



## FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO NO CULTIVO DO MILHO SAFRINHA EM SUCESSÃO À SOJA

Claudinei Kappes<sup>1</sup>, Rayane Gabriel da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (FUNDAÇÃO MT), Rondonópolis – MT, Brasil. e-mail: claudineikappes@fundacaomt.com.br

<sup>2</sup>Graduanda em Agronomia, Faculdade Anhanguera, Rondonópolis –MT, Brasil

Recebido em: 08/04/2016 – Aprovado em: 30/05/2016 – Publicado em: 20/06/2016  
DOI: 10.18677/Enciclopedia\_Biosfera\_2016\_057

### RESUMO

Objetivando avaliar a influência de fontes e doses de N em cobertura sobre o desempenho do milho safrinha, após a soja, conduziu-se a presente pesquisa em Itiquira – MT, na safrinha de 2014, num Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial incompleto (3x4)+1, sendo: três fontes de N (ureia tradicional, ureia com aditivo e nitrato de amônio), quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e 1 tratamento controle (sem N). A semeadura, do híbrido DOW 2B587 PW, foi realizada no dia 07/03/2014 e todos os tratamentos receberam 75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 kg ha<sup>-1</sup> de N via fosfato monoamônico e 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Foram mensurados parâmetros morfológicos e produtivos da cultura. Ocorre incremento do diâmetro de colmo, altura de planta e de inserção de espiga, índice SPAD, comprimento e diâmetro de espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos com o aumento nas doses de N. Recomenda-se a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura do milho safrinha, sob semeadura direta, independente da fonte nitrogenada, desde que aplicadas em condições favoráveis ao aproveitamento do N pelas plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** nitrato de amônio, ureia, *Zea mays* L.

### NITROGEN SOURCES AND RATES ON OFF-SEASON MAIZE CROP SUCCEEDING SOYBEAN CROP

#### ABSTRACT

This study aimed at evaluating the broadcast application of N sources and rates on the agronomic performance of off-season maize succeeding soybean. The research was conducted at the Experimental Station of the MT Foundation in Itiquira - MT, in the off-season of 2014, on a clayey Rhodic Haplustox. The experimental design was in randomized blocks with treatments in a factorial arrangement (N sources x N rates) plus one additional treatment (3x4)+1. Treatments included three sources (traditional urea, urea with additive and ammonium nitrate) and four rates of N (30; 60; 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>). The additional treatment was one without N (control). The sowing of hybrid DOW 2B587 PW was held on 03/07/2014 and all treatments received 75 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 15 kg ha<sup>-1</sup> of N via monoammonium phosphate and 1.0 kg ha<sup>-1</sup> of

Zn. Morphological and productive parameters of the off-season maize were measured. With increasing N rates there was an increase in stem diameter, plant and ear insertion height, SPAD index, length and ear diameter, thousand grain weight and grain yield. It is recommended that 120 kg ha<sup>-1</sup> of N are applied in coverage on the off-season maize under no-tillage system, regardless of the N source, as long as it is applied in favorable conditions for the use of N by plants.

**KEYWORDS:** ammonium nitrate, urea, *Zea mays* L.

## INTRODUÇÃO

O cultivo de milho safrinha, denominado de milho segunda safra, em Mato Grosso é caracterizado pela semeadura entre os meses de janeiro e março, notadamente após a colheita da soja. Devido à época de semeadura, em que se está encaminhando para o encerramento do período chuvoso, a disponibilidade hídrica é o fator que mais afeta o potencial produtivo da cultura (KAPPES, 2013). Como os riscos de redução na produtividade de grãos do milho safrinha são relativamente grandes, um dos dilemas dessa modalidade de cultivo é saber a quantidade de N a ser aplicada, já que o déficit hídrico altera a absorção e o metabolismo do nutriente na planta, reduzindo a eficiência do fertilizante.

Há recomendação rotineira de menores quantidades de fertilizantes no milho safrinha baseada no menor potencial produtivo, atribuído à baixa disponibilidade hídrica, térmica e menor radiação. KAPPES (2013) relata que em muitas regiões de Mato Grosso, as doses de N no milho safrinha variam entre 20 e 60 kg ha<sup>-1</sup> e são consideradas aquém da quantidade exportada para produtividades de grãos de 6.000 kg ha<sup>-1</sup>, comumente obtidas pelos produtores mato-grossenses. Nestes casos, as módicas doses de N podem estar contribuindo para o balanço negativo deste nutriente no sistema de produção e limitando a produtividade de grãos do milho, uma vez que o N é o nutriente absorvido em maior quantidade por este cereal que, direta e indiretamente, influencia a formação de grãos.

Outro aspecto que deve ser considerado no manejo da adubação nitrogenada no milho diz respeito à fonte, devido esta se relacionar com a absorção e metabolismo do N pelas plantas. Entre as fontes nitrogenadas, a ureia é a mais utilizada, a mais concentrada (45% de N) e de menor custo; porém, está sujeita as perdas de N no solo, principalmente por volatilização da amônia, que pode atingir valores superiores a 50% do N aplicado em condições de menor umidade do solo e alta irradiância (TASCA et al., 2011).

Do ponto de vista fisiológico, a forma preferencial de N absorvida pelo milho é a nítrica. O nitrato de amônio apresenta parte do N nesta forma prontamente absorvida pela planta. A ureia, por outro lado, depende do processo de amonificação e nitrificação, até que o N esteja na forma preferencialmente absorvida pelo milho, a nítrica (MARSCHNER, 1995). No entanto, o nitrato de amônio é menos utilizado do que a ureia por possuir menor concentração (em torno de 32% de N) e apresentar custo elevado; todavia, seu uso pode ser interessante em casos de aplicação superficial.

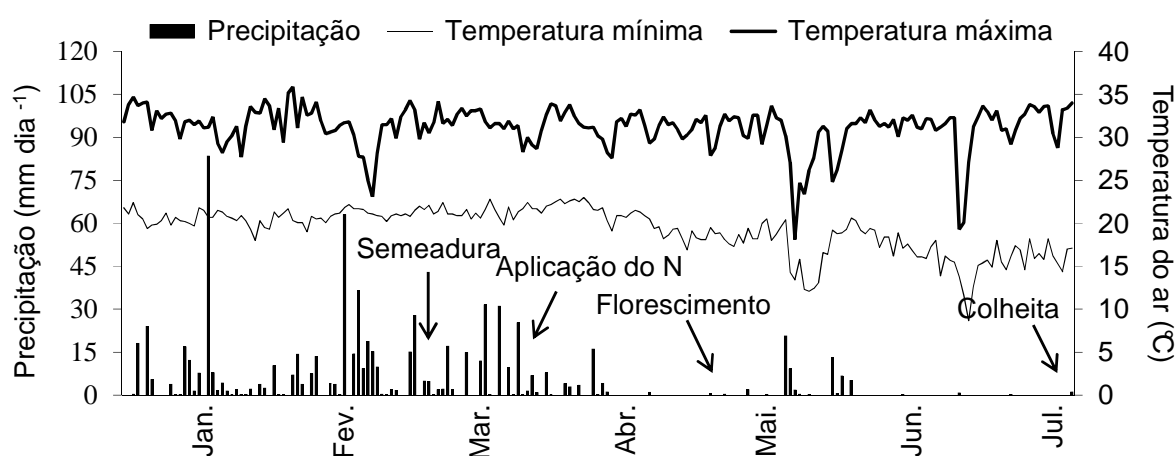
Faz-se necessário, portanto, buscar técnicas que aumentem a eficiência dos fertilizantes nitrogenados. Para minimizar as perdas com a utilização de fertilizantes mais solúveis, como a ureia, algumas estratégias estão surgindo no mercado, que é a utilização de fertilizantes nitrogenados com liberação lenta. Segundo CANTARELLA (2007), com a utilização desses fertilizantes, a disponibilidade de N para as plantas é gradativa, pois apresentam camada de proteção que diminui as

perdas por volatilização e lixiviação. No entanto, pouco se conhece sobre a eficácia agrônômica destes produtos quando utilizados em condições de campo.

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar a influência de fontes e doses de N em cobertura sobre o desempenho do milho safrinha cultivado após a soja, em semeadura direta.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental da Fundação MT (17°09' S, 54°45' W e 490 m de altitude), no município de Itiquira – MT, durante a safrinha de 2014. A região está sob bioma de Cerrado, cujo clima predominante, segundo classificação de Köppen, é o do tipo Aw. Os dados diários de precipitação pluvial e de temperatura do ar, registrados durante o período experimental, podem ser observados na Figura 1.



**FIGURA 1.** Dados diários de precipitação e de temperatura mínima e máxima do ar durante o período experimental. Itiquira, MT, Brasil, 2014.

O experimento foi instalado em condições de sequeiro, num Latossolo Vermelho distrófico e de textura muito argilosa, cujos atributos químico-físicos na camada de 0,0-0,2 m, antes da instalação do experimento, foram: pH (CaCl<sub>2</sub>): 5,1; P (Mehlich-1); K; S; Zn; Cu; Fe; Mn e B: 7,7; 38; 8; 6,4; 1,4; 46; 32,9 e 0,58 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; Ca; Mg; H+Al e CTC: 3,4; 1,2; 5,1 e 9,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; V: 48%; MO: 42,2 g dm<sup>-3</sup>; areia; silte e argila: 192; 150 e 658 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Na camada de 0,2 a 0,4 m obtiveram-se os seguintes valores: pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,6; P (Mehlich-1); K; S; Zn; Cu; Fe; Mn e B: 1,5; 26; 17; 1,0; 0,6; 49; 10,4 e 0,34 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente; Ca; Mg; H+Al e CTC: 1,7; 0,7; 4,9 e 7,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; V: 34%; MO: 30,4 g dm<sup>-3</sup>.

No ano agrícola 2013/2014 a área experimental foi cultivada com soja no verão e imediatamente após a sua colheita, implantou-se o milho safrinha, sob semeadura direta. O híbrido utilizado foi o DOW 2B587 PW (tipo simples, 815 graus dias), indicado para o cultivo na safrinha. As sementes foram tratadas com os inseticidas imidacloprido e tiodicarbe nas doses de 45 e 135 g i.a. para 60.000 sementes, respectivamente. O espaçamento entre linhas foi o de 0,45 m e a semeadura realizada no dia 07/03/2014, distribuindo-se as sementes na profundidade de 0,04 m, almejando-se população inicial de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A emergência da maioria das plântulas ocorreu aos seis dias após a semeadura. Em pré-semeadura da soja (cultura antecessora do milho), foram aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, via cloreto de potássio (a lanço). No sulco de semeadura do milho foram

aplicados 75 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 15 kg ha<sup>-1</sup> de N via fosfato monoamônico e 1,0 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Utilizou-se semeadora equipada com mecanismo sulcador de hastes e sistema de distribuição de sementes pneumático.

As plantas daninhas foram controladas em pós-emergência utilizando-se o herbicida glifosato na dose de 960 g ha<sup>-1</sup> do equivalente ácido. No pré-plantio da cultura foi realizada aplicação dos fungicidas azoxistrobina e ciproconazol nas doses de 60 e 24 g ha<sup>-1</sup> do i.a., respectivamente. As demais práticas fitotécnicas foram realizadas de acordo com a necessidade da cultura. As aplicações dos produtos fitossanitários foram realizadas com pulverizador de barras tratorizado, com volume de calda equivalente a 150 L ha<sup>-1</sup>.

Foram estabelecidos 13 tratamentos com quatro repetições, dispostos em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial incompleto (3x4)+1, sendo: três fontes de N [(ureia tradicional – 45% N); (ureia com aditivo – 44,3% de N, 0,4% de B e 0,15% de Cu); e (nitrato de amônio – 33% de N)], quatro doses de N em cobertura (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e 1 tratamento controle (sem aplicação de N). A aplicação do N foi realizada quando 50% das plantas apresentavam-se com a quinta folha expandida - V5. As aplicações foram realizadas a lanço em área total, sobre a superfície do solo (sem incorporação). É oportuno ressaltar que no momento da aplicação do N, o solo apresentava-se úmido, e que no dia seguinte, constatou-se precipitação pluvial de 7,0 mm, condição que pode ter favorecido a dissolução e a incorporação dos fertilizantes nitrogenados no solo, minimizando as perdas de N por volatilização da amônia. As parcelas foram constituídas por 14 linhas de 8,0 m de comprimento. Para a coleta dos dados foram utilizadas as oito linhas centrais, desprezando-se 1,0 m em ambas as extremidades.

Na ocasião da aplicação do N foi mensurada a população inicial (contagem do número de plantas em 4,0 m lineares, em dois pontos representativos na área útil de cada parcela), com os resultados extrapolados em plantas ha<sup>-1</sup>. No florescimento pleno, ocorrido em 08/04/2014, foi realizada a estimativa do teor de clorofila foliar com a utilização do clorofilômetro SPAD-502, modelo Minolta, que avalia, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila e a 940 nm, onde não ocorre absorção. Com estes dois valores, o equipamento calcula o índice SPAD que, normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha (SILVEIRA et al., 2003) e pode identificar deficiência de N. As leituras foram realizadas, aleatoriamente, em 10 plantas na área útil de cada parcela, adotando-se a porção do terço central do limbo da folha da espiga principal. Na pré-colheita, foram mensurados os seguintes parâmetros em 10 plantas de cada parcela: diâmetro de colmo (segundo internódio a partir da base da planta), altura de planta (distância da região do “colo” até o ponto de inserção da folha “bandeira” com o colmo) e altura de inserção de espiga (distância da região do “colo” até o ponto de inserção da primeira espiga viável com o colmo).

Na colheita, realizada no dia 30/07/2014, foram coletadas, aleatoriamente, 10 espigas por parcela para avaliação do comprimento, diâmetro (porção mediana) e número de fileiras de grãos. A produtividade de grãos foi obtida a partir da trilha mecânica e pesagem das espigas coletadas nas áreas úteis, constituídas por dois pontos amostrais com duas linhas adjacentes de 4,0 m de comprimento em cada parcela. Em seguida, a massa de mil grãos foi determinada pela pesagem de cinco amostras de 100 grãos por parcela, em balança de precisão, extrapolando-se para mil grãos. As massas de grãos foram corrigidas para 13% de umidade (base úmida). Mensurou-se, ainda, a população final (número de plantas presentes na área útil de

colheita, com os resultados extrapolados em plantas  $\text{ha}^{-1}$ ) e a prolificidade da cultura (relação entre o número de espigas e de plantas nas áreas úteis de colheita).

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância e os graus de liberdade dos tratamentos desdobrados em fonte de N, dose de N, interação entre fonte e dose e um contraste fatorial versus controle. Quando significativos, os tratamentos componentes do fatorial foram comparados entre si. As médias de fontes de N foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, e as médias de doses de N foram analisadas por regressão, ajustando-se modelos de equações significativas pelo teste F. Por meio do teste bilateral de Dunnett, os contrastes ortogonais dos tratamentos do fatorial foram comparados com o controle, a 5% de significância. Utilizou-se o software ASSISTAT para as análises.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados climáticos (Figura 1) indicam que durante as fases iniciais, houve disponibilidade hídrica favorável para o desenvolvimento da cultura e para o aproveitamento do N pelas plantas, fornecido via os fertilizantes. Logo, a precipitação foi irregular durante 23 dias que antecederam o florescimento da cultura e nos 15 dias posteriores a esta fase. Sabe-se que estresse hídrico durante a fase reprodutiva do milho limita o desenvolvimento da espiga, altera a sincronia entre o florescimento masculino e feminino, além de limitar a translocação de carboidratos para os grãos, podendo também afetar a resposta da planta ao N. O total de precipitação registrado durante o período experimental foi de 391 mm.

A população inicial e final de plantas, a prolificidade e o número de fileiras de grãos por espiga não foram influenciados pelos tratamentos estudados (Tabela 1). É plausível, perante tal constatação, afirmar que os demais parâmetros agrônômicos mensurados não foram influenciados, indiretamente, pela população de plantas. A ausência na alteração da prolificidade também foi relatada por KAPPES et al. (2013b,c) e SORATTO et al. (2012), após estudarem o manejo da adubação nitrogenada em cobertura no milho safrinha em sucessão à cultura da soja. Gott et al. (2014) relatam que, apesar de ser um componente de produção importante na cultura do milho, o aumento da prolificidade não necessariamente implica no incremento da produtividade de grãos. A segunda espiga da planta pode ter comprimento reduzido, menor número de grãos e apresentar-se deformada, sobretudo quando se trata de milho safrinha.

**TABELA 1.** Quadrados médios obtidos na análise de variância<sup>1</sup> para população inicial (PIP) e final de plantas (PFP), diâmetro de colmo (DC), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), índice SPAD, prolificidade (PROL), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras de grãos por espiga (FG), massa de mil grãos (MMG) e produtividade de grãos (PROD) de milho safrinha em função de fontes e doses de N. Itiquira, MT, Brasil, 2014.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		PIP	PFP	DC	AP	AIE	SPAD
Fonte de N	2	4.159.214,9 <sup>ns</sup>	15.680.745,4 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	192,97**	2,55 <sup>ns</sup>	4,74 <sup>ns</sup>
Dose de N	3	1.751.285,4 <sup>ns</sup>	4.180.222,9 <sup>ns</sup>	5,09*	407,39**	50,66**	26,78**
Fonte x dose	6	10.223.004,6 <sup>ns</sup>	5.595.278,9 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	93,85**	12,22 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>
Fatorial vs controle	1	7.146.266,9 <sup>ns</sup>	1.780.623,6 <sup>ns</sup>	11,43**	1.795,72**	227,17**	33,28**
Bloco	3	15.572.949,4 <sup>ns</sup>	10.205.346,2 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	19,36 <sup>ns</sup>	3,63 <sup>ns</sup>	4,27 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	8.918.813,9	8.959.592,7	1,46	12,96	10,73	1,82
Total	51	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	5,73	6,12	5,66	1,46	3,32	2,18
Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		PROL	CE	DE	FG	MMG	PROD
Fonte de N	2	0,00002 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Dose de N	3	0,00006 <sup>ns</sup>	215,22**	3,12*	0,31 <sup>ns</sup>	337,67*	1,15**
Fonte x dose	6	0,00006 <sup>ns</sup>	12,09 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	30,99 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Fatorial vs controle	1	0,00006 <sup>ns</sup>	383,36**	9,65**	1,08 <sup>ns</sup>	777,55**	2,24**
Bloco	3	0,00002 <sup>ns</sup>	108,33**	0,15 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	40,49 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	0,00012	20,92	0,87	0,22	104,40	0,24
Total	51	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	1,08	3,03	1,72	2,80	3,20	6,43

GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; <sup>1</sup>Teste F: \*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns: não significativo.

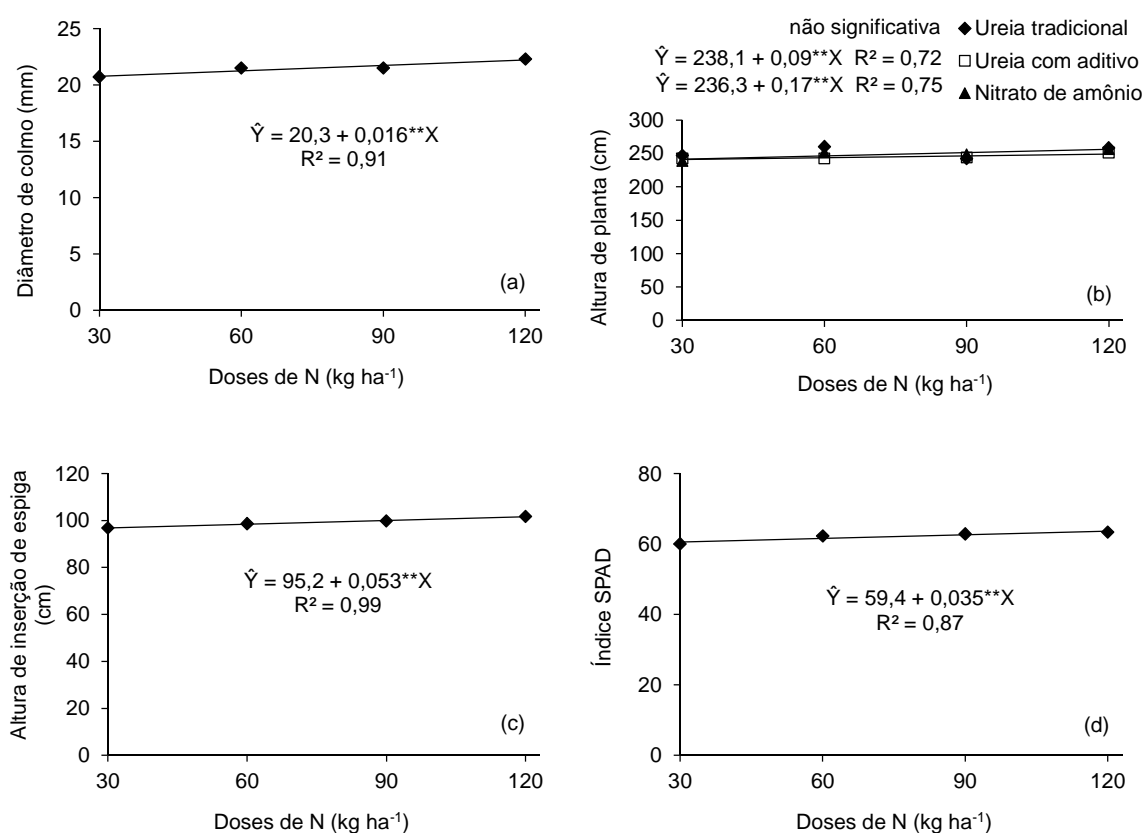
O diâmetro de colmo, a altura de inserção de espiga, o índice SPAD, o comprimento e o diâmetro de espiga, a massa de mil grãos e a produtividade de grãos foram influenciados, isoladamente, pela dose de N e pelo fatorial vs controle (Tabela 1). Independentemente da fonte, obteve-se incremento linear do diâmetro de colmo à medida que se aumentou as doses de N (Figura 2a). O aumento do diâmetro de colmo com a dose de N mostra-se ser vantajoso, pois este parâmetro morfológico tem sido relacionado com o percentual de quebramento de plantas de milho, fato que ocorre por má formação do colmo, onde após o início do consumo das reservas da planta, a região basal fica mais suscetível ao dobramento, pois seus tecidos senescem precocemente (GOMES et al., 2010). Além disso, o aumento deste parâmetro é importante para a obtenção de altas produtividades de grãos, pois quanto maior o seu diâmetro, maior a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que contribuirão com o enchimento dos grãos (KAPPES et al., 2011). Aumento no diâmetro de colmo também foi reportado por diversos pesquisadores (GOES et al., 2013; KAPPES et al., 2013a; KAPPES et al., 2014; LANGE et al., 2014; REPKE et al., 2013), após avaliarem doses de N no milho. Pela comparação dos tratamentos componentes do fatorial vs o controle, verifica-se que apenas os fornecimentos de 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, via nitrato de amônio, proporcionaram a obtenção de plantas de milho com maiores diâmetros de colmo em relação ao controle (Tabela 2), ou seja, nos demais tratamentos, as fontes e doses de N resultaram plantas com diâmetros de colmo semelhante à do tratamento que recebeu 15 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura (controle).

**TABELA 2.** Valores médios de diâmetro de colmo, altura de planta, altura de inserção de espiga e índice SPAD no florescimento do milho safrinha em função de fontes e doses de N. Itiquira, MT, Brasil, 2014.

Fonte de N	Controle	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
		30	60	90	120
Diâmetro de colmo (mm)					
Ureia tradicional	-	20,5	21,6	20,8	22,1
Ureia com aditivo	-	20,8	21,7	21,3	21,7
Nitrato de amônio	-	20,8	21,1	22,3 (*)	23,0 (*)
Controle	19,7	-	-	-	-
Altura de planta (cm)					
Ureia tradicional	-	246,7 a (*)	260,1 a (*)	242,4 a(*)	258,4 a (*)
Ureia com aditivo	-	242,5 ab(*)	242,4 c(*)	243,8 a(*)	251,2 b(*)
Nitrato de amônio	-	238,7 b(*)	251,5 b (*)	248,5 a(*)	256,4 ab(*)
Controle	226,5	-	-	-	-
Altura de inserção de espiga (cm)					
Ureia tradicional	-	95,0	100,1 (*)	98,9 (*)	101,1 (*)
Ureia com aditivo	-	97,0	96,6	101,5 (*)	103,1 (*)
Nitrato de amônio	-	98,4 (*)	99,0 (*)	99,1 (*)	100,7 (*)
Controle	91,4	-	-	-	-
Índice SPAD					
Ureia tradicional	-	61,0	63,0 (*)	63,0 (*)	63,7 (*)
Ureia com aditivo	-	59,8	62,3 (*)	63,1 (*)	62,6 (*)
Nitrato de amônio	-	59,0	61,4	62,4 (*)	63,8 (*)
Controle	59,1	-	-	-	-

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; (\*)Médias seguidas por asterisco diferem do tratamento controle pelo teste bilateral de Dunnett a 5% de significância.

A altura de planta foi influenciada por todos os fatores de variação desdobrados na análise de variância (Tabela 1). Na comparação do contraste, todos os tratamentos apresentaram alturas de plantas, estatisticamente, superiores ao controle (Tabela 2). Na análise dos tratamentos que compuseram o fatorial, verificase que quando aplicada a menor dose de N ( $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a ureia tradicional favoreceu o crescimento das plantas, embora tal supremacia não tenha diferido estatisticamente da ureia com aditivo. Diante do fornecimento de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, a ureia tradicional propiciou plantas com maior porte em relação às demais fontes, ao passo que, na aplicação de  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N não se obteve diferença entre as fontes. Por sua vez, na presença da maior dose de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), novamente a ureia tradicional favoreceu o crescimento das plantas, embora esta superioridade numérica não tenha diferido estatisticamente do nitrato de amônio.



**FIGURA 2.** Diâmetro de colmo (a), altura de planta (b), altura de inserção de espiga (c) e índice SPAD (d) no florescimento do milho safrinha em função de doses de N. Média de três fontes. \*\* – significativo a 1% de significância, pelo teste t. Itiquira, MT, Brasil, 2014.

Diante da análise de regressão, apenas as médias de ureia com aditivo e nitrato de amônio tiveram ajustes significativos pelo teste F, sendo que para ambas as fontes, houve aumento linear na altura de planta com o incremento nas doses de N (Figura 2b). Segundo MARSCHNER (1995), em cereais, a aplicação de doses elevadas de N nos estádios iniciais de desenvolvimento aumenta a produção de fitormônios promotores do desenvolvimento responsáveis pelos processos de divisão e expansão celular, aumentando o alongamento do colmo e, conseqüentemente, a altura de planta. Aumento na altura de planta em resposta às

alterações na dose de N na cultura do milho também foi evidenciado por GOES et al. (2013), KAPPES et al. (2014), LANGE et al. (2014) e REPKE et al. (2013).

As alterações nas doses crescentes de N favoreceram, linearmente, a obtenção de plantas com maior altura de inserção de espiga (Figura 2c), corroborando com os resultados apresentados por KAPPES et al. (2014) e LANGE et al. (2014). A comparação do controle com as médias dos tratamentos componentes do fatorial revelou que a aplicação de 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, independente da fonte, proporcionou plantas com altura de inserção de espiga superior ao controle (Tabela 2). O mesmo efeito foi observado com as aplicações de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, via ureia tradicional, e de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, via nitrato de amônio. O N influencia diretamente a divisão, a expansão celular e o processo fotossintético, promovendo acréscimo em altura de planta e de inserção da espiga e no diâmetro do colmo (FORNASIERI FILHO, 2007), o que de fato foi evidenciado neste trabalho.

O incremento nas doses de N propiciou aumento linear do índice SPAD no florescimento pleno do milho (Figura 2d), independentemente da fonte, resposta que pode ser atribuída a participação direta do N na biossíntese de proteínas e clorofilas. Indiretamente, é possível inferir que houve considerável aproveitamento do N-fertilizante aplicado, uma vez que vários estudos, em diversas culturas, apontam para o fato de que os teores foliares de clorofila podem ser considerados indicadores do status de N nas plantas. Portanto, tendo em vista que o índice SPAD é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha (SILVEIRA et al., 2003), é aceitável também reportar que não houve diferença entre as fontes no que se refere ao aproveitamento do N pelas plantas. Aumento no índice de clorofila nas folhas de milho, devido aplicações de N, foi reportado em outros trabalhos (KAPPES et al., 2013a; KAPPES et al., 2014).

Na comparação dos tratamentos componentes do fatorial vs o controle, foi possível constatar que o fornecimento de 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, independente da fonte, proporcionou maiores índices de clorofila foliar em relação ao controle (Tabela 2). O mesmo efeito foi obtido com a aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, via ureia tradicional e ureia com aditivo. Logo, o índice SPAD revelou valores similares entre o controle e a aplicação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, independente da fonte. Tal resposta pode ser justificada pelo fato de o milho ter sido semeado sobre resteva de soja, associado à distribuição regular de chuvas desde a semeadura até a aplicação do N (Figura 1) e terem sido aplicados 15 kg ha<sup>-1</sup> de N no sulco de semeadura, via fosfato monoamônico. Em condições tropicais, a decomposição dos resíduos deixados após a colheita da soja, normalmente, é muito rápida, devido à baixa relação C/N da leguminosa e às temperaturas elevadas. PADOVAN et al. (2006) verificaram que, entre 20 e 34 dias após o manejo, 50% do N contido na parte aérea da soja já haviam sido liberados para o solo.

Comportamentos quadráticos foram verificados no comprimento e diâmetro de espiga em resposta às doses de N, cujos modelos de regressões ajustados permitiram afirmar o valor de 159,9 mm como sendo o máximo comprimento de espiga obtido com a aplicação de 113 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3a) e o valor de 54,2 mm como sendo o máximo diâmetro de espiga observado com a aplicação de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 3b), independente da fonte. Nas pesquisas de GOES et al. (2013), Kappes et al. (2013a), KAPPES et al. (2014) e LANGE et al. (2014) também houveram constatações de aumento dos referidos parâmetros após o milho ter recebido doses de N em cobertura. Na comparação do contraste, todos os tratamentos (exceto na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, independente da fonte),

apresentaram comprimentos de espigas superiores ao controle (Tabela 3). Por sua vez, maiores diâmetros de espigas, em relação ao controle, foram evidenciados com as aplicações de 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, via ureia com aditivo, e com 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, via nitrato de amônio.

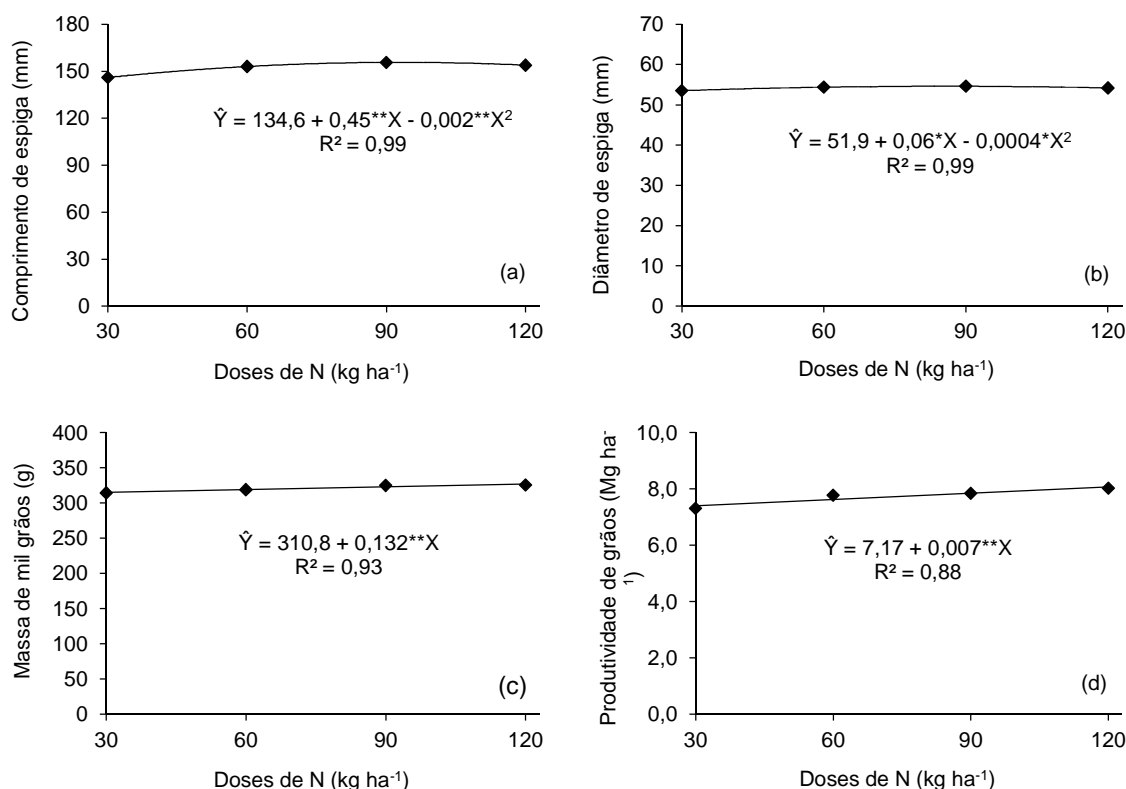
**TABELA 3.** Valores médios de comprimento e diâmetro de espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos de milho safrinha em função de fontes e doses de N. Itiquira, MT, Brasil, 2014.

Fonte de N	Controle	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )			
		30	60	90	120
Comprimento de espiga (mm)					
Ureia tradicional	-	146,3	153,4 (*)	153,5 (*)	155,4 (*)
Ureia com aditivo	-	146,1	154,1 (*)	156,5 (*)	151,7 (*)
Nitrato de amônio	-	145,5	151,6 (*)	156,7 (*)	154,6 (*)
Controle	142,0	-	-	-	-
Diâmetro de espiga (mm)					
Ureia tradicional	-	53,4	54,4	54,4	53,7
Ureia com aditivo	-	53,7	54,6 (*)	54,8 (*)	54,9 (*)
Nitrato de amônio	-	53,3	54,1	54,7 (*)	54,2
Controle	52,6	-	-	-	-
Massa de mil grãos (g)					
Ureia tradicional	-	313,2	316,1	324,5	328,3 (*)
Ureia com aditivo	-	316,5	320,3	322,8	321,7
Nitrato de amônio	-	312,9	319,6	326,9	326,1
Controle	306,2	-	-	-	-
Produtividade de grãos (Mg ha <sup>-1</sup> )					
Ureia tradicional	-	7,16	7,66	7,91	7,95
Ureia com aditivo	-	7,55	7,72	7,75	7,99 (*)
Nitrato de amônio	-	7,19	7,91	7,85	8,14 (*)
Controle	6,95	-	-	-	-

(\*)Médias seguidas por asterisco diferem do tratamento controle pelo teste bilateral de Dunnett a 5% de significância.

A massa de mil grãos, importante componente produtivo no milho, aumentou linearmente com as alterações crescentes nas doses de N (Figura 3c). Resultados semelhantes foram encontrados por GOES et al. (2013), KAPPES et al. (2013a), KAPPES et al. (2014), LANGE et al. (2014) e REPKE et al. (2013), os quais também verificaram aumento na massa de grãos do milho com o incremento nas doses de N em cobertura. A massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos. O referido componente produtivo tem alta dependência da absorção de N pelo milho, a qual alcança um pico durante o período compreendido

entre o início do florescimento e o início da formação de grãos. A deficiência de N, neste período, pode favorecer a formação de grãos com menor massa específica, devido à não translocação deste nutriente em quantidades adequadas para os mesmos. Na comparação dos tratamentos componentes do fatorial vs o controle, nota-se que apenas a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, via ureia tradicional, propiciou massa de mil grãos superior, estatisticamente, ao controle (Tabela 3), isto é, nos demais tratamentos, as fontes e doses de N resultaram em grãos com massa similar à do tratamento controle.



**FIGURA 3.** Comprimento de espiga (a), diâmetro de espiga (b), massa de mil grãos (c) e produtividade de grãos (d) de milho safrinha em função de doses de N. Média de três fontes. \*\* e \* – significativos a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste t. Itiquira, MT, Brasil, 2014.

O incremento nas doses de N resultou em aumento linear na produtividade de grãos (Figura 3d), cujo modelo de regressão permitiu estimar que para cada 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado, obteve-se incremento de 0,21 Mg ha<sup>-1</sup> na produtividade da cultura. O aumento da produtividade de grãos com o incremento nas doses de N justifica a necessidade de suprimento desse nutriente, pois a disponibilidade insuficiente de N pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga e, com isso, afetar negativamente a produtividade de grãos (ERNANI et al., 2005), já que a liberação de N por meio da mineralização no sistema de semeadura direta é lenta e dependente da cultura antecessora e da disponibilidade hídrica. Diversos pesquisadores evidenciaram aumento na produtividade de grãos de milho com a aplicação de N em cobertura (GOES et al., 2013; KAPPES et al., 2013a; KAPPES et al., 2014; LANGE et al., 2014; REPKE et al., 2013). Perante o contraste foi possível verificar que apenas as aplicações de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, via

ureia com aditivo e via nitrato de amônio, resultaram produtividades, estatisticamente, superiores ao controle (Tabela 3).

Independente da dose, as fontes nitrogenadas apresentaram eficácia agronômica similar. Nas mesmas condições edafoclimáticas, KAPPES et al. (2013c) avaliaram diversas fontes de N em cobertura no milho safrinha, sob semeadura direta após a soja, e ao término da pesquisa não constataram diferença significativa na produtividade de grãos deste cereal devido à adição de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N via ureia tradicional, ureia com aditivo e nitrato de amônio. Em outro estudo desenvolvido por KAPPES et al. (2013b), em Sapezal, MT, também obteve-se eficácia similar, em termos de produtividade de grãos, entre a ureia tradicional e o nitrato de amônio, com ambas as fontes aplicadas quando o milho safrinha apresentava-se em V5; entretanto, os referidos autores reportaram aumento significativo na produtividade de grãos com as alterações nas doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>). Em contrapartida, GOTT et al. (2014) relataram incremento de 6,9% na produtividade de grãos do milho safrinha após o fornecimento de N em cobertura via nitrato de amônio, se comparado à ureia tradicional.

As fontes de N, geralmente, sofrem interferências durante sua utilização que podem acarretar em perdas do nutriente. A regularidade na distribuição de chuvas, geralmente, ameniza as perdas do nutriente em questão. Contudo, momentos de instabilidade e ausência de precipitação podem prejudicar a eficiência agronômica das fontes nitrogenadas. Por isso, investigação de processos tecnológicos que interfiram positivamente na eficiência agronômica dessas fontes deve ser valorizada (KAPPES et al., 2013c). O nitrato de amônio, por ser menos propenso ao processo de perda por volatilização, depende menos de condições adequadas de umidade no solo. Por outro lado, a ureia é mais dependente da disponibilidade de água para evitar perdas (TASCA et al., 2011). Assim, essa fonte pode ter apresentado redução na volatilização da amônia devido às condições de umidade satisfatórias durante e após a sua aplicação em superfície, fato que minimizou a chance de resposta entre as fontes estudadas.

## CONCLUSÕES

O incremento do diâmetro de colmo, da altura de planta e de inserção de espiga, do índice SPAD, do comprimento e diâmetro de espiga, da massa de mil grãos e da produtividade de grãos ocorreu com o aumento nas doses de N em cobertura.

Recomenda-se a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura do milho safrinha, sob semeadura direta, independente da fonte nitrogenada, desde que aplicadas em condições favoráveis ao aproveitamento do N pelas plantas.

Mesmo em sucessão à soja, a negligência no fornecimento de N ao milho safrinha compromete o potencial produtivo deste cereal.

## REFERÊNCIAS

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 2, p. 360-365, 2005.

Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33135217>>. doi: 10.1590/S0103-84782005000200017

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; TAKASU, A. T.; ARF, O. Características agronômicas e produtividade do milho sob fontes e doses de nitrogênio em cobertura no inverno. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 250-259, 2013. Disponível em: <[http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/440/pdf\\_74](http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/440/pdf_74)>. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p250-259

GOMES, L. S.; BRANDÃO, A. M.; BRITO, C. H.; MORAES, D. F.; LOPES, M. T. G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 140-145, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n2/v45n2a04.pdf>>. doi: 10.1590/S0100-204X2010000200004

GOTT, R. M.; SICHOCKI, D.; AQUINO, L. A.; XAVIER, F. O.; SANTOS, L. P. D.; AQUINO, R. F. B. A. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 24-34, 2014. Disponível em: <[http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/445/pdf\\_79](http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/445/pdf_79)>. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p24-34

KAPPES, C. Sistemas de cultivo de milho safrinha no Mato Grosso. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013. **Anais...** Dourados: Embrapa/UFGD, 2013. CD-ROM

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n2/12.pdf>>. doi: 10.1590/S0006-87052011000200012

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1310-1321, 2013a. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n5/20.pdf>>. doi: 10.1590/S0100-06832013000500020

KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2014. Disponível em: <[http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/474/pdf\\_91](http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/474/pdf_91)>. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p201-217

KAPPES, C.; ZANCANARO, L.; VIEIRA-JESUS, F. Doses de nitrogênio, via ureia e nitrato de amônio, em cobertura no milho safrinha em sucessão à soja. In:

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013. **Anais...** Dourados: Embrapa/UFGD, 2013b. CD-ROM

KAPPES, C.; ZANCANARO, L.; LOPES, A. A.; KOCH, C. V.; FUJIMOTO, G. R.; FERREIRA, V. E. N. Avaliação de fontes de nitrogênio em cobertura no milho safrinha em sistema de semeadura direta após a soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 12., 2013. **Anais...** Dourados: Embrapa/UFGD, 2013c. CD-ROM

LANGE, A.; CAIONE, G.; SCHONINGER, E. L.; SILVA, R. G. Produtividade de milho safrinha em consórcio com capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 35-47, 2014. Disponível em: <[http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/451/pdf\\_80](http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/451/pdf_80)>. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p35-47

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D.; OLIVEIRA, F. L.; SANTOS, L. A.; ALVES, B. J. R.; SOUTO, S. M. Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 667-672, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v41n4/29815.pdf>>. doi: 10.1590/S0100-204X2006000400018

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013. Disponível em: <[http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/472/pdf\\_90](http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/472/pdf_90)>. doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p214-226

SILVEIRA, P. M.; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1083-1087, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n9/18286.pdf>>. doi: 10.1590/S0100-204X2003000900009

SORATTO, R. P.; COSTA, T. A. M.; FERNANDES, A. M.; PEREIRA, M.; MARUYAMA, W. I. Parcelamento de fontes alternativas de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Científica**, v. 40, n. 2, p. 179-188, 2012. Disponível em: <<http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/369/225>>. doi: 10.15361/1984-5529.2012v40n2p179+-+188

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a18.pdf>>