

FORMAS DE APLICAÇÃO DO FERTILIZANTE E NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.)¹

Jorge Luiz do Nascimento² e José Xavier de Almeida Neto²

ABSTRACT

Fertilizer Application Methods and Irrigation Levels on Early (*Zea mays* L.) Development

Early corn development (*Zea mays* L.) was evaluated through roots (MR) and tops (MA) dry matter in a low tunnel greenhouse pot experiment, in a 2x2x4 factorial completely randomized design with three replications, comparing the following treatments: two Oxisols (a sandy Latossolo Vermelho Escuro - LE and a clay Latossolo Roxo - LA); two methods of fertilizer application (soil mixed - A₁, and furrow planting line - A₂), and four irrigation levels (0%, 15%, 30%, and 45% deficit in relation to the evapotranspired water). Significant effects were observed for fertilizer application methods and irrigation levels on MA, with 89,6% higher yield for A₂, and MA reduction for increased water stress. There was a significant interaction between soil types and fertilizer application methods on MA, with a larger MA in the LE soil for A₁ method, while MA was larger in the LR soil for A₂ method. For MR, it was observed a significant effect of soil type and fertilizer application methods, with a larger yield in the LR soil under the A₂ form. The findings confirm the importance of adequate soil water supply for nutrient absorption processes, resulting in better plant development. The localized fertilizer application is recommended for Oxisols with higher clay contents and larger phosphorus fixation capacity.

KEY WORDS: Fertilizer, Irrigation levels, *Zea mays*.

RESUMO

O desenvolvimento inicial da cultura do milho (*Zea mays* L.) foi avaliado através da produção de matéria seca das raízes (MR) e da parte aérea (MA) em um experimento conduzido em vasos, abrigado sob uma estufa do tipo túnel baixo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial 2 x 2 x 4, com os seguintes tratamentos: dois tipos de solo (Latossolo Vermelho Escuro, textura arenosa - LE e Latossolo Roxo, textura argilosa - LR); duas formas de aplicação do adubo (misturado ao solo - A₁ e localizado no sulco de plantio - A₂); e quatro níveis de irrigação (0%, 15%, 30% e 45% de déficit em relação à água evapotranspirada), com três repetições. Houve um efeito significativo da forma de aplicação do adubo e dos níveis de irrigação sobre a MA, com uma produção 89,6% maior para a forma A₂ de aplicação do adubo, bem como uma redução da MA em função do aumento do estresse hídrico. Verificou-se uma interação significativa entre os fatores solo e forma de aplicação do

1 Entregue para publicação em dezembro de 1995.

2 Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. C.P. 131 CEP - 74.001-970. Goiânia - GO

adubo sobre a MA, com uma MA maior no LE para a forma A₁, enquanto a MA foi maior no LR para a forma A₂. Quanto à MR, houve efeito significativo do tipo de solo e forma de aplicação do adubo com uma maior produção no LR e na forma A₂. Os resultados obtidos confirmam a importância de um suprimento adequado de água no solo para os processos de absorção de nutrientes, o que resulta em um melhor desenvolvimento das plantas. A forma localizada de aplicação do adubo é a mais recomendada para o caso dos solos de cerrado, onde a capacidade de fixação do fósforo é elevada, principalmente nos mais argilosos.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilização, níveis de irrigação, arroz.

INTRODUÇÃO

Um adequado suprimento de água é essencial para o desenvolvimento das plantas. O estresse hídrico, provocado pelos veranicos freqüentes na região dos cerrados, prejudica enormemente a agricultura, acarretando uma instabilidade na oferta da produção com grandes perdas para o produtor. Os solos dos cerrados, predominantemente os latossolos, mesmo os de textura argilosa e mais acentuadamente os de textura arenosa, apresentam baixa disponibilidade de água.

Práticas adequadas de manejo que ajudam a minorar o efeito das estiagens sobre a agricultura devem ser adotadas, tais como: a) plantar na época recomendada para evitar que o estágio crítico da cultura coincida com o período provável de ocorrência dos veranicos; b) adotar práticas que diminuam a evapotranspiração (quebra-ventos, cobertura do solo e controle de invasoras); c) evitar camadas compactadas no solo através de sistemas de preparo; d) empregar técnicas que favoreçam o desenvolvimento, em profundidade, do sistema radicular (correção profunda do solo, adubações equilibradas e forma correta de aplicação dos fertilizantes); e) usar variedades mais resistentes ou tolerantes às secas; f) empregar irrigação suplementar (Luchiari Júnior *et al.* 1986).

Os processos de absorção dos nutrientes determinam, em parte, o sistema de manejo dos fertilizantes. Os elementos com maior mobilidade no solo podem ser aplicados em cobertura, com exceção do potássio, em solos com predominância de argilas expansivas (Barber 1984). Dos elementos com menor mobilidade no solo – como por exemplo, o fósforo quando misturado com todo o volume do solo – grande parte fica retida pela fase sólida (Barber 1974a), principalmente nos solos do cerrado, com alta capacidade de fixação do fósforo, provocando a sua carência (Souza & Carvalho 1986).

A umidade do solo influencia tanto o desenvolvimento radicular como os processos de absorção de nutrientes e de água, do que depende o desenvolvimento das culturas. Condições adequadas de umidade do solo propiciam boas condições para a atividade microbiológica e para o desenvolvimento radicular das culturas, favorecendo a disponibilidade de nutrientes (Silva *et al.* 1986).

Quando se aplica ao solo o adubo fosfatado solúvel, o fósforo é rapidamente adsorvido pelos colóides ou transformado em compostos de menor solubilidade através de reações de precipitação, cuja intensidade é diretamente proporcional ao nível de acidez do solo e ao volume de solo com o qual o adubo reage. Com o propósito de diminuir es-

se volume destacam-se, entre elas, a granulação e a aplicação em menores volumes de solo, como, por exemplo, em linha ou em faixas (Fornazieri Filho 1992).

O modo de aplicação do adubo fosfatado no solo influencia o crescimento e a distribuição de raízes. A mistura do adubo a todo o volume de solo, com a finalidade de suprir todo o sistema radicular, aumenta a insolubilização do fósforo no solo. No entanto, o volume de solo fertilizado não deve ser muito restrito a ponto de suprir apenas uma parte do sistema radicular, principalmente na fase inicial de crescimento, quando ocorre pouca redistribuição do nutriente no interior da planta. A adubação de apenas uma fração do solo pode resultar num maior crescimento de raízes nesta fração em relação ao restante do volume de solo, o que pode ser insuficiente para a demanda nutricional da planta ou incorrer na deficiência de água nesta fração de solo. Embora diversos trabalhos mostrem maior crescimento onde as raízes foram supridas com fósforo, o crescimento mais acentuado na fração fertilizada somente ocorre quando o teor inicial do solo é baixo, diminuindo à medida que o nível de fósforo no solo aumenta (Klepker & Anghinoni 1993).

No presente trabalho avaliaram-se os efeitos de diferentes formas de aplicação do adubo e os níveis de umidade do solo sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho, em solos de diferentes texturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos, na Escola de Agronomia da UFG, em Goiânia-GO, Latitude: 16° 41' S; Longitude: 49° 17' WGrW, Altitude: 730 m, Classificação Climática Aw, segundo Köppen, clima úmido e quente com estação seca bem definida (4 - 5 meses), no período de 09/12/94 a 02/01/95. Devido ao período chuvoso e à necessidade do controle da umidade do solo, através de irrigações, o experimento foi abrigado em estufa tipo túnel baixo.

Foram empregados dois solos: Latossolo Vermelho Escuro distrófico, textura arenosa, coletado no município de Amorinópolis-GO, e um Latossolo Roxo distrófico, textura argilosa, coletado no Município de Goiânia, conforme SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DE GOIÁS (1977), cujas características físicas e químicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características físicas e químicas dos solos.

Característica	Solo	
	Latossolo Vermelho Escuro	Latossolo Roxo
Areia (%)	77,50	34,00
Argila(%)	19,70	54,00
Limo (%)	2,80	12,00
M.O. (%)	0,60	2,10
pH (H ₂ O)	5,50	5,60
Ca+Mg (mE/100ml)	0,20	1,70
P (Mehlich) (µg/ml)	3,40	2,10
K (µg/ml)	37,00	29,00 (Continua)

(Continuação)

Característica	Latossolo Vermelho Escuro	Latossolo Roxo
Al (mE/100ml)	0,60	0,00
CTC(mE/100ml)	4,99	7,57
Saturação de Bases (%)	5,81	2,10

A calagem dos solos foi feita com calcário dolomítico com 31,5% de CaO, 19,0% de MgO e PRNT de 94,5% na quantidade correspondente a 2,9 t/ha, para elevar a saturação de bases para 60%, ficando os solos encubados durante 35 dias com a umidade próxima da capacidade de campo.

Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com um volume de 7,5 l, cheio até a borda com solo. Após a primeira irrigação, houve redução do seu volume.

A adubação foi calculada segundo a COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS (1988), baseada na análise química dos solos contida na Tabela 1. As quantidades recomendadas/ha foram obtidas com base na massa do solo, considerando a densidade igual a 1,0 g/cm³ e profundidade de 20 cm. A quantidade empregada por vaso foi três vezes a recomendada. A adubação por vaso foi de 4,5 g da fórmula 4 - 30 - 16 + 0,075 g de FTE/BR-12 para os dois tipos de solo.

Foram semeadas cinco sementes por vaso, dez dias após a semeadura foi feito o desbaste deixando duas plantas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado num esquema fatorial 2 x 2 x 4, com os seguintes tratamentos: dois tipos de solo (Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Roxo); duas formas de aplicação do adubo (misturado ao solo e localizado no sulco de plantio, abaixo da semente) e quatro níveis de irrigação (0%, 15%, 30% e 45% de déficit em relação à água evapotranspirada), com 3 repetições.

A água foi fornecida através de irrigações, com base na evapotranspiração ocorrida nas parcelas do tratamento sem déficit. Inicialmente foi determinada a massa do vaso + solo + água (quantidade máxima retida pelo solo, após cessar a drenagem) das parcelas do tratamento sem déficit e, diariamente, pelo método gravimétrico, calculou-se a quantidade de água a repor. Foi desprezado o aumento da massa dos vasos, correspondente à massa fresca das plantas.

Encerrou-se o experimento 24 dias após a semeadura, sendo a avaliação do desenvolvimento inicial da cultura feita através das variáveis matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes. A matéria seca da parte aérea e das raízes foi determinada após secagem em estufa a 70° C, até peso constante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve um efeito significativo da forma de aplicação do adubo (Tabela 2). Uma produção 89,6% maior da matéria seca da parte aérea, obtida para o adubo localizado no sulco do plantio em relação ao adubo misturado ao solo (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Model & Anghinoni (1992) e Silva *et al.* (1993). Possivelmente, isto se justifica porque o fósforo, quando aplicado na forma de fosfato solúvel e mis-

turado a todo o volume do solo, tem grande parte retida pela parte sólida, devido à maior superfície de contato com o solo (Barber 1974a), principalmente nos solos do cerrado que apresentam alta capacidade de fixação deste elemento (Souza & Carvalho (1986).

Verificou-se uma interação significativa entre o tipo de solo e a forma de aplicação do adubo (Tabela 2). A produção de matéria seca da parte aérea com o adubo localizado no sulco de plantio foi maior no Latossolo Roxo, em comparação ao Latossolo Vermelho Escuro. Considerando o adubo misturado ao solo, a maior produção foi verificada no Latossolo Vermelho Escuro (Tabela 3). Isto pode ter sido devido à maior fixação do fósforo, quando misturado ao solo com maior teor de argila. Segundo Lopes & Cox (1979), o processo de adsorção do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio é o principal fator envolvido na fixação de fósforos, mas, do ponto de vista agrônomo, a percentagem de argila dos solos sob vegetação de cerrado é a variável mais adequada para estimar a capacidade de fixação do fósforo.

Independentemente do tipo de solo e da forma de aplicação do adubo, houve um efeito significativo dos níveis de irrigação sobre a produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 2), com uma redução linear em função do aumento do déficit hídrico. Os valores da matéria seca da parte aérea (Y) podem ser estimados através da equação de regressão $Y = 6,652667 - 0,049044 X$ ($r^2 = 0,9799$), onde X representa os níveis de déficit hídrico em relação à água evapotranspirada, mostrado na Figura 1. Cogo & Guerra (1978) encontraram resultados semelhantes para a produção de matéria seca da parte aérea em função dos níveis de água no solo, para a cultura do sorgo.

Tabela 2: Análise da variância da matéria seca da parte aérea (MA) e matéria seca das raízes (MR).

FV	GL	QM	
		MA	MR
Tipo de Solo (S)	1	1,6882	48,7036 ²
Forma de Aplicação do Adubo (A)	1	141,4531 ¹	212,4797 ²
Níveis de Irrigação (I)	3	11,0463 ²	5,1414
Regressão Linear	1	32,4723 ²	-
Desvio da Regressão	2	0,3332	-
SxA	1	3,2035 ¹	12,8225
SxI	3	0,8358	2,8822
AxI	3	1,4585	12,0654
SxAxI	3	0,4117	4,3201
Resíduo	32	0,6162	5,3563
Total	47		
CV %		14,14	30,73

1,2 - significativo a 5% e 1% respectivamente, pelo teste de F; demais valores não significativos.

Tabela 3: Matéria seca da parte aérea (MA) e das raízes (MR) em (g/vaso) obtida em Latossolo Vermelho Escuro (LE) e Latossolo Roxo (LR) com duas formas de aplicação do adubo.

Variável	Tipo de solo	Forma de aplicação do adubo		Média
		Misturado ao solo	Localizado no sulco de plantio	
MA	LE	4,28 b	7,19 c	5,73A
	LR	3,39a	7,34 c	5,36A
	Média	3,83A	7,26 B	5,54
MR	LE	4,94a	8,11 bc	6,52A
	LR	5,92ab	11,16 c	8,54B
	Média	5,43A	9,64 B	7,53

Médias seguidos da mesma letra, na linha ou na coluna, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F, para cada variável.

As plantas absorvem nutrientes principalmente por difusão e fluxo de massa, cuja intensidade é diretamente proporcional ao teor de água no solo. Assim, a quantidade de água nele disponível e facilmente utilizável é muito importante pela função que desempenha nos processos de nutrição mineral das plantas (Barber 1974).

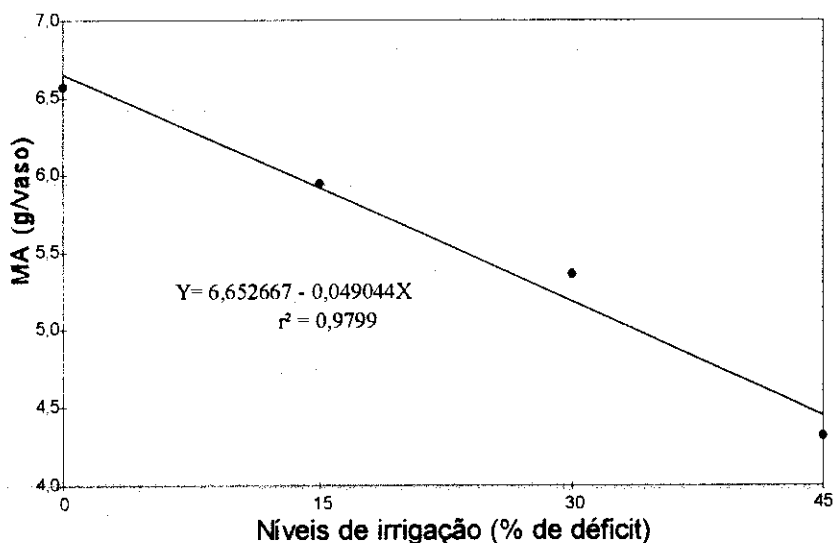


Figura 1 - Matéria seca da parte aérea (MA), obtida em função dos níveis de irrigação

A produção de matéria seca das raízes foi influenciada pelo tipo de solo e forma de aplicação do adubo (Tabela 2). No Latossolo Roxo a produção foi maior que no Latossolo Vermelho Escuro (Tabela 3). O adubo localizado no sulco de plantio também proporcionou maior produção, em relação ao adubo misturado ao solo, com um efeito mais pronunciado desse fator em relação ao tipo de solo, sendo a produção para o adubo localizado 77,5% maior.

Fernandes Filho *et al.* (1993), estudando o efeito da localização do fósforo, nitrogênio e potássio, em dois tipos de solo, sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes pelo milho, concluíram que a aplicação localizada do fósforo proporcionou maior produção de matéria seca da parte aérea e de raízes e maiores conteúdos de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea. No trabalho, o sistema radicular foi dividido em dois vasos, não foi observado efeito da aplicação do fósforo em apenas um ou em ambos os vasos, sobre a produção de matéria seca da parte aérea e de raízes e sobre o conteúdo de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea. Foi observada maior massa de raízes no vaso onde o fósforo foi aplicado. Foi observada ainda maior produção de matéria seca da parte aérea no solo de textura média em comparação ao solo de textura argilosa.

O crescimento radicular e a taxa de absorção de nutrientes pouco móveis, como o fósforo, são estimulados pela maior concentração do nutriente, resultante de aplicações mais localizadas (Anghinoni & Barber 1980, Borkert & Barber 1985).

Os resultados obtidos evidenciam a importância de um suprimento adequado de água, que propiciem boas condições à atividade microbiológica e ao desenvolvimento radicular, favorecendo uma nutrição adequada das plantas. A forma localizada de aplicação do adubo é mais recomendada para os solos do cerrado, que apresentam alta capacidade de fixação do fósforo, principalmente os mais argilosos.

AGRADECIMENTOS

Aos professores Lázaro José Chaves, Wilson Mozena Leandro e João Gaspar Farias, do Departamento de Agricultura da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, pelas valiosas contribuições na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anghinoni, I & S. A. Barber. 1980.** Phosphorus application rate and distribution in the soil and phosphorus uptake by corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 44: 1041-44.
- Barber, S. A. 1974.** Influence of the plant root on ion movement in soil. In E. W. Carson, ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, p. 525-564.
- Barber, S. A. 1974a.** A program for increasing the efficiency of fertilizers, *Fert. Sol.*, Peoria, 18: 24-25.
- Barber, S. A. 1984.** *Soil nutrient bioavailability; a mechanistic approach*. New York, Wiley-Interscience, 398 p.

- Borkert, C. M. & S. A. Barber. 1985.** Predicting the most efficient phosphorus placement for soybeans. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 40: 901-4.
- Cogo, N. P. & M. Gerra. 1978.** Água no solo e rendimento das culturas em casa-de-vegetação. I. Sorgo (*Sorghum vulgare*), em solos Vertissolo, Latossolo Roxo distrófico e Podzólico Vermelho Amarelo. *R. bras. Ci. Solo. Campinas, SP.*, 2: 10-7.
- Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás. 1988.** Recomendação de corretivos e fertilizantes para Goiás, 5ª aproximação, Goiânia, GO. Informe Técnico n. 1 UFG/EMGOPA. 101p.
- Fernandes Filho, E. I., E. M. A. Villani, F. M. Freire & V. H. Alvarez. 1993.** Estudo da localização de fósforo, nitrogênio e potássio sobre o desenvolvimento e absorção de nutrientes pelo milho, Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Goiânia, II: 105-106. Resumos...
- Fornazieri Filho, D. 1992.** A cultura do milho, Jaboticabal, SP. FUNEP. 273p.
- Klepker, D. & I. Anghinoni. 1993.** Nível de fósforo no solo, adubação fosfatada e crescimento da raízes e parte aérea de milho, em vasos, Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Goiânia, II: 59-60. Resumos...
- Lopes, A. S. & F. R. Cox. 1979.** Relação de características químicas, físicas e mineralógicas com a fixação de fósforo em solos sob cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, 3: 82-8.
- Luchiari Junior, A., M. Resende, K. D. Ritchey, E. Freitas Junior & P. I. Souza. 1986.** Manejo do solo e aproveitamento de água. In W. J. Godert (ed), *Solos dos Cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo*. Nobel, São Paulo, p. 285-322.
- Model, N. S. & I. Anghinoni. 1992.** Resposta do milho a modos de aplicação do adubo e técnicas de preparo do solo, *R. Bras. Ci. Solo, Campinas, SP.*, 16: 55-9.
- Secretaria da Agricultura do Estado de Goiás. 1977.** Levantamento de reconhecimento dos solos da Micro-Região do Mato Grosso Goiano, Goiânia, GO., Setor de Produção Gráfica da EMATER-GO.
- Silva, E. M., A. E. G. Reis & W. Espinoza. 1986.** Aproveitamento de nutrientes sob condição de irrigação. In W. J. Goedert (ed), *Solos dos Cerrados. Tecnologias e estratégias de manejo*, Nobel, São Paulo, p. 323-352.
- Silva, D. J., R. C. Alvarenga, V. H. Alvarez & P. C. Soares. 1993.** Localização de fósforo e de cálcio no solo e seus efeitos sobre o desenvolvimento inicial do milho, *R. Bras. Ci. Solo, Campinas, SP.*, 17 (2): 203-9.
- Souza, P. I. M. & L. J. C. B. Carvalho. 1986.** Nutrição mineral de plantas. In W. J. Goedert (ed.), *Solos dos Cerrados. Tecnologias e estratégias de manejo*, Nobel, São Paulo, p. 75-98