

Estado Nutricional do Milho em Função de Doses de Nitrogênio e do Modo de Aplicação de Polímeros Orgânicos com Ureia Dissolvida

Fernando Henrique Queiroz Souza⁽¹⁾; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho⁽²⁾; Luiz Francisco Malmonge⁽³⁾; Salatiér Buzetti⁽⁴⁾; Lais Meneghini Nogueira⁽⁵⁾; José Antônio Malmonge⁽⁶⁾

^(1 e 5)Graduandos em Agronomia - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira; Ilha Solteira - SP; Av. Brasil, 56, CEP: 15385-000; E-mail: fernandoqsouza@yahoo.com.br; ⁽²⁾Professor Dr. e ⁽⁴⁾Professor Titular Dr. - Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. ^(3 e 6)Professores Dr. - Departamento de Física e Química; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

RESUMO: As formas alternativas de ureia podem aumentar a sua eficiência, em função de retardar a disponibilização de nitrogênio, pelo atraso na hidrólise ou pela disponibilização gradual. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito de doses de nitrogênio e do modo de aplicação de polímeros orgânicos com ureia dissolvida, nos teores de N, P e K, além do ICF de plantas de milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação durante 60 dias, em Ilha Solteira - SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 3 x 2 x 2, sendo: 3 fontes de N (C1 = polímero orgânico com 30% de ureia dissolvida e 6,86% de N, C2 = polímero orgânico com e 70% ureia dissolvida e 19,35% de N, ou ureia convencional), 2 doses de N (50 ou 100 mg dm⁻³) e 2 modos de aplicação (incorporado ou em superfície). Os tratamentos foram todos aplicados na semeadura do milho em vasos que continham quatro dm³ de solo. A maior dose de N proporciona maior teor de N na planta de milho, quando se utiliza o polímero C1 e a ureia. O modo de aplicação não interfere nos teores de N, P e K na planta. O polímero C1 propicia na dose de 100 mg dm⁻³ de N o maior teor deste nutriente, porém não difere da ureia. O polímero orgânico C1 é mais promissor que o polímero C2.

Termos de indexação: *Zea mays*, fertilizantes de liberação gradual, nitrogênio.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, ultrapassado somente pela China e pelos Estados Unidos. Contudo dados recentes indicam que para a região do cerrado, os fertilizantes são os insumos que mais oneram sua produção (Leal & Kaneko, 2010), se destacando entre eles os fertilizantes nitrogenados, por ser o N, o elemento com maior exigência e com maior dificuldade de determinação em solo (Cantarella & Duarte, 2004).

Estudos conduzidos por Lara Cabezas et al. (2000) estima-se que pode haver redução na produtividade de grãos de milho devido à

volatilização de N-NH₃, na proporção de 10 kg ha⁻¹ de grãos para cada 1% de N volatilizado. Entretanto, de acordo com Cantarella e Marcelino (2006) é pouco provável que a ureia venha a ser substituída por outra fonte de nitrogênio em curto prazo.

Uma alternativa seria a proteção da partícula da ureia com produtos menos higroscópicos que permitam aplicá-la na superfície do solo, favorecendo sua penetração de forma controlada e estimulando o processo de hidrólise no interior do solo, reduzindo as perdas de N na forma de NH₃ (Bono et al., 2006).

A indústria de fertilizantes vem testando produtos com o objetivo de aumentar a eficiência dos nutrientes, buscando alternativas de diferentes naturezas. Dentre as alternativas disponíveis no mercado, Cantarella (2007) cita alguns exemplos de revestimentos utilizados em fertilizantes como o uso do enxofre elementar e o processo de encapsulamento com polímeros. Com relação a este último, alguns exemplos de polímeros utilizados no revestimento dos fertilizantes são citados, tais como as poliolefinas e os poliuretanos (Blaylock, 2007).

Contudo, alguns trabalhos como o de Valderrama et al. (2011), tem demonstrado que a ureia revestida por polímeros e a convencional tem a mesma eficiência na nutrição e na produtividade de grãos de milho. Ainda segundo estes autores, o revestimento não tem sido eficaz nas condições edafoclimáticas de Cerrado de baixa altitude, por se tratar de condições onde predominam as altas temperaturas. Sendo assim, ainda há necessidade de novas pesquisas para o desenvolvimento de novos polímeros para o revestimento ou fornecimento da ureia, que possam resistir às altas temperaturas que são comuns nesta região.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio e do modo de aplicação de polímeros orgânicos com ureia dissolvida, nos teores de N, P e K, além do ICF de plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Estadual Paulista

(FEIS/UNESP), Câmpus de Ilha Solteira. As coordenadas geográficas são de 20°25' latitude Sul e 51°20' longitude Oeste, com altitude de aproximadamente 335 metros. O solo utilizado foi classificado como um Latossolo Vermelho álico, de textura argilosa, segundo a Embrapa (2006).

As características químicas do solo determinadas antes da instalação do experimento em 2012, segundo metodologia proposta por Raij et al. (2001) apresentaram os seguintes resultados: P resina = 1 mg dm⁻³, pH CaCl₂ = 4,1; K, Ca, Mg, H+Al = 0,5, 1,0, 1,0 e 34,0 mmol_c.dm⁻³, respectivamente. Os teores de S-SO₄, B, Cu, Fe, Mn e Zn (DTPA) foram de 4,0, 0,22, 1,0, 34,0, 5,3 e 0,4 mg dm⁻³, respectivamente; com saturação de bases de 7% e saturação de alumínio de 83%.

Com base na análise de solo e na recomendação de Cantarella et al. (1997) realizou-se a calagem na dose de 2,56 t ha⁻¹ (equivalente a 5,12 g de calcário por vaso com quatro dm³ de solo) em todo o solo utilizado para encher os vasos, dois meses antes da semeadura do milho.

Na adubação de base foram aplicados 200 mg dm⁻³ de P (Superfosfato simples, o qual forneceu 50 mg dm⁻³ de S), 50 mg dm⁻³ de K (Cloreto de potássio), 0,5 mg dm⁻³ de B (Ácido bórico) e 5 mg dm⁻³ de Zn (Sulfato de zinco), conforme a recomendação de adubação para experimentos em vaso (Malavolta, 1980). A adubação de cobertura, aos 43 dias após a emergência das plântulas, com 50 mg dm⁻³ de K (Cloreto de potássio), assim como a definição das doses de N que foram tratamento, também foi baseada nesta recomendação.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, dispostos em um esquema fatorial 3 x 2 x 2, sendo: 3 fontes de N (C1 = polímero orgânico com 30% de ureia dissolvida e 6,86% de N, C2 = polímero orgânico com e 70% ureia dissolvida e 19,35% de N, ureia convencional com 45% de N), 2 doses de N (50 ou 100 mg dm⁻³) e 2 modos de aplicação (incorporado a três centímetros de profundidade ou em superfície).

Após elaboração dos polímeros orgânicos no Departamento de Física e Química da UNESP - Câmpus de Ilha Solteira, estes foram cortados e padronizados com cerca de 2 mm de espessura e 0,50 cm². Os tratamentos foram todos aplicados na semeadura do milho, com as fontes sendo aplicadas à mesma distância em relação à semente.

Os vasos continham quatro dm³ de solo e uma planta cada. Os vasos foram distribuídos de forma aleatória em cada bloco na casa de vegetação, sendo espaçados de 0,90 metro nas entre linhas e 0,20 metro entre as plantas na linha. A semeadura do híbrido de milho AG8088 e aplicação dos tratamentos foram realizadas no dia 02 de agosto de

2012, sendo semeadas três sementes em cada vaso. Após a emergência foi feito o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso.

A irrigação foi igual para todos os tratamentos e foi realizada a cada dois dias, conforme a necessidade da cultura.

Para avaliação do índice de clorofila foliar (ICF), utilizou-se um clorofilômetro digital, que faz medições indiretas do teor de clorofila foliar. As leituras ICF foram feitas sempre no período da manhã, duas vezes por planta e no terço médio da última folha recém-madura da planta. Foram realizadas três leituras ICF, nos dias 24/08/12 (ICF1), 12/09/12 (ICF2) e 29/09/12 (ICF3), respectivamente.

Após 60 dias da emergência das plântulas, foi realizada a colheita da planta de milho e identificação, estas foram secas em estufa com circulação de ar forçada, com temperatura média de 65°C, por cerca de 72 horas. Em seguida, foi feita a moagem deste material para realização das digestões das amostras (sulfúrica para N e nitro-perclórica para P e K), posteriormente, procedeu-se a determinação dos teores dos macronutrientes primários, conforme descrito em Malavolta et al. (1997).

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias das fontes e doses de N, do modo de aplicação e do desdobramento das interações foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise estatística foi utilizado o programa SISVAR (Ferreira, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação às fontes de N (Tabela 1), verifica-se que o ICF2 e ICF3, assim como os teores de P e K na planta de milho não diferiram significativamente para os polímeros orgânicos C1 e C2 e a ureia convencional. Entretanto, a ureia proporcionou maior ICF1, diferindo apenas do polímero C2. Como esta foi a primeira avaliação realizada, provavelmente houve uma liberação inicial de N mais lenta no polímero C2, o que refletiu em menor ICF, já que este nutriente está presente na molécula de clorofila, tal redução pode ser explicada. Alguns pesquisadores evidenciaram relação positiva entre leitura do clorofilômetro e teor de clorofila na folha e entre teor de clorofila na folha e teor de N na planta (Argenta et al., 2003).

As doses de N não influenciaram os teores de P e K na planta de milho e ICF 1 e ICF2. Porém, a maior dose de N (100 mg dm⁻³) proporcionou maior ICF3 do que a dose de 50 mg dm⁻³ de N (Tabela 1).

O modo de aplicação das fontes de N não interferiu nos teores de N, P e K na planta,

entretanto, o ICF3 é superior com incorporação das fontes de N (Tabela 1). Contudo, ressalta-se que apesar de não haver diferença significativa, que o teor de N na planta foi um pouco maior quando as fontes de N foram incorporadas ao solo.

No desdobramento da interação fonte e dose de N (Tabela 2), não houve diferença entre as fontes de na dose 50 mg dm^{-3} de N para o teor deste nutriente na planta de milho. Entretanto, verifica-se que na dose de 100 mg dm^{-3} de N houve maior teor de N na planta, quando se utiliza o polímero orgânico C1 e a ureia, apesar desta última não diferir do polímero C2. Este resultado demonstra que o polímero orgânico C1 com 30% de ureia é mais promissor que o polímero C2 com 70% de ureia dissolvida.

Quanto à interação dose de N dentro de fonte de N (Tabela 2), observa-se que tanto o polímero C1 como a ureia propiciaram maiores teores de N na planta na maior dose de N (100 mg dm^{-3}), entretanto, para o polímero C2 não houve diferença entre as doses de N.

CONCLUSÕES

A maior dose de N (100 mg dm^{-3}) proporciona maior teor de N na planta de milho, quando se utiliza o polímero orgânico C1 e a ureia.

O modo de aplicação não interfere nos teores de N, P e K na planta, contudo, o ICF3 é superior com incorporação das fontes de N.

O polímero orgânico C1 propicia na dose de 100 mg dm^{-3} de N o maior teor deste nutriente, porém não difere da ureia.

O polímero orgânico C1 com 30% de ureia é mais promissor que o polímero C2 com 70% de ureia dissolvida.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FOSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L.L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:109-119, 2003.

BLAYLOCK, A. O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.120, p.08-10, 2007.

BONO, J.A.M.; SETTI, J.C.A.; SPEKKEN, S.S.P. O nitrogênio protegido como alternativa de fertilizante para o uso no plantio da cultura do algodão. *Ensaios e Ciênc.*, 10:39-45, 2006.

CANTARELLA, H., DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C., MIRANDA, G.V. *Tecnologias de Produção do Milho*. Viçosa, UFV, 2004, p.139-182.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, cap.7, p.375-470.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. 1º SIMPÓSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Piracicaba: INPI, Marçõ, 2006.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.) **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas, IAC, 1997. p.45-71, (Boletim técnico, 100).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSo, 2006. 306p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6:36-41, 2008.

LARA CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDÖRFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:363-376, 2000.

LEAL, A.J.F., KANEKO, F.H. Estimativa do custo de produção na cultura do milho na região dos Chapadões. *Pesquisa-Tecnologia-Produtividade*, 1:197-199, 2010.

MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição de plantas*. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2ª ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.

VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:254-263, 2011.

Tabela 1 - Índice de clorofila foliar (ICF) e teores de N, P e K de plantas de milho em função de fontes, doses e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira - SP, 2012.

Tratamentos	ICF1**	ICF2	ICF3	Teor de N	Teor de P	Teor de K
				----- (g kg ⁻¹ de M.S.) -----		
Fontes de N						
C1*	27,56 ab	41,31 a	28,00 a	10,64	1,49 a	16,16 a
C2	26,01 b	38,56 a	25,78 a	9,29	1,51 a	17,56 a
Ureia	30,10 a	39,34 a	25,86 a	9,71	1,48 a	16,06 a
D.M.S. (5%)	2,88	3,66	2,42	1,74	0,25	2,37
Doses de N (mg dm⁻³)						
50	28,71 a	38,76 a	24,74 b	9,08	1,47 a	16,50 a
100	27,07 a	40,71 a	28,35 a	10,68	1,51 a	16,69 a
D.M.S. (5%)	1,95	2,48	1,64	1,18	0,17	1,60
Modo de aplicação						
Incorporado	27,55 a	40,57 a	28,13 a	10,28 a	1,54 a	16,29 a
Em superfície	28,23 a	38,90 a	24,96 b	9,49 a	1,45 a	16,90 a
D.M.S. (5%)	1,95	2,48	1,64	1,18	0,17	1,60
Média geral	27,89	39,74	26,54	9,88	0,17	16,59
C.V. (%)	11,91	10,61	10,51	20,30	19,46	16,44

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

*C1 = Polímero orgânico com 30% de ureia, perfazendo 6,86% de N; C2 = Polímero orgânico com 70% de ureia, perfazendo 19,35% de N; Ureia = 45% de N.

**ICF1, ICF2 e ICF3 = são respectivamente a primeira, segunda e terceira avaliação do índice de clorofila foliar.

Tabela 2 - Desdobramento da interação fonte e dose de nitrogênio, da análise de variância referente ao teor de N (g kg⁻¹) de plantas milho. Ilha Solteira, 2012.

Tratamentos	Fonte de N		
	C1	C2	Ureia
Dose de N (mg dm⁻³)			
50	9,34 bA	9,25 aA	8,65 bA
100	11,94 aA	9,34 aB	10,78 aAB
D.M.S. (5%):	Fonte de N		2,04
	Dose de N		2,46

Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*C1 = Polímero orgânico com 30% de ureia, perfazendo 6,86% de N; C2 = Polímero orgânico com 70% de ureia, perfazendo 19,35% de N; Ureia = 45% de N.