

Matéria Seca e Crescimento Inicial 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⁾; Cássia Maria de Paula Garcia⁽⁵⁾;
Kennides Martins Batista Filho⁽⁶⁾**

^{(1) e ⁽⁶⁾}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⁾Professor Dr. - Departamento de Física e Química; Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. ⁽⁵⁾Doutoranda em Zootecnia - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; Botucatu - SP.

RESUMO: Tendo em vista que a eficiência da adubação nitrogenada com ureia pode e deve aumentar, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio e do modo de aplicação de polímeros orgânicos com ureia dissolvida, no desenvolvimento inicial e matéria seca de planta 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, 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 altura de planta e o diâmetro do colmo do milho praticamente não são afetados pelo modo de aplicação, fontes e doses de N. O polímero orgânico C1 foi mais eficiente quando aplicado em superfície no solo, propiciando maior matéria seca de planta de milho. A utilização do polímero orgânico C1 se mostra promissor no fornecimento de N à planta de milho, pois proporciona maior matéria seca de planta na dose de 50 mg dm⁻³ de N que a ureia e o polímero C2.

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

INTRODUÇÃO

A intensificação das áreas de cultivo visando maiores produtividades deve ser alcançada por meio de fortes investimentos na pesquisa e desenvolvimento agrícola, principalmente na obtenção de variedades melhoradas e no aumento da eficiência no uso de insumos agrícolas pelas plantas. Dentre os insumos utilizados na agricultura, os nitrogenados destacam-se pelo seu potencial de

perdas, haja vista que nenhum outro elemento essencial para nutrição de plantas apresenta um dinamismo tão grande como nitrogênio (N) (Robertson & Groffman, 2007).

Devido ao seu intenso uso para a produção é de extrema importância que haja menos perdas, principalmente relacionadas à volatilização da amônia, necessitando assim de produtos com maior eficiência. Dentre esses se destacam os polímeros que vem estabelecendo um novo conceito, com novas doses de N para ureia revestida.

Os fertilizantes revestidos podem ser de dois tipos: estabilizadores, e de lenta liberação ou liberação controlada (Chien et al., 2009). Os fertilizantes estabilizadores são geralmente solúveis em água e recobertos com aditivos ou polímeros que tem a capacidade de alterar ou inibir os processos enzimáticos e microbianos no solo, enquanto os fertilizantes de lenta liberação ou liberação controlada apresentam baixa solubilidade em água, e permitem a lenta liberação de N ao sistema, por um determinado período de tempo.

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.

Tendo em vista que a eficiência da adubação nitrogenada com ureia pode e deve aumentar, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio e do modo de aplicação de polímeros orgânicos com ureia dissolvida, no desenvolvimento inicial e na matéria seca de planta 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 litros de solo) em todo o solo utilizado para encher os vasos, dois meses antes da sementeira 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, C3 = ureia convencional com 45% de N), 2 doses de N (50 ou 100 mg dm⁻³) e 2 modos de aplicação (incorporado a 3 cm 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 sementeira do milho, com as fontes sendo aplicadas com a 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 sementeira 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 da altura de planta (H), utilizou-se uma régua graduada em centímetros e foi medida a distância do solo ao ápice da planta (final do cartucho). O diâmetro do colmo (D) do segundo internódio foi aferido com auxílio de um paquímetro. As avaliações foram realizadas nos dias 24/08/12 (H1 e D1), 12/09/12 (H2 e D2) e 29/09/12 (D3), respectivamente.

Após 60 dias da emergência das plântulas, foi realizada a colheita da planta de milho e identificação, em seguida estas plantas foram pesadas para obtenção da massa da matéria verde, posteriormente foi efetuada a secagem em estufa com circulação de ar forçada, com temperatura média de 65°C, por cerca de 72 horas. Por fim, pesou-se novamente para obtenção da matéria seca das plantas de milho.

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

A altura de planta e o diâmetro do colmo do milho não foram afetados pelos modos de aplicação e pelas doses de N (Tabela 1). Valderrama et al. (2011) também não constataram que tais avaliações não foram afetadas pelas doses de N. Já Cruz et al. (2008) verificaram que doses acima de 80 kg ha⁻¹ de N, não contribuíram para o aumento do diâmetro do colmo e altura de plantas de milho.

Com relação às fontes de N (Tabela 1), verifica-se que os polímeros orgânicos C1 e C2 e a ureia convencional não diferiram significativamente para as alturas de planta (H1 e H2), assim como para o diâmetro de colmo (D2 e D3) de milho. Porém, houve uma tendência de maior altura de planta quando se utilizou o polímero C1.

A ureia proporcionou maior D1, diferindo apenas do polímero C2 (Tabela 1). Como esta foi a primeira avaliação realizada, provavelmente houve uma liberação inicial de N mais lenta no polímero C2, o que refletiu em menor diâmetro de colmo.

No desdobramento da interação fonte e dose de N (Tabela 2), na dose 50 mg dm⁻³ de N o polímero orgânico C1 proporcionou maior matéria seca de planta de milho, em relação as outras fontes de N. Este resultado demonstra que o polímero orgânico C1 com 30% de ureia dissolvida é promissor. Entretanto, na dose de 100 mg dm⁻³ de N não houve diferença entre as fontes de N para tal avaliação.

Quanto à interação dose de N dentro de fonte de N (Tabela 2), observa-se que tanto o polímero C2 como a ureia propiciaram maiores matéria seca de planta na maior dose de N (100 mg dm⁻³), entretanto, para o polímero C1 não houve diferença entre as doses de N, sendo que em ambas as doses foram obtidos bons valores de matéria seca de planta para este polímero orgânico com uréia dissolvida, conforme mencionado acima.

Na Tabela 3, consta o desdobramento da interação fonte de N e modo de aplicação. Para a interação modo de aplicação dentro de fonte de N não houve diferença entre as fontes de N quando estas foram aplicadas incorporadas ao solo. Porém, quando a aplicação foi realizada em superfície no solo o polímero orgânico C1 foi o mais eficiente, pois propiciou a maior matéria seca de planta de milho, apesar de não diferir da ureia. Este resultado se deve provavelmente a menor perda de N por volatilização da amônia no polímero orgânico C1 em relação as demais fontes de N.

Na interação fonte de N dentro de modo de aplicação, para as três fontes de N (polímeros C1 e C2 e a uréia convencional) não houve diferença na matéria seca de planta entre a aplicação em superfície e a incorporada (Tabela 3), apesar dos menores valores obtidos para ureia e o polímero C2, quando aplicados em superfície (sem incorporação).

CONCLUSÕES

A altura de planta e o diâmetro do colmo do milho praticamente não são afetados pelo modo de aplicação, fontes e doses de N.

O polímero orgânico C1 foi mais eficiente quando aplicado em superfície no solo, propiciando maior matéria seca de planta de milho.

A utilização do polímero orgânico C1 se mostra promissor no fornecimento de N à planta de milho, pois proporciona maior matéria seca de planta na

dose de 50 mg dm⁻³ de N que a uréia e o polímero C2.

REFERÊNCIAS

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).

CHIEN, S.H.; PROCHNOW, L.I.; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy*, 102:207-322, 2009.

CRUZ, S. C. S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12:62-68, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2^a. 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.

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

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.

ROBERTSON, G.P.; GROFFMAN, P. Nitrogen transformations. In: Paul, E.A.. *Soil Microbiology, Biochemistry, and Ecology*. New York: Springer, 2007. p.341-364.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, 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 - Altura de planta (H), diâmetro do colmo (D) e matéria seca de planta de milho em função de fontes, doses e modos de aplicação de nitrogênio. Ilha Solteira - SP, 2012.

	H1	H2	D1	D2	D3	Matéria seca
	------(cm)-----					(g por planta)
Fontes de N						
C1*	122,48 a	145,25 a	1,05 ab	1,19 a	1,16 a	42,55
C2	115,69 a	138,94 a	0,94 b	1,12 a	1,16 a	39,08
Ureia	117,00 a	143,63 a	1,09 a	1,17 a	1,18 a	40,76
D.M.S. (5%)	10,68	11,20	0,13	0,09	0,12	3,47
Doses de N (mg dm⁻³)						
50	118,21 a	144,29 a	1,06 a	1,16 a	1,16 a	39,14
100	118,57 a	140,92 a	0,99 a	1,16 a	1,17 a	42,45
D.M.S. (5%)	7,23	7,58	0,09	0,06	0,08	2,35
Modo de aplicação						
Incorporado	115,71 a	143,25 a	1,00 a	1,16 a	1,17 a	41,13
Em superfície	121,07 a	141,96 a	1,05 a	1,16 a	1,16 a	40,47
D.M.S. (5%)	7,23	7,58	0,09	0,06	0,08	2,35
Média geral	118,39	142,60	1,03	1,16	1,16	40,80
C.V. (%)	10,40	9,05	14,59	8,95	11,81	9,80

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.

Tabela 2 - Desdobramento da interação fonte de N e dose de nitrogênio, da análise de variância referente à matéria seca de planta de milho (g por planta). Ilha Solteira - SP, 2012.

Tratamentos	Fonte de N		
	C1	C2	Ureia
Dose de N (mg dm⁻³)			
50	42,73 aA	37,26 aB	37,44 bB
100	42,38 aA	40,91 aA	44,08 aA
D.M.S. (5%):	Fonte de N		4,07
	Dose de N		4,91

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.

Tabela 3 - Desdobramento da interação fonte de N e modo de aplicação, da análise de variância referente matéria seca de planta de milho (g por planta). Ilha Solteira - SP, 2012.

Tratamentos	Fonte de N		
	C1	C2	Ureia
Modo de aplicação			
Incorporado	41,69 aA	40,03 aA	41,67 aA
Em superfície	43,41 aA	38,14 aB	39,85 aAB
D.M.S. (5%):	Fonte de N		4,07
	Modo de aplicação		4,91

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.