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.L.O. & VICTORIA, R.L. Absorção de ureia via foliar pelo algodoeiro em função do pH da solução. Pesq. Agropec. Bras., 25:491-497, 1990.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BALDUCCI JÚNIOR, J.J. & HING, L.T. Adubação foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): II. Efeitos do nitrogênio com e sem cobertura nitrogenada. Turrialba, 32:423-428, 1982.
- SILVA, T.R.B.; LEMOS, L.B. & TAVARES, C.A. Produtividade e característica tecnológica de grãos em feijoeiro adubado com nitrogênio e molibdênio. Pesq. Agropec. Bras., 41:739-745, 2006.
- SORATTO, R.P.; CARVALHO, M.A.C. & ARF, O. Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. Pesq. Agropec. Bras., 39:895-901, 2004.
- SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M. & LEMOS, L.B. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em plantio direto. Bragantia, 64:211-218, 2005.
- SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, L.M. & LEMOS, L.B. Parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. Científica, 34:223-228, 2006.
- VASILAS, B.L.; LEGG, J.O. & WOLF, D.C. Foliar fertilization and translocation of ¹⁵N-labeled urea. Agron. J., 72:271-275, 1980.
- WIEN, H.C.; ALTSCHULER, S.L.; OZBIN, J.L. & WALLACE, D.H. ¹⁴C-assimilate distribution in *Phaseolus vulgaris* L. during the reproductive period. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 101:510-513, 1976.