

Adubação nitrogenada no feijoeiro em sistema de semeadura direta e preparo convencional do solo

Francisco Guilhien Gomes Junior^{1*}, Marco Eustáquio de Sá² e Cid Tacaoca Muraishi²

¹Departamento de Produção Vegetal, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, Cx. Postal 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: fgjunio@esalq.usp.br

RESUMO. A aplicação de N em cobertura é indispensável para a obtenção de altas produtividades do feijoeiro e estudos de respostas ao fertilizante em condições de semeadura direta e preparo convencional do solo ainda consistem numa necessidade fundamental. Assim, a pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de N e a produtividade do feijoeiro em sistema de semeadura direta e de preparo convencional do solo. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial (2x8+1) com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da combinação das doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N aplicadas em oito épocas do estágio V₄ do desenvolvimento vegetativo (V₄₋₃, V₄₋₄, V₄₋₅, V₄₋₆, V₄₋₇, V₄₋₈, V₄₋₉ e V₄₋₁₀), além da testemunha sem N em cobertura. O experimento foi desenvolvido no período de outono-inverno de 2002 e 2003 nos sistemas de semeadura direta sobre palhada de milho e preparo convencional com arado de aiveca. Conclui-se que a adubação nitrogenada no estágio fenológico V₄ do feijoeiro propicia produtividade de sementes equivalentes entre a semeadura direta e o preparo convencional do solo. As diferenças de produtividade entre a semeadura direta e o preparo convencional do solo são inconsistentes em uma mesma área de cultivo.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., cobertura morta, adubo nitrogenado, fenologia.

ABSTRACT. Nitrogen fertilization in common bean crops under no-tillage and conventional systems. Nitrogen fertilizer is necessary for high yields in common bean crops and N responses under conditions of no-tillage and conventional systems are still basic needs. Thus, the objective of this research was to evaluate the effect of N application and common bean yield in no-tillage and conventional systems. The experimental design was a randomized block in a factorial scheme (2x8+1) with four replications. The treatments were constituted by the combination of two N doses (40 and 80 kg ha⁻¹) applied at side dressing at eight distinct stadia during vegetative development of the common bean (V₄₋₃, V₄₋₄, V₄₋₅, V₄₋₆, V₄₋₇, V₄₋₈, V₄₋₉ and V₄₋₁₀), in addition to a control plot without N in side dressing. The experiment was conducted over two years (2002 and 2003) in no-tillage on millet crop residues and conventional plow system. It was concluded that N fertilizer at the V₄ stadium of common bean promotes similar seed yields in no-tillage and conventional systems. Yield differences between no-tillage and conventional systems are inconsistent in the same agricultural area.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., mulching, nitrogen fertilizer, phenology.

Introdução

No manejo do feijoeiro, a aplicação de nitrogênio em cobertura é indispensável para a obtenção de altas produtividades. O adequado suprimento da cultura quanto a esse nutriente está associado à alta atividade fotossintética, ao crescimento vigoroso e a folhas de cor verde-escura. Sua deficiência provoca pequeno desenvolvimento das plantas, as folhas tornam-se verde-pálidas ou mesmo amareladas e poucas flores se desenvolvem (Vieira, 1998). O efeito desse nutriente em aumentar o número de

vagens por planta tem sido frequentemente comprovado pela pesquisa (Vale, 1994; Calvache *et al.*, 1997; Guerra *et al.*, 2000; Bordin *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2004), embora não exerça muita influência sobre o número de sementes por vagem (Arf *et al.*, 1994; Rapassi *et al.*, 2003).

Pesquisas realizadas no início da segunda metade do século passados mencionam que a maior demanda por N ocorre a partir dos 20 a 25 dias após a emergência das plântulas, quando o feijoeiro tem maior taxa de crescimento (Gallo e Miyasaka, 1961;

Haag *et al.*, 1967; Cobra Neto *et al.*, 1971). Entretanto, o momento da aplicação do N em cobertura não deve ser prorrogado muito além desse período. Tem sido reportado na literatura maior aproveitamento do N com a adubação de cobertura sendo realizada no máximo até 36 dias (Rosolem, 1987) e dos 35 aos 50 dias após a emergência das plântulas (Arf *et al.*, 1999). Resultados obtidos por Gomes Junior *et al.* (2005) indicam que as maiores produtividades de grãos de feijão cultivado no inverno, em sistema de preparo convencional do solo, são atingidas quando a adubação nitrogenada em cobertura é realizada até o estágio de sete folhas trifolioladas totalmente abertas na haste principal (V₄₋₇), com rendimentos acima de 2.400 kg ha⁻¹ com a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de N. Entretanto, em condições de semeadura em solo não revolvido podem ocorrer modificações na dinâmica do N aplicado. Segundo Barbosa Filho *et al.* (2005), a época mais adequada para a aplicação do N em cobertura no feijoeiro também pode não ser aquela utilizada em sistemas convencionais. Quando a semeadura direta foi realizada sobre palhada de aveia-preta, a melhor época de aplicação e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura foi 30% aos sete dias após a emergência + 70% da dose aos 35 dias após a emergência das plântulas (Santi *et al.*, 2003). Entretanto, as respostas à aplicação do N podem variar conforme a espécie e quantidade de palha remanescente sobre a superfície do solo (Gomes Junior *et al.*, 2008).

Na fase de botões florais, Bordin *et al.* (2003) aplicaram 0, 25, 50 e 75 kg ha⁻¹ de N no feijoeiro de inverno em semeadura direta sobre palhada de leguminosas (feijão-bravo-do-Ceará e crotalaria-juncea) e gramíneas (milheto, sorgo e sorgo-guiné) e verificaram maior produtividade de grãos e componentes de produção do feijoeiro com a aplicação das doses de 50 e 75 kg ha⁻¹ de N. Os autores também constataram que dentre as gramíneas, a sucessão com o milheto foi a que proporcionou as maiores produtividades do feijoeiro. Alvarez *et al.* (2005) observaram que a adubação nitrogenada em cobertura em sistema de semeadura direta sobre palhada de arroz, aos 21 dias após a emergência das plântulas, aumentou a produtividade do feijoeiro de inverno em 46,8% quando foi aplicado 75 kg ha⁻¹ de N e 19,1% quando foi aplicado 125 kg ha⁻¹ de N, em relação à testemunha sem adubação de cobertura.

As pesquisas realizadas que se comparam o cultivo do feijoeiro entre diferentes modalidades têm proporcionado resultados contrastantes entre o preparo convencional do solo e a semeadura direta

sem revolvimento do solo. Com relação ao número de vagens por planta, há resultados que comprovam a superioridade da semeadura direta (Stone e Moreira, 2000) como também há pesquisas que evidenciam o contrário (Santos *et al.*, 1997; Stone e Moreira, 2001; Soratto *et al.*, 2003). Quanto ao número de sementes por vagem, tem sido observada, em alguns casos, ausência de influência do sistema de cultivo (Soratto *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2004), enquanto que outros, melhores resultados para a semeadura direta em relação ao preparo convencional do solo (Stone e Moreira, 2000; Arf *et al.*, 2004). Da mesma forma, têm sido observadas maiores produtividades tanto no preparo convencional (Sampaio *et al.*, 1989; Siqueira, 1989; Soratto *et al.*, 2003) quanto na semeadura direta (Stone e Silveira, 1999), como também há resultados que mostram ausência de influência do sistema de cultivo sobre a produtividade de grãos desta cultura (Silva *et al.* 2004). Quanto ao efeito do N, tem sido constatado que a aplicação de 0, 20, 40, 60, 80 e 100 kg ha⁻¹, na forma de uréia aos 25 dias após a semeadura, aumentou a produtividade do feijoeiro em sistema de semeadura direta em relação ao preparo convencional, com médias de 1.186 e 1.002 kg ha⁻¹, respectivamente, com resposta linear e positiva em função das doses de N (Sato *et al.*, 2002). Além disso, quando se avaliaram várias cultivares de feijão comum em sistema de semeadura direta sobre diferentes plantas de cobertura e preparo convencional, as produtividades obtidas no primeiro sistema foram, na maioria das situações, superiores ou equivalentes às obtidas em condições de preparo convencional (Santos *et al.*, 2004). Já, quando o cultivo foi realizado por três anos consecutivos, foi observado que, somente em um ano, a semeadura direta proporcionou maior produtividade do feijoeiro de inverno irrigado por aspersão, em relação ao preparo convencional do solo (Binotti *et al.*, 2007). Esses resultados reforçam a necessidade de mais estudos direcionados para esse tema, principalmente no que diz respeito à aplicação do N em cobertura.

Assim, a pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de N e a produtividade do feijoeiro em sistemas de semeadura direta e de preparo convencional do solo.

Material e métodos

O cultivo do feijoeiro foi realizado na área experimental da Faculdade de Engenharia, Unesp - Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, no período de outono-inverno de 2002 e 2003. O clima é do

tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, apresentando temperatura média anual de 23,5°C, precipitação pluvial anual média de 1.370 mm e a umidade relativa do ar oscila entre 70 e 80%. O solo do local é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, A moderado, hipodistrófico álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido, segundo a atual nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). A análise química do solo na camada de 0 a 0,20 m revelou os seguintes resultados no primeiro ano: MO: 23 g dm⁻³; P_(resina): 17 mg dm⁻³; pH (CaCl₂): 5,1; K, Ca, Mg e H+Al: 1,8, 21, 13 e 31 mmol_c dm⁻³, respectivamente e V: 54%. No ano seguinte foram observados os seguintes valores: MO: 21 g dm⁻³; P_(resina): 18 mg dm⁻³; pH (CaCl₂): 5,6; K, Ca, Mg e H+Al: 1,1, 37; 23 e 21 mmol_c dm⁻³, respectivamente; e V: 74%.

O feijoeiro foi implantado em sistema de preparo convencional em uma área de pousio e em sistema de semeadura direta. O preparo do solo para a semeadura do feijoeiro, no sistema convencional, foi realizado por meio de uma aração com arado de aiveca e duas gradagens, a segunda pouco antes da semeadura, sendo as principais plantas daninhas predominantes na área o capim-colonião, o capim-colchão, o picão-preto, a corda-de-viola e a trapoeraba. A semeadura direta foi realizada sobre palhada de milho, após a aplicação do herbicida dessecante glifosato na dose de 800 g ha⁻¹ do i.a. As características químicas e a quantidade de biomassa seca produzida pelas plantas de milho e pelas plantas daninhas foram determinadas e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Produtividade de biomassa seca (B.S.) e teores de macro e micronutrientes das plantas de milho e plantas daninhas da área de pousio. Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, 2003.

Avaliações	Milho	Plantas daninhas
Biomassa seca (kg ha ⁻¹)	11605	2674
Macronutrientes (g kg ⁻¹ de B.S.)		
N	17,4	20,67
P	8,08	7,86
K	9,19	10,43
Ca	2,53	6,57
Mg	3,88	3,61
S	5,33	5,79
Micronutrientes (mg kg ⁻¹ de B.S.)		
Fe	361	449
Cu	6,33	9,65
Mn	90,44	54,15
Zn	37,47	25,76

Fonte: Laboratório de Análises de Sementes e Genética de Populações da Unesp – Campus de Ilha Solteira.

A adubação de semeadura foi calculada de acordo com a análise química do solo e as recomendações de Ambrosano *et al.* (1997). Aplicaram-se 250 kg ha⁻¹

da fórmula 04-14-08. As semeaduras foram realizadas em 13 de maio de 2002 e 25 de abril de 2003, utilizando a variedade cultivada IAC Carioca, distribuindo-se 15 sementes por metro em linhas espaçadas de 0,5 m, visando à obtenção de uma população final de, aproximadamente, 240.000 plantas por hectare. Os dados de temperatura e precipitação pluvial, durante o ciclo do feijoeiro nos dois anos de pesquisa, encontram-se na Figura 1. Os tratos culturais e fitossanitários foram feitos conforme a necessidade, de acordo com o recomendado para o cultivo do feijoeiro na região. Para o controle de plantas daninhas no primeiro ano, aplicou-se trifluralin na dose de 800 g ha⁻¹ do i.a. em pré-plantio incorporado na área com preparo convencional. Aos 25 dias, após a emergência das plantas, nas duas áreas de cultivo, realizou-se pulverização com fluazifop-p-butil + fomesafen (200 + 250 g ha⁻¹ do i.a.). No ano seguinte, aos 26 dias após a emergência das plantas realizou-se uma pulverização com bentazon (600 g ha⁻¹ do i.a.) e aos 32 dias após a emergência a aplicação de fluazifop-p-butil (12,5 g ha⁻¹ do i.a.) em ambas as áreas de cultivo. A cultura foi mantida sob regime de irrigação, utilizando-se um sistema por aspersão convencional, com o turno de rega definido em função de parâmetros de evapotranspiração da cultura na região.

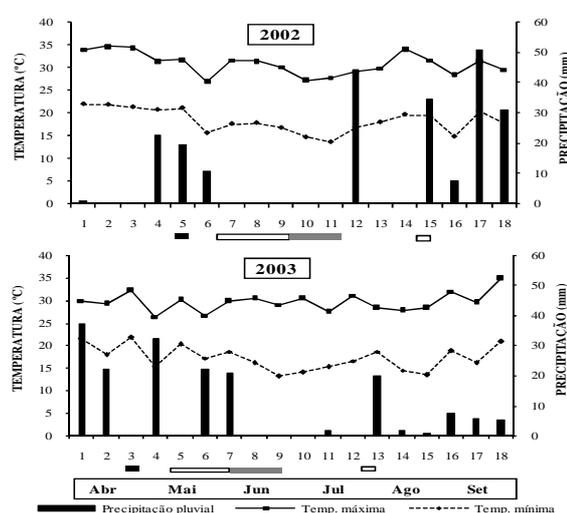


Figura 1. Dados de temperatura e precipitação pluvial, por decêndio, durante o ciclo do feijoeiro nos anos de 2002 e 2003, Selvíria, MS. As barras de coloração preta, branca (maior), cinza e branca (menor) indicam, respectivamente, a semeadura, o período vegetativo em que foi aplicado o N em cobertura (V_{4,3} a V_{4,10}), o florescimento e a colheita.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com um total de 17 tratamentos para cada

sistema de preparo, dispostos em um esquema fatorial ($2 \times 8 + 1$) resultante da aplicação das doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de N (uréia) em oito épocas do desenvolvimento vegetativo (subestádios no estágio fenológico V₄ segundo Fernandez *et al.* (1992), sendo definidas como V₄₋₃, V₄₋₄, V₄₋₅, V₄₋₆, V₄₋₇, V₄₋₈, V₄₋₉, V₄₋₁₀, com a primeira realizada por ocasião da emissão e desenvolvimento da terceira folha trifoliolada da haste principal (V₄₋₃) e a última quando mais de 50% das plantas se encontravam com o décimo trifólio desenvolvido na haste principal (V₄₋₁₀), quando também ocorreu o início do florescimento. As parcelas foram constituídas por seis linhas de 5 m de comprimento, sendo a área útil as quatro linhas centrais, desprezando-se 0,5 m das extremidades de cada linha. Por ocasião da colheita, coletaram-se dez plantas consecutivas em local pré-determinado na área útil de cada parcela para a avaliação da altura de inserção da primeira vagem, número de vagens e sementes por planta, número de sementes por vagem e massa de 100 sementes. A produtividade de sementes foi obtida pela colheita das plantas de duas linhas da área útil de cada parcela, que após secadas, foram trilhadas manualmente, abanadas e determinada a sua massa e umidade, tendo, posteriormente, a massa corrigida para 13% na base úmida. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os efeitos dos sistemas de preparo do solo em cada ano foram analisados por meio de análise conjunta dos dados.

Resultados e discussão

Foram observadas diferenças entre a semeadura direta e o preparo convencional do solo quanto ao número de vagens e sementes por planta, número de sementes por vagem, massa de 100 sementes e à produtividade de sementes do feijoeiro nos dois anos e à altura de inserção da primeira vagem em 2003 (Tabela 2). Constataram-se efeitos significativos das doses de N sobre a altura de inserção da primeira vagem e número de vagens por planta em 2002, quando também se observou interação significativa entre sistema de cultivo e doses de N para a massa de 100 sementes.

As características agrônomicas e a produtividade de sementes do feijoeiro não foram influenciadas pela época de aplicação de N, indicando que a aplicação do nutriente pode ser efetuada entre os subestádios V₄₋₃ e V₄₋₁₀ tanto em semeadura direta quanto em preparo convencional do solo. Pesquisa

recente tem evidenciado que a aplicação do N nos subestádios V₄₋₃ e V₄₋₆ em semeadura direta, utilizando-se como plantas de cobertura milho, milheto e braquiária não influenciou os componentes de produção e a produtividade do feijoeiro (Gomes Junior *et al.*, 2008). Assim, é de se supor que as diferenças ocorram em estádios mais avançados do desenvolvimento e que também sejam influenciadas por fatores ambientais. Em condições de preparo convencional do solo por exemplo, tem sido constatada redução da produtividade do feijoeiro quando a aplicação do N foi realizada a partir do subestádio V₄₋₇ (Gomes Junior *et al.*, 2005). Nesse sentido, analisando os resultados obtidos nesta pesquisa, existe a hipótese de ter ocorrido disponibilização de N ao feijoeiro oriundo da decomposição das plantas antecessoras, constituindo-se em uma fonte adicional do nutriente, e dessa forma, minimizando os efeitos do nitrogênio proveniente da adubação. A produtividade de matéria seca de milheto em 2002 foi de 6,5 t ha⁻¹, sendo, no ano seguinte, 11,6 t ha⁻¹ (Tabela 1). A partir da biomassa seca das plantas, em 2003, calcula-se a disponibilidade potencial de 202 kg ha⁻¹ de N oriunda da palhada do milheto e 55 kg ha⁻¹ de N a ser liberado, a partir da decomposição das plantas daninhas.

Foi observada, no ano de 2003, maior altura de inserção da primeira vagem das plantas crescidas com resíduos de milheto sobre o solo em relação àquelas que cresceram em solo revolvido (Tabela 3). A existência de restos vegetais sobre o solo predominante naquelas condições de cultivo favorece à maior eficiência do aproveitamento da água pelas plantas, o que provavelmente pode ter contribuído para essa diferença. No ano anterior, foi constatada influência da dose de N sobre essa característica, observando-se maior número de plantas com menor altura de inserção da primeira vagem com a aplicação de 80 kg ha⁻¹. Além disso, observa-se que de maneira geral, no segundo ano de cultivo, os valores foram praticamente o dobro em relação ao ano anterior. Naquele ano, foi observado maior crescimento em altura das plantas em relação ao ano anterior, além de ter ocorrido aborto das flores das partes mais baixas das plantas em decorrência de altas temperaturas registradas no início do período de florescimento (Figura 1), tendo em vista que as altas temperaturas constituem em um dos fatores que mais influenciam a queda de flores e a pega de vagens pelo feijoeiro.

Tabela 2. Significância do teste F para as características de produtividade do feijoeiro cv. IAC Carioca, cultivado em 2002 e 2003 em Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul.

Causas da variação	AIPV		N ^o V/P		N ^o S/V		N ^o S/P		M100S		PROD	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
SP	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*
E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
D	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SP x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SP x D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
E x D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
SP x E x D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Test. x (E x D)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bloco	ns	**	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**	**
C.V. (%)	20,3	10,3	25,6	25,0	11,0	7,3	28,9	27,8	4,5	4,9	21,7	22,6

AIPV – Altura de inserção da primeira vagem; N^oV/P – Número de vagem por planta; N^oS/V – Número de sementes por vagem; N^oS/P – Número de sementes por planta; M100S – Massa de 100 sementes; PROD – Produtividade de sementes; E – Estádio de aplicação de N; SP – Sistema de preparo; D – Dose de nitrogênio; ns – não-significativo; * – significativo p < 0,05; ** – significativo p < 0,01.

As observações de maior número de vagens por planta, em condições de semeadura direta no ano de 2002 (Tabela 3) concordam com os resultados observados por Stone e Moreira (2000). No entanto, no ano de 2003, os maiores valores foram observados nas plantas oriundas da área com preparo convencional, corroborando com os resultados de Santos *et al.* (1997), Stone e Moreira (2001) e Soratto *et al.* (2003). Para essa característica, obteve-se aumento considerável de um ano para outro devido à variação na população final de plantas, que, no segundo ano foi menor, promovendo, possivelmente, o chamado efeito de compensação. Quanto à semeadura direta, ocorreu ataque severo de mofo-branco, sendo assinalado como o principal fator para a redução do número de vagens por planta no ano de 2003. Essas causas são também as responsáveis pelas diferenças observadas de um ano para outro entre os sistemas de cultivo quanto ao número de sementes por planta. Além disso, observa-se que, em 2002, a semeadura direta promoveu maior número de sementes por planta, e conseqüentemente, maior produtividade em relação ao preparo convencional do solo, mas, devido à incidência de mofo-branco no ano seguinte, os resultados se inverteram. Já, o efeito das doses de N sobre o número de vagens por planta foi verificado apenas no ano de 2002, com a maior dose aplicada em cobertura apresentando resultados significativamente superiores à dose menor e concordando com os relatos de Vale (1994), Calvache *et al.* (1997), Guerra *et al.* (2000), Bordin *et al.* (2003) e Silva *et al.* (2004).

O número de sementes por vagem do feijoeiro, em semeadura direta, foi superior ao do preparo convencional do solo nos dois anos de estudo. Embora esta característica seja considerada

como intrínseca da cultivar, é possível que também o sistema de cultivo exerça alguma influência. Os resultados de pesquisas sobre esse tema indicam certa controvérsia, e talvez, por isso se torna difícil afirmar com certeza qual o fator que rege esse tipo de resposta. Essa característica também se mostrou variável de um ano para outro em uma mesma localidade, conforme observações de Binotti *et al.* (2007). O aumento da dose de nitrogênio não promoveu aumento do número de sementes por vagem, concordando com os resultados observados na literatura (Arf *et al.*, 1994; Rapassi *et al.*, 2003). Essa é uma característica pouco influenciada por fatores externos, a exemplo da adubação nitrogenada. Normalmente, quando se aumenta a dose de N, as plantas produzem maior número de vagens, sem, contudo, aumentar o número de sementes por vagem.

A massa de 100 sementes do feijoeiro em preparo convencional, nos dois anos de cultivo, foi superior à da semeadura direta (Tabela 3). O menor número de sementes obtido naquele sistema de preparo parece ter sido compensado pela produção de sementes com maior massa, concordando com os resultados observados por Soratto *et al.* (2003).

Já, quanto à análise da interação, no ano de 2002, as doses de nitrogênio dentro de cada sistema de preparo promoveram diferenças apenas para o preparo convencional, com a dose de 80 kg ha⁻¹, produzindo sementes com maior massa em relação à dose de 40 kg ha⁻¹. O efeito do sistema de preparo dentro de cada dose de nitrogênio foi diferenciado apenas para a dose de 80 kg ha⁻¹ com o cultivo convencional apresentando maiores valores. Esse resultado pode ter ocorrido devido à dinâmica do nutriente aplicado, que varia entre diferentes condições de cultivo.

Tabela 3. Altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, número de sementes por planta, massa de 100 sementes e produtividade de sementes do feijoeiro cv. IAC Carioca após a aplicação de doses de N em cobertura em diferentes estádios fenológicos com presença e ausência de preparo do solo. Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, 2002 e 2003.

Tratamento	Altura da inserção da 1ª vagem (cm)		Número de vagens por planta		Número de sementes por vagem		Número de sementes por planta		Massa de 100 sementes (g)		Produtividade de sementes (kg ha ⁻¹)	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
Sistema de preparo ¹												
Convencional	9,8	18,4	9,2	15,0	4,9	4,6	45,8	70,4	27,4	26,0	2433	1950
Sem preparo	9,6	20,9	12,7	12,5	5,4	4,9	68,2	61,0	26,7	25,5	2782	1792
Dose de N (kg ha ⁻¹)												
40	10,0	19,8	10,5	13,5	5,1	4,8*	54,5	64,7	27,0	25,7	2575	1863
80	9,3	19,6	11,4	14,0	5,2	4,7	59,5	66,7	27,2	25,9	1641	1879
Estádio de aplicação de N ₂												
V4-3	10,0	20,0	10,4	13,3	5,2	4,7	54,7	62,5	26,9	25,8	2621	1719
V4-4	9,7	19,9	10,8	14,9	5,3	4,8	57,5	71,6	27,6	26,0	2586	1890
V4-5	9,9	19,5	10,9	13,2	5,1	4,9	57,1	64,3	27,3	25,8	2556	1883
V4-6	9,4	19,5	11,1	14,2	5,0	4,7	26,4	66,9	26,9	25,5	2738	1904
V4-7	10,6	18,8	10,3	13,2	5,0	4,7	52,6	62,1	27,1	26,2	2539	1857
V4-8	9,7	19,3	11,5	13,8	5,1	4,8	59,3	66,7	26,9	25,6	2688	1980
V4-9	9,2	19,8	11,2	14,9	5,0	4,8	56,3	70,6	26,7	25,4	2587	1916
V4-10	9,0	19,8	11,7	13,8	5,2	4,8	62,4	66,5	27,3	25,9	2728	1802
Testemunha	9,8	20,8	10,5	12,5	5,4	4,8	56,5	60,1	27,2	25,8	2427	1886
Média	9,7	19,7	10,9	13,8	5,1	4,8	57,0	65,7	27,1	25,8	2608	1871
D.m.s. (Tukey 5%)	2,19	2,26	3,12	3,84	0,63	0,39	18,35	20,33	1,37	1,39	629,43	471,21

¹Convencional = preparo com arado de aiveca; Sem preparo = semeadura direta sobre resíduos de milho. ²Estádio fenológico definido segundo Fernandez *et al.* (1992). V₄₋₃, V₄₋₄, V₄₋₅, V₄₋₆, V₄₋₇, V₄₋₈, V₄₋₉ e V₄₋₁₀, correspondem respectivamente a 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 folhas trifolioladas da haste principal, totalmente abertas.

No caso da semeadura direta, há maior imobilização inicial com posterior mineralização nos estádios avançados do desenvolvimento das plantas, podendo faltar o nutriente próximo do estádio de florescimento, quando há maior absorção pela cultura. Resultados da pesquisa realizada por Soratto *et al.* (2003), em sistema de semeadura direta, indicaram que quando se aplicou 75 kg ha⁻¹ de N todo na semeadura, obteve-se o melhor resultado para a massa de 100 sementes, em relação à aplicação de 50 kg ha⁻¹ na semeadura e 25 kg ha⁻¹ em cobertura. Porém, quando o nitrogênio foi aplicado todo em cobertura ou parcelado, os resultados foram inferiores aos obtidos para o preparo convencional (Tabela 4).

Tabela 4. Massa de 100 sementes¹ do feijoeiro cv. IAC Carioca após a aplicação de N em cobertura em sistemas diferenciados de preparo. Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, 2002.

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Sistema de preparo	
	Convencional	Sem preparo
40	27,1	26,9
80	27,8	26,6

¹Médias diferem significativamente entre si pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade.

Em 2002, a semeadura direta proporcionou maior produtividade de sementes em relação ao preparo convencional do solo. A diferença foi da ordem de 349 kg ha⁻¹, correspondendo a 14,3% de acréscimo. Já, no ano de 2003, a produtividade de sementes foi maior em condições de preparo convencional do solo em relação à semeadura direta, fato esse associado com a ocorrência de mofo-branco na fase de enchimento de vagens. Observa-se, na

literatura, que esse tipo de problema tem sido a causa da menor produtividade de sementes em semeadura direta comparativamente ao preparo do solo com arado de aiveca e com grade aradora (Arf *et al.*, 2004). No entanto, na ausência de problemas fitossanitários, têm-se observado resultados divergentes entre sistemas de cultivo. Silveira *et al.* (2001) verificaram que a produtividade do feijoeiro diminuiu quando se utilizou continuamente a semeadura direta, sendo que a partir do quarto ano as produtividades foram inferiores às do preparo com arado/grade. Esses autores justificaram que as modificações provocadas no perfil do solo influenciam no desenvolvimento do sistema radicular, que é fundamental para a absorção de água e nutrientes a maiores profundidades. Por outro lado, Binotti *et al.* (2007) observaram que, após três anos de cultivo, a produtividade de grãos, no segundo e terceiro anos de cultivo, foi maior na semeadura direta, em relação ao preparo convencional do solo.

Não foram observadas diferenças entre as doses de N e a época de aplicação quanto à produtividade de sementes, discordando dos resultados observados por Sato *et al.* (2002). Entretanto, a ausência de respostas da adubação nitrogenada sobre a produtividade do feijoeiro tem sido frequente na literatura (Carvalho *et al.*, 2001; Arf *et al.*, 2004). Assim, a decisão entre aplicar uma dose maior ou menor deve ser tomada com cautela para manter a viabilidade econômica da atividade, principalmente quando não são tomados os devidos cuidados quanto aos demais fatores que afetam a produtividade, tais

como estande, controle de pragas, doenças, plantas daninhas e irrigação. Pela quantidade de nitrogênio presente nas plantas de milho e nas plantas na área de pousio, pode ter ocorrido suprimento adequado de N ao feijoeiro. Dessa forma, embora se considere que, após gramíneas, há grande possibilidade de respostas do feijoeiro à adubação nitrogenada, é importante destacar o estado nutricional dessas plantas com relação ao que elas podem proporcionar de retorno ao solo.

A partir da análise dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se considerar que o cultivo do feijoeiro, em sistema de semeadura direta, pode aumentar a produtividade de sementes em relação ao preparo convencional do solo, conforme foi constatado no ano de 2002. Talvez o melhor aproveitamento do nitrogênio em semeadura direta possa ser obtido por meio do parcelamento da dose ou pelo consórcio entre gramíneas e leguminosas. Recentemente, tem sido observada máxima produtividade do feijoeiro com a aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N em área coberta com palha de milho+feijão-de-porco em relação às coberturas com milho+guandu-anão, feijão-de-porco, guandu-anão e milho (Teixeira *et al.*, 2008) o que pode representar ganhos de produtividade em relação ao preparo convencional. Entretanto, é importante ressaltar que o sistema de semeadura direta pode favorecer o aumento da incidência de patógenos nocivos à produtividade e à qualidade das sementes, como por exemplo, o mofo-branco, exigindo, dessa forma, cuidados específicos. Assim, uma das medidas preventivas de controle desse fungo seria o enterrio profundo dos restos culturais, que, em semeadura direta, são mantidos na superfície do solo, criando condições favoráveis para o desenvolvimento do patógeno causador dessa doença.

Conclusão

A adubação nitrogenada, no estágio fenológico V₄ do feijoeiro, propicia produtividade de sementes equivalentes entre a semeadura direta e o preparo convencional do solo.

As diferenças de produtividade entre a semeadura direta e o preparo convencional do solo são inconsistentes em uma mesma área de cultivo.

Agradecimento

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento da pesquisa (Proc.: 00/05727-6).

Referências

- ALVAREZ, A.C.C. *et al.* Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 69-75, 2005.
- AMBROSANO, E.J. *et al.* Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. van *et al.* (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. p. 94-95. (Boletim técnico, 100).
- ARF, O. *et al.* Efeitos de doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do feijão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 6., 1999, Salvador. *Resumos...* Goiânia: Embrapa, 1999. p. 790-793.
- ARF, O. *et al.* Inoculação, adubação nitrogenada e micronutrientes como incrementos de produção em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na região de Selvíria/MS: produção de sementes. *Cult. Agron.*, Ilha Solteira, v. 3, n. 1, p. 151-166, 1994.
- ARF, O. *et al.* Manejo do solo, água e nitrogênio no cultivo de feijão. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 39, n. 2, p. 131-138, 2004.
- BARBOSA FILHO, M.P. *et al.* Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 29, n. 1, p. 69-76, 2005.
- BINOTTI, F.F.S. *et al.* Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 1, p. 121-129, 2007.
- BORDIN, L. *et al.* Sucessão de cultivo de feijão-arroz com doses de adubação nitrogenada após adubação verde, em semeadura direta. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 3, p. 417-428, 2003.
- CALVACHE, A.M. *et al.* Efeito da deficiência hídrica e da adubação nitrogenada na produtividade e na eficiência do uso de água em uma cultura do feijão. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 232-240, 1997.
- CARVALHO, M.A.C. *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob influência de parcelamentos e fontes de nitrogênio. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 617-624, 2001.
- COBRA NETO, A. *et al.* Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), var. Roxinho. *Anais da Esalq*, Piracicaba, v. 28, n. 1, p. 257-274, 1971.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação dos solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999.
- FERNANDEZ, F. *et al.* Etapas de desenvolvimento da planta de feijão. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA. *A cultura do feijão em Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 1992. p. 53-73.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos do florescimento à maturação. *Bragantia*, Campinas, v. 20, n. 40, p. 867-884, 1961.
- GOMES JUNIOR, F.G. *et al.* Teor de proteína em grãos

- de feijão em diferentes épocas e doses de cobertura nitrogenada. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 27, n. 3, p. 455-459, 2005.
- GOMES JUNIOR, F.G. et al. Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre gramíneas. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 30, n. 3, p. 387-395, 2008.
- GUERRA, A.F. et al. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para o feijoeiro na região dos cerrados. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1229-1235, 2000.
- HAAG, H. P. et al. Cultura do feijoeiro. *Bragantia*, Campinas, v. 26, n. 30, p. 380-391, 1967.
- RAPASSI, R.M.A. et al. Níveis e fontes de nitrogênio sobre o feijoeiro de inverno. *Cult. Agron.*, Ilha Solteira, v. 12, n. 1, p. 103-115, 2003.
- ROSOLEM, C.A. *Nutrição e adubação do feijoeiro*. Piracicaba: Potafós, 1987.
- SAMPAIO, G.V. et al. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 36, p. 465-482, 1989.
- SANTI, A.L. et al. Parcelamento e épocas de aplicação do nitrogênio no feijoeiro cultivado em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto. *Resumos...* Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.
- SANTOS, A.B. et al. Avaliação de práticas culturais em um sistema agrícola irrigado por aspersão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 32, n. 3, p. 317-327, 1997.
- SANTOS, R.L.L. et al. Comportamento de cultivares de feijoeiro-comum em sistema convencional e plantio direto com diferentes palhadas. *Cienc. Agrotec.*, Lavras, v. 28, n. 5, p. 978-989, 2004.
- SATO, R.H. et al. Dose de nitrogênio em cobertura na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no sistema convencional e plantio direto. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. *Resumos...* Viçosa: UFV, 2002. p. 804-806.
- SILVA, M.G. et al. Nitrogen fertilization and soil management of winter common bean crop. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 307-312, 2004.
- SILVEIRA, P.M. da et al. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 2, p. 257-263, 2001.
- SIQUEIRA, N.S. *Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo*. 1989. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- 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.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistema de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 4, p. 835-841, 2000.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Resposta do feijoeiro ao nitrogênio em cobertura, sob diferentes lâminas de irrigação e preparos de solo. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 3, p. 473-481, 2001.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, 1999.
- TEIXEIRA, C.M. et al. Produtividade e teores foliares de nutrientes do feijoeiro sob diferentes palhadas e doses de nitrogênio em semeadura direta. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 123-130, 2008.
- VALE, L.S.R. *Doses de calcário, desenvolvimento da planta, componentes de produção, produtividade de grãos e absorção de nutrientes de duas cultivares de feijão*. 1994. Dissertação (Mestrado em Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.
- VIEIRA, C. Adubação mineral e calagem. In: VIEIRA, C. et al. (Coord.). *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, 1998. p. 123-151.

Received on August 22, 2007.

Accepted on February 15, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.