

SEÇÃO VIII - FERTILIZANTES E CORRETIVOS

POTENCIAL DE SUPRIMENTO DE MICRONUTRIENTES DE CALCÁRIO ORIUNDO DA MINERAÇÃO DE FOLHELHO PIROBETUMINOSO DA FORMAÇÃO IRATI-PR⁽¹⁾

T. S. ASSMANN⁽²⁾, B. M. S. PREVEDELLO⁽³⁾,
C. B. REISSMANN⁽⁴⁾ & P. J. RIBEIRO Jr.⁽⁵⁾

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo verificar o efeito de doses crescentes do calcário Irati sobre os teores de Cu, Fe, Mn e Zn tanto no solo como na planta do milho. O calcário Irati é um rejeito de mineração produzido pela Petrobrás-SIX, durante o processo de exploração do folhelho pirobetuminoso. Este material apresenta elevados teores de Cu, Fe, Mn e Zn, 32; 22.068; 1.045 e 55 mg kg⁻¹ respectivamente. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da UFPR, em vasos, utilizando-se como substrato o horizonte A de um Cambissolo Tb, textura arenosa. Os tratamentos foram arranjados em ensaio fatorial 2 x 5, sendo dois os materiais corretivos: calcário comercial e calcário Irati e cinco as doses crescentes desses materiais corretivos em equivalentes de CaCO₃: 0,00; 0,75; 1,50; 3,00 e 6,00 t ha⁻¹. O solo corrigido com calcário Irati apresentou teores de Fe e Mn, extraídos com DTPA-TEA, 10 e 9%, respectivamente, maiores do que aquele que recebeu calcário comercial, sem, no entanto, a diferença entre os dois materiais influenciar o conteúdo desses elementos na planta. O aumento das doses de calcário, desconsiderando o tipo de material utilizado, provocou decréscimos nos teores de Mn e Fe disponíveis do solo e não teve efeito sobre os teores de Cu. Na planta, o acréscimo das doses de calcário provocou aumentos de concentração de Fe e Cu e diminuição dos teores de Mn. Não se observou influência significativa dos materiais corretivos nem de doses crescentes destes sobre os teores de Zn no solo. Por outro lado, na mais alta dose de calcário (6 t ha⁻¹), as plantas cultivadas com calcário Irati apresentaram teores de Zn significativamente superiores aos das plantas cultivadas com calcário comercial na mesma dose. O incremento deste último corretivo provocou uma diminuição da concentração do elemento na planta, enquanto doses crescentes do calcário Irati mantiveram os teores de Zn constantes.

Termos de indexação: milho, *Zea mays*, calcário, Cu, Fe, Mn, e Zn.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Solos, Universidade Federal do Paraná - UFPR, pela primeira autora. Financiada pela CAPES e apresentada no XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa (MG), em julho de 1995. Recebido para publicação em junho de 1997 e aprovado em agosto de 1999.

⁽²⁾ Engenheira-Agrônoma, Professora Assistente do Departamento de Agronomia do Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET. Caixa Postal 571, CEP 85503-390 Pato Branco (PR). E-mail: tangri@super.com.br.

⁽³⁾ Engenheira-Agrônoma, Professora Adjunta do Departamento de Solos, UFPR. Rua dos Funcionários s/n, CEP 80035-057 Curitiba (PR).

⁽⁴⁾ Engenheiro Florestal, Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFPR.

⁽⁵⁾ Engenheiro-Agrônomo, Professor Assistente do Departamento de Estatística, UFPR.

SUMMARY: *THE POTENTIAL OF OIL SHALE MINING LIME TO SUPPLY NUTRIENTS AT THE IRATI FORMATION - PR*

The objective of this work was to investigate the effect of increasing doses of Irati lime on the contents of Cu, Fe, Mn and Zn both in soil and the corn plant. Irati lime is a by product obtained by Petrobras Six during the oil shale mining process, presenting high levels of micronutrients. The experiment was conducted in a greenhouse using pots filled with soil from a "Cambisol Tb" A horizon, of a sandy texture. The treatments were arranged in a 2 x 5 factorial scheme, with two consisting of liming materials: a traditional commercial lime and Irati lime. The doses were calculated in CaCO₃ equivalents of 0.00; 0.75; 3.00 and 6.00 t ha⁻¹. The results showed that the soil corrected with Irati lime presented levels of Fe and Mn extracted by means of DTPA-TEA - of 10 and 9%, respectively, higher than that treated with commercial lime. However, there was no influence on concentration in the plant. Increasing lime doses caused the decrease of Mn and Fe available in soil without causing any effect on Cu content, regardless of the type of material used. Increased lime doses caused an increase in Fe and Cu concentration and a decrease in Mn. There was no significant influence of the materials used and of their increasing doses on Zn content in soil. However, the highest Irati lime dose (6 t ha⁻¹) promoted a significantly higher Zn content in the plants, a fact not observed in those treated with commercial lime using the same dose. Increased commercial lime this nutrient concentration in the plant while increased Irati lime doses maintained it constant.

Index terms: Corn, Zea mays, lime, Cu, Fe, Mn, Zn.

INTRODUÇÃO

No município de São Mateus do Sul (PR), a PETROBRÁS - SIX, Superintendência de Industrialização do Xisto, explora o folhelho pirobetuminoso da formação Irati para obtenção de óleo combustível. No processo, são retiradas grandes quantidades de um material, rico em carbonato de cálcio e magnésio denominado marga. Trata-se de um calcário com altos teores de magnésio, considerado em boa parte como rejeito de mineração e com uma taxa de produção diária de 8.000 toneladas.

A influência desse material no solo, bem como sua composição química, foi estudada anteriormente por Dos Anjos (1991), o qual constatou que apesar de seu baixo PRNT, este calcário continha, em comparação a um calcário comercial, maiores teores totais de elementos como: Cu, Fe, Mn e Zn. Da mesma forma, a concentração dos elementos encontrada no calcário Irati apresentava-se superior ou semelhante aos valores encontrados por Chichilo & Whittaker (1961) e Valadares et al. (1974) quando estes avaliaram, respectivamente, materiais corretivos oriundos do Brasil e dos Estados Unidos da América (Quadro 1).

No entanto, a composição total de materiais corretivos não constitui bom indicativo da disponibilidade de elementos às plantas, uma vez que parte destes poderá ser constituída por formas insolúveis.

Sendo assim, apesar de inúmeros estudos do efeito do calcário sobre a disponibilidade dos micronutrientes já existentes no solo (Hodgson et al., 1966; Camargo et al., 1982; Bataglia, 1988), atualmente não são encontrados com a mesma frequência trabalhos que procurem elucidar o valor dos calcários como possíveis fontes de micronutrientes solúveis.

A adição de micronutrientes no processo de calagem tem apresentado resultados que variam principalmente com as condições de formação do material corretivo estudado.

Chichilo & Whittaker (1961) afirmaram que, em uma rotação de culturas com duração de cinco anos, 75% dos calcários por eles estudados poderiam suprir as necessidades de Mn, 99% compensariam a retirada de Fe do solo, 12% supririam a necessidade de Zn, ao passo que as quantidades de Cu raramente supriam as quantidades retiradas do solo pelas culturas.

No Brasil, Valadares et al. (1974), estudando 31 calcários usados como corretivos de solo no estado de São Paulo, comentaram que as quantidades de micronutrientes adicionadas ao solo via calcários são muito pequenas quando comparadas àquelas adicionadas na forma de adubo. Mesmo assim, avaliaram que 2 t ha⁻¹ dos calcários poderiam suprir as quantidades de Mn e Fe retiradas pelas culturas de café, cana-de-açúcar e soja. Para o Zn, os valores adicionados seriam inferiores aos exigidos e, finalmente no caso do Cu, este balanço dependeria da cultura.

Quadro 1. Variação dos teores de Cu, Fe, Mn e Zn em materiais corretivos, provenientes do Brasil e dos Estados Unidos da América

Materiais	Elemento			
	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹			
Calcário comercial (malha 0,2 mm) (Dos Anjos, 1991)	1,5-2,0	489-559	-	5-9
Calcário Irati (malha 0,2 mm) (Dos Anjos, 1991)	30-34	21.319-22.717	1.006-1.084	50-60
Calcários sedimentares (Valadares et al., 1974)	5,4-27,3	826-12.055	720-1.850	9-30
Calcários metamórficos (Valadares et al., 1974)	5,5-23,5	159-7.098	30-1.760	7,5-2,5
Calcários magmáticos (Valadares et al., 1974)	42,2	33.110	1.040	46
Calcários dos EUA (Chichilo & Whittaker, 1961)	< 0,3-58,5	100-23.400	20-3.000	< 1-425

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses do calcário Irati sobre a disponibilidade de Cu, Fe, Mn e Zn no solo e seu suprimento para plantas de milho cultivadas em vaso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná em Curitiba (PR), no ano de 1993. Foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com tratamentos em ensaio fatorial 2 x 5, ou seja, dois materiais corretivos (calcário Irati e calcário comercial) submetidos a cinco doses crescentes de calcário em equivalentes de CaCO₃ (0,00; 0,75; 1,50; 3,00 e 6,00 t ha⁻¹) em quatro repetições, totalizando 40 parcelas. As doses foram baseadas em Tessaro et al. (1993) com o objetivo de elevar o pH do solo a 5,8 na maior dose. Os tratamentos foram aplicados em vasos, cada um com 6,5 kg de solo.

O calcário comercial (PRNT 104%), utilizado nesta pesquisa, é um calcário dolomítico de natureza metamórfica, proveniente do município de Almirante Tamandaré (PR), e o calcário Irati (PRNT 63%), proveniente do município de São Mateus do Sul (PR), é de natureza sedimentar. Este calcário deriva da unidade de interlaminações de margas e folhelhos pirobetuminosos com predomínio de margas na camada intermediária.

O solo utilizado foi classificado pela EMBRAPA (1984) como Cambissolo álico Tb A proeminente textura arenosa fase campo subtropical relevo suave ondulado substrato folhelhos silticos-arenosos. Foi coletada a camada superficial (0-20 cm) de uma área composta por pastagens nativas, localizada no município de Palmeira (PR). As características

químicas e físicas deste solo encontram-se descritas no quadro 2.

Os tratamentos, de acordo com as doses estipuladas, foram aplicados seis meses antes do plantio.

Após o solo receber os tratamentos, este foi mantido úmido. Como planta-teste foi utilizado o milho (*Zea mays* L.), híbrido AG 612.

Como adubação de plantio, foram utilizados 133 mg kg⁻¹ de fósforo (superfosfato triplo), 133 mg kg⁻¹ de potássio (cloreto de potássio) e 60 mg kg⁻¹ de nitrogênio (uréia). A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a emergência do milho com 100 mg kg⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia e 15 mg kg⁻¹ de potássio na forma de cloreto de potássio.

O pH do solo foi determinado em solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, na relação 1:2,5. Para maior precisão, usou-se o método do Acetato de Cálcio a pH 7,0 como extrator de H + Al em uma relação 1:20. Já o cálcio, o magnésio e o alumínio foram extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹. O alumínio foi obtido por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ e tendo como indicador o Azul de Bromotimol 0,1%.

Quadro 2. Características químicas e físicas do solo utilizado

pH	4,7	SO ₄	13,1	mg kg ⁻¹
H + Al	3,3	cmol _c kg ⁻¹	Cu	0,74
Al ⁺³	0,3	cmol _c kg ⁻¹	Fe	32,7
Ca ⁺²	1,35	cmol _c kg ⁻¹	Mn	38,6
Mg ⁺²	1,10	cmol _c kg ⁻¹	Zn	0,42
K ⁺	0,13	cmol _c kg ⁻¹	Areia	65,2
C	22,0	g kg ⁻¹	Silte	14,8
P	2,0	mg kg ⁻¹	Argila	20,0

A extração de fósforo e potássio foi feita pela solução de Mehlich-1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$), na relação 1:10; o carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico com oxidação pelo dicromato de sódio; a análise do sulfato foi realizada utilizando como extrator o fosfato monocálcico, determinado por turbidimetria.

Na extração de micronutrientes do solo, utilizou-se o DTPA-TEA (ácido dietileno-triamino-pentacético em trietanolamina) e, na análise dos micronutrientes na planta de milho, a incineração a 500°C e posterior solubilização com $\text{HCl } 10\%$. A determinação em ambos os casos foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica.

A análise estatística assumiu o modelo para delineamento inteiramente casualizado com tratamentos dispostos em esquema fatorial, sendo um fator qualitativo (calcário) e um quantitativo (dose). As análises de variância e regressões polinomiais foram utilizadas para definir e ajustar modelos que descrevem o comportamento das variáveis (curvas não-paralelas, paralelas ou coincidentes) em função do tipo de calcário e da dose. Regressões polinomiais não-significativas foram substituídas nos gráficos por uma linha representando a média dos valores para o respectivo corretivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de doses crescentes de ambos os materiais corretivos provocou incrementos de pH, conforme pode ser observado na figura 1a. Na dose mais elevada de calcário, o solo encontra-se com uma saturação por bases de 91 e 88%, respectivamente, quando utilizados o calcário comercial e o calcário Irati. Sendo que os dois materiais apresentam efeitos equivalentes sobre a fertilidade do solo.

A diferença de teores de Cu nos materiais corretivos não influenciou a concentração do elemento na planta, provavelmente porque este não se encontrava em forma prontamente assimilável pela planta ou, então, pelo fato de o solo apresentar teores de Cu acima dos considerados críticos. Por outro lado, ao contrário do que comumente ocorre com os micronutrientes catiônicos, o incremento de doses de calcário não provocou redução dos teores do elemento na parte aérea da planta (Figura 1b). Tal fato já foi anteriormente constatado por Smith (1984) e Quaggio et al. (1985). Segundo Hodgson et al. (1966), o incremento de pH poderia vir a favorecer a mineralização da matéria orgânica, o que provavelmente causaria aumentos de compostos orgânicos de cobre mais solúveis na solução do solo, os quais poderiam contribuir para a manutenção da concentração do elemento.

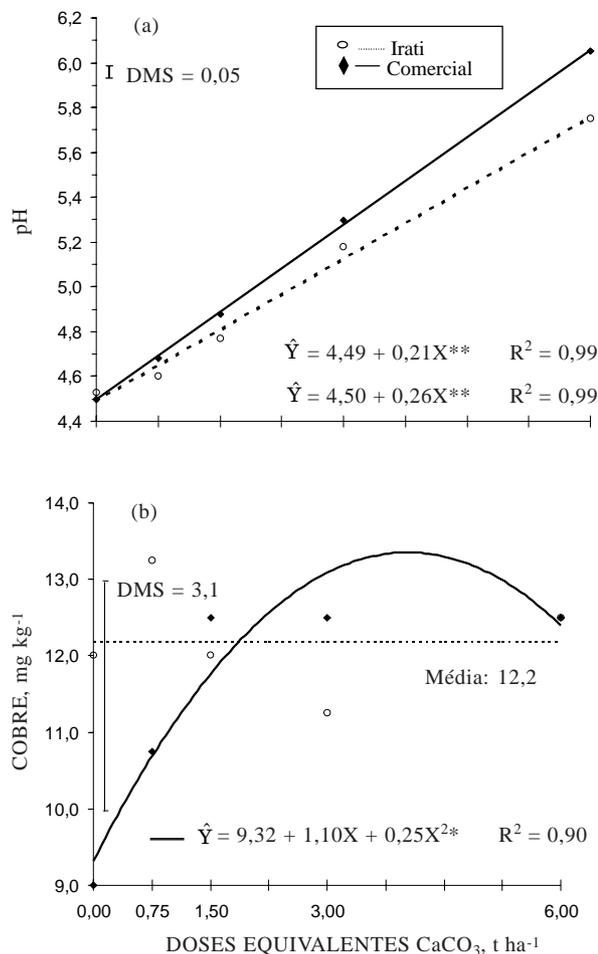


Figura 1. pH do solo em CaCl_2 , após a colheita (a) e concentração de Cu na planta de milho (b) em função de doses crescentes de equivalentes de CaCO_3 , e dos distintos materiais corretivos. (DMS: Diferença mínima significativa para diferentes materiais corretivos a uma mesma dose).

Foi constatada diferença significativa entre os materiais sobre os teores do Fe extraído do solo com DTPA-TEA. Os solos que receberam calcário comercial apresentaram um teor médio de $35,29 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe, enquanto solos corrigidos com calcário Irati apresentaram um teor médio de $39,08 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe. Se estes valores forem confrontados com os do quadro 3, verifica-se que apenas uma pequena parte do Fe adicionado via calcário Irati foi recuperada pelo extrator. As doses crescentes dos dois calcários provocaram uma redução nos valores do Fe extraído do solo, fato este anteriormente observado por Camargo et al. (1982) e Gupta & Singh (1990).

Já na planta, não se constatou, em média, diferença do material sobre os teores de Fe e, diferentemente ao observado no solo, doses crescentes de calcário

Quadro 3. Quantidades de Fe, Mn e Zn adicionadas em mg kg⁻¹ de solo, quando utilizados materiais corretivos a uma dose de 6 t ha⁻¹ equivalentes de CaCO₃

Material	Micronutriente		
	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹		
Calcário comercial	1,50	0	0,02
Calcário Irati	104,84	4,976	0,26

provocaram aumentos nos teores de Fe da planta (Figura 2), fato evidenciado principalmente no calcário comercial.

Na literatura, encontram-se relatos de que aumentos de pH não influenciaram a concentração de Fe nas plantas (Martini & Muters, 1985; Ambak et al., 1991). Aumentos nos teores de Fe na planta provocados por aumentos de doses de calcário, conforme constado neste experimento, foram igualmente observados por Quaggio et al. (1985), trabalhando com plantas de feijão, e por Mengel & Kirkby (1987), em experimento realizado em videiras, onde, embora tenha sido notado um aumento nos teores de Fe na planta, a clorose causada pela falta do elemento persistiu, indicando que o Fe absorvido não estava fisiologicamente ativo. No presente experimento, não se constataram sintomas de deficiência de Fe nas plantas de milho e provavelmente este aumento da concentração do nutriente tenha sido provocado pela redução na absorção de Mn.

Bataglia (1988) justifica o aumento da concentração de Fe na planta por meio da interação Fe x Mn, uma vez que a calagem provoca uma redução na absorção de Mn, aumentando, dessa forma, a absorção de Fe. A referida diminuição de absorção de Mn provocada pelo aumento das doses de calcário foi observada, tendo os teores do elemento no tecido variado de 150 até, aproximadamente, 20 mg kg⁻¹. Similarmente ao ocorrido na planta, doses crescentes de calcário fizeram com que os teores de Mn no solo variassem de 21 até 12 mg kg⁻¹ de Mn de solo, independentemente do material corretivo utilizado (Figura 3). A relação entre os teores de Mn do solo extraídos com DTPA-TEA (X) e os teores de Mn na planta (Y) é altamente significativa ($\hat{Y} = -71,5489 + 9,0795**X$ $R^2 = 0,85$), a qual não foi observada por Bataglia & van Raij (1989), provavelmente por terem trabalhado com diversos tipos de solos.

Novamente, embora o calcário Irati apresente em sua composição em média 1.045 mg kg⁻¹ de Mn total no corretivo, o que equivaleria a uma adição de 9,97 kg ha⁻¹ de Mn na mais alta dose aplicada (6 t ha⁻¹ equivalente de CaCO₃), contra apenas traços do elemento no calcário comercial, foi constatada uma

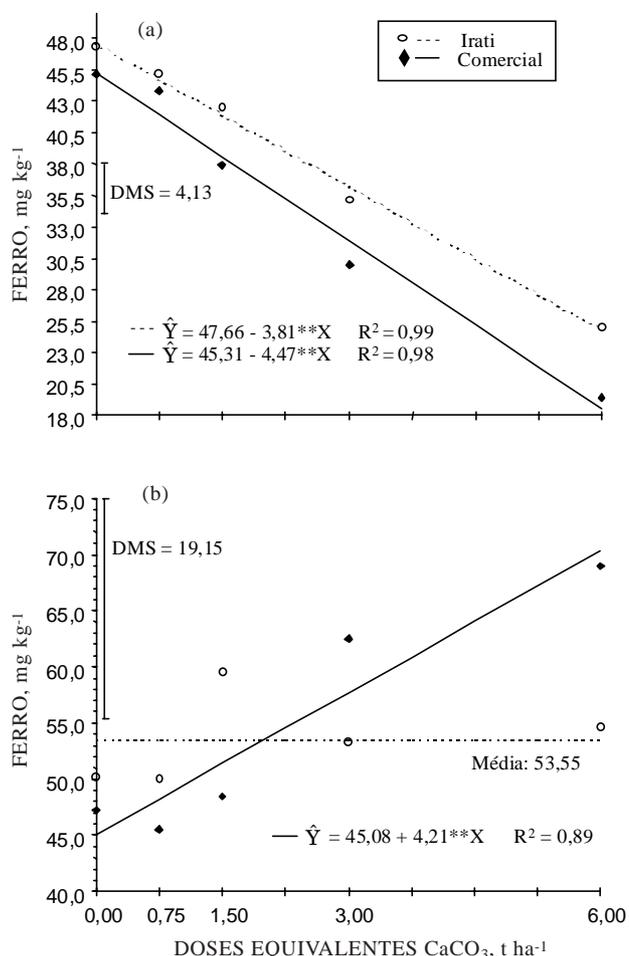


Figura 2. Teores de Fe no solo extraído com DTPA-TEA (a) e concentração média de Fe na planta de milho (b) em função de doses crescentes de equivalentes de CaCO₃, e dos distintos materiais corretivos (DMS: Diferença mínima significativa para diferentes materiais corretivos a uma mesma dose).

superioridade de apenas 9% nos teores de Mn no solo dos recipientes que receberam como tratamento o calcário Irati, os quais apresentaram um valor médio de todas as doses de 16,58 mg kg⁻¹ contra um valor de 15,09 mg kg⁻¹ dos solos corrigidos com calcário comercial. Esta diferença é de pouca relevância, considerando a amplitude da variação dos teores do elemento nos solos em geral e, além de tal fato, também não ter provocado diferenças significativas no conteúdo do elemento na planta.

Apesar da ausência de efeitos significativos dos tratamentos sobre os teores de Zn no solo, plantas cultivadas com os dois materiais corretivos, com a mesma dose, apresentaram teores distintos do elemento na planta (Figura 4a) Na dose de 6,0 t ha⁻¹ em equivalente de CaCO₃, a planta cultivada em solo corrigido com calcário comercial apresentou em média um teor de 13,44 mg kg⁻¹, valor este abaixo

de 15 mg kg⁻¹, nível considerado como crítico para a planta de milho por Jones & Eck (1973) e Malavolta (1980), enquanto plantas cultivadas com calcário Irati apresentaram teores de 17 mg kg⁻¹, indicando a possibilidade de que o Zn, existente no calcário Irati, tenha estado disponível para as plantas.

A diferença de concentração de Zn também pode ser oriunda da diferença de pH, uma vez que o calcário comercial elevou o pH do solo a um valor maior do que o calcário Irati na mesma dose. Vários são os relatos de diminuição dos teores foliares de Zn, provocada por calagem excessiva, acarretando, em grande parte dos casos, diminuição da produção de grãos (Smith, 1984; Martini & Mutters, 1985; Rytchey et al., 1986, Lins & Cox, 1989). Portanto, a dinâmica do nutriente representada pela curva do calcário comercial na figura 4a era esperada, principalmente quando considerado o efeito diluição, uma vez que estas plantas apresentaram maior produção de massa seca e não houve aumento na

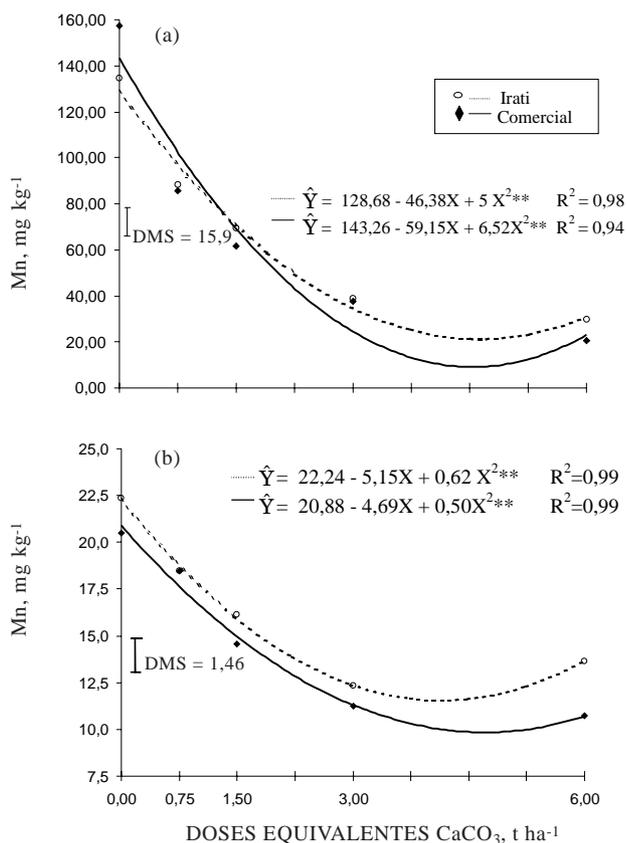


Figura 3. Concentração de Mn na planta de milho (a) e teores de Mn no solo extraído com DTPA-TEA (b) em função de doses crescentes de equivalentes de CaCO₃, e dos distintos materiais corretivos. (DMS: Diferença mínima significativa para diferentes materiais corretivos a uma mesma dose).

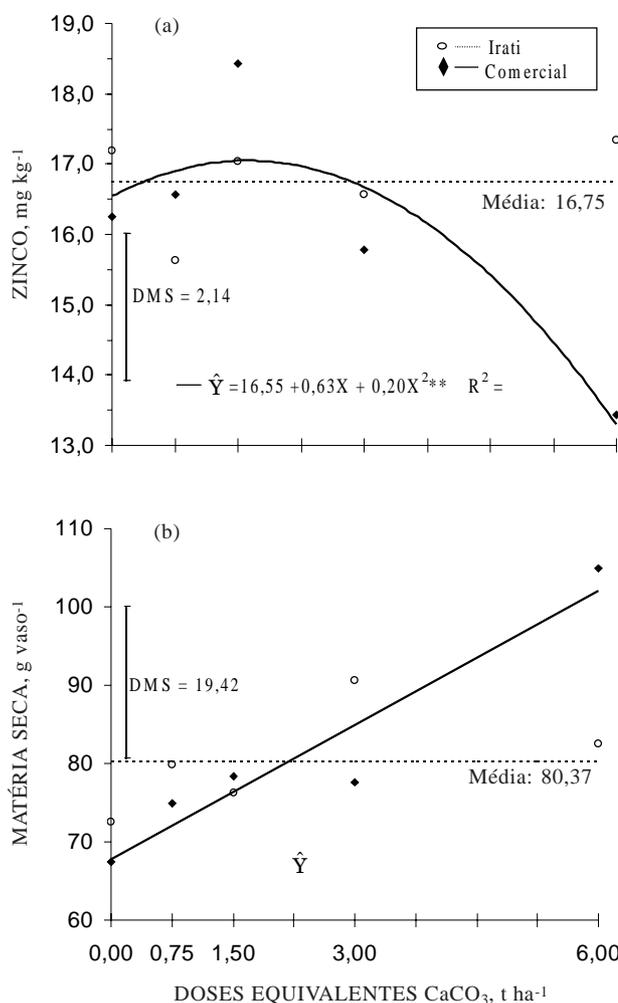


Figura 4. Concentração de Zn na planta de milho (a) e produção de matéria seca das plantas de milho por vaso (b) em função de doses crescentes dos distintos materiais corretivos em equivalentes de CaCO₃ (DMS: Diferença mínima significativa para diferentes materiais corretivos a uma mesma dose).

taxa de absorção de Zn, acarretando diminuição dos teores do elemento na planta (Figura 4b).

Por outro lado, a manutenção dos teores de Zn na planta, quando utilizado o calcário Irati, é justificada pela quantidade de Zn total contida neste material corretivo, a qual, conforme evidenciado pela análise nutricional da planta, encontrava-se em disponibilidade para as mesmas.

Conforme observado no quadro 4, com a utilização do calcário Irati, a relação Fe/Zn na planta ficou ao redor de 3, enquanto plantas que receberam calcário comercial apresentaram uma elevação do valor desta, chegando até 5, aproximando-se assim do nível crítico desta relação apontado por Nambiar & Montiramani (1981), que é igual a 6.

Quadro 4. Efeito de doses crescentes de calcário comercial e calcário Irati sobre a relação Fe/Zn na planta de milho (média de quatro repetições)

Dose equivalente	Calcário	
	Comercial	Irati
CaCO₃ t ha⁻¹		
0,00	2,93 A	2,92 A
0,75	2,75 A	3,21 A
1,50	2,64 A	3,49 A
3,00	4,00 A	3,19 A
6,00	5,13 A	3,18 B

Letras distintas diferem entre si, em uma mesma dose ao nível de 1% de probabilidade.

CONCLUSÕES

1. O aumento da dose de calcário provocou decréscimos nos teores de Mn e Fe e não teve efeito sobre os teores de Cu e Zn no solo extraídos com DTPA-TEA. Na planta, este aumento foi acompanhado da elevação na concentração de Cu e Fe e da diminuição da concentração de Mn.

2. Quanto ao efeito dos materiais corretivos, os solos corrigidos com calcário Irati apresentaram teores de Fe e Mn extraídos com DTPA-TEA, 10 e 9%, respectivamente, maiores do que aqueles que receberam calcário comercial. Todavia, na planta, não foram constatadas diferenças nos teores desses elementos provocadas pelos materiais corretivos.

3. Na mais alta dose de calcário (6 t ha⁻¹), as plantas cultivadas com calcário Irati apresentaram teores de Zn significativamente mais elevados do que aquelas cultivadas com calcário comercial, uma vez que o incremento de doses desse material provocou uma diminuição da concentração do elemento na planta, enquanto doses crescentes do calcário Irati mantiveram os teores constantes de Zn.

LITERATURA CITADA

AMBAK, K.; BAKAR, Z.A. & TADANO, T. Effect of liming and micronutrient application on the growth and occurrence of sterility in maize and tomato plants in a Malasian deep peat soil. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 37:689-698, 1991.

BATAGLIA, O.C. Micronutrientes: disponibilidade e interações. In: SIMPÓSIO: ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA Londrina, 1986. Anais. Londrina, EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.121-132.

BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:205-212, 1989.

CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. & DECHEN, A.R. Efeitos do pH e da incubação na extração Mn, Zn, Cu e Fe do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:83-88, 1982.

CHICHILO, P. & WHITTAKER, C.W. Trace elements in agricultural limestones of the United States. *Agron. J.*, 53:139-144, 1961.

DOS ANJOS, A. Estudo da formação Irati - São Mateus do Sul, PR,- como corretivo da acidez do solo. Curitiba, Universidade Federal do Paraná,1991. 128 p. (Tese de Mestrado)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Londrina, SUDESUL/ EMBRAPA/IAPAR, 1984. 2v. 791p. (Boletim Técnico, 57)

GUPTA, R.K. & SINGH, R.D. Studies on the antagonistic effects of lime on iron and aluminium. *J. Ind. Soc. Soil Sci.*, 38:130-134, 1990.

JONES JR., J.B. & ECK, H.V. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D., eds. *Soil testing and plant analysis*. 2.ed. Madison, Soil Science Society of American, 1973, p.349-364.

HODGSON, J.F.; LINDSAY, W.L. & TRIERWEILER, J.F. Micronutrient cation complexing in soil solution. II. Complexing of zinc and copper in displaced solution from calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 30:723-726, 1966.

LINS, I.D.G. & COX, F.R. Efeito do pH do solo e teor de argila sobre a disponibilidade de Zn para o milho. *Campo Grande, EMPAER*, 1989. 40p. (Boletim de Pesquisa, 6)

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARTINI, J.A. & MUTTERS, R.G. Effects of lime rates on nutrient availability, mobility and uptake during the soybean growing season: II Calcium, magnesium, potassium, iron, cooper and zinc. *Soil Sci.*, 139:333-343, 1985.

MENGEL, K & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.

NAMBIAR, K.K.M. & MONTIRAMANI, D.P. Tissue Fe/Zn ratio as a diagnostic tool for prediction of Zn deficiency in crop plants. I. Critical Fe/Zn ratio in maize plants. *Plant Soil*, 60:357-367, 1981.

QUAGGIO, J.A.; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A. & BATAGLIA, O.C. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do Vale do Rio Ribeira de Iguape (SP). *R. Bras. Ci. Solo*, 9:255-261, 1985.

RYTCHEY, D.K.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de Zn para culturas do milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 21:215-225, 1986.

SMITH, C.B. Sweet corn growth responses and leaf concentrations as affected by lime types and fertilizer treatments in a five-year study. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 104:572-577, 1984.

TESSARO, L.C.; PREVEDELLO, B.M.S. & ASSMANN, T.S. Efeito do calcário Iratti no pH e no teor de alumínio de dois solos da região sudeste do estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia, 1993. Resumos. Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.229-230.

VALADARES, J.M.A.S.; BATAGLIA, O.C. & FURLANI, P.R. Estudo de materiais calcários usados como corretivo do solo no estado de São Paulo. III - Determinação de Mo, Co, Cu, Zn, Mn e Fe. *Bragantia*, 33:147-152, 1974.