



INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

Título do Trabalho: Eficiência da adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha nos sistemas de cultivo convencional e plantio direto

Autores: César Ferreira Santos; Artur Alves Fonseca; André Cristino de Souza; Leziane Costa Faria; Isaias dos Santos Silva; Sheila Isabel do Carmo Pinto

Palavras-chave: nitrogênio, amônia, volatilização de N.

Campus: Bambuí

Área do Conhecimento (CNPq): Fertilidade do solo e adubação (5.01.01.05-6)

RESUMO

A ureia é a fonte de nitrogênio (N) mais utilizada na cultura do milho. Esta fonte geralmente apresenta elevadas perdas de N-NH₃ por volatilização. Uma das tecnologias mais promissoras para o aumento da eficiência de aproveitamento do N é a utilização de fertilizantes de liberação lenta ou controlada. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de diferentes fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura do milho safrinha sob o sistema de plantio direto e convencional. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 2x4, sendo dois sistemas de cultivo (convencional e plantio direto) e quatro fertilizantes nitrogenados aplicados na adubação de cobertura (Ureia perolada, Ureia+Cu+B, Ureia NBPT, e fertilizante complexo) e três repetições. A perda de nitrogênio na forma de NH₃ foi avaliada no período de 14 dias após a adubação de cobertura. Após a coleta dos dados, estes foram submetidos à análise de variância, e as médias agrupadas por meio de teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que: a ureia perolada é o fertilizante nitrogenado menos eficiente na restrição das perdas de N-NH₃ por volatilização, quando aplicada na adubação de cobertura; a ureia com inibidor de urease, ureia+NBPT, é mais eficiente na redução das perdas de N-NH₃ por volatilização; as perdas de N-NH₃ por volatilização na adubação nitrogenada de cobertura no sistema de plantio direto são superiores às obtidas no sistema de cultivo convencional.

INTRODUÇÃO:

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais consumido no mundo e uma das plantas mais eficientes na conversão de energia solar em alimento, além de participar como matéria-prima de mais de 600 produtos. Devido a sua importância alimentar e sabendo que a produtividade do milho aumenta consideravelmente com a aplicação de doses adicionais de nitrogênio, milhões de toneladas de fertilizantes nitrogenados são aplicadas anualmente nesta cultura em todo o mundo. Essa fertilização não aumenta somente os custos, mas também aumenta negativamente os impactos ao meio ambiente (ARGENTA & SILVA, 2003).

Existe o conceito generalizado de que aumentando o número de parcelamento da adubação nitrogenada aumenta-se a eficiência do uso do nitrogênio e reduz-se as perdas, principalmente por lixiviação (COELHO et al., 1992). No entanto, as aplicações de nitrogênio em cobertura, principalmente na



forma amídica (uréia), podem gerar perdas significativas de nitrogênio por volatilização de amônia. No caso da uréia, as perdas de amônia (NH_3) podem chegar a quase 80% com a aplicação superficial no plantio direto e 30% no plantio convencional (CABEZAS, 1998).

No Brasil a uréia é um dos importantes insumos comercializados e é uma das principais fontes de nitrogênio para a cultura do milho. A forma de aplicação ao solo, no entanto, pode aumentar as perdas de nitrogênio através da volatilização da amônia. A perda de nitrogênio é um fenômeno que tem preocupado técnicos e agricultores, por influenciar a eficiência e o aproveitamento do nitrogênio aplicado na cultura do milho, causando redução das produtividades de grãos e poluição do ambiente, refletindo diretamente nos custos de produção e minimização dos lucros.

Na tentativa de diminuir as perdas de N e aumentar a eficiência no uso e recuperação do N aplicado via fertilizante, diversas técnicas podem ser utilizadas. Uma das tecnologias mais promissoras para o aumento da eficiência é a utilização de fertilizantes de liberação lenta ou controlada. Estes fertilizantes são recobertos ou encapsulados por substâncias que fazem com que os nutrientes sejam gradativamente liberados, ou possuem aditivos que inibem alguma etapa de transformação do N no solo (TRENKEL, 2010). Desta forma, as perdas de N pelo sistema seriam reduzidas, proporcionando melhor ajuste da disponibilidade à demanda dos nutrientes pelas plantas. No entanto, nas condições edafoclimáticas da região do Cerrado, estudos sobre o uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada visando a redução de perdas de nitrogênio por volatilização, ainda são insipientes. Assim, pesquisas científicas são necessárias para que possam validar a eficiência destes produtos quando aplicados superficialmente em diferentes sistemas de cultivo, uma vez que, estes fertilizantes têm sua utilização limitada devido aos custos agregados pelo processo de fabricação.

METODOLOGIA:

O experimento foi conduzido na Fazenda Carretão, localizada no município de Medeiros-MG. O experimento foi implantado em um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico. A área experimental foi cultivada sob dois sistemas de plantio: convencional e plantio direto. Para a simulação do sistema convencional, a palhada da área foi retirada e o solo revolvido a aproximadamente 20 cm 30 dias antes da implantação da cultura. Já para as parcelas com sistema de plantio direto não foi necessária nenhuma intervenção, pois a área é cultivada há sete anos sob o sistema de plantio direto. O híbrido plantado na área experimental foi o AS1575 da empresa Agroeste, com a finalidade de produção de grãos. A população de plantas utilizada foi de 60.000 plantas ha^{-1} e o espaçamento entre linhas foi de 0,5 m.

Na implantação da cultura do milho foram utilizados 22,5 kg ha^{-1} de N e 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo utilizado o adubo MAP (monoamônio fosfato). No dia 03 de abril de 2016, foi realizada a semeadura do milho, utilizando-se 200 kg ha^{-1} do adubo formulado 4-30-16 distribuído a lanço na área de plantio, seguindo-se recomendação de acordo com a análise de solo. A primeira adubação potássica foi realizada aos 54 DAS, sendo usado 100 kg ha^{-1} do adubo cloreto de potássio. A segunda adubação potássica foi realizada aos 69 DAS usando-se o mesmo adubo e mesma dosagem. A adubação nitrogenada de cobertura foi efetuada 73 dias após o plantio do milho (15 de junho de 2016). Para esta adubação foi utilizada a dose de 200 kg ha^{-1} de N em uma única adubação. O cálculo da quantidade de fertilizantes a serem aplicados dentro de cada base dos coletores nas parcelas foi feito de acordo com o diâmetro destas bases, correspondendo à dosagem de 10 g de N por coletor.



O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, sendo quatro fontes de nitrogênio (ureia perolada, ureia com inibidor de urease, ureia contendo boro e cobre e um fertilizante mineral complexo contendo N, P, K, Ca, Mg, B, Mn e Zn) e 2 sistemas de plantio (plantio direto e plantio convencional), com 3 repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas de milho com 5 m de comprimento, os coletores foram colocados no centro de cada parcela.

Para a confecção dos coletores, foram empregados tubos de PVC com 120 mm de diâmetro. Para a avaliação das perdas de N nas parcelas experimentais, foram instaladas as bases dos coletores no mesmo dia em que se realizou a adubação nitrogenada de cobertura. As mensurações de volatilização de amônia foram realizadas utilizando o método do coletor semiaberto, desenvolvido por Nonmik (1973) e adaptado por Lara-Cabezas et al. (1999). Os coletores foram acoplados aos suportes de 20 cm de altura e enterrados cinco centímetros no solo. Dentro de cada coletor, foram colocadas duas espumas (densidade de aproximadamente $0,02 \text{ g cm}^{-3}$) embebidas com 40 mL de solução de ácido fosfórico (60 ml L^{-1}) e glicerina (50 ml L^{-1}). Após cada coleta, novas espumas embebidas em ácido foram colocadas nos suportes inferiores dos coletores. As coletas foram realizadas no primeiro, segundo, terceiro, quinto, nono e décimo quarto dias após a aplicação dos fertilizantes. Para determinação do N volatilizado e capturado pelas espumas, estas foram lavadas com um volume total de 200 mL de água destilada sobre funil de Büchner com placa porosa, acoplado a um kitassato por meio da sucção realizada por bomba de vácuo. O kitassato utilizado foi pesado úmido e posteriormente, após a extração da amostra. Para proceder à destilação das amostras, foram pipetados 20 mL da solução, transferidos para o tubo de macrodigestão e levados para destilação pelo método semimicro Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997). Após a colocação do tubo no destilador, à alíquota foram adicionados 10 mL de solução de hidróxido de sódio 40%. No erlenmeyer usado para a coleta do destilado foram acrescentados 10 mL de solução de ácido bórico a 4% e procedeu-se à destilação até completar 50 mL de volume no erlenmeyer. A titulação das amostras foi realizada com o auxílio de uma bureta, graduada com precisão de 0,05 mL, até que se atingisse uma coloração rósea e, em seguida, identificado o volume de solução de HCl necessário.

Os dados das perdas de N foram submetidas à análise de variância (Teste F), e as médias agrupadas utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa computacional "Sistema para Análise de Variância" - SISVAR (FERREIRA, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As interações entre os sistemas de plantio (plantio direto ou convencional) e as fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura do milho safrinha foram significativas para as perdas de amônia por volatilização avaliadas durante o período de quatorze dias após a adubação de cobertura, assim como para a perda total de amônia ($P < 0,05$).

Na avaliação das perdas de amônia realizada um dia após a aplicação da adubação de cobertura do milho safrinha, verificou-se que o adubo nitrogenado complexo apresentou maior perda de amônia em relação aos demais fertilizantes nitrogenados, independentemente do sistema de cultivo (Tabela 1). Já na avaliação realizada no segundo dia após a adubação de cobertura, observou-se, no sistema de plantio direto, maiores perdas de amônia pela ureia perolada; enquanto no sistema convencional manteve-se o nitrogenado complexo como menos eficiente quanto à restrição das perdas de amônia por volatilização



(Tabela 1). Nas avaliações realizadas um e dois dias após a aplicação da adubação de cobertura, verificou-se que independentemente do sistema de cultivo, o fertilizante com inibidor da enzima urease, ureia+NBPT, mostrou-se mais eficiente, evitando maiores perdas de amônia por volatilização.

Tabela 1: Perdas de amônia por volatilização (%) avaliadas um e dois dias após a adubação nitrogenada de cobertura da cultura do milho safrinha em função dos sistemas de cultivo e das fontes nitrogenadas

Fonte Nitrogenada	Sistema de cultivo		Sistema de cultivo	
	Plantio Direto	Plantio Convencional	Plantio Direto	Plantio Convencional
	1 dia		2 dias	
Ureia perolada	0,40 b ⁽¹⁾	0,06 b	0,71 a	0,14 b
Ureia+Cu+B	0,14 c	0,05 b	0,22 c	0,07 c
Ureia+NBPT	0,07 c	0,06 b	0,07 d	0,05 c
Nitrogenado complexo	0,68 a	0,33 a	0,41 b	0,26 a
Média	0,32	0,13	0,35	0,13

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação realizada três dias após a adubação de cobertura do milho safrinha, verificou-se que, no sistema de plantio direto, a ureia perolada proporcionou maiores perdas de amônia, enquanto a ureia+NBPT foi a mais eficiente na restrição das perdas, assim como no sistema convencional (Tabela 2). Já no quinto dia após a adubação de cobertura, observou-se que a ureia perolada propiciou maiores perdas de amônia em ambos os sistemas de cultivo (Tabela 2). Nas avaliações realizadas no terceiro e quinto dias após a aplicação da adubação de cobertura, percebeu-se novamente que, independentemente do sistema de cultivo, o fertilizante ureia+NBPT mostrou-se mais eficiente, evitando maiores perdas de amônia por volatilização.

Tabela 2: Perdas de amônia por volatilização (%) avaliadas três e cinco dias após a adubação nitrogenada de cobertura da cultura do milho safrinha em função dos sistemas de cultivo e das fontes nitrogenadas

Fonte Nitrogenada	Sistema de cultivo		Sistema de cultivo	
	Plantio Direto	Plantio Convencional	Plantio Direto	Plantio Convencional
	3 dias		5 dias	
Ureia perolada	1,02 a ⁽¹⁾	0,28 a	8,59 a	1,93 a
Ureia+Cu+B	0,59 b	0,27 a	5,88 b	1,15 b
Ureia+NBPT	0,13 c	0,07 b	0,79 c	0,10 b



Nitrogenado complexo	0,54 b	0,25 a	1,03 c	0,67 b
Média	0,57	0,22	4,07	0,96

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação realizada no nono dia após a aplicação da adubação nitrogenada de cobertura, verificou-se que, independentemente do sistema de cultivo, a ureia perolada manteve-se como menos eficiente no controle das perdas de amônia. A ureia+NBPT foi a mais eficiente na restrição das perdas de amônia por volatilização no sistema convencional de cultivo, enquanto que no sistema de plantio direto além da ureia+NBPT o nitrogenado complexo também se mostrou eficiente (Tabela 3).

Tabela 3: Perdas de amônia por volatilização (%) avaliadas aos nove e quatorze dias após a adubação nitrogenada de cobertura da cultura do milho safrinha em função dos sistemas de cultivo e das fontes nitrogenadas

Fonte Nitrogenada	Sistema de cultivo		Sistema de cultivo	
	Plantio Direto	Plantio Convencional	Plantio Direto	Plantio Convencional
	9 dias		14 dias	
Ureia perolada	13,44 a ⁽¹⁾	5,09 a	10,40 a	5,91 a
Ureia+Cu+B	5,94 b	3,08 b	8,04 b	6,02 a
Ureia+NBPT	3,00 c	0,35 d	5,30 c	2,59 b
Nitrogenado complexo	2,96 c	1,413c	4,36 c	5,47 a
Média	6,34	2,49	7,02	4,99

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nos fertilizantes nitrogenados estabilizados, como a ureia+NBPT, o aditivo adicionado à ureia no processo de produção (inibidor da enzima urease) promove atraso na conversão do nitrogênio da forma amídica (NH₂)₂CO presente no fertilizante para amônia (N-NH₃) proporcionando diminuição na volatilização (LIMA, 2015). Segundo Cantarella (2007), o NBPT inibe a atividade da urease e, conseqüentemente, a hidrólise da ureia, por um período que pode variar de 3 a 14 dias, dependendo das condições ambientais no local de aplicação.

Na avaliação realizada quatorze dias após a aplicação da adubação nitrogenada de cobertura, verificou-se que no sistema de plantio direto, a ureia perolada manteve-se como menos eficiente no controle das perdas de amônia, enquanto a ureia+NBPT e fertilizante nitrogenado complexo foram os mais eficientes na restrição das perdas de amônia por volatilização (Tabela 3). Já no sistema de plantio convencional verificou-se que os fertilizantes ureia perolada, ureia+Cu+B e o nitrogenado complexo foram os menos eficientes na redução da volatilização da amônia, enquanto o adubo ureia+NBPT foi o mais eficiente.

Em relação à perda acumulada de amônia registrada durante o período de quatorze dias de avaliação, verificou-se que a seqüência de eficiência de restrição das perdas de amônia apresentada pelos



fertilizantes avaliados no sistema convencional seguiu a ordem decrescente: ureia perolada <ureia+Cu+B< nitrogenado complexo <ureia+NBPT (Tabela 4). Para o sistema de plantio direto a sequência de eficiência de restrição das perdas de amônia apresentada pelos fertilizantes avaliados seguiu a ordem decrescente: ureia perolada <ureia+Cu+B< nitrogenado complexo = ureia+NBPT (Tabela 4).

Tabela 4: Perdas de amônia por volatilização (%) total avaliada quatorze dias após a adubação nitrogenada de cobertura da cultura do milho safrinha em função dos sistemas de cultivo e das fontes nitrogenadas

Fonte Nitrogenada	Sistema de cultivo	
	Plantio Direto	Plantio Convencional
Ureia perolada	34,55 a	13,41 a
Ureia+Cu+B	20,81 b	10,65 b
Ureia+NBPT	9,36 c	3,22 d
Nitrogenado complexo	9,98 c	8,39 c
Média	18,67	8,91

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O uso da ureia com inibidor de urease, ureia+ NBPT, tem-se mostrado eficiente na redução das perdas de N-NH₃ por volatilização, e um dos principais ganhos obtidos com o NBPT é o aumento de tempo para incorporação da ureia pela ação da chuva, em profundidades onde esta é menos susceptível a perdas por volatilização (MIKKELSEN, 2009; DAWAR et al., 2011).

No sistema de plantio direto, as perdas de amônia chegaram a 34,55% do nitrogênio aplicado na adubação de cobertura quando utilizou-se como fonte a ureia perolada, e 9,36% quando foi empregada a ureia+NBPT. Já no sistema convencional de cultivo, as maiores perdas foram observadas quando se utilizou a fonte ureia perolada (13,41%), e as menores, quando se aplicou a ureia+NBPT (3,22%).

Com a adoção do sistema de plantio direto na maioria das áreas cultivadas com milho, os problemas relacionados à volatilização se agravaram. Nessas áreas, o N aplicado na forma de ureia sobre a palhada sem incorporação sofre grandes perdas por volatilização. Isso ocorre devido à maior atividade da enzima urease e à menor difusão da ureia no solo (CANCELLIER, 2013).

CONCLUSÕES:

Nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido, pode-se concluir que:

- A ureia perolada é o fertilizante nitrogenado menos eficiente na restrição das perdas de N-NH₃ por volatilização.
- A ureia com inibidor de urease, ureia+NBPT, é mais eficiente na redução das perdas de N-NH₃ por volatilização.



- As perdas de N-NH₃ por volatilização na adubação nitrogenada de cobertura do milho no sistema de plantio direto são superiores às obtidas no sistema de cultivo convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 109-119, 2003.

CABEZAS, W. A. R. L. **Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado**. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1, 1998, Rio Verde. **Resumos...** Rio Verde: Aldeia Norte Editora, 1998. p. 78-92. 96p.

CANCELLIER, E. L. **Eficiência da uréia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída**. 2013, 75p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2013.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.C.; BAHIA, A.F.C. & GUEDES, G.A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 16:61-67, 1992.

DAWAR, K. et al. Urea hydrolysis and lateral and vertical movement in the soil: effects of urease inhibitor and irrigation. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 47, n. 2, p. 139–146, Feb. 2011.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2007.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A; GASCHO, G.J. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 30, p. 389- 406, 1999.

LIMA, T. S. **Eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados, emissão de CO₂ e volatilização de NH₃ na cultura do milho**. Lavras, 2015. 62p. Dissertação- Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2015.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.308 p.

MIKKELSEN, R. Ammonia emissions from agricultural operations: fertilizer. **Better Crops**, Atlanta, v. 93, n. 4, p. 9–11, Oct. 2009.

NÖNMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to Forest soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 309-318, 1973.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture**. Paris: IFA, 2010. 163p.