

## DOSE DE NITROGÊNIO ASSOCIADO A ENXOFRE ELEMENTAR EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO EM PLANTIO DIRETO

MARCELO CRUZ MENDES<sup>1</sup>, ANNA LAURA BALZAN WALTER<sup>1</sup>, OMAR POSSATO JUNIOR<sup>1</sup>, DIEGO ARY RIZZARDI<sup>1</sup>, JHONATAN SCHLOSSER<sup>1</sup> e KATHIA SZEUCZUK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, Brasil, [mcmendes@unicentro.br](mailto:mcmendes@unicentro.br), [annalaurawalter@hotmail.com](mailto:annalaurawalter@hotmail.com), [omar.pj@hotmail.com](mailto:omar.pj@hotmail.com), [diegoragro@hotmail.com](mailto:diegoragro@hotmail.com), [schlosserj@hotmail.com](mailto:schlosserj@hotmail.com), [kahh.szeuczuk@gmail.com](mailto:kahh.szeuczuk@gmail.com)

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.1, p. 96-106, 2014*

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica de duas fontes de fertilizantes nitrogenados, ureia e ureia com enxofre, associados a diferentes doses em cobertura, na manifestação de caracteres agrônômicos na cultura do milho em sistema de plantio direto. O experimento foi conduzido no município de Guarapuava, PR, os tratamentos foram realizados nos estádios de 4 folhas e 6 folhas, sendo: 150 + 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (ureia 45%); 200 + 200 ha<sup>-1</sup> de N; 150 + 150 ha<sup>-1</sup> de N (ureia 37%) + enxofre (17%); 200 + 200 ha<sup>-1</sup> de N (ureia 37%) + enxofre (16%) e o tratamento testemunha (0 kg N e S). As características agrônômicas dos híbridos de milho avaliados são dependentes do estado nutricional das plantas e da resposta da cultura à aplicação de nitrogênio e enxofre em cobertura, sendo esta em função da formulação e da dose utilizadas. Houve aumento na produtividade de grãos de milho quando associado o uso do fertilizante em cobertura a ureia com enxofre 200 + 200 ha<sup>-1</sup>, frente aos demais tratamentos avaliados em cobertura, independente do híbrido utilizado. Os tratamentos em cobertura com nitrogênio e enxofre proporcionaram maiores teores foliares de enxofre, quando comparados aos tratamentos com nitrogênio e tratamento testemunha, ambos sem enxofre na formulação.

**Palavras-chave:** *Zea mays*; adubação nitrogenada; ureia; fonte de enxofre.

## NITROGEN DOSES ASSOCIATED WITH ELEMENTAL SULFUR TOPDRESSED IN MAIZE UNDER NO-TILLAGE SYSTEM

**ABSTRACT** - The objective of this study was to evaluate the agronomic efficiency of two sources and different doses of nitrogen fertilizers, urea and urea with sulfur in topdressing, on the agronomic traits of maize in no-tillage system. The experiment was conducted in Guarapuava, PR, and treatments were carried out in the 4 leaves and 6 leaves stages, being: 150 + 150 kg ha<sup>-1</sup> N (urea 45%), 200 + 200 ha<sup>-1</sup> N, 150 + 150 ha<sup>-1</sup> N (urea 37%) + 16% sulfur; 200 + 200 ha<sup>-1</sup> + urea and sulfur control treatment (0 kg N and S). The agronomic performance of maize hybrids depending on the nutrition status of plants and response to nitrogen and sulfur topdress application, which is a function of dose and formulation used. There was an increase in grain yield of maize with the use of the two fertilizers topdressed, urea and sulfur 200 + 200 ha<sup>-1</sup>, compared to other treatments, regardless of the hybrid used. Topdressing treatments using nitrogen and sulfur caused higher foliar sulfur contents, compared to the treatments with nitrogen and control treatment, both without sulfur-in the formulation.

**Key words:** *Zea mays*; nitrogen fertilization; urea; sulfur source.

O milho é uma das culturas que possui grande destaque na região Centro-Sul do Paraná, tendo um elevado potencial produtivo em virtude de as condições climáticas da região serem favoráveis à cultura. A cultura pode ser influenciada por alguns fatores, destacando dentre eles: população de plantas, condições climáticas, potencial produtivo do híbrido, condições fitossanitárias e fertilidade (Fancelli & Dourado-Neto, 2003).

O nitrogênio na planta desempenha funções importantes no metabolismo, como componente dos aminoácidos e conseqüentemente das proteínas, enzimas, fitocromos, coenzimas, ácidos nucléicos, bases nitrogenadas, constituinte da molécula da clorofila e fito-hormônios (Taiz & Zeiger, 2004).

Em sistemas de plantio direto, o aumento da palhada, principalmente de poaceae, demanda mais fornecimento de nitrogênio industrial nas fases iniciais da cultura do milho, em virtude da imobilização do N mineral por micro-organismos, reduzindo a disponibilidade do nutriente à planta (Oliveira & Caires, 2003). Segundo Wolschick et al. (2003), resíduos com relação C/N alta imobilizam o N, promovendo desequilíbrio de N no solo, podendo afetar a disponibilidade de N no início da cultura do milho.

A adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho é realizada principalmente em superfície com o uso de ureia, em virtude do custo e da concentração de N no produto. O nitrogênio é o nutriente mais importante na cultura do milho, sendo também o mais absorvido, que na maioria dos casos é limitante de produção (Roberto et al., 2010).

A forma de diagnóstico de deficiência, em níveis baixos (fome oculta), é através de análise química foliar das plantas. O diagnóstico baseia-se na relação do teor de nutriente no tecido com o crescimento e a produção da cultura (Nascimento et al., 2012).

Com o uso de fertilizantes concentrados, o enxofre acaba não sendo aplicado, diminuindo gradativamente os seus teores no solo, o que pode diminuir a produtividade de grãos (Domingues, et al., 2004). O enxofre tem papel importante no metabolismo da planta, fazendo parte de aminoácidos, proteínas, moléculas de cloroplasto, entre outras funções metabólicas.

A planta tem a capacidade de absorver enxofre na forma de sulfato. Caso o nutriente seja aplicado na forma elementar, este só será absorvido depois de ser oxidado (Horowitz & Meurer, 2006). Devido ao efeito residual do enxofre elementar, em alguns solos ele torna-se mais eficiente que o sulfato (Novais et al., 2007).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica de duas fontes de fertilizantes nitrogenados, ureia (45%) e ureia (37%) com enxofre elementar (17%), associados a diferentes doses em cobertura, na manifestação de caracteres agrônômicos na cultura do milho em sistema de plantio direto.

O experimento foi conduzido a campo, em área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste, localizada no município de Guarapuava, no Centro-Sul do estado do Paraná, em solo classificado como Latossolo Bruno Distroférrico Típico, textura muito argilosa (Santos et al., 2006), com latitude de 25° 23' 36" S, longitude de 51° 27' 19" W e altitude de 1.120 m.

A área experimental foi cultivada no período de inverno com trigo sob sistema de plantio direto. Após a cultura de inverno, foram retiradas amostras de solo para análise. Os resultados das análises de solo estão apresentados na Tabela 1.

Os resultados das análises de solo revelaram que os teores de nitrogênio estavam altos na

profundidade de 0 - 20 cm e médios na profundidade de 20 - 40 cm, o que não ocorreu para o enxofre, que apresentou valores considerados baixos nas camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm (Raji, 1996).

O experimento foi instalado sob sistema de plantio direto no dia 09 de outubro de 2011, em área dessecada com o herbicida Glyphosate Roundup® original na dose de 3,0 l ha<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, constituídas por 4 tratamentos de cobertura + testemunha x 2 híbridos de milho e 4 repetições, totalizando 40 parcelas. As parcelas foram constituídas por 4 linhas de 5,0 m comprimento, espaçadas 0,8 m entrelinhas, totalizando uma área útil de 8 m<sup>2</sup> e constituída pelas 2 linhas centrais.

Foram utilizados dois híbridos de milho comerciais: o P30R50H (híbrido simples) e o BG 7049H (híbrido triplo), precoces e de alta produtividade de grãos, ambos provenientes da empresa Pioneer Sementes S.A. e recomendados para a região de Guarapuava.

A adubação de base utilizada no experimento foi calculada de modo a fornecer a quantidade de 25 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na adubação de base. Para isso, foi utilizado o adubo formulado FH Micro Total 10-26-15, na dosagem de 250 kg ha<sup>-1</sup>, para todos os

tratamentos. A semeadura foi realizada manualmente (matracas), deixando após o desbaste uma população final de plantas de 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada de forma parcelada, quando as plantas se encontravam nos estádios de 4 folhas (V4) e 6 folhas (V6) completamente expandidas. Os tratamentos com adubação nitrogenada de cobertura foram realizados com o adubo de base ureia (45% e 37%), com e sem associação com enxofre elementar, em diferentes dosagens dos nutrientes nitrogênio e enxofre, da seguinte forma: 150 + 150 kg ha<sup>-1</sup> de ureia 45% (135 kg N); 200 + 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia 45% (180 kg N); 150 + 150 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (37%) com enxofre (16%) - (111 kg N e 51 kg S); 200 + 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (37%) com enxofre (16%) - (148 kg N e 68 kg S) e tratamento testemunha (0 kg N e 0 kg S).

Vale lembrar que, para os fertilizantes utilizados em cobertura, os tratamentos não foram nivelados para pontos do nutriente N, pois, para uma melhor distribuição do enxofre elementar, o procedimento ocorreu de forma industrial, o qual será discutido posteriormente.

O controle das plantas daninhas em pós-emergência foi feito com o herbicida Soberan®, Atrazina e óleo nas dosagens de 0,24 l ha<sup>-1</sup>, 2,0 l ha<sup>-1</sup> e 1,0 l ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Todos os outros tratos culturais

**TABELA 1.** Resultado de análise de solo realizada antes da instalação do experimento no Campo Experimental do Campus Cedeteg na safra 2011/2012.\*

Amostra	CaCl	N	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	(T)
0 - 20	4,6	2,2	4,0	0,18	4,9	4,0	0,0	7,66	9,09
20-40	4,4	0,9	2,0	0,08	1,8	3,2	0,3	7,72	5,10
Amostra		Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	V (%)	MO
0 - 20		4,8	53,4	31,7	1,5	0,43	2,9	54,3	51,0
20-40		4,4	27,2	13,1	1,4	0,28	5,4	39,8	45,6

\*Teores dos micronutrientes e N estão expressos em mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>, demais macronutrientes em cmolc (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>, a matéria orgânica em g (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>. Análises realizadas no Laboratório TecSolo.

utilizados foram os comumente empregados no cultivo do milho na região do Centro-Sul paranaense.

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas:

Altura de Plantas (AP) - medida em 5 plantas na área útil da parcela antes da colheita, do solo até a inserção da folha bandeira.

Altura de inserção de espiga (AE) - medida em 5 plantas na área útil da parcela antes da colheita, considerando a altura da primeira espiga.

Diâmetro do Colmo (DC) - medições do diâmetro do colmo, em milímetros, com auxílio de paquímetro em 5 plantas escolhidas não ao acaso nas 2 linhas centrais nas 3 repetições, sendo o ponto medido o segundo entrenó acima do solo.

Peso de 1000 Grãos (P1000) - valor médio obtido por meio da pesagem de 3 amostras de 100 grãos retiradas na área útil da parcela.

Produtividade de grãos (PROD) - Foram colhidas as plantas da área útil da parcela (2 fileiras centrais). As espigas foram trilhadas e os grãos foram pesados e posteriormente determinou-se o seu teor de água. Os dados referentes ao peso de grãos foram transformados para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigidos para umidade padrão de 13%.

Para determinar os teores foliares de macronutrientes (N e S), foram coletadas amostras de folhas (15-30 folhas) de cada parcela no pendoamento, sendo a folha oposta e abaixo da primeira espiga para realização de Análise Foliar (AF), cujos teores foram obtidos por meio de digestão nitricoperclórica, o N segundo metodologia de Defelipo e Ribeiro (1981) e o S seguindo metodologia de Alvarez V et al. (2001).

Todos os dados das características avaliadas foram submetidos a análises de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente, foram realizados

cinco contrastes ortogonais (H1 vs H2; Testemunha vs Tratamentos N e S; Ureia vs Ureia + S; Ureia 150 vs Ureia 200; e Ureia + S 150 vs Ureia + S 200), visando a comparar os diferentes tratamentos em cobertura em relação às características agronômicas avaliadas, sendo o programa utilizado o Sisvar (Ferreira, 2008).

Foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos para as características altura de planta (AP), altura de espiga (AE), peso de mil grãos (P1000) e produtividade (PROD). Este fato indica que os diferentes tratamentos de adubação de cobertura influenciaram as características agronômicas quando houve comparação com os diferentes tratamentos com ureia (nitrogênio-N) e ureia com enxofre elementar (nitrogênio e enxofre) utilizados nesta pesquisa (Tabela 2).

Para a característica altura de planta (AP), houve diferença estatística entre os tratamentos de cobertura e a testemunha quando utilizado o híbrido P 30R50H, sendo os valores médios obtidos com os diferentes tratamentos em cobertura superiores em 21 cm ao tratamento testemunha (sem adubação de cobertura). Na média dos tratamentos utilizados, estes foram superiores à testemunha em 0,10 unidade, independente do híbrido avaliado (Tabela 2). Isso pode ser explicado pela baixa disponibilidade de N das plantas no início do cultivo, que pode ser explicada pela imobilização do N pela palha do trigo.

Para a variável altura de espiga, verifica-se o comportamento da testemunha em apresentar as menores alturas em relação aos outros tratamentos. Os tratamentos que continham ureia e ureia com enxofre proporcionaram um aumento médio de 10 cm. Vale a pena destacar que houve diferença estatística na média dos híbridos, sendo que o híbrido P30R50H demonstra a característica de ter a inserção da espiga

**TABELA 2.** Médias das avaliações das características agronômicas associadas ao uso de diferentes adubos de cobertura e doses de nitrogênio em híbridos comerciais de milho. Guarapuava, PR, 2012.\*

Adubos de cobertura <sup>1</sup>	Altura de Planta (AP)		Média
	Tipos de híbridos		
	P30R50H (HS)	BG 7049H (HT)	
Testemunha	2,21 b	2,36 a	2,30 b
Ureia (150 kg ha <sup>-1</sup> )	2,46 a	2,40 a	2,43 a
Ureia (200 kg ha <sup>-1</sup> )	2,39 a	2,40 a	2,40 a
Ureia + Enxofre (150 kg ha <sup>-1</sup> )	2,37 a	2,42 a	2,40 a
Ureia + Enxofre (200 kg ha <sup>-1</sup> )	2,41 a	2,36 a	2,39 a
Média	2,37 A	2,39 A	C.V. (%) - 2,53
Adubos de cobertura <sup>1</sup>	Altura de Espiga (AE)		Média
	Tipos de híbridos		
	P30R50H (HS)	BG 7049H (HT)	
Testemunha	1,30 b	1,38 b	1,34 b
Ureia (150 kg ha <sup>-1</sup> )	1,45 a	1,46 a	1,45 a
Ureia (200 kg ha <sup>-1</sup> )	1,40 a	1,46 a	1,43 a
Ureia + Enxofre (150 kg ha <sup>-1</sup> )	1,40 a	1,48 a	1,44 a
Ureia + Enxofre (200 kg ha <sup>-1</sup> )	1,42 a	1,45 a	1,44 a
Média	1,39 B	1,45 A	C.V. (%) - 3,63
Adubos de cobertura <sup>1</sup>	Diâmetro de colmo (DC)		Média
	Tipos de híbridos		
	P30R50H (HS)	BG 7049H (HT)	
Testemunha	27,0 a	26,9 a	26,9 a
Ureia (150 kg ha <sup>-1</sup> )	28,2 a	27,0 a	27,6 a
Ureia (200 kg ha <sup>-1</sup> )	28,4 a	28,1 a	28,2 a
Ureia + Enxofre (150 kg ha <sup>-1</sup> )	28,2 a	27,8 a	28,0 a
Ureia + Enxofre (200 kg ha <sup>-1</sup> )	28,3 a	27,1 a	27,7 a
Média	28,0 A	27,4 A	C.V. (%) - 5,08
Adubos de cobertura <sup>1</sup>	P1000 (g)		Média
	Tipos de híbridos		
	P30R50H (HS)	BG 7049H (HT)	
Testemunha	355 b	335 a	344 b
Ureia (150 kg ha <sup>-1</sup> )	385 b	348 a	367 a
Ureia (200 kg ha <sup>-1</sup> )	411 a	362 a	387 a
Ureia + Enxofre (150 kg ha <sup>-1</sup> )	376 b	346 a	361 a
Ureia + Enxofre (200 kg ha <sup>-1</sup> )	411 a	360 a	386 a
Média	388 A	350 B	C.V. (%) - 5,81
Adubos de cobertura <sup>1</sup>	PROD (kg ha <sup>-1</sup> )		Média
	Tipos de híbridos		
	P30R50H (HS)	BG 7049H (HT)	
Testemunha	10.161 b	9.928 b	10.045 c
Ureia (150 kg ha <sup>-1</sup> )	13.551 a	11.064 a	12.307 b
Ureia (200 kg ha <sup>-1</sup> )	13.557 a	11.529 a	12.543 b
Ureia + Enxofre (150 kg ha <sup>-1</sup> )	13.068 a	11.493 a	12.281 b
Ureia + Enxofre (200 kg ha <sup>-1</sup> )	14.145 a	12.324 a	13.235 a
Média	12.896 A	11.267 B	C.V. (%) - 9,28

\*PROD (Produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup> a 13% de umidade); testemunha (sem adubo em cobertura); 1 adubações de coberturas realizadas nos estádios de 4 folhas e 6 folhas. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

baixa, efeito este que pode ser de caráter do genótipo. Segundo Meira et al., (2009), a característica altura de planta é pouco influenciada pelo ambiente. Porém, para Silva & Silva (2002), foi verificado que a aplicação de N proporcionou maiores alturas de inserção de espiga, corroborando com os resultados encontrados neste experimento.

O mesmo fato ocorreu para peso de 1000 grãos. Porém, o híbrido simples P30R50H obteve média superior à do híbrido triplo BG 7049H, com valores médios de 388 e 350 g, respectivamente. Isso mostra que houve uma maior resposta do híbrido simples (P 30R50H) quando comparados os diferentes tratamentos com adubação de cobertura, com e sem enxofre elementar, frente ao híbrido triplo (7049 H).

Quando comparados às médias de cada tratamento em cobertura, estes diferiram do tratamento testemunha (sem aplicação), sendo que os valores obtidos para ureia (150 kg ha<sup>-1</sup>), ureia (200 kg ha<sup>-1</sup>), ureia com enxofre (150 kg ha<sup>-1</sup>) e ureia com enxofre (200 kg ha<sup>-1</sup>) são 367; 387 e 361 e 386, respectivamente, e o valor obtido na testemunha 344 g (Tabela 2).

Santos et al. (2011), trabalhando com diferentes fontes e épocas de aplicação de nitrogênio, observaram que as melhores época e fonte foram na quarta folha completamente expandida (V4) e a fonte nitrocálcio. Eles também observaram os menores valores de P1000 para o tratamento testemunha. Os autores atribuíram tal fato à baixa quantidade de nitrogênio aplicado no solo, mostrando a importância do N no metabolismo da planta.

Para a característica produtividade de grãos, os tratamentos com adubação não diferiram entre si, mas foram significativamente superiores à testemunha (sem aplicação) para ambos os híbridos avaliados, como evidencia a Tabela 2. Para o híbrido

simples P30R50H, os valores obtidos de produtividade foram 13.551, 13.557, 13.068 e 14.145 kg ha<sup>-1</sup> para os tratamentos com adubação nitrogenada superiores à testemunha com 12.896 kg ha<sup>-1</sup> para este genótipo. O tratamento U+S (200 kg ha<sup>-1</sup>) foi numericamente superior aos demais tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura (ureia 150 kg ha<sup>-1</sup>; ureia 200 kg ha<sup>-1</sup> e U+S 150 kg ha<sup>-1</sup>), proporcionando um aumento na produção de grãos na ordem de 753 kg ha<sup>-1</sup> para o híbrido P30R50H. Em outras pesquisas, foi verificado que o aumento da adubação nitrogenada proporcionou incremento na produtividade de grão em híbridos de milho comerciais (Veloso et al., 2006; Silva et al., 2005; Silva et al., 2011).

O mesmo ocorreu para o híbrido triplo (BG 7049H), em que os tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura foram iguais estatisticamente, mas significativamente superiores ao tratamento testemunha (sem nitrogênio em cobertura). O mesmo fato repetiu para este híbrido, sendo o tratamento U+S (200 kg ha<sup>-1</sup>) também numericamente superior aos demais tratamentos com adubação nitrogenada em cobertura, com e sem enxofre elementar (Tabela 2).

Porém, quando comparados os valores médios para os diferentes tratamentos de cobertura, independente do híbrido utilizado, estes diferiram do tratamento testemunha (Tabela 2). Na média geral, o tratamento ureia com enxofre (U+S 200 kg ha<sup>-1</sup>), com 13.235 kg ha<sup>-1</sup>, foi significativamente superior aos outros tratamentos em cobertura sem enxofre elementar (ureia 150 kg ha<sup>-1</sup>, ureia 200 kg ha<sup>-1</sup>) e com enxofre elementar na dosagem inferior (U+S 150 kg ha<sup>-1</sup>), com 12.307, 12.543, 12.281 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 2). A maior produtividade de grãos foi observada quando utilizada a associação de nitrogênio e enxofre elementar. Este fato pode ser atribuído

à presença do enxofre elementar, que, por meio de microorganismos (*Thiobacillus*), realiza a oxidação do enxofre elementar e promove uma pequena acidificação, proporcionando a solubilização de nutrientes para as plantas (Stamford et al., 2004).

Nos contrastes envolvendo as características agronômicas avaliadas (Tabela 3), fica evidenciada, mais uma vez, a resposta dos híbridos de milho avaliados quanto à utilização do nitrogênio em cobertura para o contraste Testemunha vs Tratamentos N e S. Todas as características agronômicas avaliadas foram significativas para este contraste. O mesmo fato ocorreu para o contraste entre H1 vs H2, embora não tenha havido significância para altura de planta, destacando a diferença de produtividade de grãos nos genótipos (HS e HT). Quando analisado o contraste entre Ureia vs Ureia + S, foi significativo com mais de 95% de probabilidade para as características de peso de mil grão (P1000) e produtividade de grãos (PROD). Esse resultado evidencia a contribuição no enchimento dos grãos para os tratamentos com associação de nitrogênio e enxofre em cobertura para os híbridos de milho avaliados.

Por meio dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se evidenciar que a utilização do tratamento em cobertura, ureia com enxofre (U+S 200 kg ha<sup>-1</sup>), em 2 aplicações de cobertura proporcionou

maior produtividade de grãos na cultura do milho, independente do híbrido utilizado.

Para melhor elucidação da contribuição de N e S em cada tratamento de cobertura avaliado, foi realizada uma análise foliar. Lembrando que os tratamentos não foram padronizados às doses de nutrientes aplicadas, visto que os produtos fornecem pontos de nitrogênio e enxofre de forma diferenciada, os quais são um fator de estudo, seguindo as devidas proporções: 150 + 150 kg ha<sup>-1</sup> de ureia (135 kg N - Ureia); 200 + 200 ha<sup>-1</sup> de ureia (180 kg N - ureia); 150 + 150 ha<sup>-1</sup> de ureia + enxofre (111 kg ha<sup>-1</sup> N e 48 kg ha<sup>-1</sup> S - U+S); 200 + 200 ha<sup>-1</sup> de ureia (148 kg ha<sup>-1</sup> de N e 64 kg<sup>-1</sup> de S - U+S) e tratamento testemunha (0 kg N e 0 kg S).

Houve diferença significativa para os teores de macronutrientes, nitrogênio e enxofre presentes nas folhas de milho, que foram coletadas nas parcelas experimentais, comparando os diferentes fertilizantes em cobertura (Tabela 4).

Quando comparado o híbrido simples (P 30R50H), o tratamento de cobertura ureia 150 kg ha<sup>-1</sup> diferiu estatisticamente do tratamento testemunha (sem cobertura) e estes diferiram dos demais tratamentos de cobertura: Ureia 200 kg ha<sup>-1</sup>; U+S150 kg ha<sup>-1</sup> e U+S 200 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). Para o macronutriente S, os tratamentos em cobertura, que

**TABELA 3.** Resultados dos contrastes entre os diferentes tratamentos utilizados em cobertura, nos híbridos de milho P30R50H (HS) e BG 7049H (HT), nas características agronômicas avaliadas. Guarapuava, PR, 2012.

Contrastes	Características Agronômicas <sup>1</sup>				
	AP	AE	DC	P1000	PROD
H1 vs H2	0.75	0.02	0.15	0.00	0.00
Testemunha vs Tratamentos N e S	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
Ureia vs Ureia + S;	0.31	0.42	0.79	0.01	0.04
Ureia 150 vs Ureia 200	0.15	0.81	0.60	0.33	0.55
Ureia + S 150 vs Ureia + S 200	0.93	0.74	0.45	0.25	0.51

<sup>1</sup>P trat: significância do efeito do tratamento.

continham o enxofre elementar na sua formulação, obtiveram os maiores teores foliares, diferindo estatisticamente dos tratamentos apenas com ureia e tratamento testemunha, ambos sem enxofre na formulação, cujos teores foliares foram 6,5 e 6,9 g kg<sup>-1</sup>.

O mesmo fato ocorreu para o híbrido triplo (BG 7049H), em que os maiores teores foliares de N foram obtidos para os tratamentos que forneceram mais pontos de N na sua formulação Ureia 200 kg ha<sup>-1</sup> e U+S 200 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que estes diferiram da testemunha com valores de N de 28,3 e 25,6. Quando comparados os teores foliares de S no híbrido triplo, estes diferiram estatisticamente entre si, sendo o maior valor obtido para o tratamento U+S (200 kg ha<sup>-1</sup>) o que forneceu o maior número de pontos de S na sua formulação.

Resultados de pesquisas têm mostrado que teores foliares de nitrogênio, entre 28 e 35 g kg<sup>-1</sup>, são considerados adequados à cultura, sendo que teores de 30 g kg<sup>-1</sup> são associados à máxima produtividade de grãos de milho de híbridos comerciais (Oliveira et al., 2004; Hurtado et al., 2006). Outro fato de grande relevância seria a incorporação de

enxofre em cobertura, visando a altas produtividades de milho, visto que a eficiência de uso do fertilizante, de modo geral, é maior com a adição de enxofre no sistema de produção. Este fato já pode ser comprovado para o fosfato reativo natural, em que a eficiência agrônômica variou de 43% para 33%, quando não utilizado enxofre elementar (Franceloso et al., 2010).

Deste modo, ficou evidente, no caso deste experimento, que o enxofre foi o elemento limitante ou que poderia proporcionar um aumento significativo na produtividade de grãos nos híbridos de milho avaliados. É importante relatar que, ao observarmos a análise de solo, os níveis de enxofre presentes no solo, tanto na camada de 0-20 cm como na camada de 20-40 cm, foram considerados baixos com valores de 2,9 mg dm<sup>3</sup> e 5,4 mg dm<sup>3</sup>, respectivamente (Tabela 1). Isso mostra que as diferentes quantidades de enxofre elementar presentes nos fertilizantes utilizados foram suficientes para proporcionar aumento significativo na produtividade de grãos, uma vez que os teores deste nutriente estavam em níveis considerados baixos.

**TABELA 4.** Resultados médios dos macronutrientes avaliados pela análise foliar, considerando os diferentes tratamentos. Guarapuava, PR, 2012.\*

Adubos de cobertura <sup>1</sup>	Tipos de Híbridos			
	P30R50H (HS)		BG 7049H (HT)	
	N	S	N	S
Testemunha	18,0 c	4,5 c	22,0 c	2,8 e
Ureia (150 kg ha <sup>-1</sup> )	25,4 b	5,8 b	20,7 c	4,1 d
Ureia (200 kg ha <sup>-1</sup> )	30,5 a	5,5 b	28,3 a	5,2 c
Ureia + Enxofre (150 kg ha <sup>-1</sup> )	26,2 a	6,5 a	24,7 b	6,1 b
Ureia + Enxofre (200 kg ha <sup>-1</sup> )	28,3 a	6,9 a	25,6 a	7,6 a
Média	25,7 a	5,8 a	24,3 a	5,1 b
C.V. (%)	4.23		3.93	

\*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Pesquisas realizadas por Oliveira & Caires (2003) encontraram, em tecidos foliares de milho, aumento linear dos teores de N e P ao aplicarem doses maiores de nitrogênio em cobertura. Os autores observaram que, quando aplicado sulfato de amônio, os teores de enxofre na folha não aumentaram, o que foi atribuído ao fato de o solo apresentar enxofre suficiente para a demanda da planta, o que não ocorreu nesta pesquisa. É importante lembrar que o fato de utilizar sempre adubos com baixa concentração de enxofre reduz os níveis deste nutriente no solo, tanto na camada de 0-20 cm como na de 20-40 cm, como ocorrido na área experimental utilizada (Tabela 1). Pelos motivos abordados anteriormente, quando a produção de grãos e os componentes da planta de milho visarem a alto investimento, o correto manejo da adubação (e, neste, pode-se incluir o elemento enxofre) pode ser limitante para explorar a performance dos híbridos de milho responsivos à adubação (Domingues et al., 2004; Pattis et al., 2009).

### Conclusões

As características agronômicas dos híbridos de milho avaliados são dependentes do estado nutricional das plantas e da resposta da cultura à aplicação de nitrogênio e enxofre em cobertura, sendo esta em função da formulação e da dose utilizadas.

Houve aumento na produtividade de grãos de milho quando associado o uso do fertilizante em cobertura ureia com enxofre 200 + 200 ha<sup>-1</sup> (148 kg ha<sup>-1</sup> de N e 64 kg ha<sup>-1</sup> de S) frente aos demais tratamentos avaliados em cobertura, independente do híbrido utilizado.

Os tratamentos em cobertura com nitrogênio e enxofre proporcionaram maiores teores de

enxofre nas folhas quando comparados aos tratamentos apenas nitrogênio e tratamento testemunha, ambos sem enxofre na formulação.

### References

- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JR, E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 131 p.
- DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo: metodologia**. Viçosa, MG, UFV, 1981. 17 p. (Boletim de Extensão, 29).
- DOMINGUES, M. R.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SASSAKI, N. Doses de enxofre e de zinco na cultura do milho em dois sistemas de cultivo na recuperação de uma pastagem degradada. **Científica**, Jaboticabal, v. 32, p. 147-151, 2004.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: estratégias de manejo para alta produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2003. 208 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FRANDOLOSO, J. F.; LANA, M. C.; FONTANIVA, S.; CZYCZA, R. V. Eficiência de adubos fosfatados associados ao enxofre elementar na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, p. 686-694, 2010.
- HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Oxidação do enxofre elementar em solos tropicais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, p. 822-828, 2006.
- MEIRA, F. A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; DE SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na

- cultura do milho irrigado. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, p. 275-284, 2009.
- NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; FERNANDES, D. M.; RODRIGUES, J. G. L.; FERNANDES, J. C. Diagnose foliar em plantas de milho em sistema de semeadura direta em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, p. 67-86, 2012.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 644 p.
- 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, p. 351-357, 2003.
- OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 245-256.
- PATTIS, C. A.; FONSECA, R. D.; CASSOL, L. C. Rendimento de híbridos de milho em solo com alto teor de fósforo e potássio e submetido a diferentes níveis de adubação. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 4, 2009.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A. J.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (Boletim, 100).
- ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho a aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via semente. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA DO CARTUCHO, 4., 2010, Goiânia. **Potencialidades, desafios e sustentabilidade: resumos expandidos...** Goiânia: ABMS, 2010. 1 CD-ROM.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; MELO, A. V.; ADRIANO, R. C.; FIDELIS, R. R.; CORRÊA, M. L. P. Efeito da fonte de nitrogênio e da época de aplicação na cultura do milho, em plantio direto, com espaçamento reduzido. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, p. 29-37, 2011.
- SILVA, D. R. G.; PEREIRA, A. F.; DOURADO, R. L.; SILVA, F. P.; ÁVILA, F. W.; FAQUIN, V. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT-treated urea. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 516-523, 2011.
- SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 725-733, 2005.
- SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento

- de grãos do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 1057-1064, 2002.
- STAMFORD, N. P.; MOURA, A. M. M. F.; SANTOS, K. S.; SANTOS, P. R. Atuação de *Acidithio bacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com Jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 25, p. 75-83, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição Mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap.5, p. 96-101.
- VELOSO, M. E. C.; DUARTE, S. N.; DOURADO NETO, D.; MIRANDA, J. H.; SILVA, E. C.; SOUSA, V. F. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 382-394, 2006.
- WOLSCHICK, D.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; JADOSKI, S. O. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com “El niño”. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 461-468, 2003.