

## Influência de diferentes doses de corretivo e de camadas de correção da acidez de um neossolo litólico distrófico na produção de matéria seca de milho

José Carlos Pinto\*, Tadeu Takeyoshi Inoue, Cássio Antônio Tormena, Antônio Carlos Saraiva da Costa e Erico Sengik

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil.  
\*Author for correspondence.

**RESUMO.** O efeito de diferentes doses e profundidades de correção da acidez de um solo na produção de matéria seca de plantas de milho foi estudado sob condições controladas. Com o aumento das doses de corretivo, houve aumento nos valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) e de saturação por bases. Por outro lado, houve redução nos valores de alumínio trocável. Os valores de produção de matéria seca da parte aérea e das raízes foram significativamente superiores em relação à testemunha. Com o aumento da profundidade de correção, houve aumento nos valores de produção de matéria seca total das plantas de milho. Por outro lado, para uma mesma profundidade de correção, não houve diferença significativa entre os diferentes valores de saturação por bases (V). Mesmo que o milho tenha respondido positivamente à calagem, valores de V acima de 40% não proporcionaram incrementos significativos de produção de matéria seca.

**Palavras-chave:** acidez, calagem, saturação por bases, matéria seca, *Zea mays*.

**ABSTRACT. Influence of different bases saturation values and corrected layers of soil acidity on maize dry matter production.** The effects of different bases saturation values and corrected layers of soil acidity on dry matter production of maize plants were studied under controlled conditions. With the increase of lime doses, the values of pH ( $\text{CaCl}_2$ ) and base saturation were increased. On the other hand, the exchangeable aluminum values were reduced. The values of shoot and roots dry matter production were significantly higher than the control. The increases of deep correction layers resulted in an increase of dry matter production of maize plants. On the other hand, for the same correction layer, the values of dry matter production was not significantly different between the bases saturation treatments. Even though the maize plants have presented a positive answer to liming, the values of bases saturation higher than 40% did not significantly increase dry matter production of maize plants.

**Key words:** acidity, liming, bases saturation, dry matter, *Zea mays*.

O processo de acidificação dos solos pode ser devido à própria pobreza do material de origem em cátions básicos, pelas condições pedogenéticas de formação (precipitação maior do que evapotranspiração), pelas adubações e pelos cultivos (Raij, 1981).

A acidez dos solos e a toxicidade de alumínio (Al) são os principais fatores que limitam a expressão do potencial produtivo das espécies cultivadas (Taylor, 1988). À medida que o processo de acidificação se intensifica (pH menor que 5,5), a estabilidade química dos minerais de Al é reduzida e o Al é solubilizado e liberado para a solução do solo

(Lindsay, 1979). O principal efeito tóxico do Al sobre as plantas é manifestado pela redução do crescimento/desenvolvimento das raízes (Horst, 1987). Desse modo, o volume de solo que poderia ser explorado pelas raízes é reduzido, e a eficiência dos processos de absorção de água e de nutrientes é afetada (Wright, 1989). Nessas condições de acidez, há um consenso de que o aumento da produtividade é alcançado se a acidez do solo for corrigida com calcário (Vitti, 1987).

Existem diferentes métodos para a determinação da quantidade de calcário a ser aplicada no solo,

sendo que, no Estado do Paraná, o método de saturação por bases é o mais comumente praticado (Emater, 1998). Como resultado da calagem, há aumento do valor do pH, dos valores de saturação por bases e redução dos valores de Al trocável (Raij *et al.*, 1983; Caires e Rosolem, 1993; Pintro e Tescaro, 1999). A calagem e as adubações permitem corrigir, em grande parte, as deficiências químicas dos solos. No entanto, a eficiência da calagem estaria limitada a profundidade de correção/incorporação do corretivo no solo, que em geral é de 15cm (Foy, 1974; Olmos e Camargo, 1976, entre outros).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de corretivo e profundidades de correção da acidez de um solo neossolo litólico distrófico sobre a produção de matéria seca do milho.

### Material e métodos

**Solo.** Foi utilizado um solo neossolo litólico distrófico (Embrapa, 1999) de origem basáltica, coletado na profundidade de 0-20cm no município de Mangueirinha, região sudoeste do Estado do Paraná. Após a coleta, o mesmo foi seco ao ar livre e tamisado em peneira de 2mm, tendo sido homogeneizado e dele retirada uma amostra para a análise química (Embrapa, 1997), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

**Corretivo e adubação.** Para a correção da acidez e a elevação da saturação por bases do solo em diferentes níveis (40, 60, 80 e 100), foram utilizados os produtos  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  p.a. na relação 3:1. A correção do solo, nos diferentes níveis de V%, foi realizada por meio da incubação por 30 dias, em sacos de polietileno, aos quais foram adicionadas diferentes doses de corretivo. A umidade do solo correspondeu a aproximadamente 80% da capacidade de retenção de água. A fertilização do solo foi realizada de acordo com a recomendação descrita por Malavolta (1980) na forma de solução nutritiva (Silva *et al.*, 1984). As concentrações dos nutrientes na solução nutritiva, expressas em  $\text{mg kg}^{-1}$  de solo, foram as seguintes: 300 de N; 200 de P; 150 de K; 50 de S; 0,5 de B; 1,5 de Cu; 5,0 de Fe; 3,0 de Mn; 0,1 de Mo e 5,0 de Zn.

**Montagem e condução do experimento.** O experimento foi conduzido sob condições controladas em casa de vegetação. Os tratamentos consistiram na combinação de 4 níveis de saturação por bases (40, 60, 80 e 100 %) e 5 camadas de correção do solo (S, superficial, 0-5, 0-10, 0-15 e 0-20 cm). O delineamento experimental utilizado foi

inteiramente casualizado, adotando-se um esquema fatorial de  $4 \times 5 + 1$ , [4 valores de V%, 5 profundidades de correção e a testemunha (sem calagem)] com quatro repetições, totalizando 84 unidades experimentais (colunas).

Para a condução do experimento foram utilizadas colunas de 8kg de solo. Para a constituição de cada coluna, foi realizada a sobreposição de anéis de PVC, de acordo com a metodologia descrita por Oliveira *et al.* (1991) na seguinte ordem, de baixo para cima: 1 anel de 20cm, 3 anéis de 5cm e, por último, um anel de 10cm, totalizando 45cm. Na parte inferior do vaso foi fixada uma placa de isopor com perfurações.

Nos tratamentos em que houve incorporação de corretivo no solo as quantidades foram calculadas para cada camada considerada. Nos tratamentos em que não houve incorporação do corretivo no solo (superficial), as quantidades de corretivos, correspondentes aos valores de 40%, 60%, 80% e 100% foram calculadas para a profundidade de 20cm.

Foram semeadas 5 sementes de milho (genótipo AS-38), com característica de sensibilidade a acidez do solo. Após a emergência, efetuou-se o desbaste, deixando-se 2 plantas por vaso. Durante a fase experimental, a umidade do solo foi mantida em torno de 70% da capacidade de campo (Freire *et al.*, 1980). A reposição do volume de água perdido por evapotranspiração foi feita através do método de pesagem dos vasos, mantendo-se o peso inicial.

O experimento teve duração de 30 dias. Após este período, a parte aérea das plantas foi cortada, embalada em sacos de papel e secada em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 65 °C, por 72 h. Quanto ao solo, foram realizadas amostragens em cada anel, de todas as unidades experimentais, até a profundidade de 20cm. O solo foi seco à temperatura ambiente, tamisado em peneira de 2mm e submetido à análise química. A separação das raízes do solo foi realizada mediante lavagem abundante com água. As raízes foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa.

Os valores de matéria seca total da parte aérea e das raízes foram submetidos à análise de variância, e a discriminação significativa entre os tratamentos foi no nível de 5%.

### Resultados e discussão

**Análise química do solo.** A amplitude de variação dos valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) foi de 3,8 a 7,1 (Tabela 2). Os maiores valores foram observados quando o corretivo foi aplicado na superfície, considerando a profundidade de coleta do solo de 0-5cm.

**Tabela 1.** Resultado da análise química do solo

pH H <sub>2</sub> O	pH CaCl <sub>2</sub>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	S	CTC	V	P	C
		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>
4,6	3,7	18,15	9,30	0,56	0,38	0,32	1,26	19,41	6,0	4,0	32,3

**Tabela 2.** Resultado da análise química do solo após o cultivo de plantas de milho, durante 30 dias, sob diferentes doses de corretivo e profundidades de correção da acidez do solo

V teórico	Profundidade de incorporação (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>				Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				V determinado			
		Profundidade de coleta do solo (cm)				Profundidade de coleta do solo (cm)				Profundidade de coleta do solo (cm)			
		0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20
Testemunha 6%		3,8	3,8	3,8	3,8	12,00	12,10	11,66	10,90	8	7	7	7
40%	Superfície	5,9	3,8	3,8	3,8	0,00	11,20	10,90	11,20	83	12	11	11
	0-5	4,1	3,9	3,8	3,8	7,34	10,50	10,60	10,30	35	15	10	9
	0-10	4,1	4,2	3,9	3,9	6,30	6,60	9,50	9,80	35	41	20	11
	0-15	4,1	4,1	4,2	3,9	5,40	5,20	5,20	9,30	38	42	41	16
	0-20	4,1	4,2	4,2	4,3	6,00	4,80	9,80	9,50	44	49	48	55
60%	Superfície	6,8	3,9	3,9	3,9	0,00	9,10	9,90	10,70	89	17	13	11
	0-5	4,2	3,9	3,9	3,9	4,80	10,28	10,40	10,30	53	16	12	11
	0-10	4,3	4,3	3,9	3,9	4,00	2,90	9,80	10,30	53	55	16	9
	0-15	4,3	4,4	4,4	3,9	4,30	3,20	3,50	9,60	53	57	55	16
	0-20	4,3	4,4	4,4	4,3	4,60	3,90	3,60	4,00	51	53	50	52
80%	Superfície	7,1	4,0	4,0	3,9	0,00	9,60	9,70	10,20	92	12	10	10
	0-5	4,7	3,9	3,9	3,9	0,80	8,60	10,30	10,20	66	19	10	9
	0-10	4,9	4,9	3,9	3,9	0,30	0,30	8,90	10,20	72	73	21	13
	0-15	4,9	5,1	5,0	3,9	0,10	0,00	0,20	8,40	73	76	75	24
	0-20	5,1	5,3	5,4	4,9	0,30	0,00	0,00	0,40	73	80	80	79
100%	Superfície	7,0	4,0	4,0	4,0	0,00	8,40	8,40	9,10	88	13	14	9
	0-5	5,2	3,9	3,8	3,8	0,00	8,60	9,80	9,80	81	16	10	8
	0-10	5,6	5,6	4,0	3,9	0,00	0,00	7,80	9,60	85	85	18	10
	0-15	5,5	6,0	5,8	4,0	0,00	0,00	0,00	7,90	79	88	86	20
	0-20	5,5	5,7	5,7	5,7	0,00	0,00	0,00	0,00	80	85	85	86

Nos valores teóricos de V 40% e 60%, a ausência de Al trocável só foi constatada quando o corretivo foi aplicado na superfície. Nas demais profundidades de correção, as doses parecem não ter sido suficientes/eficientes para neutralizar a totalidade de Al trocável do solo. A ausência de Al trocável nos valores teóricos de V 80% e 100% foi constatada com maior frequência, principalmente nas maiores profundidades de correção (Tabela 2). Foi constatado, também, que valores de pH (CaCl<sub>2</sub>) iguais ou superior a 5,1 resultaram em ausência de Al trocável.

Em geral, quando o corretivo foi aplicado na superfície do solo e na profundidade de coleta do solo de 0-5cm, foram constatados os maiores valores determinados de V (Tabela 2). Estes maiores valores numéricos poderiam ser justificados pela maior intensidade da reação de solubilização do corretivo, provocada pelas condições favoráveis (temperatura, umidade, presença de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) em relação à acidez do solo em si, haja vista que só uma parte do corretivo estava em contato com o solo.

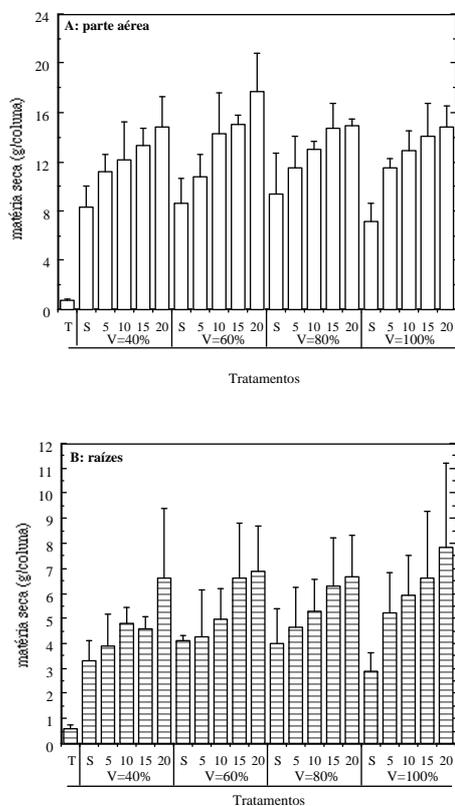
Os aumentos mais importantes nos valores determinados de V se limitaram, principalmente, à camada de correção. No entanto, a camada imediatamente inferior à camada corrigida

apresentou valor de V superior à testemunha, mas foi muito inferior a camada corrigida.

Os valores determinados de V foram numericamente inferiores aos teóricos, principalmente quando se considerou o valor teórico de V igual a 100%. Essa ineficiência do método para corrigir a acidez e chegar aos valores estabelecidos parece dever-se a uma série de fatores: as altas doses utilizadas poderiam ter dificultado a reação de solubilização do corretivo no solo (Oliveira *et al.*, 1997); parte do Ca e do Mg solubilizado seria utilizado para neutralizar as cargas negativas resultantes do processo de desprotonização dos colóides do solo (Brady e Weil, 1996); e, devido ao alto teor de carbono orgânico do solo (Emater, 1998), o poder de tamponamento do solo teria resistido ao processo de neutralização da acidez do solo (Pintro e Tescardo, 1999).

**Produção de matéria seca.** Qualquer que tenha sido a quantidade de corretivo utilizada (V) e a profundidade de correção, inclusive na superfície, as produções de matéria seca da parte aérea e das raízes foram significativamente superiores em relação a testemunha (Figura 1). Resultados semelhantes, em nível de campo, avaliando-se a produção de grãos de

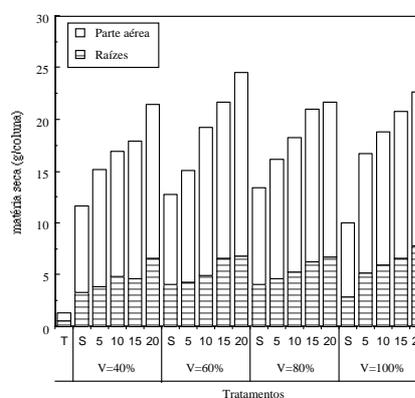
milho, foram constatados por Oliveira *et al.*, 1997; Raj *et al.*, 1998).



**Figura 1.** Produção de matéria seca da parte aérea e raízes de plantas de milho cultivadas, durante 30 dias, sob diferentes valores de V e profundidades de correção da acidez do solo

Em cada nível de V teórico, houve um incremento na produção de matéria seca à medida que a profundidade de correção foi crescente (Figuras 1 e 2). O que despertou a atenção é que não foram observadas diferenças significativas nos valores de produção de matéria seca do milho quando se comparou uma mesma profundidade de correção nos diferentes valores de V. No valor de V de 40%, em que pese a presença de Al trocável no solo (Tabela 2), os valores de concentração de Al trocável não expressaram o potencial de toxicidade de Al em relação à testemunha. De fato, o que determina a intensidade do nível de toxidez é a atividade do elemento e não o valor da concentração (Pintro *et al.* 1998). Neste valor de V (40%), a quantidade de carbono orgânico presente no solo (Tabela 1), aliada à quantidade de corretivo incorporada ao solo, teria sido suficiente para reduzir drasticamente, não o teor de Al trocável, mas sim, a sua atividade. Apesar de o milho ter respondido positivamente à calagem, em programas de correção

da acidez do solo para a cultura do milho, em solos com características químicas semelhantes às do presente estudo, seria oportuno dar maior destaque/importância à profundidade de correção da acidez em detrimento da quantidade de corretivo aplicada ao solo. Os valores de V acima de 40% não proporcionaram incrementos significativos na produção de matéria seca das plantas de milho. Os resultados obtidos no presente trabalho, em que pese ter avaliado a fase inicial do crescimento/desenvolvimento do milho, estão de acordo e próximos dos obtidos por Raj *et al.* (1983) e Oliveira *et al.* (1997) com o rendimento de grão de milho em nível de campo.



**Figura 2.** Produção de matéria seca total de plantas de milho cultivadas, durante 30 dias, sob diferentes valores de saturação por bases (V) e profundidades de correção

## Referências bibliográficas

- Brady, N.C.; Weil, R.R. *The nature and properties of soils*. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.
- Caires, E.F.; Rosolem, C.A. Calagem em genótipos de amendoim. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 17:193-202, 1993.
- Emater. *Análises de solo: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados*. Curitiba 1998, Informação Técnica, número 31.
- Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análises de solos*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- Embrapa. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.
- Foy, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: Carson, E.W. (ed.). *The plant growth and its environment*. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.
- Freire, J.C.; Ribeiro, M.A.V.; Bahia, V.G. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água

- em solos da região de Lavras, MG. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 4:5-8, 1980.
- Horst, W.J. Aluminium tolerance and calcium efficiency of cowpea genotypes. *J. Plant Nutr.*, 10:1121-1129, 1987.
- Lindsay, W.L. *Chemical equilibria in soils*. New York: John Wiley & Sons, 1979.
- Malavolta, E. *Elementos de nutrição mineral*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.
- Oliveira, A.J.; Garrido, W.E.; Araújo, J.D.; Lourenço, S. *Métodos de pesquisa em fertilidade do solo*. Brasília: Embrapa, 1991.
- Oliveira, E.L.; Parra, M.S.; Costa, A. Resposta da cultura do milho, em um latossolo vermelho escuro álico, à calagem. *Rev. Bras. Ciênc. Solo.*, 21:65-70, 1997.
- Olmos, J.I.; Camargo, M. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, suas características e distribuição. *Ciênc. Cult.*, 28:171-178, 1976.
- Pintro, J.; Calba, H.; Fallavier, P.; Barloy, J. Effects of different calcium and sulfate concentrations in nutrient solutions on ionic strength values, aluminum activity, and root growth of maize plants. *J. Plant Nutr.*, 21:2381-2387, 1998.
- Pintro, J.C.; Tesaro, M.D. Correction of an acid soil using the base saturation method and influence on chemical parameters. *Acta Scientiarum*, 21:479-482, 1999.
- Raij, B. van. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fósforo, Instituto Internacional da Potassa, 1981.
- Raij, B. van; Furlani, P.R.; Quaggio, J.A.; Pettinelli Junior, A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 22:101-108, 1998.
- Raij, B. van; Camargo, A.P.; Cantarella, H.; Silva, N.M. Alumínio trocável e saturação em bases como critérios para recomendação de calagem. *Bragantia*, 42:149-156, 1983.
- Silva, J.B.C.; Novais, R.F.; Sediya, C.S. Identificação de sorgo tolerantes à toxicidade do alumínio. *Rev. Bras. Ci. Solo.*, 8:77-83, 1984.
- Taylor, G.J. The physiology of aluminum tolerance in higher plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1179-1197, 1988.
- Vitti, G.C. Acidez do solo, calagem e gessagem. In: Fernandes, F.M.; Nascimento, V.M. (ed.) *Curso de atualização em fertilidade do solo*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 303-319.
- Wright, R.J. Soil aluminum toxicity and plant growth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 20:1479-1497, 1989.

Received on March 16, 2000.

Accepted on July 25, 2000.