



Pesquisa Agropecuária Tropical

ISSN: 1517-6398

pat@agro.ufg.br

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos  
Brasil

Valderrama, Márcio; Buzetti, Salatiér; Sabin Benett, Cleiton Gredson; Andreotti, Marcelo; Carvalho  
Minhoto Teixeira Filho, Marcelo

**FONTES E DOSES DE NPK EM MILHO IRRIGADO SOB PLANTIO DIRETO**

Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 41, núm. 2, abril-junio, 2011, pp. 254-263

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos

Goiânia, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253022067015>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## FONTES E DOSES DE NPK EM MILHO IRRIGADO SOB PLANTIO DIRETO<sup>1</sup>

Márcio Valderrama<sup>2</sup>, Salatiér Buzetti<sup>2</sup>,  
Cleiton Gredson Sabin Benett<sup>3</sup>, Marcelo Andreotti<sup>2</sup>, Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho<sup>2</sup>

### ABSTRACT

#### NPK SOURCES AND DOSES ON IRRIGATED CORN UNDER NO-TILL SYSTEM

Coated fertilizers can provide lower losses and higher soil nutrients availability, which can be absorbed by plants, when we consider their gradual release. The objective of this study was to evaluate the effect of doses and sources of N, P, and K on maize grain components and yield, under no-till system, in the Brazilian savannah. The experimental design was randomized blocks, with 4 top-dressed doses (0 kg ha<sup>-1</sup>, 40 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup>, and 120 kg ha<sup>-1</sup>) and 2 sources (urea and coated urea), for N; 4 doses (0 kg ha<sup>-1</sup>, 50 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup>, and 150 kg ha<sup>-1</sup>) and 2 sources (triple superphosphate and coated triple superphosphate), for P; and 4 doses (0 kg ha<sup>-1</sup>, 40 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup>, and 120 kg ha<sup>-1</sup>) and 2 sources (potassium chloride and coated potassium chloride), for K, with 4 replications. The fertilizers coated with polymers (urea, triple superphosphate, and potassium chloride) were not efficient under the soil and climate conditions studied, because they provided results similar to the same conventional fertilizers, for the N, P, and K foliar contents, and irrigated maize grain components and yield. The increment of N doses increased linearly the N leaf content, number of ears per hectare and maize grains yield. The application of K<sub>2</sub>O and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> doses did not influence grain yield.

KEY-WORDS: *Zea Mays* L; coated fertilizer; nitrogen fertilization; potassium fertilization; phosphorus fertilization.

### RESUMO

A utilização de fertilizantes revestidos pode proporcionar menores perdas e maior disponibilidade de nutrientes no solo, passíveis de absorção pelas plantas, tendo em vista a liberação gradativa dos nutrientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses e fontes de N, P e K, nos componentes de produção e na produtividade da cultura de milho irrigado no Cerrado. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 4 doses em cobertura (0 kg ha<sup>-1</sup>, 40 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e 2 fontes (ureia e ureia revestida), para o N; 4 doses (0 kg ha<sup>-1</sup>, 50 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup> e 150 kg ha<sup>-1</sup>) e 2 fontes (superfosfato triplo e superfosfato triplo revestido), para o P; e 4 doses (0 kg ha<sup>-1</sup>, 40 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e 2 fontes (cloreto de potássio e cloreto de potássio revestido), para o K, com 4 repetições. Os fertilizantes revestidos por polímeros (ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) não foram eficientes nas condições edafoclimáticas estudadas, pois proporcionaram resultados semelhantes aos mesmos fertilizantes convencionais, para os teores foliares de N, P e K, componentes de produção e produtividade de grãos de milho irrigado. O incremento das doses de N aumentou linearmente o teor de N foliar, número de espigas por hectare e a produtividade de grãos de milho. A aplicação de doses de K<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> não influenciou a produtividade de grãos da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L; fertilizantes revestidos; adubação nitrogenada; adubação potássica; adubação fosfatada.

### INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) apresenta alto potencial de produção, porém, a produtividade média brasileira é baixa (3.620 kg ha<sup>-1</sup>), quando comparada à da China (5.560 kg ha<sup>-1</sup>) e Estados Unidos (9.660 kg ha<sup>-1</sup>) (Agrianual 2011).

No Brasil, dentre os principais fatores que contribuem para a baixa produtividade do milho,

destacam-se o clima, o potencial genético e o manejo de nutrientes e pragas (Hoeft 2003). Considera-se que a fertilidade do solo seja um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade de áreas destinadas tanto à produção de grãos como de forragem. Este fato não se deve apenas aos baixos teores de nutrientes presentes nos solos, mas, também, ao uso inadequado de adubações, principalmente com N e K.

1. Trabalho recebido em dez./2009 e aceito para publicação em jun./2011 (nº registro: PAT 8390/ DOI: 10.5216/pat.v41i2.8390).

2. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mails: pesquisa@kimberlit.com, sbuzetti@agr.feis.unesp.br, dreotti@agr.feis.unesp.br, mcmf@yahoo.com.br.

3. Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Departamento de Agronomia, Aquidauana, MS, Brasil.  
E-mail: cbenett@hotmail.com.

De acordo com Coelho & França (2009), a cultura do milho apresenta grandes diferenças no uso de fertilizantes, entre as várias regiões do País. Ressalta-se, ainda, o cultivo de milho em áreas irrigadas, que permite incrementos na produção, sem aumentar a área cultivada, pois ameniza um dos principais fatores de limitação da produtividade de grãos das culturas, que é a falta de água (Christofidis 2002).

O nitrogênio (N) é o nutriente que mais influencia na produtividade de grãos e mais onera o custo de produção da cultura do milho (Sangoi & Almeida 1994, Silva et al. 2005). Por isto, o estudo de fontes nitrogenadas é muito importante para a agricultura, uma vez que estes fertilizantes apresentam comportamento diferenciado, quando aplicados ao solo, em especial para perdas de N (Figueiredo et al. 2005). A ureia é o fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil, devido ao seu menor custo, porém, apresenta uma séria limitação, quando aplicada na superfície do solo, devido às chances de perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ .

Os latossolos da região do Cerrado, normalmente, apresentam baixo teor de fósforo (P) disponível, conforme sua natureza mineralógica e reação ácida (Lopes 1983), razão pela qual, em tais circunstâncias, a adubação fosfatada torna-se necessária, para garantir a produtividade máxima econômica das culturas (Prado et al. 2001). As doses de fósforo, em adubação de manutenção, em geral, influenciam, significativamente, a produção de grãos de milho (Neptune et al. 1982, Souza et al. 1998). Contudo, a capacidade de adsorção ou fixação de fósforo dos solos influencia, diretamente, a resposta das plantas à aplicação de fertilizantes fosfatados. Por sua vez, o potássio (K) tem grande impacto na qualidade da cultura, tendo influência positiva na massa individual de grãos e número de grãos por espiga.

Depois do N, o K é o elemento absorvido em maiores quantidades pelo milho, sendo que 30% são exportados nos grãos. No entanto, até há pouco tempo, as respostas ao potássio obtidas em ensaios de campo, com o milho, eram, em geral, menos frequentes e menores que aquelas constatadas para fósforo e nitrogênio, devido, principalmente, aos baixos níveis de produtividade obtidos (Coelho et al. 2007). A aplicação insuficiente de adubo potássico pode levar ao esgotamento das reservas do solo e a aplicação excessiva pode intensificar as perdas por lixiviação, mesmo em solos com média e alta capacidade de troca catiônica (Ernani et al. 2007).

No mercado, existem inúmeros tipos de fertilizantes, que variam na sua composição, forma (pó, grânulos e encapsulados) e solubilidade. Estes produtos podem ser chamados de adubos de última geração e constituem uma das mais modernas técnicas de fertilização de terras (Souza 2010). Dentre estes adubos, os de liberação controlada começaram, há pouco tempo, a ser utilizados no Brasil. Apesar de apresentarem maior custo, com relação às fontes convencionais de fertilizantes, seu uso pode ser, economicamente, viável, porque permite a utilização de até 50% da dose de N e  $\text{P}_2\text{O}_5$  e até 30% da dose de  $\text{K}_2\text{O}$ , sem comprometer a produtividade (Ferreira 2010). Logo, os fertilizantes de liberação gradual podem trazer diminuição ao custo de produção e menores impactos ambientais, reduzindo as perdas por volatilização, lixiviação e fixação de nutrientes (Valderrama et al. 2009).

Tendo em vista que a utilização de fertilizantes revestidos (ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) pode proporcionar menores perdas e maior disponibilidade de nutrientes no solo, passíveis de absorção pelas plantas, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de doses e fontes de N, P e K, revestidas ou não com polímeros, nos componentes de produção e na produtividade da cultura de milho irrigado, em região de Cerrado, sob plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp (20°22'S, 51°22'W e altitude de 335 m), Campus de Ilha Solteira, em Selvíria, classificada como região de Cerrado, no sudeste do Mato Grosso do Sul. No primeiro experimento, avaliou-se, isoladamente, a resposta do milho à adubação nitrogenada. No segundo e terceiro experimentos, pesquisou-se, também isoladamente, o efeito da adubação fosfatada e potássica, respectivamente, na cultura do milho, na safra 2007/2008. Estas áreas estavam, anteriormente, ocupadas com a cultura do milho. A área foi dessecada, utilizando-se o herbicida glyphosate ( $1.500 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a.).

A classificação climática da região, de acordo com Köppen, é Aw, definido como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A temperatura média anual é de 23,5°C, a precipitação pluvial média anual de 1.370 mm e a umidade relativa do ar média anual de 70-80%. Os valores de precipitação pluvial (mm), umidade relativa do ar (%) e

temperatura média (°C) da área de cultivo, durante a condução dos experimentos, são apresentados na Figura 1.

O delineamento experimental utilizado em cada um dos três experimentos foi o de blocos casualizados, arranjos em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. Para o experimento com nitrogênio, foram usadas as doses de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 40 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura e, como fonte, a ureia comum e ureia revestida por polímero. No experimento com fósforo, foram testadas as doses de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 50 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup> e 150 kg ha<sup>-1</sup> e as fontes superfosfato triplo e superfosfato triplo revestido, aplicadas no sulco de semeadura. Já para o experimento com potássio, foram estudadas as doses de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 40 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup>, nas fontes cloreto de potássio e cloreto de potássio revestido, aplicadas, também, no sulco de semeadura. Cada experimento foi analisado independentemente.

As dimensões das parcelas foram de cinco linhas de 5,0 m de comprimento, mais 2,0 m de bordadura, sendo consideradas, para as avaliações, apenas as três linhas internas. O espaçamento entre linhas foi de 0,90 m, com 5,6 sementes por metro. O híbrido (simples) utilizado foi o Dekalb 390, que apresenta ciclo precoce, alta resistência ao acamamento e grãos semiduros, sendo semeado, mecanicamente, no dia 08 de novembro de 2007, em sistema plantio direto.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso, moderadamente ácido (Embrapa 2006). As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001), com os seguintes atributos, na camada 0,0-0,20 m: P (resina) = 31 mg dm<sup>-3</sup>, M.O. = 34 g dm<sup>-3</sup>, pH CaCl<sub>2</sub> = 5,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, K<sup>+</sup> = 2,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 29 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 12 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, H+Al = 30 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e CTC = 73,5 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Com base nestas características químicas do solo e na tabela de recomendação de adubação para a cultura do milho, para o Estado de São Paulo, conforme descrito em Cantarella et al. (1997), calculou-se a adubação química básica, no sulco de semeadura, constante para todos os tratamentos do primeiro experimento, que foi de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia), 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). A adubação nitrogenada de cobertura constituiu os tratamentos e foi realizada quando as plantas estavam com seis folhas verdadeiras, aplicando-se o adubo na entrelinha, a uma distância de 0,20 m da linha da cultura. Logo após a adubação nitrogenada, a área foi irrigada por aspersão, para minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia, que ocorre devido à hidrólise da ureia. Esta operação é comum em sistemas de produção de grãos irrigados, quando se aplica ureia.

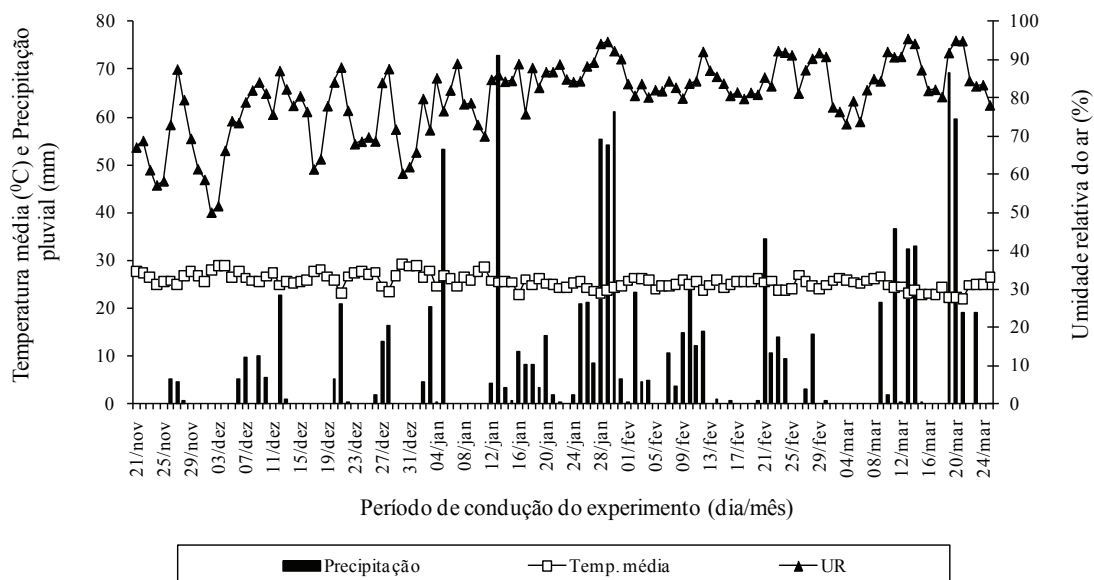


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%), registrados durante a condução dos experimentos (Selvíria, MS, 2007/2008).

No segundo experimento, no qual a adubação fosfatada constituiu os tratamentos, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), na semeadura, e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia) em cobertura, conforme explicado anteriormente. No terceiro experimento, no qual a adubação potássica constituiu os tratamentos, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia) e 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo), na semeadura, e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia) em cobertura, conforme explicado no parágrafo anterior.

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação da mistura de herbicidas atrazine + nicosulfuron (3,5 kg ha<sup>-1</sup> + 1,25 L ha<sup>-1</sup> do i.a.), em pós-emergência. O controle da lagarta do cartucho foi efetuado com a aplicação da mistura spinosad + triflumurom (36,0 + 24,0 g ha<sup>-1</sup> do i.a.). O fornecimento de água foi efetuado de 3 em 3 dias, ou quando necessário, com uma lâmina de água de, aproximadamente, 14 mm, através de um sistema fixo de irrigação, do tipo pivô central. A colheita do milho foi realizada individual e manualmente, por unidade experimental, no dia 25 de março de 2008, aos 137 dias após a emergência das plantas. O material foi submetido à secagem a pleno sol e posterior trilhagem.

Foram avaliados os teores de N, P e K foliar (no primeiro, segundo e terceiro experimentos, respectivamente), analisados no terço médio de 20 folhas da base da espiga, por ocasião do florescimento feminino (Cantarella et al. 1997), conforme metodologias descritas em Malavolta et al. (1997), e, uma semana antes da colheita, medidos a altura de plantas, diâmetro do segundo internódio do colmo, altura de inserção da primeira espiga, número de plantas por hectare e número de espigas por hectare. Da área útil de cada parcela, foram coletadas cinco espigas, ao acaso, para contagem manual do número de fileiras por espiga; número de grãos por fileira da espiga; massa de 100 grãos, determinada em balança analítica, com teor de água dos grãos corrigidos para 13% (base úmida); e produtividade de grãos, determinada pela coleta das plantas contidas nas duas linhas centrais (10 m) de cada parcela. Após a trilhagem mecânica, os grãos foram quantificados e os dados transformados em kg ha<sup>-1</sup>, a 13% (base úmida).

Os dados de cada experimento foram analisados isoladamente, sendo todos submetidos a análise de variância (teste F), e as médias do fator fontes de nutrientes comparadas pelo teste Tukey, a 5%, e as do fator doses submetidas a análise de regressão

polinomial. Para a análise estatística, foi utilizado o programa SISVAR (Ferreira 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Primeiro experimento (adubação nitrogenada)*

Não houve interação significativa entre os fatores doses e fontes de N, em nenhuma das avaliações realizadas (Tabelas 1 e 2). Também, não foi constatada diferença entre a ureia convencional e a ureia revestida, para o teor de N foliar, componentes da produção e produtividade de grãos de milho (Tabelas 1 e 2). Segundo Vieira & Teixeira (2008), a liberação de nutrientes dos adubos recobertos ou encapsulados depende da temperatura e umidade do solo, pois estes adubos consistem em compostos solúveis, envoltos por uma resina permeável à água, que irá regular o processo de fornecimento dos nutrientes. Provavelmente, esta liberação gradativa de N, pela ureia revestida, foi afetada, negativamente, pela temperatura elevada, que é comum nesta região de Cerrado de baixa altitude, portanto, o revestimento (polímero) não foi eficaz.

As doses de N influenciaram, positivamente, o teor de N foliar, com os dados se ajustando a uma equação linear crescente (Tabela 1). De acordo com Cantarella et al. (1997), o teor adequado de N, nas folhas do milho, para um bom desenvolvimento e produção, está situado na faixa de 27,5-32,5 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca. Neste caso, independentemente da dose de N testada, o teor do nutriente nas folhas foi adequa-

Tabela 1. Médias do teor de nitrogênio foliar (NF), altura de plantas (AP), diâmetro do segundo internódio (DSI), altura de inserção da primeira espiga (IPE) e número de plantas por hectare (NPHA) de milho, em função de fontes e doses de N (Selvíria, MS, 2007/2008).

Tratamentos	NF g kg <sup>-1</sup>	AP m	DSI cm	IPE m	NPHA
<i>Fontes de nitrogênio</i>					
Ureia	31,6 a	2,37 a	14,4 a	1,00 a	64.000 a
Ureia revestida	31,7 a	2,18 a	14,8 a	0,93 a	63.333 a
<i>Doses de N</i>					
0	30,0 <sup>(1)</sup>	2,00	14,2	1,00	62.444
40	31,2	2,50	15,0	1,00	63.333
80	32,1	2,25	14,2	0,87	64.555
120	33,4	2,37	15,0	1,00	64.111
CV (%)	4,76	17,65	10,88	18,24	5,38

<sup>(1)</sup> Y = 30,0000 + 0,0282N, R<sup>2</sup> = 0,99\*\*. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%.  
\*\* Significativo a 1%.



Tabela 2. Médias de número de espigas por hectare (NEHA), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) de milho, em função de fontes e doses de N (Selvária, MS, 2007/2008).

Tratamentos	NEHA	NFE	NGF	M100 g	PG kg ha <sup>-1</sup>
<i>Fontes de nitrogênio</i>					
Ureia	64.778 a	16,8 a	32,4 a	34,66 a	10.363 a
Ureia revestida	64.889 a	17,0 a	33,6 a	33,70 a	9.939 a
<i>Doses de N</i>					
0	63.444 <sup>(1)</sup>	16,2	31,7	34,10	8.757 <sup>(2)</sup>
40	62.555	17,5	33,7	33,73	10.361
80	66.000	17,2	33,3	34,50	10.295
120	67.333	16,8	33,2	34,41	11.191
CV (%)	4,74	4,09	4,80	2,30	11,96

<sup>(1)</sup>  $Y = 62566,0000 + 37,7800N$ ,  $R^2 = 0,78^*$ . <sup>(2)</sup>  $Y = 9066,0000 + 18,0912N$ ,  $R^2 = 0,85^{**}$ . Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. \* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%.

do, não comprometendo, assim, o desenvolvimento da cultura. Embora o teor de N foliar no tratamento sem adubação tenha sido considerado adequado, o milho respondeu com aumento na produtividade de grãos à adição de doses crescentes deste nutriente (Tabela 2). Oliveira & Caires (2003) também constataram aumento linear no teor de N, nas folhas de milho, até a maior dose de N (120 kg ha<sup>-1</sup>) em cobertura, utilizando ureia e sulfato de amônio. Araújo et al. (2004) também verificaram que o total de N foliar aumentou com o aumento das doses de N em cobertura (0 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 120 kg ha<sup>-1</sup>, 180 kg ha<sup>-1</sup> e 240 kg ha<sup>-1</sup>), utilizando-se ureia, aplicadas no cultivo de milho após milho, como neste estudo.

A altura de plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga e número de plantas por hectare não foram afetados pelo aumento das doses de N. Resultado semelhante foi obtido por Sangoi & Almeida (1994), que não observaram efeito significativo da aplicação de N na altura da planta de milho e da inserção da espiga. Já Cruz et al. (2008), estudando o efeito de doses de N sobre os componentes de produção de cultivares de milho, em plantio direto, verificaram que doses de N acima de 80 kg ha<sup>-1</sup> não contribuíram para o aumento da altura de planta e diâmetro do colmo. Verifica-se, assim, que a resposta da cultura depende muito do histórico da área, condições climáticas e estádios de aplicação do nitrogênio.

Os números de fileiras por espiga e de grãos por fileira não foram influenciados pelas doses de N (Tabela 2), indicando que estes componentes de produção do milho foram dependentes do potencial

genético do híbrido simples (Dekalb 390) utilizado. Oliveira & Caires (2003) também não constataram influência das doses de N no número de grãos por espiga de milho.

A massa de 100 grãos do milho não foi afetada pelo incremento das doses de N. Isto, provavelmente, ocorreu porque não houve aumento e nem redução no número de grãos por espiga, que teriam aumentado ou diminuído, respectivamente, a competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da espiga e, como consequência, reduzido ou aumentado a massa unitária dos grãos. As respostas deste componente de produção à adubação nitrogenada têm sido muito variáveis. Kappes et al. (2009) e Souza & Soratto (2006) não verificaram diferença significativa na massa de 100 grãos, quando utilizaram fontes de N (ureia e entec). Já Oliveira & Caires (2003) observaram aumento linear da massa de 100 grãos e que tal componente de produção foi decisivo para aumentar a produtividade de grãos, utilizando-se as doses de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 30 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 90 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O aumento das doses de N influenciou, positivamente, a produtividade de grãos de milho (Tabela 2), adequando-se à função linear, onde a maior produtividade foi de 11.191 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que representou aumento de 78,25%, em relação ao tratamento controle sem N. Produtividades próximas também foram obtidas por Araújo et al. (2004), que, estudando o efeito de doses de N na cultura, verificaram que a aplicação de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N (o dobro do aplicado no estudo) proporcionou a maior produtividade de grãos (11.203 kg ha<sup>-1</sup>), com um aumento de 2.448 kg ha<sup>-1</sup> (cerca de 28%) na produtividade, em relação à testemunha. Soares (2003), estudando doses crescentes de nitrogênio (0 kg ha<sup>-1</sup>, 120 kg ha<sup>-1</sup> e 240 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de ureia, verificou que a máxima produtividade de grãos (9.182 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtida mediante o uso da dose de 203 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo esta dose considerada inviável, devido ao pequeno incremento que proporcionou (9%), em relação à aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N. Por outro lado, Oliveira & Caires (2003) verificaram que a adubação nitrogenada em cobertura aumentou, linearmente, a produção de milho, até a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, mostrando que, para a obtenção de altas produtividades de milho, após o cultivo de gramíneas (aveia preta), no sistema plantio direto, é necessário o suprimento de doses elevadas de N.

O efeito positivo do N sobre a produtividade da cultura é explicado pelo aumento linear do teor

de N foliar, conforme mencionado anteriormente, e, principalmente, do número de espigas por hectare (Tabela 2).

Ressalta-se que, para a produtividade de grãos, houve incremento de 18 kg de grãos, a cada kg de N aplicado (Tabela 2). Estes resultados aproximam-se dos obtidos por Fornasieri et al. (2005), que, estudando a influência do espaçamento, densidade populacional e doses de N, observaram incremento da produtividade de grãos, com a utilização de adubação nitrogenada, independentemente da densidade populacional.

#### Segundo experimento (adubação fosfatada)

O superfosfato triplo revestido não diferiu do superfosfato triplo, para os componentes de produção e produtividade de grãos de milho irrigado, sob plantio direto (Tabelas 3 e 4). Portanto, o tipo de polímero que reveste o superfosfato triplo não foi eficaz, pois não deve ter liberado, gradativamente, o fósforo do fertilizante e, assim, não conseguiu reduzir, efetivamente, a fixação deste elemento no solo. Isto talvez tenha ocorrido devido às condições edafoclimáticas da região, elevadas temperaturas (Figura 1) e solos muito argilosos, que retêm umidade, podendo ter favorecido a rápida degradação do polímero de revestimento.

As doses de fósforo influenciaram, significativamente, o teor de P foliar, ajustando-se à equação quadrática, com ponto de máxima sendo alcançado com a estimativa de aplicação de 127 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 3). Prado et al. (2001), trabalhando com doses

Tabela 4. Médias do número de espigas por hectare (NEHA), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) de milho, em função de fontes e doses de P (Selvíria, MS, 2007/2008).

Tratamentos	NEHA	NFE	NGF	M100 g	PG kg ha <sup>-1</sup>
<i>Fontes de Fósforo</i>					
Superfosfato triplo	62.889 a	16,12 a	33,00 a	27,62 a	9.686 a
Superfosfato triplo revestido	63.222 a	16,81 a	33,56 a	26,25 a	9.849 a
<i>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>					
0	60.778	16,04	32,17 <sup>(1)</sup>	28,14 <sup>(2)</sup>	9.581
50	64.444	16,32	32,91	27,34	9.850
100	62.889	16,61	33,65	26,54	9.788
150	64.111	16,90	34,39	24,74	9.853
CV (%)	5,34	3,84	5,30	9,12	7,46

<sup>(1)</sup> Y = 32,1700 + 0,0147P, R<sup>2</sup> = 0,94\*\*. <sup>(2)</sup> Y = 28,1400 - 0,0160P, R<sup>2</sup> = 0,70\*. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. \* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%.

(0 kg ha<sup>-1</sup>; 45,0 kg ha<sup>-1</sup>; 67,5 kg ha<sup>-1</sup>; 90,0 kg ha<sup>-1</sup>; 112,5 kg ha<sup>-1</sup>; e 135,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e modos de aplicação de P no milho, também observaram efeito positivo para os teores de P foliar, resultados, estes, próximos aos encontrados neste trabalho. Já Souza et al. (1998) observaram, em condições de campo, que apenas uma variação de P foliar, ainda menor que 0,5 g kg<sup>-1</sup>, resultou em incremento significativo na produção de milho (4,8 t ha<sup>-1</sup>). Contudo, o aumento observado no teor de P, nas folhas, não refletiu em aumentos na produtividade de grãos de milho (Tabela 4).

De acordo com Cantarella et al. (1997), o teor adequado de P, nas folhas do milho, para um desenvolvimento adequado, está situado na faixa de 2,0-4,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca. Neste caso, independentemente da dose de fósforo testada, o teor deste nutriente nas folhas estava adequado, não comprometendo, assim, o desenvolvimento da cultura. Isto ocorreu porque o solo da área experimental apresentava teor médio de P (31 mg dm<sup>-3</sup>).

Com relação à altura de plantas, diâmetro do colmo, altura de inserção de espiga e número de plantas por hectare, não foi observado efeito para doses de fósforo (Tabela 3), provavelmente em função do teor médio de P (31 mg dm<sup>-3</sup>) no solo e da possível baixa exigência em P do híbrido de milho utilizado. Entretanto, Lucena et al. (2000), testando doses de fósforo (0 kg ha<sup>-1</sup>, 60 kg ha<sup>-1</sup>, 120 kg ha<sup>-1</sup>, 180 kg ha<sup>-1</sup> e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), verificaram aumento da altura de plantas de milho, até a dose de 177 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

O número de espigas por hectare e de fileiras por espiga não foram afetados pelo incremento das

Tabela 3. Médias de teor de fósforo foliar (PF), altura de plantas (AP), diâmetro do segundo internódio (DSI), inserção da primeira espiga (IPE) e número de plantas por hectare (NPHA) de milho, em função de fontes e doses de P (Selvíria, MS, 2007/2008).

Tratamentos	PF g kg <sup>-1</sup>	AP m	DSI cm	IPE m	NPHA
<i>Fontes de Fósforo</i>					
Superfosfato triplo	2,85 a	2,31 a	15,81 a	1,30 a	62.889 a
Superfosfato triplo revestido	2,87 a	2,19 a	15,50 a	1,27 a	63.222 a
<i>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>					
0	2,25 <sup>(1)</sup>	2,50	16,50	1,31	60.778
50	2,82	2,12	15,12	1,25	64.444
100	3,10	2,25	15,12	1,35	62.889
150	3,27	2,12	15,87	1,22	64.111
CV (%)	18,78	17,65	10,46	5,82	5,34

<sup>(1)</sup> Y = 2,2600 + 0,0159P - 0,00006P<sup>2</sup>, R<sup>2</sup> = 0,99\*\*. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. \*\* Significativo a 1%.

doses de fósforo (Tabela 4). Porém, o número de grãos por fileira ajustou-se a uma função linear crescente, com a aplicação de doses de fósforo, portanto, também houve aumento do número de grãos por espiga. Já a massa de 100 grãos foi afetada negativamente, tendo a maior dose de fósforo proporcionado a menor massa de 100 grãos de milho. Esta redução pode ser atribuída ao aumento no número de grãos por espiga, que teria aumentado a competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da espiga e, como consequência, reduzido a massa unitária dos grãos. Por outro lado, Lucena et al. (2000) constataram maior massa de espiga e, também, maior número de grãos por espiga, nas maiores doses (120 kg ha<sup>-1</sup>, 180 kg ha<sup>-1</sup> e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), quando comparadas às menores doses de fósforo (0 kg ha<sup>-1</sup> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Não houve efeito de doses de fósforo sobre a produtividade de grãos de milho (Tabela 4). Este resultado, provavelmente, pode ter ocorrido em função do teor médio de P (31 mg dm<sup>-3</sup>) no solo e da possível baixa exigência em P do híbrido de milho utilizado. Farias et al. (1981), estudando, durante cinco anos, o efeito do fósforo sobre a produtividade da cultura do milho, em várias localidades do Nordeste, constataram que o nível crítico do fósforo disponível no solo esteve situado entre 5,5 mg dm<sup>-3</sup> e 10,0 mg dm<sup>-3</sup> de P, nível, este, bem abaixo do encontrado no presente estudo.

As doses de fósforo em adubação de manutenção, em geral, influenciaram, significativamente, a produção de grãos de milho (Neptune et al. 1982, Souza et al. 1998). Lucena et al. (2000) verificaram incremento na produtividade de grãos de milho até a doses de 197 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicada no sulco de semeadura. Por sua vez, Prado et al. (2001) observaram aumento linear na produtividade de grãos, com o aumento das doses de fósforo (0 kg ha<sup>-1</sup>; 45,0 kg ha<sup>-1</sup>; 67,5 kg ha<sup>-1</sup>; 90,0 kg ha<sup>-1</sup>; 112,5 kg ha<sup>-1</sup>; e 135,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), aplicadas tanto em sulco simples como em sulco duplo. Já Fornasiere Filho (1992) referencia efeito positivo da aplicação do fósforo a lanço, em dosagens mais elevadas (160 kg ha<sup>-1</sup> e 320 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na produção de grãos e de palha de milho, porém, Muzilli (1982) encontrou, para o Estado do Paraná, resposta do milho ao fósforo até a dosagem de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicada a lanço.

### Terceiro experimento (adubação potássica)

Assim como observado no primeiro e segundo experimentos, não houve diferença entre o fertilizante

revestido e o convencional, para nenhuma das variáveis avaliadas na cultura do milho (Tabelas 5 e 6), evidenciando, também, que o tipo de polímero utilizado no KCl não foi eficiente na liberação gradativa de K, provavelmente devido às condições edafoclimáticas da região, elevadas temperaturas (Figura 1) e solos muito argilosos, que retêm umidade, podendo ter favorecido a rápida degradação do polímero de revestimento.

O teor de K foliar foi influenciado, positivamente, pelo aumento das doses de N, com os dados se ajustando a uma equação linear crescente (Tabela 1). Contudo, vale destacar que, devido ao teor médio de K no solo (2,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) da área experimental,

Tabela 5. Médias do teor de potássio foliar (KF), altura de plantas (AP), diâmetro do segundo internódio (DSI), inserção da primeira espiga (IPE) e número de plantas por hectare (NPHA) de milho, em função de fontes e doses de K (Selvíria, MS, 2007/2008).

Tratamentos	KF g kg <sup>-1</sup>	AP m	DSI cm	IPE m	NPHA
<i>Fontes de potássio</i>					
KCl	25,37 a	1,94 a	14,94 a	1,28 a	64.111 a
KCl revestido	26,00 a	2,00 a	15,75 a	1,31 a	63.556 a
<i>Doses de K<sub>2</sub>O</i>					
0	21,00 <sup>(1)</sup>	1,75	14,75	1,27	65.555 <sup>(2)</sup>
40	25,00	2,00	15,25	1,26	64.000
80	27,00	2,12	15,50	1,32	63.222
120	29,00	2,00	15,87	1,33	62.111
CV (%)	4,52	14,26	9,82	6,51	5,18

<sup>(1)</sup> Y = 21,5200 + 0,0694K, R<sup>2</sup> = 0,99\*\*, <sup>(2)</sup> Y = 65389,1000 - 27,77K, R<sup>2</sup> = 0,98\*\*. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. \*\* Significativo a 1%.

Tabela 6. Médias do número de espigas por ha (NEHA), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de 100 grãos (M100) e produtividade de grãos (PG) de milho, em função de fontes e doses de K (Selvíria, MS, 2007/2008).

Tratamentos	NEHA	NFE	NGF	M100 g	PG kg ha <sup>-1</sup>
<i>Fontes de potássio</i>					
KCl	62.000 a	16,37 a	32,50 a	27,25 a	9110 a
KCl revestido	64.555 a	16,81 a	33,56 a	24,06 a	8915 a
<i>Doses de K<sub>2</sub>O</i>					
0	62.222	16,01 <sup>(1)</sup>	31,96 <sup>(2)</sup>	27,89 <sup>(3)</sup>	9140
40	63.778	6,40	32,67	26,40	9116
80	63.889	6,79	33,39	24,91	8810
120	63.333	7,17	34,10	23,42	8985
CV (%)	5,21	2,91	6,40	13,77	8,12

<sup>(1)</sup> Y = 16,0100 + 0,0097K, R<sup>2</sup> = 0,98\*\*, <sup>(2)</sup> Y = 31,9600 + 0,0178K, R<sup>2</sup> = 0,61\*, <sup>(3)</sup> Y = 27,8800 - 0,0372K, R<sup>2</sup> = 0,80\*\*. Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5%. \* Significativo a 5%. \*\* Significativo a 1%.



todos os teores de K na folha, inclusive o da testemunha sem aplicação deste nutriente, ficaram dentro da faixa de 17-35 g kg<sup>-1</sup> de K na matéria seca, para a cultura do milho, considerada adequada por Cantarella et al. (1997). Por outro lado, Pavinato et al. (2008), trabalhando com milho irrigado, na região de Cruz Alta, observaram que a adubação potássica não influenciou os teores de K foliar, devido aos altos teores de K disponíveis no solo.

O aumento das doses de potássio não afetou a altura de plantas, diâmetro do colmo e altura de inserção da espiga de milho (Tabela 5). Isto pode ter ocorrido devido ao teor médio de K no solo (2,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) encontrado na área experimental. Contudo, esperava-se que houvesse aumento da altura de plantas, pois o K é ativador de mais de 60 enzimas na planta, sendo muito importante na expansão do volume celular e transporte de íons até as células meristemáticas (Prado 2008).

O aumento das doses de potássio reduziu a população de plantas de milho por área (Tabela 5), possivelmente devido à ocorrência moderada de efeito salino, causada pelo KCl, nas maiores doses aplicadas. De acordo com Conus et al. (2009), a condição de estresse provocada por sais como o KCl proporciona comportamento diferenciado no vigor de plântulas de milho. Contudo, este efeito depressivo da adubação potássica não foi observado no número de espigas por hectare (Tabela 6), indicando que, nos tratamentos que receberam as maiores doses de potássio, houve efeito compensatório, ou seja, com menos plantas por área, porém, com plantas mais vigorosas e, conseqüentemente, maior produção de espigas.

O número de fileiras por espiga e de grãos por fileira aumentaram linearmente, com o aumento das doses de potássio (Tabela 6) e, conseqüentemente, houve incremento no número de grãos por espiga. Entretanto, a massa de 100 grãos decresceu linearmente, com o aumento das doses do nutriente (Tabela 6). Esta redução nos valores de massa de 100 grãos, pela elevação das doses de K, pode ser atribuída ao aumento no número de grãos por espiga, que teria aumentado a competição por nutrientes e fotoassimilados dentro da espiga e, como consequência, reduzido a massa unitária dos grãos. Deparis et al. (2007) não observaram efeito significativo das doses de potássio (3 kg ha<sup>-1</sup>; 7,5 kg ha<sup>-1</sup>; 15 kg ha<sup>-1</sup>; 30 kg ha<sup>-1</sup>; 45 kg ha<sup>-1</sup>; 52,5 kg ha<sup>-1</sup>; e 57 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) nas avaliações citadas acima. Já Büll (1993) constatou que o potássio tem impacto na qualidade da

cultura e influência positiva sobre a massa individual de grãos e número de grãos por espiga.

A produtividade de grãos de milho não foi influenciada pelas doses de potássio (Tabela 6). Wendling et al. (2008) também constataram que a resposta da cultura do milho sob plantio direto à adubação potássica foi muito baixa, ou não existiu, na maioria dos locais e safras, em cinco dos sete experimentos conduzidos no Paraguai, devido aos altos teores de K encontrados no solo. Por sua vez, Andreotti et al. (2001), em trabalho realizado em casa-de-vegetação, verificaram que o desenvolvimento e a produção de grãos de milho aumentou até a adição de 60 mg kg<sup>-1</sup> de K ao solo. Stromberger et al. (1994) atribuíram isto ao fato de o K influenciar diretamente o crescimento celular, pela ativação enzimática no transporte de N, e, portanto, ser de fundamental importância na formação de tecidos vegetais.

O teor de potássio no solo considerado médio (2,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) pode explicar porque não ocorreu efeito da adubação potássica na produtividade de grãos de milho. Em revisão elaborada por Brunetto et al. (2005), vários trabalhos indicaram que as respostas de inúmeras culturas agrícolas à adubação potássica foram baixas, quando os teores de K trocável na camada arável (0-20 cm de profundidade) dos solos foram maiores que 1,5-2,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, principalmente em condições de manejo que favoreceram o incremento de K, como no sistema plantio direto, por exemplo, e/ou em solos com elevada concentração de minerais primários e secundários ricos em K. Semelhantemente, Pavinato et al. (2008) verificaram que a produtividade de grãos de milho não foi afetada pela aplicação de potássio (0 kg ha<sup>-1</sup>, 40 kg ha<sup>-1</sup>, 80 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), na forma de cloreto de potássio, devido aos altos teores disponíveis de K no solo. Porém, ressalta-se que a adubação potássica é indispensável para evitar o esgotamento do elemento no solo.

## CONCLUSÕES

1. Os fertilizantes revestidos por polímeros (ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) não foram eficientes nas condições edafoclimáticas estudadas, pois proporcionaram resultados semelhantes aos mesmos fertilizantes convencionais, para os teores foliares de N, P e K, componentes de produção e produtividade de grãos de milho irrigado.

2. O incremento das doses de N aumentou, linearmente, o teor de N foliar, número de espigas por hectare e produtividade de grãos de milho, independentemente da fonte de N.
3. A adubação fosfatada e a potássica, isoladamente, não influenciaram na produtividade de grãos de milho, sob sistema plantio direto, na região de Cerrado.

### REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Agors, 2011.
- ANDREOTTI, M. et al. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 145-150, 2001.
- ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 39, n. 8, p. 771-777, 2004.
- BRUNETTO, G. et al. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um argissolo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 561-571, 2005.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Eds.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-145.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van et al. *Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo*. Campinas: IAC, 1997. p. 45-71. (Boletim técnico, 100).
- CHRISTOFIDIS, D. Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos. *Revista ITEM (Irrigação & Tecnologia Moderna)*, Brasília, DF, v. 54, n. 2, p. 46-55, 2002.
- COELHO, A. M. et al. *Sistemas de produção 1: cultivo do milho*. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa/CNPMS, 2007.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. *Nutrição e adubação do milho*. Brasília, DF: Embrapa/CNPMS, 2009.
- CONUS, L. A. et al. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 31, n. 4, p. 67-74, 2009.
- CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, 2008.
- DEPARIS, G. A.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 4, p. 517-525, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 393-402, 2007.
- FARIAS, C. M. B. de et al. *Influência de diferentes adubações sobre a adubação de milho no Nordeste e obtenção de informações para calibração de análise de solo*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1981. (Boletim de pesquisa, 8).
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- FERREIRA, E. V. *Vamos economizar fertilizantes mantendo a nutrição das plantas?* 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21626&secao=Co lunas%20Assinadas>>. Acesso em: 03 mar. 2011.
- FIGUEIREDO, C. C. et al. Sistemas de manejo na absorção de nitrogênio pelo milho em um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 40, n. 3, p. 279-287, 2005.
- FORNASIERI, J. P. R. A. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.
- FORNASIERE FILHO, D. *A cultura do milho*. São Paulo: Funep, 1992.
- HOEFT, R. G. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho e soja nos EUA. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, v. 104, n. 1, p. 1-4, 2003.
- KAPPES, C. et al. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.
- LOPES, A. S. *Solos sob "Cerrado": características, propriedade e manejo*. Piracicaba: Potafos, 1983.
- LUCENA, L. F. C. et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 334-337, 2000.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MUZILLI, O. Adubação fosfatada no Estado do Paraná. In: OLIVEIRA, A. J. (Ed.). *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa, 1982. p. 61-100.
- NEPTUNE, A. M. L. et al. Efeitos de doses não equidistantes de N, P, K, nas concentrações destes macronutrientes na folha e na produção do milho (*Zea mays* L.). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, v. 39, n. 2, p. 917-941, 1982.
- OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 25, n. 2, p. 351-357, 2003.
- PAVINATO, P. S. et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.
- PRADO, R. M. *Nutrição de plantas*. São Paulo: Unesp, 2008.
- 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 83-90, 2001.
- RAIJ, B. van et al. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.
- SILVA, E. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.
- SOARES, M. A. *Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.)*. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)—Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- SOUZA, E. C. A. et al. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 33, n. 7, p. 1031-1036, 1998.
- SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.
- SOUZA, J. M. P. F. Adubo de liberação lenta reduz perdas por lixiviação. *Revista Campo & Negócios*, Uberlândia, n. 75, p. 28-29, 2010.
- STROMBERGER, J. A.; TSAI, C. Y.; HUBER, D. M. Interactions of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v. 17, n. 1, p. 19-37, 1994.
- VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, 2009.
- VIEIRA, B. A. R. M.; TEIXEIRA, M. M. Adubação de liberação controlada chega como solução. *Revista Campo & Negócios*, Uberlândia, n. 68, p. 52-54, 2008.
- WENDLING, A. et al. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1929-1939, 2008.