

# Produtividade do feijoeiro irrigado em razão de fontes de adubo nitrogenado estabilizado e de liberação controlada

Tatiely Gomes Bernardes<sup>1</sup>, Pedro Marques da Silveira<sup>2\*</sup>, Marcia Thaís de Melo Carvalho<sup>2</sup>,  
Beáta Emöke Madari<sup>2</sup>, Maria da Conceição Santana Carvalho<sup>2</sup>

## RESUMO

Novos adubos nitrogenados estão sendo disponibilizados no mercado, mas ainda são escassos os resultados sobre sua eficiência nas condições de Cerrado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes fontes de nitrogênio (N), inclusive a ureia com inibidor de urease e de liberação lenta, na produtividade de grãos do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L), irrigado, em sistema plantio direto. O experimento foi conduzido no inverno de 2010, na Embrapa Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, GO. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos constaram de cinco fontes de N (ureia; ureia + NBPT; ureia + polímero; sulfato de amônio e nitrato de amônio) e um tratamento testemunha (sem N); sendo aplicados 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na semeadura, e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, em cobertura. Foram avaliados o Índice Relativo de Clorofila (IRC) nas folhas, o teor e o acúmulo de N e a massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro, no florescimento, o número de vagem por planta, o número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos. Não houve diferença significativa entre as fontes nitrogenadas, quanto ao IRC, à MSPA, ao teor de N e ao N acumulado pela planta. A utilização da ureia recoberta com polímero e da ureia com inibidor de urease não proporcionou aumentos do número de grãos por vagem, do número de vagens por planta, da massa de 100 grãos e da produtividade de grãos, ao se comparar com os resultados proporcionados pelas fontes tradicionais de N, como ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., NBPT, nitrato de amônio, sulfato de amônio, ureia recoberta com polímero.

## ABSTRACT

### Productivity of irrigated beans due to sources of stabilized nitrogen fertilizer and controlled release

New nitrogen fertilizers are available in the market actually, however, does not have results on the efficiency of the Cerrado conditions. With that objective of this study was to evaluate the effect of urea including stabilized and controlled release urea on yield of irrigated common beans (*Phaseolus vulgaris* L) in no-tillage system. The experiment was conducted in the winter crop, at Embrapa Arroz e Feijão, in Santo Antônio de Goiás, State of Goiás, Brazil. The experimental design was randomized blocks, with five replicates. Treatments consisted of five N sources (urea, urea + NBPT, urea + polymer, ammonium sulphate, and ammonium nitrate) and a control (without N) being applied 20 kg ha<sup>-1</sup> of N at sowing and 80 kg ha<sup>-1</sup> of N in topdressing. We evaluated the chlorophyll content in leaves of common beans, the leaf N content and dry mass weight (MSPA) in the flowering of common beans, the number

Submetido em 12/03/2014 e aprovado em 01/09/2015.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Barreiros, Pernambuco, Brasil. tatiely.gomes@ifpe.edu.br

<sup>2</sup> Embrapa Arroz e Feijão, Laboratório de Solos, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil. pedro.silveira@embrapa.br; marcia.carvalho@embrapa.br; beata.madari@embrapa.br; maria.carvalho@embrapa.br

\*Autor para correspondência: pedro.silveira@embrapa.br

of pods per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains, grain yield and final stand of the common beans. The sources of nitrogen fertilizer did not influence, leaf N content, the mass of MSPA and the relative chlorophyll index of common beans. The use of polymerized urea and urea with urease inhibitor, did not produce increases in the number of grains per pod, number of pods per plant, mass of 100 grains and common beans yield compared to traditional sources of N, urea, ammonium sulfate and ammonium nitrate.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* L., ammonium nitrate, ammonium sulphate, NBPT, polymer-coated urea.

## INTRODUÇÃO

No Bioma Cerrado, a adoção do sistema plantio direto (SPD) é uma alternativa de sustentação dos recursos naturais e para utilização agrícola do solo. Neste sistema, a forma de manejo conservacionista envolve um conjunto de técnicas integradas, que visam a otimizar o potencial genético de produção das culturas, com simultânea melhoria das condições ambientais (água-solo-clima). Porém, dentre as tecnologias indicadas para este sistema de cultivo, conforme Barbosa Filho *et al.* (2005), a adubação nitrogenada é a que tem gerado maior número de questionamentos. As dúvidas referem-se desde a mecanismos controladores da disponibilidade do nitrogênio e das reações das diferentes fontes de nitrogênio (N) no solo, até à prática da adubação quanto às doses, aos métodos e às épocas de aplicação (Barbosa Filho *et al.*, 2005).

Dentre os fertilizantes nitrogenados mais comuns, o sulfato de amônio (SA), a ureia e o nitrato de amônio (NA), o mais utilizado no mundo é a ureia, por apresentar maior concentração de N (46% N) e menor custo por unidade de nutriente. Mas para o N ser utilizado pelas plantas, a ureia deve sofrer hidrólise, que é a quebra de sua molécula, pela enzima urease, a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e amônia (NH<sub>3</sub>). Consequentemente, o N na forma de NH<sub>3</sub> pode ser perdido por volatilização, quando aplicado principalmente na superfície do solo (Lara Cabezas *et al.* 1997). Entretanto, o SA e o NA, em condições de solos ácidos, como os solos do Cerrado, não sofrem perdas significativas por volatilização de NH<sub>3</sub>, podendo estas ocorrerem em solos calcários (Stipp & Prochnow, 2008).

Com a finalidade de aumentar a eficiência de uso do N, estão sendo testados fertilizantes de liberação lenta ou com solubilidade controlada e os fertilizantes estabilizados, que contêm aditivos ou inibidores da urease (Cantarella, 2007).

Atualmente, o único inibidor de urease de importância prática comercial é o N-(n-butil) tiofosfórico triamida ou NBPT, cujo efeito permanece por cerca de 14 dias (Vitti & Heirinchs, 2007). O atraso da hidrólise

reduz a concentração de NH<sub>3</sub> na superfície do solo, diminui o potencial de volatilização de NH<sub>3</sub> e permite o deslocamento da ureia para horizontes mais profundos do solo (Christianson *et al.*, 1990). Os benefícios da mistura ureia + NBPT são dependentes das mesmas variáveis que controlam a volatilização da amônia e ainda não se pode assumir que a redução das perdas de NH<sub>3</sub> será convertida em aumento de produção de culturas (Watson *et al.*, 1998). O revestimento de ureia pode ser feito com vários produtos, dentre eles os polímeros, que se organizam na superfície dos grânulos, formando uma proteção e revestimento semipermeável, que permite a gradual solubilidade dos nutrientes. Pereira *et al.* (2009) avaliaram doses e fontes nitrogenadas, aplicadas no milho safrinha, e observaram que os tratamentos com ureia revestida com polímero e com ureia com inibidor de urease reduziram a volatilização de N em torno de 50%, em comparação com a da ureia comum, e que o uso destas fontes refletiu-se em maiores produtividades.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes fontes de nitrogênio, incluindo fontes tradicionais, fonte com inibidor de urease e de liberação lenta, na produtividade de grãos do feijoeiro irrigado, em sistema plantio direto, nas condições de Cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Fazenda Capivara, pertencente à Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO. Durante a condução do experimento as temperaturas máximas e mínimas variaram de, respectivamente, 27,0°C a 35,7°C e 10,9°C a 20,8°C.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2013), de textura argilosa (554 g kg<sup>-1</sup> de argila, 111 g kg<sup>-1</sup> de silte e 335 g kg<sup>-1</sup> de areia). A análise química, na camada de 0,0 a 0,2 m, anteriormente à instalação do experimento, apresentou os seguintes resultados: pH (H<sub>2</sub>O) = 5,1; Ca (extrator KCl 1 M) = 1,23 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg (KCl 1 M) = 0,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; P (Melich 1) = 29,2 mg dm<sup>-3</sup>; K (Melich 1) = 0,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica (ácido sulfúrico e dicromato de potássio) = 23 g dm<sup>-3</sup>.

Na área experimental, no ano de 2009, em sistema plantio direto, foi cultivado feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), no inverno, sobre palhada de *Urochloa ruziziensis* (A. Rich.) R.D. Webster (Syn. *Brachiaria ruziziensis*) e, no verão, milho (*Zea mays* L.). Em março de 2010, foram aplicados 4 Mg ha<sup>-1</sup> de cálcio dolomítico, com 30% de CaO, 14% de MgO, na superfície do solo, sem incorporação. Posteriormente, no mês de maio, a área foi dessecada com o herbicida glifosato, na dose de 2,17 kg ha<sup>-1</sup> i.a., repetindo-se, aos cinco dias antes da semeadura do feijoeiro, nova aplicação do herbicida, na dose de 1,92 kg ha<sup>-1</sup> i.a.

No dia da semeadura do feijoeiro, 08 de junho de 2010, a massa de matéria seca da palhada sobre o solo foi estimada, com o uso de um quadro de ferro, com 0,25 m<sup>2</sup> de área interna, retirando-se manualmente toda a palhada superficial contida na área interna, em 5,3 Mg ha<sup>-1</sup> de palhada na superfície do solo, a qual apresentava em média 40 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O delineamento foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições. Cada parcela foi constituída por 6 m de comprimento e 5 m de largura (10 linhas da cultura espaçadas por 0,5 m), com uma área de 30 m<sup>2</sup> por parcela. Os tratamentos consistiram na aplicação, em semeadura e em cobertura, das seguintes fontes nitrogenadas: Ureia (UR) - 44% N; Ureia protegida, tratada com inibidor da urease (UR+NBPT) - 45% N; Ureia com polímero (UR+Polímero) - 41% N + 1% cálcio (Ca); Sulfato de amônio (SA) - 20% N + 22% de enxofre (S); Nitrato de amônio (NA) - 32% N; Testemunha, sem adubação nitrogenada.

Em junho de 2009, foram aplicados na área experimental dois Mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola - 15% enxofre (S) e 30% de óxido de cálcio (CaO). Portanto, para este ano experimental (2010) não foi necessário adicionar o enxofre às outras fontes nitrogenadas, por sua presença no sulfato de amônio.

As sementes de feijão, do cultivar Pérola, foram tratadas com carboxin + tiram e tiametoxam (75 g; 75 g e 140 g i.a. 100 kg<sup>-1</sup> de sementes, respectivamente). A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora. Na adubação de semeadura, foram misturados 110 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 260 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triplo e 30 kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12, totalizando 400 kg ha<sup>-1</sup>. O adubo nitrogenado, na semeadura, foi aplicado manualmente, na quantidade de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, de acordo com cada tratamento. A adubação nitrogenada em cobertura, de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, foi realizada em uma única aplicação quando as plantas do feijoeiro atingiram o estágio V4 (Gepts & Fernandes, 1982), aos 26 dias após emergência. O fertilizante foi aplicado manualmente a lanço sem incorporação. Posteriormente, foi aplicada uma lâmina de água de 13mm.

As irrigações foram realizadas por meio do sistema pivô-central, em turnos e quantidades de água de acordo com os estádios fenológicos e com a necessidade hídrica da cultura, num total de 340,5 mm de água, por irrigação, e 203,0 mm de água, por precipitação pluvial. Aos 25 dias após a semeadura, foram aplicados os herbicidas fomesafen 0,25 kg ha<sup>-1</sup> i.a. e fluazifop-p-butil 0,188 kg ha<sup>-1</sup> i.a., e o inseticida tiametoxam 0,025 kg ha<sup>-1</sup> i.a.

Aos 22, 29, 36, 43, 50 e 64 dias após emergência (DAE), foram medidos os índices relativos de clorofila, com o clorofilômetro Minolta SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development). As leituras SPAD foram obtidas aleatoriamente, em cada parcela experimental, nas três linhas centrais, no último trifólio completamente desenvolvido, evitando-se a nervura central e as margens da folha, num total de 20 leituras por parcela.

Os teores totais de N na parte aérea do feijoeiro comum foram determinados, coletando-se três plantas, cortadas rente ao solo, no estágio de pleno florescimento, em 10 de agosto de 2010. As amostras das plantas foram secadas, em estufa, a 65 °C, até massa constante e, em seguida, foram pesadas e moídas. Posteriormente, analisaram-se os teores de N pelo método de Dumas (Kalra, 1998), utilizando-se um analisador elementar PerkinElmer CHNS/O 2400 Série II.

A colheita foi realizada aos 99 DAE da plântula. Para obtenção da produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) e da massa de 100 grãos (g), coletaram-se quatro linhas de três metros, perfazendo uma área útil de 6 m<sup>2</sup>. O material colhido foi trilhado e pesado e corrigiu-se a umidade para 13% (base úmida). O número de plantas finais (estande final) foi avaliado durante a colheita e, para avaliação do número de vagem por planta e do número de grãos por vagem, foram coletadas três plantas ao acaso, dentro da área útil da parcela.

As variáveis determinadas foram submetidas à análise de variância, por meio do teste F, e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05), com o programa Sisvar (Ferreira, 2011). Utilizou-se o software SigmaPlot para análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice relativo de clorofila (IRC) das folhas do feijoeiro foi significativamente influenciado pela interação entre os tratamentos e as épocas de avaliação (Tabela 1). Observa-se que nas duas primeiras leituras do IRC (aos 22 e 29 dias após emergência) não houve diferença significativa em função das fontes utilizadas. Entretanto, aos 36, 43 e 50 DAE, os teores de clorofila diferiram quanto às fontes utilizadas. Aos 36 DAE, o tratamento testemunha, sem N, proporcionou menor valor de IRC; aos 43 DAE, as fontes NA e ureia + NBPT pro-

porcionaram maior IRC das folhas do feijoeiro, em comparação com o do tratamento-testemunha. Aos 50 DAE apenas a leitura do IRC do tratamento SA diferenciou-se significativamente da leitura da testemunha.

Entretanto, na última leitura, realizada aos 64 DAE, os IRC das folhas não diferiram significativamente entre si, em razão das diferentes fontes nitrogenadas. Esses resultados são indicativos de que, com o passar do tempo, houve aumento da disponibilidade de N para as plantas de feijão, nas parcelas sem aplicação de N mineral, o que pode ter ocorrido em razão da mineralização dos resíduos vegetais da superfície do solo, disponibilizando N, e, além disso, como as leituras dos teores de clorofila foram sempre realizadas nas folhas trifolioladas totalmente expandidas, com o passar do tempo pode ter ocorrido redistribuição do N das folhas mais velhas para as mais novas, já que ele é móvel na planta (Malavolta *et al.*, 1997), levando à redução da diferença entre os teores de clorofila de todos os tratamentos.

Nas parcelas que não receberam adubação nitrogenada, o IRC das folhas do feijoeiro aumentou linearmente, em razão dos DAE (Figura 1). Didonet *et al.* (2005) e Santana *et al.* (2010) obtiveram respostas lineares entre o IRC das folhas do feijoeiro e os DAE; entretanto, estes autores avaliaram até aos 43 e 45 DAE, diferindo deste estudo, no qual foi avaliado o IRC até aos 64 DAE, estágio reprodutivo da planta em que há translocação de nitrogênio das folhas para os grãos.

Barbosa Filho *et al.* (2008) observaram que o IRC do feijoeiro do tratamento testemunha (sem aplicação de N), apresentava, no florescimento, valores próximos aos das parcelas adubadas com N, segundo eles em razão da mineralização do N contido nos resíduos vegetais. Provavelmente, a disponibilização de N por mineralização da matéria orgânica do solo justifique o aumento crescente do IRC do feijoeiro das parcelas que não receberam nitrogênio. É importante ressaltar que, sendo o feijoeiro uma leguminosa, pode ocorrer natu-

ralmente a fixação biológica de N, o que poderia estar contribuindo para o aumento do teor de N da planta e, conseqüentemente, um aumento linear das leituras SPAD, no tratamento sem N.

Houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ) na massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) do feijoeiro, em razão do uso das fontes nitrogenadas. A utilização de sulfato de amônio, nitrato de amônio e ureia + polímero proporcionou maior MSPA, que, entretanto, só diferiu significativamente daquele da testemunha, sem nitrogênio (Tabela 2).

O teor de N da parte aérea do feijoeiro, no florescimento, não foi influenciado pelos tratamentos ( $p > 0,05$ ), corroborando resultados de Alvarez *et al.* (2005), que, utilizando ureia e nitrato de amônio em cobertura, no feijoeiro do cultivar Pérola, em sistema plantio direto, não observaram diferença significativa no teor de N da parte aérea, durante dois anos de cultivo, 1999 e 2000, com valores médios de 46,7 g kg<sup>-1</sup> e 32,4 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Na Tabela 2, constam os teores de N em razão das fontes nitrogenadas; observa-se que teor médio de 28,06 g kg<sup>-1</sup> de N no feijoeiro está abaixo da faixa considerada adequada para a cultura, de 30 a 50 g kg<sup>-1</sup> no tecido foliar, de acordo com Malavolta *et al.* (1997).

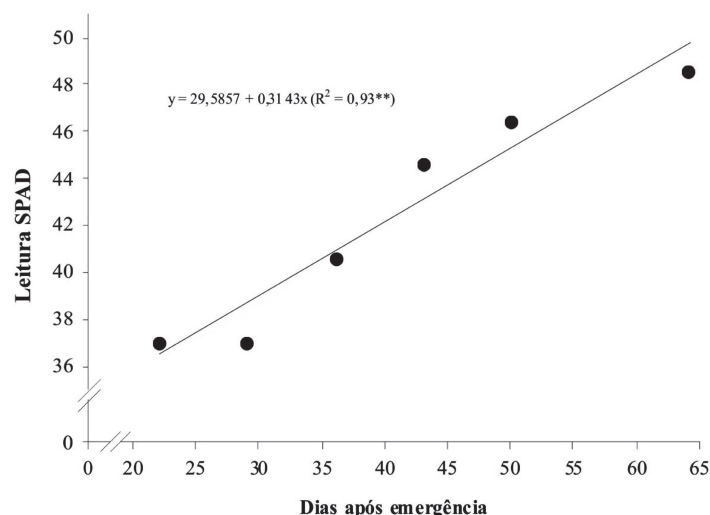
A quantidade de N acumulado na parte aérea do feijoeiro, no florescimento, foi influenciada pelos tratamentos ( $p < 0,01$ ). As fontes ureia + polímero e sulfato de amônio proporcionaram maiores quantidades de N acumulado, de 66,9 kg ha<sup>-1</sup> e 62,4 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No entanto, os resultados destas fontes só diferenciaram significativamente daqueles da testemunha (Tabela 2).

Binotti *et al.* (2010) e Arf *et al.* (2011) estudaram o efeito das fontes de N ureia, SA, e da mistura (½ N ureia + ½ N SA), aplicadas em cobertura, no feijoeiro do cultivar Pérola, e não obtiveram influência significativa na massa da matéria seca, média 6,07 g planta<sup>-1</sup>, valor mé-

**Tabela 1:** Índice relativo de clorofila (leituras SPAD) do feijoeiro adubado com seis fontes nitrogenadas em seis épocas de avaliação

| Tratamentos        | Épocas de avaliação |        |        |         |         |        |
|--------------------|---------------------|--------|--------|---------|---------|--------|
|                    | 22 DAE              | 29 DAE | 36 DAE | 43 DAE  | 50 DAE  | 64 DAE |
| Ureia              | 38,2 a              | 36,6 a | 44,6 a | 46,6 ab | 47,0 ab | 47,4 a |
| Ureia + NBPT       | 37,8 a              | 37,0 a | 45,8 a | 48,0 a  | 47,4 ab | 45,6 a |
| Ureia + Polímero   | 39,2 a              | 37,4 a | 44,2 a | 47,4 ab | 47,4 ab | 47,4 a |
| Sulfato de Amônio  | 39,2 a              | 36,4 a | 45,2 a | 47,4 ab | 50,0 a  | 47,2 a |
| Nitrato de Amônio  | 38,4 a              | 35,8 a | 44,8 a | 48,2 a  | 48,2 ab | 46,4 a |
| Testemunha         | 37,0 a              | 37,0 a | 40,6 b | 44,6 b  | 46,4 b  | 48,6 a |
| Médias             | 38,3                | 36,7   | 44,2   | 47,0    | 47,7    | 47,1   |
| D.M.S. (5%) Fontes | 3,064               |        |        |         |         |        |
| C.V. (%)           | 3,85                |        |        |         |         |        |

Letras minúsculas iguais na coluna indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).



**Figura 1:** Índice relativo de clorofila (leitura SPAD) em folhas do feijoeiro sem nitrogênio em cobertura, em razão dos dias após emergência.

**Tabela 2:** Massa de matéria seca da parte aérea (MSPA), teor de N parte aérea e quantidade de N acumulado no feijoeiro, em razão das fontes de Nitrogênio

| Tratamentos       | MSPA (g planta <sup>-1</sup> ) | Teor N (g kg <sup>-1</sup> ) | N acumulado (kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Ureia             | 10,07 ab                       | 28,62 a                      | 54,38 ab                           |
| Ureia + NBPT      | 10,05 ab                       | 26,36 a                      | 50,00 ab                           |
| Ureia + Polímero  | 11,48 a                        | 30,00 a                      | 66,90 a                            |
| Sulfato de Amônio | 10,81 a                        | 28,36 a                      | 62,43 a                            |
| Nitrato de amônio | 10,64 a                        | 26,30 a                      | 59,54 ab                           |
| Testemunha        | 7,34 b                         | 28,72 a                      | 43,47 b                            |
| Média             | 10,06                          | 28,06                        | 56,07                              |
| D.M.S. (5%)       | 3,06                           | 3,96                         | 18,38                              |
| C.V. (%)          | 15,28                          | 7,09                         | 16,48                              |

Letras iguais na coluna indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste Tukey (P < 0,05).

dio, inferior ao obtido neste trabalho, de 10 g de MSPA por planta.

Não houve influência significativa no número de vagem por planta, no número de grãos por vagem, na massa de 100 grãos e no estande final do feijoeiro, em razão das fontes nitrogenadas (Tabela 3). Estes resultados corroboram os de Cardoso (2011) que não obteve diferença significativa no número de vagem por planta, no número de grãos por vagem e na massa de 100 grãos, em razão da aplicação de ureia, SA, nitrato de cálcio, NA e Ajifer, em cobertura, no feijoeiro.

Binotti *et al.* (2009) e Arf (2010) também não observaram efeito significativo de fontes nitrogenadas no número de grãos por vagem, provavelmente, conforme Andrade *et al.* (1998), porque esta é uma característica varietal, pouco influenciada pelo ambiente.

A produtividade de grãos do feijoeiro foi influenciada significativamente pelas fontes nitrogenadas. A utilização da ureia recoberta com polímero proporcionou

maior produtividade de grãos, de 2.528 kg ha<sup>-1</sup>; no entanto, o resultado desta fonte só diferiu significativamente do tratamento testemunha (sem N).

Cardoso (2011), também, não obteve diferença significativa da produtividade do feijoeiro em razão da utilização de ureia, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de amônio ou Ajifer.

Vários autores têm estudado a produtividade das culturas em razão de fertilizantes nitrogenados (Campos & Tedesco, 1979; Cantarella & Raij, 1986; Lara Cabezas *et al.*, 1997; Binotti *et al.*, 2010) e, em geral, não têm sido encontradas diferenças na eficiência destas fontes sob condições de campo. De forma semelhante, estudos sobre fontes de N de liberação lenta (ureia recoberta), em comparação com formas mais solúveis (ureia e sulfato de amônio), não têm evidenciado diferenças de produtividade. Valderrama *et al.* (2009), estudando os efeitos das fontes ureia e ureia revestida, na produtividade do feijoeiro, observaram que não diferiram entre si.

Cunha *et al.* (2011) concluíram que a ureia aditivada com NBPT, em cobertura, em comparação com a ureia comum, não foi capaz de promover aumentos significativos de produtividade do feijoeiro.

Observou-se, na Tabela 3, que a produtividade de grãos do feijoeiro no tratamento sem aplicação de N, testemunha, foi de 1.835 kg ha<sup>-1</sup>. Este resultado destaca

a importância do solo no suprimento de N à cultura, que, neste caso, ocorreu, provavelmente, pela mineralização da matéria orgânica. Binotti *et al.* (2007) observaram que a produtividade média do feijoeiro de inverno, em um trabalho com três anos de cultivo, foi de 1.163 kg ha<sup>-1</sup>, para a testemunha (sem N), utilizando milho como cultura antecessora.

**Tabela 3:** Produtividade de grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e estande final do feijoeiro, cv. Pérola, em razão das fontes nitrogenadas

| Tratamentos       | Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> ) | Nº vagem por planta | Nº de grãos por vagem | Massa de 100 grãos (g) | Estande final (plantas m <sup>-2</sup> ) |
|-------------------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|--|
| Ureia             | 2.421 ab                             | 20,5 a              | 3,8 a                 | 28,8 a                 | 9,5 a                                    |
| Ureia + NBPT      | 1.889 ab                             | 17,9 a              | 3,6 a                 | 29,1 a                 | 9,6 a                                    |
| Ureia + Polímero  | 2.528 a                              | 20,5 a              | 3,7 a                 | 29,3 a                 | 10,9 a                                   |
| Sulfato de Amônio | 2.340 ab                             | 20,5 a              | 3,6 a                 | 29,0 a                 | 10,2 a                                   |
| Nitrato de Amônio | 2.389 ab                             | 14,8 a              | 3,6 a                 | 29,2 a                 | 10,6 a                                   |
| Testemunha        | 1.836 b                              | 16,1 a              | 3,4 a                 | 30,6 a                 | 10,3 a                                   |
| Média             | 2.233,3                              | 18,39               | 3,58                  | 29,32                  | 10,17                                    |
| D.M.S. (5%)       | 665,55                               | 4,37                | 1,04                  | 2,44                   | 2,02                                     |
| C.V. (%)          | 15,0                                 | 20,16               | 14,54                 | 4,19                   | 9,99                                     |

Letras minúsculas iguais na coluna indicam que as médias não diferem entre si, pelo teste Tukey (p < 0,05).

## CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, o índice relativo de clorofila da folha, a produtividade de matéria seca da parte aérea, o teor de nitrogênio e o de nitrogênio acumulado por plantas de feijoeiro não variaram com as fontes de nitrogênio, ureia, ureia + NBPT, ureia + polímero, sulfato de amônio e nitrato de amônio.

A ureia recoberta com polímero e a ureia com inibidor de urease não proporcionaram aumentos do número de grãos por vagem, do número de vagens por planta, da massa de 100 grãos e da produtividade de grãos, comparadas com as fontes tradicionais de nitrogênio, ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio.

## REFERÊNCIAS

- Alvarez ACC, Arf O, Alvarez RCF & Pereira JCR (2005) Resposta do feijoeiro à aplicação de doses e fontes de nitrogênio em cobertura no sistema de plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, 27:69-75.
- Andrade MJB, Diniz AR, Carvalho JG & Lima SF (1998) Resposta da cultura do feijoeiro à aplicação foliar de molibdênio e às adubações nitrogenadas de plantio e cobertura. *Ciência e Agrotecnologia*, 22:499-508.
- Arf MV, Buzetti S, Arf O, Kappes C, Ferreira JP, Gitti DC & Yamamoto CJT (2011) Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:430-438.
- Barbosa Filho MP, Fageria NK & Silva OF (2005) Fontes, doses e parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura para feijoeiro comum irrigado. *Ciência e Agrotecnologia*, 29:69-76.
- Barbosa Filho MP, Cobucci T, Fageria NK & Mendes PN (2008) Determinação da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado com auxílio do clorofilômetro portátil. *Ciência Rural*, 38:1843-1848.
- Binotti FFS, Arf O, Romanini Junior A, Fernandes FA, Sá ME & Buzetti S (2007) Manejo do solo e da adubação nitrogenada na cultura de feijão de inverno e irrigado. *Bragantia*, 66:121-129.
- Binotti FFS, Arf O, Sá ME, Buzetti S, Alvarez AC & Kamimura KM (2009) Fontes, doses e modo de aplicação de N em feijoeiro no sistema plantio direto. *Bragantia*, 68:473-481.
- Binotti FFS, Arf O, Cardoso ED, Sá ME, Buzetti S & Nascimento V (2010) Fontes e doses de nitrogênio em cobertura no feijoeiro de inverno irrigado no sistema plantio direto. *Biosci-ence Journal*, 26:770-778.
- Campos AX & Tedesco MJ (1979) Eficiência da ureia e do sulfato de amônio na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Agronomia Sulriograndense*, 15:119-125.
- Cantarella H & Raij B van (1986) Adubação nitrogenada no estado de São Paulo. In: Santana MBM. Adubação nitrogenada no Brasil. Ilhéus, CEPLAC/SBCS. p.47-79.
- Cantarella H (2007) Uso de inibidor da urease para aumentar a eficiência da ureia. *Piraci-caba, IPNI*. p.117.
- Cardoso SM (2011) Fontes e doses de nitrogênio na nutrição, produção e qualidade do feijão-eiro. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Universidade Estadual Paulista. 65p.
- Christianson CB, Byrnes BH & Carmona G (1990) A comparison of the sulfur and oxygen an-analogs of phosphoric triamide urease inhibitors in reducing urea hydrolysis and ammonia volatilization. *Fertilizer Research*, 26:21-27.
- Cunha PCR da, Silveira PM da, Ximenes PA, Souza RF, Alves Júnior J & Nascimento JL do (2011) Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:80-86.

- Didonet AD, Braz AJBP & Silveira PM (2005) Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado: uso do clorofilômetro. *Bioscience Journal*, 21:103-111.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª ed. Brasília, EMBRAPA. 353p.
- Ferreira DF (2011) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, 6:36-41.
- Gepts P & Fernández F (1982) Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, CIAT. 10p. (mimeografado).
- Kalra YP (1998) Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Boca Raton, CRC Press. 300p.
- Lara Cabezas WAR, Korndorfer GH & Motta AS (1997) Volatilização de N-NH<sub>3</sub> na cultura de milho: II Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:489-496.
- Malavolta E, Vitti GC & Oliveira SA (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba, Potafos. 319p.
- Pereira HS, Leão AF, Verginassi A & Carneiro MAC (2009) Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1685-1694.
- Santana EVP, Santos AB & Silveira PM da (2010) Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40:491-496.
- Stipp SR & Prochnow LI (2008) Maximização da eficiência e minimização dos impactos ambientais da adubação nitrogenada. Piracicaba, IPNI. p.1-7.
- Valderrama M, Buzetti S, Benett CGS, Andreotti M, Arf O & Sá ME de (2009) Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39:191-196.
- Vitti GC & Heirinchs R (2007) Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: Yamada T, Abdalla SRS & Vitti GC (Ed.) Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, IPNI. p.109-160.
- Watson CJ, Poland P & Allen MBD (1998) The efficacy of repeated applications of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (nBTPT) for improve the efficiency of urea fertiliser utilization on temperature grassland. *Grass and Forage Science*, 53:137-145.