



DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO MILHO SAFRINHA, FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO EM SISTEMA DE SUCESSÃO COM SOJA NO ESTADO DO MATO GROSSO

Aildson Pereira Duarte⁽¹⁾ e Claudinei Kappes⁽²⁾

1. Introdução

O emprego de fórmulas concentradas em nitrogênio no sulco de semeadura contribuiu para o aumento da produtividade do milho safrinha nas regiões tradicionais de cultivo, a partir dos resultados de pesquisas na década de 1990 (Cantarella & Duarte, 1995). Devido às perdas do N por lixiviação, doses maiores que 40 a 50 kg ha⁻¹ devem ser parceladas em cobertura, para atender a forte demanda das plantas durante toda a fase vegetativa. A recomendação da dose total de N requer pesquisas regionais considerando as peculiaridades da cultura e do ambiente de produção, por exemplo, os excedentes hídricos.

O milho safrinha expandiu para os chapadões do Brasil Central e estados limítrofes, com uso generalizado da aplicação de todo o fósforo do sistema, de forma antecipada e a lanço, apenas na soja, em vez de fazê-la no sulco de semeadura nas duas culturas. Para viabilizar a distribuição de todo o fertilizante a lanço, tem sido feita apenas a adubação de cobertura com nitrogênio e potássio no milho safrinha e, na maioria das vezes, tardiamente. O fósforo é aplicado na semeadura apenas nas propriedades que fazem adubação no sulco.

Mas, quase todas as pesquisas foram realizadas sem avaliar o efeito residual da adubação do milho safrinha na nutrição na produtividade da soja e vice-versa (Duarte & Cantarella, 2007), e pouco se conhece sobre o efeito da aplicação do enxofre no milho safrinha. Este nutriente não se acumula nas camadas superficiais de solos que recebem calcário e adubo fosfatado, por causa da predominância de cargas negativas devido aos maiores valores de pH e do deslocamento pelo P do sulfato dos sítios de adsorção (Cantarella & Duarte, 1995).

Considerando a importância da aplicação de N na semeadura do milho safrinha (Duarte & Kappes, 2015) e do processo de adsorção no solo de parte do fósforo aplicado nas adubações, que reduz sua disponibilidade para a próxima cultura, estudou-se o efeito

⁽¹⁾Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador Científico, Programa Milho e Sorgo IAC/APTA, Instituto Agrônomo, Campinas - SP. E-mail: aildson@apta.sp.gov.br

⁽²⁾Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador, Fundação MT, Rondonópolis - MT. E-mail: claudineikappes@fundacaomt.com.br





da associação de fósforo e enxofre junto com o nitrogênio na adubação de semeadura do milho safrinha, em diferentes doses de nitrogênio em cobertura, no estado do Mato Grosso.

2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos em Itiquira, Sapezal e Deciolândia, no estado do Mato Grosso, em Latossolo Vermelho Distrófico. O experimento começou com o milho safrinha, em 2013, em Sapezal e Itiquira e, em 2014, em Deciolândia. A soja foi cultivada em sucessão, finalizando as colheitas na safra 2016/2017, após 3 ou 4 anos contínuos.

Em todos os locais, o solo apresentava textura argilosa (teor de argila igual ou superiores a 69%) e já eram cultivados com milho safrinha e soja sob sistema plantio direto. Na camada de 0 a 20 cm, os teores de fósforo estavam altos em Sapezal e médios em Itiquira e Deciolândia, pelo método da resina. O enxofre estava acima do nível crítico, exceto em Deciolândia, onde o teor era de 5,0 mg dm⁻³ pelo método do fosfato de cálcio.

O delineamento estatístico foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas foram dispostos cinco tratamentos relativos as fontes (Tabela 1) e dois sobre modos de aplicação dos fertilizantes no momento da semeadura (sulco e a lanço). Utilizou-se um tratamento extra com superfosfato triplo, especificamente no sulco, apenas como referência em relação ao controle (sem N, P e S).

Nas subparcelas procedeu-se a aplicação de quatro doses de nitrogênio em cobertura, 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N, na forma de nitrato de amônio, a lanço em área total no estádio de cinco folhas (V5), exceto em 2015, que foi em V6.

Tabela 1. Fontes de N, P e S aplicadas na semeadura do milho safrinha e da soja no período 2013 à 2016 e 2013/2014 à 2016/2017, respectivamente.

Tratamento - especificação	Milho safrinha				Soja			
	Fonte	N	P ₂ O ₅	K ₂ O lanço	S ¹	Fonte	P ₂ O ₅	K ₂ O lanço
		----- kg ha ⁻¹ -----						
Controle	Sem	-	-	34	-	-	-	80
NPS apenas milho	13-33-00 +15S	39	99	34	45	-	-	80
NPKS milho e P Soja	16-18-14 + 8S	39	44	34 ²	19	ST ³	55	80
NP apenas milho	Fosfato diamônico	39	99	34	-	-	-	80
N milho e P soja	Nitrato de amônio	39	zero	34	-	ST	99	80

¹Partes iguais na forma de enxofre elementar e sulfato; ²Único caso de aplicação de K no sulco de semeadura, em tratamento específico; ³ST = superfosfato triplo.



As parcelas foram constituídas por 14 a 20 linhas espaçadas de 0,45 m de 40 m de comprimento, subdividindo-as por 10 m e deixando 0,5 m de corredor entre as subparcelas. A parcela útil foi constituída de quatro linhas de milho com 4,0 m de comprimento.

Os fertilizantes foram aplicados no sulco com máquina-semeadora adaptada para experimentação agrícola. A aplicação a lanço dos fertilizantes relativos a semeadura foi realizada em área total pelo método manual e no mesmo dia da semeadura do milho. O potássio foi aplicado a lanço no momento da semeadura em todos os tratamentos, seja no sulco ou a laço, exceto no NPKS no sulco, por ser uma fórmula pronta.

O milho transgênico Dow 2B587 PW foi semeado no terceiro decêndio de fevereiro até o primeiro decêndio de março, com a população inicial de 57.000 plantas ha⁻¹. As sementes foram tratadas com o inseticida tiametoxam e aplicaram-se inseticidas e fungicidas no manejo fitossanitário. A cultura foi mantida no limpo com o herbicida glifosato.

Procedeu-se a colheita das espigas manualmente e o transporte para laboratórios de pós-colheita, onde foram trilhadas para pesagem e determinação da umidade dos grãos. A produtividade foi calculada, em kg ha⁻¹, corrigindo-se a umidade dos grãos para 13%. Calculou-se a dose de maior retorno econômico a partir das equações de regressão da produtividade em função das doses e o custo de 1 kg de N igual a 10 kg de grãos de milho.

Os resultados foram analisados pelo programa “Statistical Analysis System” (SAS, 1989), procedendo-se a análise de variância ao nível de 10% de significância. Os tratamentos sobre fontes e modos de aplicação dos fertilizantes foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as doses de N em cobertura por regressão polinomial.

3. Resultados e Discussão

A maior produtividade média geral dos experimentos foi obtida em Sapezal (8.920 kg ha⁻¹), seguida de Deciolândia (7.630 kg ha⁻¹) e Itiquira (7.112 kg ha⁻¹) (Tabela 2). Verificou-se efeito das fontes dos fertilizantes na semeadura em todos os locais.

O controle foi pior que os demais tratamentos; a simples adição de N na semeadura elevou a produtividade média em 11%, 11% e 18% em Sapezal, Itiquira e Deciolândia respectivamente. Nestes mesmos locais, efeito do N na presença de P (NP no sulco versus P no sulco - dados não mostrados) foi de 9%, 7% e 9%, confirmando a importância do N.

Em Sapezal e Itiquira, os tratamentos NPS, NP e NPKS não diferiram entre si e, em Deciolândia, o NPS foi o melhor. A adição de 22,5 kg ha⁻¹ de S-SO₄⁻ resultou em maior média de produtividade em Deciolândia, devido a deficiência deste nutriente na camada 0-20 cm. Em Itiquira, com teor médio de P no solo, o tratamento NP superou o N, mesmo com





o fósforo do sistema tendo sido aplicado na soja. Em Deciolândia, também com P médio, isso não aconteceu, provavelmente, por ser S o nutriente mais crítico no solo.

Tabela 2. Valores médios e resultados da análise de variância da produtividade de grãos em função dos fatores fontes e modos de aplicação dos fertilizantes fosfatados na semeadura e doses de nitrogênio em cobertura, em três locais no Mato Grosso (média de quatro anos em Sapezal e Itiquira e três anos em Deciolândia).

Tratamentos	Sapezal	Itiquira	Deciolândia
Fontes na semeadura	Produtividade de grãos (kg ha⁻¹)		
NPS	9.264 a	7.456 a	8.088 a
NP	9.174 ab	7.341 a	7.830 b
NPKS	9.083 ab	7.267 ab	7.880 b
N	8.981 b	7.097 b	7.779 b
Controle	8.100 c	6.400 c	6.579 c
Modos de aplicação			
Lanço	8.991 a	7.255 a	7.709 a
Sulco	8.850 b	6.969 b	7.554 b
Doses N em cobertura			
0 kg ha ⁻¹	7.973	6.480	6.739
30 kg ha ⁻¹	8.878	7.017	7.445
60 kg ha ⁻¹	9.305	7.410	8.046
90 kg ha ⁻¹	9.524	7.541	8.294
	p<F		
Fonte	**	**	**
Modo	**	**	**
Dose	**	**	**
Linear	**	**	**
Quadrático	**	**	**
Fonte x Modo	+	**	**
Fonte x Dose	**	**	ns
Modo x Dose	ns	ns	ns
Fonte x Modo x Dose	ns	ns	ns
P sulco vs NP sulco	**	**	**
Bloco	+	ns	+
CV (%)	3,3	3,9	3,8

Teste F: **, + e ns – significativo a 1% e 10% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação.

A produtividade foi maior na aplicação a lanço comparada ao sulco nos três locais, na ordem de 2% (Sapezal e Deciolândia) e 4% (Itiquira). Mas, não ocorreu diferença entre os modos para o tratamento N, em Itiquira e Deciolândia, e o tratamento NPKS, em Sapezal (dados não mostrados). Logo, o efeito ocorreu principalmente com as fontes de P e PS em doses elevadas. Destaca-se o espaçamento reduzido, encurtando o tempo para que as



raízes explorassem a entrelinha do milho, onde parte do adubo foi distribuída, e as chuvas frequentes nos estádios iniciais e a maior fertilidade nos primeiros centímetros de solo, que devem ter contribuído para que as raízes explorassem primeiro a parte superficial do solo.

A adubação nitrogenada de cobertura aumentou a produtividade de grãos nos três ambientes, com interação entre fontes na semeadura e doses de N em Sapezal e Itiquira (Tabelas 2 e 3).

Tabela 3. Resposta do milho safrinha ao nitrogênio em cobertura, doses e produtividades correspondentes ao máximo retorno econômico, em função das fontes aplicadas na semeadura no sistema de sucessão com a soja, em três locais do Mato Grosso.

Fonte na semeadura do milho	Reposta ao N em cobertura (equações)	Nível econômico			
		Nitrogênio		Produtividade	
		Cobertura	Total	Média	Ganho ¹
		kg ha ⁻¹		kg kg ⁻¹ N	
Sapezal					
NPS	$y = -0,1305x^2 + 26,586x + 8.479$	64	103	9.641	20
NPKS	$y = -0,0757x^2 + 20,903x + 8.381$	72	111	9.493	13
NP	$y = -0,151x^2 + 29,993x + 8.300$	66	105	9.624	19
N	$y = -0,2161x^2 + 33,441x + 8.157$	54	93	9.335	16
Controle	$y = -0,3794x^2 + 59,482x + 6.619$	65	65	8.884	-
Itiquira					
NPS	$y = -0,1399x^2 + 23,192x + 6.853$	47	86	7.635	53
NPKS	$y = -0,1545x^2 + 22,037x + 6.762$	39	78	7.386	90
NP	$y = -0,1098x^2 + 21,019x + 6.741$	50	89	7.519	35
N	$y = 11,882x + 6.563$ ²	0	39	6.563	-
Controle	$y = -0,1399x^2 + 30,449x + 5.470$	73	73	6.948	-
Deciolândia					
NPS	$y = -0,1583x^2 + 30,334x + 7.222$	64	103	8.517	46
NPKS	$y = -0,1563x^2 + 32,273x + 6.920$	71	110	8.426	34
NP	$y = -0,0373x^2 + 19,013x + 7.092$	90	129	8.501	23
N	$y = -0,0982x^2 + 24,961x + 6.965$	76	115	8.297	26
Controle	$y = -0,1844x^2 + 38,287x + 5.437$	77	77	7.289	-

¹Razão entre as diferenças da produtividade e da dose de N econômico entre a fonte e o controle; ²Ganho de 11,9 kg de grãos de milho é muito próximo ao custo de 1 kg de N.

A produtividade foi muito baixa na ausência de adubações na semeadura e em cobertura. No controle, o N em cobertura teve efeito mais pronunciado nas doses menores e aumentou pouco a produtividade nas doses mais elevadas, resultando em baixos valores de N total no máximo retorno econômico. A associação de P e PS ao nitrogênio, comparado à aplicação exclusiva do N, proporcionou os maiores valores de produtividade e/ou de ganhos de eficiência da adubação nitrogenada de cobertura, em termos de kg de milho por K de N.



Nos ambientes estudados, considerando produtividades iguais ou superiores a 7,4 t ha⁻¹, foram necessários 10 a 13 kg de N para produzir uma tonelada de grãos, que é o dobro de produtividades até 6,0 t ha⁻¹, cuja recomendação é de apenas 30 a 40 kg ha⁻¹ de N (Duarte et al., 1996). Ressalte-se que, no caso do uso da ureia em cobertura, é necessário acrescentar as possíveis perdas por volatilização, pois se utilizou o nitrato de amônio.

O NPS foi superior ao NPKS, com aplicação de 44 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 9,5 kg ha⁻¹ de S-SO₄⁻ (Tabela 3), principalmente em Deciolândia, ambiente mais responsivo ao S.

4. Conclusões

A associação do fósforo e enxofre junto ao nitrogênio, em comparação ao uso exclusivo do N na semeadura, proporciona os maiores valores de produtividade e de ganhos de eficiência econômica da adubação nitrogenada de cobertura, seguida da sua associação apenas com fósforo. A ausência de N e P na semeadura do milho safrinha limita o seu potencial produtivo e o retorno econômico da adubação de cobertura, não devendo, nesta condição, ultrapassar 77 kg ha⁻¹ de N, mesmo nos ambientes mais responsivos. Em solos argilosos, planos, de média a alta fertilidade, os fertilizantes podem ser aplicados no milho safrinha tanto a lanço como no sulco de semeadura.

Agradecimentos

À Fundação MT e à PA Consultoria Agronômica, Pesquisa & Agricultura de Precisão pela condução dos experimentos e à Mosaic Fertilizantes pelo apoio financeiro.

Referências

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Adubação do milho “safrinha”. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 3., Assis. **Anais...** Campinas: IAC, 1995. p.21-27.

DUARTE, A.P.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Milho “safrinha”. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC/Fundação IAC, 1996. p.60-61.

DUARTE, A.P.; CANTARELLA, H. Adubação em sistemas de produção de soja e milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 9., Dourados, 2007. **Anais...** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. p.44-61.

DUARTE, A.P.; KAPPES, C. Evolução dos sistemas de cultivo de milho no Brasil. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.152, p.15-18, 2015.

