

## Componentes da produção e produtividade do feijão de inverno no cerrado por efeito residual da adubação potássica na cultura de milho

Fabiana Morbi Fernandes<sup>(1)</sup>; João Vítor Nogueira<sup>(2)</sup>; Lucas Rigodanzo<sup>(3)</sup>; Nídia Raquel Costa<sup>(4)</sup>; Cristiano Magalhães Pariz<sup>(5)</sup>; Marcelo Andreotti<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> Mestranda do Programa de Pós Graduação em Agronomia (Sistemas de Produção). FE/UNESP – Ilha Solteira. Av. Brasil, 56. CEP: 15.385-000. fabiana\_morbi@hotmail.com; <sup>(2)</sup> Graduando em Agronomia pela Faculdade de Engenharia/UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP; Av. Brasil, 56. CEP: 15.385-000. joaovitor\_nog@hotmail.com; <sup>(3)</sup> Graduando em Agronomia – FE/UNESP, Ilha Solteira. Av. Brasil, 56. CEP: 15.385-000. lucasrigodanzo@gmail.com; <sup>(4)</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Sistemas de Produção). FE/UNESP – Ilha Solteira. Av. Brasil, 56. CEP: 15.385-000. Bolsista FAPESP. nidia\_rcosta@hotmail.com, <sup>(5)</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em Zootecnia. FMVZ/UNESP – Botucatu. Bolsista FAPESP. cmpariz@gmail.com; <sup>(6)</sup> Professor Adjunto I da Faculdade de Engenharia/UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP; DEFERS, Av. Brasil, 56. CEP: 15.385-000. Bolsistas CNPq. dreotti@agr.feis.unesp.br

**RESUMO:** O feijoeiro tem merecido grande destaque no cenário nacional e internacional, suprimindo as necessidades dos consumidores como fonte básica de proteínas e calorias, no entanto, os sistemas de produção da cultura influenciam a sua produtividade e qualidade. Diante dessa situação, a adubação potássica merece destaque para o bom desenvolvimento das plantas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes da produção e produtividade do feijão de inverno cv. IAC Alvorada, cultivado sobre a palhada de milho, em função da adubação potássica residual com cinzas provenientes da queima dos resíduos das cascas de algodão, contendo 12% de  $P_2O_5$  e 28,8% de  $K_2O$ , em comparação ao KCl. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x5, ou seja, 2 fontes de  $K_2O$  (KCl e cinzas de caldeira do resíduo das cascas de algodão), e 5 doses de  $K_2O$  (ausência de adubação potássica, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), com 5 repetições utilizadas na semeadura do milho antecessor ao feijão de inverno. A adubação potássica, assim como as fontes de  $K_2O$  utilizadas na cultura do milho apresentaram efeito residual positivo nos componentes e produtividade de grãos do feijão de inverno em sucessão. As cinzas de caldeira derivadas da queima das cascas de algodão podem ser uma alternativa ao KCl na adubação do feijão de inverno irrigado no cerrado.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*, cinzas de casca de algodão, KCl

### INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma planta exigente em nutrientes, muito sensível a fatores climáticos externos como alta ou baixa umidade do solo, temperatura do ar, ventos fortes, além de ser suscetível a pragas e doenças (Yamada & Roberts, 2005).

As respostas do feijoeiro à adubações potássica, em termos de produtividade, têm sido instáveis. O potássio é segundo elemento mais abundante na

constituição química da planta, sobretudo nas vagens e sementes. Sua deficiência pode ocorrer em solos com baixo teor de matéria orgânica, em solos arenosos originados a partir de rochas pobres em potássio e em solos muito argilosos onde o elemento pode ser lixiviado (Embrapa, 2013).

Normalmente a fonte de potássio mais utilizada na adubação de culturas é o KCl, pela sua alta concentração do nutriente (60% de  $K_2O$ ). Contudo, por ser um bem finito, este sal advém de importação e apresenta alto custo de produção e frete. Portanto, a busca por fontes alternativas de adubação potássica das culturas pode refletir sobre o custo final de produção.

O sistema plantio direto (SPD) é a prática de semeadura ou de cultivo de plantas sem preparo do solo, mantendo-se a palha da cultura anterior na superfície do solo. A decomposição da palhada de cobertura do solo, bem como das raízes das espécies formadoras de palhada e/ou culturas antecessoras, pode aumentar a disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica no solo (Torres et al., 2005).

Dentre as principais culturas anuais, o feijoeiro se destaca no que se refere à adaptação ao SPD, sendo a cultura mais importante, em área cultivada, nos sistemas irrigados por aspersão, no período de entressafra (Kluthcouski et al., 2000)

Assim, o presente trabalho teve por objetivo, avaliar o efeito residual da aplicação de cinzas provenientes da queima dos resíduos das cascas de algodão, contendo 12% de  $P_2O_5$  e 28,8% de  $K_2O$ , em comparação ao KCl no milho antecessor, sobre os componentes da produção e produtividade do feijão (*Phaseolus vulgaris* cv. IAC Alvorada) de inverno em SPD no cerrado.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/UNESP), localizada no município de

Selvíria-MS. A precipitação média anual é de 1300 mm, enquanto que a temperatura média é de 23,7 °C. O tipo climático é Aw, segundo Köppen caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O solo, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) é um Latossolo Vermelho distroférico textura argilosa.

O solo no qual foi estabelecida a pesquisa, estava sendo cultivado com culturas anuais em sistema plantio direto há 10 anos, sendo a cultura anterior o milho híbrido simples AG 8088 YG. Portanto, com o objetivo de caracterizá-lo quimicamente, antes da semeadura do feijão de inverno foram coletados vinte subamostras de solo com estrutura deformada, realizados com um trado de rosca na profundidade de 0 a 0,20 m. O solo contido na amostra composta, foi destinado às análises químicas para fins de fertilidade, cuja análise apontou os seguintes valores: 20 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>resina</sub>; 22 g dm<sup>-3</sup> de MO; valor de 4,9 do pH em CaCl<sub>2</sub>; teores de 19; 13; 1,6; 35 e 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca, Mg, K, H+Al e Al, respectivamente; e 49% de V%.

Após dessecação da vegetação da área com herbicida glifosato, na dose de 1440 mL do i.a. ha<sup>-1</sup>, o feijão de inverno, cv. IAC Alvorada, foi semeado em 14/06/2012, sendo a área foi irrigada (pivô central). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x5, ou seja, 2 fontes de K<sub>2</sub>O (KCl e cinzas de caldeira do resíduo das cascas de algodão) e 5 doses de K<sub>2</sub>O (ausência de adubação potássica, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), com 5 repetições, sendo os tratamentos aplicados em novembro de 2011, quando da semeadura do milho de primavera/verão.

O feijão foi semeado em SPD, em linhas espaçadas de 0,45 m, com uma densidade de 17 sementes m<sup>-1</sup>. Cada parcela constou de 8 linhas de 10 m de comprimento, totalizando 36 m<sup>2</sup>. Como adubação de semeadura utilizou-se 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-30-10, e em cobertura foram aplicados 70 kg ha<sup>-1</sup> de N (nitrato de amônio) no estádio V4 das plantas (19/07/2012).

Na semeadura do milho (24/10/2011) este foi adubado com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na dose de 500 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples (20% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), completando-se a quantidade equivalente para os tratamentos em que foi utilizado o KCl, uma vez que as cinzas contém 12% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. O nitrogênio foi aplicado em cobertura na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> (ureia), no estádio V6 das plantas (24/11/2011), sendo a área irrigada com uma lâmina de aproximadamente 15 mm a cada adubação, para minimizar as perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização. O K<sub>2</sub>O foi aplicado em cobertura, juntamente ao N, uma única vez, e depois não foi mais utilizado para avaliação do residual dos tratamentos no feijão de inverno em sucessão.

A colheita foi realizada manualmente no dia 14/09/2012 (88 DAE), sendo contados o número de plantas nas 4 linhas centrais em 5 m de linha para determinação da população final (plantas ha<sup>-1</sup>) e destas trilhou-se as plantas para determinação da produtividade de grãos (PROD) (corrigida a 13% umidade). Na área útil da parcela foram separadas 10 plantas para determinação da altura de inserção da primeira vagem (ALT) dos componentes da produção: número de vagens por planta (NGP), número de grãos por vagem (NGV) e massa de 100 grãos (M100). Os atributos avaliados foram submetidos à análise de variância, posteriormente aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para o efeito de fontes e regressão polinomial para o efeito de doses residuais de K<sub>2</sub>O, utilizando-se o programa de computador SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 constam os componentes da produção e a produtividade de grãos do feijão de inverno em sucessão ao milho adubado com fontes e doses de K<sub>2</sub>O. Verifica-se que não houve efeitos das fontes, nem das doses de potássio sobre a altura de inserção da primeira vagem, inclusive esta ficou com valores acima de 0,15 m, valor este ideal para a colheita mecanizada do feijão.

Embora, a concentração inicial de K no solo (1,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) ser considerada média, aparentemente, pela ciclagem do nutriente advindo da palhada do capim antecessor e dos 30 kg ha<sup>-1</sup> aplicados na semeadura, as fontes do nutriente não alteraram significativamente a população de plantas. Entretanto, as doses de K<sub>2</sub>O tiveram ajuste linear positivo para a população de plantas de feijão, demonstrando que, independentemente da fonte de potássio, após a colheita do milho houve uma extração do nutriente que interferiu diretamente na emergência e crescimento das plantas. Pelo fato do K não ser componente estrutural da planta, ele tem elevado potencial de ciclagem em sistemas com adição contínua de resíduos (ROSSATO, 2004). Um período em torno de 52 dias pode ser suficiente para que aproximadamente 90% do K contido no resíduo vegetal seja liberado (LUPWAYI et al., 2005).

No componente NVP não houve efeito significativo de doses, contudo houve efeito das fontes de potássio, com destaque para as cinzas superando o KCl. Aparentemente, esta fonte por ser um resíduo orgânico, mas queimado em caldeira, pode ter sua solubilidade reduzida em relação ao KCl e portanto, com maior efeito residual.

O número de grãos por vagem teve efeito da interação fontes e doses residuais de K<sub>2</sub>O, cujo desdobramento consta na Tabela 2. As fontes não alteraram esta componente, mas nas doses, para o



KCl não foram ajustadas regressões e para as cinzas houve um ajuste quadrático significativo, com dose máxima estimada de  $49,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Portanto ficou demonstrado que doses elevadas de potássio podem alterar o balanço com outros nutrientes, determinando um menor pagamento de sementes na vagem, quando do uso de cinzas na adubação do milho antecessor ao feijão.

Na Tabela 1 constata-se que não houve efeito dos tratamentos sobre a massa de 100 grãos. Entretanto, mesmo sem efeito das fontes de potássio, para as doses foi ajustada equação quadrática, com ponto de máximo estimado em  $55,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Comportamento este semelhante ao efeito no número de grãos por vagem. Este resultado de aumento de produtividade de grãos de feijão após a colheita do milho pode ser atribuído à extração do nutriente que interferiu diretamente na emergência e crescimento das plantas como verificado no componente população de plantas. Aumentos de produção em função da aplicação de K têm sido observadas para solos com teores muito baixos e com doses de até  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Nos solos do Brasil Central, a quantidade de K disponível é normalmente baixa e a adubação com esse nutriente produz resultados significativos. Aumentos de produção de 100% com adição de 120 a  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  são comuns nesses solos (COELHO, 2006).

Fica assim atestado que as cinzas provenientes da queima dos resíduos das cascas de algodão podem substituir o KCl na adubação do milho e que esta tem efeito residual no feijão de inverno em sucessão. PRADO et al., (2001) afirmaram que a busca por novas fontes de nutrientes utilizando resíduos da agroindústria servem também como fonte de redução nos custos de produção agrícola. Exemplos como o uso de vinhaça e torta de filtro em cana-de-açúcar já são consagrados na literatura, contudo em culturas anuais a literatura é escassa.

## CONCLUSÕES

A adubação potássica, assim como as fontes de  $\text{K}_2\text{O}$  utilizadas na cultura do milho apresentaram efeito residual positivo nos componentes e produtividade de grãos do feijão de inverno em sucessão.

As cinzas de caldeira derivadas da queima das cascas de algodão podem ser uma alternativa ao KCl, na adubação do feijão de inverno irrigado no cerrado.

## REFERÊNCIAS

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica, 78).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA: <  
[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijaoComumRO/calagem.htm\\_>](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijaoComumRO/calagem.htm_>). Acesso em 15 abr. 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T. & AIDAR, H. et al. Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

LUPWAYI, N. Z.; CLAYTON, G. W. & HARKER, K. N.; et al. TURKINGTON, T. K.; JOHNSTON, A. M. Impact of crop residue type on potassium release. Better Crops: 89, 14-15, 2005.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. & ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. Rev. Bras. Ci. Solo, 25, 83-90, 2001.

ROSSATO, R. R. Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto. 2004. 129f. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. & ANDRIOLI, I. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. Rev. Bras. Ci. Solo, 29, 609-618, 2005.

YAMADA, T. & ROBERTS, T. L. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: POTAFOS, 2005.

**Tabela 1.** Altura de inserção da 1ª vagem (ALT), população de plantas (POP), número de vagens por planta (NVP), de grãos por vagem (NGV), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PROD) em feijão de inverno cv. IAC Alvorada, cultivadas sobre a palhada de milho submetidos a fontes (cinzas da casca de algodão e KCI) e doses de K<sub>2</sub>O. Selvíria, Mato Grosso do Sul - MS. 2012.

	ALT	POP	NVP	NGV <sup>#</sup>	M100	PROD
	cm	plantas ha <sup>-1</sup>			g	kg ha <sup>-1</sup>
<b>Fontes</b>	0,22 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	4,45 <sup>*</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
<b>Cinzas</b>	15,8	268.444	12,0	3,7	27,3	2.590
<b>KCI</b>	15,5	277.778	10,8	3,7	28,0	2.657
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0,12 <sup>ns</sup>	3,45 <sup>*</sup>	2,75 <sup>ns</sup>	3,70 <sup>*</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>
<b>0</b>	15,7	253.889 <sup>(1)</sup>	10,8	3,7	27,9	2.532 <sup>(2)</sup>
<b>30</b>	15,8	280.000	12,6	4,2	27,7	2.724
<b>60</b>	15,5	261.666	12,4	4,2	27,2	2.724
<b>90</b>	15,4	278.889	10,1	3,4	27,5	2.637
<b>120</b>	15,8	291.111	11,1	3,1	28,0	2.501
<b>CV%</b>	12,2	9,4	18,2	20,8	8,2	10,8

# interação significativa.

Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey, onde: \* e <sup>ns</sup>: (P<0,05) e não significativo, respectivamente;

(1) POP = 25844 + 244x (R<sup>2</sup> = 0,594)

(2) PROD = 2547 + 6,59x – 0,059 x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup> = 0,952; Ponto de Máxima = 55,8 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

**Tabela 2.** Desdobramento da interação fontes e doses de K<sub>2</sub>O para o número de grãos por vagem (NGV) de feijão de inverno cv. IAC Alvorada cultivado sobre a palhada de milho submetido a fontes (cinzas da casca de algodão e KCI) e doses de K<sub>2</sub>O. Selvíria, Mato Grosso do Sul - MS. 2012.

.FONTES DOSES	CINZAS	KCI
	<b>0</b>	3,4 a <sup>(1)*</sup>
<b>30</b>	4,6 a	3,8 a
<b>60</b>	4,3 a	4,1 a
<b>90</b>	3,8 a	3,0 a
<b>120</b>	2,6 a	3,7 a

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, onde: \* e <sup>ns</sup>: (P<0,05) e não significativo, respectivamente;

(1) NGV = 3,53 + 0,04x – 0,0004 x<sup>2</sup> (R<sup>2</sup> = 0,954; Ponto de Máxima = 49,4 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O)