

# Concentração dos Nutrientes nas Folhas de Soja após Calagem em Faixas sob Plantio Direto no Cerrado

ZAQUEU FERNANDO MONTEZANO<sup>(1)</sup>, EDEMAR JOAQUIM CORAZZA<sup>(2)</sup> & TAKASHI MURAOKA<sup>(3)</sup>

**RESUMO** - As respostas da soja em termos de concentração de nutrientes no manejo da calagem considerando a variabilidade do solo têm sido pouco exploradas. O objetivo do trabalho foi avaliar o estado nutricional das plantas após a calagem em faixas de aplicação considerando grupos de necessidade de calagem (NC) em plantio direto na região do Cerrado. O experimento foi conduzido na Fazenda Alto Alegre localizada no município de Planaltina-GO em uma área de produção comercial de grãos com 373 ha. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso representando cada um uma área de 16 ha do campo. Cada área é composta de quatro faixas paralelas com 25 m de largura onde foram aplicados os tratamentos: 0 (controle), 1, 2 e 3 t ha<sup>-1</sup> de calcário. As aplicações de calcário foram feitas em dose única na superfície no mês de setembro de 2005. A amostragem da folha indicadora foi realizada para os tratamentos nas faixas. O calcário se mostrou eficiente fonte de Mg para a soja e restringiu a absorção de Mn. No caso desse nutriente a aplicação de calcário em superfície deve ser criteriosa no sentido de se evitar uma deficiência nutricional ou toxidez de Mn às plantas nos diferentes grupos de NC.

**Palavras-Chave:** (agricultura de precisão, nutrição mineral, necessidade de calagem)

## Introdução

A produtividade das culturas de importância agrônômica varia em resposta ao pH do solo, respondendo a aplicação de calcário somente se os níveis de pH limitam a performance dessas culturas [1].

Doses uniformes de calcário podem deixar áreas subcalariadas ou aplicar o corretivo em porções do campo onde o pH do solo está próximo de 7. Diferentemente de alguns outros fertilizantes, o calcário pode produzir um efeito negativo na resposta da cultura se for aplicado em excesso. Os efeitos negativos de uma supercalagem, considerando o aspecto do estado nutricional das plantas, estão geralmente ligados a uma deficiência nutricional das plantas, para os micronutrientes catiônicos, induzida pelo alto pH [2].

O método para calcular a quantidade recomendada de calcário, que vem sendo muito usado na região do Cerrado, é o que utiliza a saturação por bases do solo [3]. A equação para o cálculo foi deduzida por Quaggio [4] e Quaggio et al. [5]. O valor da saturação por bases a ser atingida depende da tolerância à acidez ou resposta da cultura a calagem [6]. Segundo as recomendações do Instituto Agrônomo de Campinas para os solos do Estado de São Paulo, esse valor é de 60% para a cultura da soja [7].

Dados obtidos experimentalmente indicam que a produtividade de grãos das culturas de sequeiro (soja, milho, trigo e feijão) aumenta com a saturação por bases até 40%, estabiliza entre os valores de 40 e 60% e diminui quando a saturação por bases é maior que 60%. Para valores de saturação por bases maiores que 60%, o pH em água do solo será maior que 6,3 e, nessa situação, poderá ser induzida a deficiência de zinco, cobre, ferro e manganês, essa última muito freqüente na região do Cerrado.

Os limitados estudos de campo, sobre aplicação de calcário a taxas variáveis, têm demonstrado um aumento no pH do solo em áreas onde o calcário foi aplicado, reduzindo a variabilidade espacial do pH no campo experimental e aumentando a produtividade da soja [8].

Embora a aplicação de calcário a taxas variáveis seja freqüentemente identificada como um importante benefício da agricultura de precisão poucos estudos publicados tem avaliado as respostas da planta para este tipo de manejo [8]. Considerando mais especificamente a avaliação do estado nutricional das plantas para experimento de manejo “sítio específico” da calagem, levando-se em conta a variabilidade dos atributos ligados a acidez do solo, muito poucos trabalhos tem sido encontrados na literatura.

A hipótese do trabalho é: As concentrações dos nutrientes no tecido foliar das plantas de soja variam conforme a dose de calcário nas faixas de aplicação.

O objetivo do trabalho foi avaliar o estado nutricional das plantas por meio da concentração foliar dos nutrientes após a calagem em faixas de aplicação, em plantio direto numa lavoura de produção de grãos na região do Cerrado.

## Material e Métodos

### A. Delineamento experimental

Foi considerado no planejamento deste experimento a variabilidade espacial dos atributos de fertilidade

<sup>(1)</sup> Primeiro Autor é Pós-Doutorando do Centro de Solos e Recursos Ambientais, Instituto Agrônomo de Campinas. Av. Barão de Itapura, 1481, Guanabara, CEP 13012-970, Campinas, SP. e-mail: [zaqueu@iac.sp.gov.br](mailto:zaqueu@iac.sp.gov.br).

<sup>(2)</sup> Segundo Autor é Pesquisador, Embrapa Informações Tecnológicas - PqEB. Av. W3 Norte, 2977, CEP 70770-901, Brasília, DF. e-mail: [edemar@sct.embrapa.br](mailto:edemar@sct.embrapa.br).

<sup>(3)</sup> Terceiro Autor é Professor Doutor, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Av. Centenário, 303, São Dimas, CEP 13416-000, Piracicaba, SP. e-mail: [muraoka@cena.usp.br](mailto:muraoka@cena.usp.br).  
Apoio financeiro: CNPq.

diretamente ligados a acidez do solo, como pH, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis, e  $\text{H+Al}$  [9]. A variabilidade espacial do teor de argila avaliada por esses autores foi também considerada. Portanto, a espacialização dos resultados desses atributos mais o do parâmetro calculado de saturação por bases produziram o mapa da necessidade de calagem segundo o critério de recomendação de calcário proposto por Sousa & Lobato [3] para atingir a saturação por bases desejada de 50%.

O delineamento experimental em blocos ao acaso em faixas foi composto por três áreas (blocos) de 16 ha cada um em três posições transversais a uma área de produção de 373 ha. Cada uma daquelas áreas foram subdivididas em 4 faixas paralelas com 25 m de largura onde foram aplicados os tratamentos: 0 (controle), 1, 2 e 3 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário distribuídos de forma casualizada dentro de cada bloco.

As aplicações de calcário dolomítico em superfície tanto nas faixas de aplicação foram feitas no mês de setembro de 2005 por uma distribuidora de calcário com regulagem para aplicar uma dose de 1,0 t  $\text{ha}^{-1}$ . Na aplicação das doses 2,0 e 3,0 t  $\text{ha}^{-1}$  repetiu-se a aplicação na mesma passada 2 e 3 vezes, respectivamente. O calcário dolomítico aplicado apresentou teores de CaO de 29,2% e de MgO de 20,8%, com um PN de 102% e PRNT de 90,54%. As quantidades das frações retidas na peneira de 2 mm (10 mesh) foi 0,0%, na 0,84 mm (20 mesh) foi 2,8%, na 0,3 mm (50 mesh) foi 22,5% e 74,7% passou na peneira de 0,3 mm.

#### *B. Amostragem das folhas*

Foi realizada amostragem da folha indicadora em janeiro de 2007. Segundo a recomendação contida em Oliveira [10], a amostragem das folhas foi realizada no florescimento das plantas e o tipo de folha coletado foi o terceiro trifólio com pecíolo a partir do ápice da planta.

A amostragem de folhas nas faixas de aplicação de calcário e na faixa com o tratamento controle foi realizada em células de 4 ha ao longo de todo o comprimento das faixas. Essas foram coletadas em nove pontos de subamostragem ao redor do ponto central da faixa em cada célula. Em cada ponto de subamostragem coletou-se a folha indicadora de três plantas em cada uma das três linhas de plantio próximas ao ponto.

#### *C. Análise química das folhas*

O material vegetal coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar com temperatura constante ajustada a 65°C por um período de 48 horas. O material seco foi moído em moinho tipo Wiley, passando as amostras em peneira de 20 mesh.

Para as determinações dos nutrientes a exceção do N, o material vegetal foi submetido à digestão nítrico-perclórica conforme descrito em Malavolta et al. [11]. No extrato nítrico-perclórico, a concentração de P foi determinada por espectrofotometria do metavanadato + molibdato, a de potássio (K) por fotometria de emissão de

chama, as concentrações de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrometria de absorção atômica e a de S por turbidimetria do sulfato de bário. Para a determinação de N, submeteu-se o material à digestão sulfúrica e posterior destilação do extrato pelo método micro-Kjeldahl.

#### *D. Análise estatística*

Considerando as células por onde cruzam as faixas com os tratamentos de calcário dentro de cada um dos três blocos, as mesmas foram agrupadas de acordo com a necessidade de calagem (NC) calculada pelo método da saturação por bases a partir dos resultados de análise de solo em novembro de 2003 [9]. Os grupos formados foram os seguintes: GRUPO 1 ( $\text{NC} < 1,5 \text{ t ha}^{-1}$ ), GRUPO 2 ( $1,5 = \text{NC} < 2,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) e GRUPO 3 ( $\text{NC} > 2,5 \text{ t ha}^{-1}$ ).

As médias dos resultados da análise foliar para as folhas amostradas das diferentes culturas foram avaliadas quanto a diferença estatística entre elas pelo procedimento GLM (SAS). O resultado do teste F utilizado para a comparação entre as médias foi significativo a 10% de probabilidade. Comprovada a diferença estatística entre as médias as mesmas foram comparadas pelo teste t entre os tratamentos e entre os tratamentos para cada grupo de NC definido previamente. O nível de significância considerado para o teste t foi também de 10% de significância.

## **Resultados e Discussão**

#### *A. Estado nutricional da soja nas faixas de calagem*

Houve diferença estatística na concentração média de Mg e Mn entre os tratamentos. Novamente houve aumento na concentração de Mg com o aumento na dose de calcário em relação ao tratamento controle, e diminuição nas concentrações de Mn com o aumento na dose de calcário (Figura 1). A função primária do calcário e a de corrigir o pH do solo. Além disso, dependendo do tipo de calcário, ele pode desempenhar a função de fornecedor de Ca e Mg. Por isso era de se esperar uma maior absorção de Mg pela planta. Mas essa maior absorção, no caso da soja, pode ocorrer também em virtude da melhoria da capacidade de troca de cátions do solo devido as cargas elétricas geradas na superfície dos colóides minerais e orgânicos e que são dependentes dos valores de pH do meio.

A aplicação de calcário em superfície no plantio direto deve ser realizada de forma criteriosa pois uma dose excessiva de calcário pode promover uma deficiência nutricional de Mn às plantas de soja e a aplicação de subdoses de calcário promover o oposto, ou seja, uma toxidez de Mn. Isso se torna importante quando se extrapola os resultados da pesquisa sobre recomendação de calagem para as áreas de produção normalmente extensas.

Caires & Fonseca [12] avaliaram a absorção de nutrientes pela soja em função das doses de calcário aplicadas em superfície e constataram que houve aumento na absorção de P e de Mg e de redução de Zn e Mn pela cultura. Esses autores explicaram que o aumento da absorção de P foi proporcional ao aumento do pH do solo até a profundidade de 20 cm, ao passo que a maior absorção de Mg foi ocasionada pelo aumento de seus teores no solo, devido ao uso de calcário dolomítico.

Lima et al. [13], trabalhando em solos com fortes limitações nutricionais às plantas, tanto pela acidez quanto pelo excesso de Mn trocável, avaliaram os efeitos de um fatorial com cinco doses de calcário e com cinco doses de Mn na nutrição mineral da soja. Comparando os tratamentos com e sem calagem observaram a ocorrência de deficiências de Ca e Mg e toxidez de Mn, concluindo que a calagem, além de seus efeitos benéficos conhecidos, mostra-se importante em prevenir a toxidez de Mn na soja.

#### *B. Estado nutricional da soja nas faixas em relação aos grupos de NC*

Na Tabela 1 é apresentado as concentrações médias de macro e micronutrientes no tecido foliar das plantas de soja para cada um dos grupos de NC.

Para as concentrações médias dos nutrientes no GRUPO 1 houve diferenças significativas somente para as concentrações de Mn, com redução na concentração em resposta ao aumento da dose de calcário. As concentrações de P estão um pouco abaixo do limite inferior da faixa considerada adequada para as concentrações desse nutriente nas folhas de soja [10]. Para o Cu, mesmo não sendo significativa a sua diminuição nas folhas de soja com o aumento das doses de calcário, vale ressaltar que a concentração desse elemento passou de adequada, ou seja, dentro da faixa dos valores publicados por Oliveira [10], no tratamento controle, para fora dessa faixa nos tratamentos relativos a doses de calcário.

No GRUPO 2 houve diferença significativa nas concentrações de K, Mn e Zn em resposta aos tratamentos. Em todos os casos houve redução das concentrações com o aumento das doses de calcário em superfície. As concentrações de P e Cu ficaram abaixo da faixa adequada neste grupo de NC como ocorreu no primeiro grupo.

Os valores das concentrações médias dos nutrientes no GRUPO 3 não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em relação aos tratamentos a exceção das concentrações de Cu. Houve redução das concentrações desse nutriente com o aumento da dose de calcário aplicado em superfície. Todos os valores para as concentrações de Cu ficaram abaixo do limite inferior da faixa de valores considerada adequada independente do tratamento. Vale a pena observar as concentrações de Cu para cada um dos grupos de NC, apesar de não ter sido comparado estatisticamente. Para uma mesma dose de calcário as concentrações de Cu aumentam em valor com a diminuição da dose de calcário necessário para elevar a saturação por bases a 50%. Para os grupos com NC maiores as concentrações desse elemento se distanciaram mais da faixa adequada. As concentrações de P para os três grupos ficaram abaixo dos valores adequados para a cultura da soja.

### **Conclusões**

O calcário mostrou ser uma eficiente fonte de Mg e restringiu a absorção de Mn. No caso desse nutriente a aplicação de calcário em superfície deve ser criteriosa

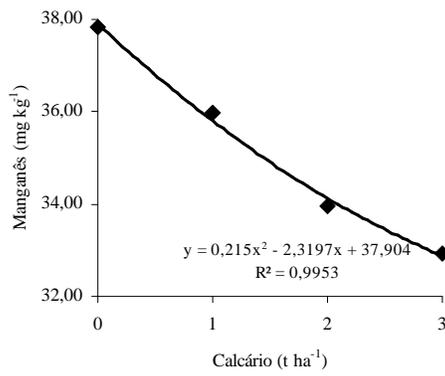
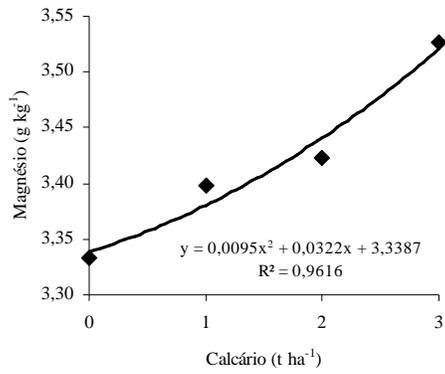
no sentido de se evitar a sua deficiência nutricional ou toxidez às plantas nos diferentes grupos de NC. As concentrações de P e Cu ficaram abaixo das consideradas adequadas para a soja.

### **Agradecimentos**

Aos proprietários da Fazenda Alto Alegre pelo apoio na realização do trabalho. O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

### **Referências**

- [1] BLACK, C.A. 1993. Soil fertility evaluation and control. Boca Raton, Lewis Publication. 741 p.
- [2] ADAMS, F. 1984. Soil acidity and liming. 2 ed. Madison, American Society of Agronomy. 380 p.
- [3] SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. 2004. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, EMBRAPA. p. 81-96.
- [4] QUAGGIO, J.A. 1983. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- [5] QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van & MALAVOLTA, E. 1985. Alternative use of the SMP-buffer solution to determine lime requirement of soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 16: 245-260.
- [6] QUAGGIO, J.A. 2000. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. 111 p.
- [7] RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. 1996. Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 300 p.
- [8] PIERCE, F.J. & WARNCKE, D.D. 2000. Soil and crop response to variable-rate liming for two Michigan fields. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 774-780.
- [9] MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J. & MURAOKA, T. 2006. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. *R. Bras. Ci. Solo*, 30: 839-847.
- [10] OLIVEIRA, S.A. 2004. Análise foliar. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, EMBRAPA. p. 245-256.
- [11] MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS. 319 p.
- [12] CAIRES, E.F. & FONSECA, A.F. 2000. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, 59: 213-220.
- [13] LIMA, D.V.; KLIEMANN, H.J.; MORAES, M.F. & LEANDRO, W.M. 2004. Relações entre doses de calcário e manganês na nutrição mineral da soja na região de Rio Verde (GO). *Pesq. Agropec. Tropical*, 34: 65-73.



**Figura 1.** Concentrações médias de Magnésio e Manganês no tecido foliar de soja (safra 2006/2007) em função das doses de calcário aplicadas em superfície

**Tabela 1.** Concentrações médias para os macro e micronutrientes em tecido foliar de plantas de soja safra 2006/2007 para cada grupo de necessidade de calagem (NC).

Calcário	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
--- t ha <sup>-1</sup> ---	----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
<b>GRUPO 1 (NC &lt; 1.5 t ha<sup>-1</sup>)</b>										
0,0	49,33a <sup>1</sup>	2,27a	28,22a	9,85a	3,39a	2,63a	10,21a	103,64a	41,75a	58,19a
1,0	52,21a	2,26a	27,29a	10,01a	3,35a	2,50a	8,77a	112,48a	40,97ab	59,11a
2,0	51,42a	2,26a	27,86a	10,20a	3,48a	2,49a	8,65a	102,05a	35,75bc	54,04a
3,0	51,38a	2,28a	27,72a	9,82a	3,50a	2,69a	8,46a	108,58a	34,66c	53,95a
Pr > F <sup>2</sup>	0,261	0,926	0,432	0,558	0,224	0,234	0,492	0,632	0,089	0,440
DMS <sup>3</sup>	2,50	0,05	0,96	0,50	0,14	0,19	2,13	15,15	5,55	6,82
CV <sup>4</sup>	5,7	2,7	4,0	5,9	4,7	8,8	27,5	16,5	16,9	14,1
<b>GRUPO 2 (1.5 = NC = 2.5 t ha<sup>-1</sup>)</b>										
0,0	48,71a	2,41a	29,25a	9,95a	3,39a	2,52a	7,52a	103,64a	36,18a	47,16a
1,0	47,49a	2,38a	29,06a	9,53a	3,39a	2,56a	7,18a	111,85a	31,09b	46,18ab
2,0	48,28a	2,45a	28,58a	9,73a	3,46a	2,61a	7,37a	102,87a	30,43bc	43,94bc
3,0	49,86a	2,46a	27,14b	9,46a	3,57a	2,62a	6,99a	102,07a	28,95c	41,27c
Pr > F	0,562	0,237	0,042	0,733	0,398	0,633	0,401	0,444	0,000	0,009
DMS	2,92	0,07	1,26	0,83	0,21	0,15	0,56	11,59	1,86	2,73
CV	5,9	3,0	4,4	8,5	5,9	5,7	7,6	10,9	5,8	6,0
<b>GRUPO 3 (NC &gt; 2.5 t ha<sup>-1</sup>)</b>										
0,0	52,25a	2,31a	27,92a	9,94a	3,26a	2,75a	7,23a	114,98a	35,39a	48,81a
1,0	52,85a	2,36a	26,28a	10,10a	3,37a	2,74a	6,69b	118,44a	34,81a	48,00a
2,0	53,32a	2,33a	27,60a	9,77a	3,25a	2,75a	6,56b	130,32a	35,42a	47,67a
3,0	51,91a	2,29a	26,28a	10,16a	3,49a	2,72a	6,46b	115,92a	34,19a	45,41a
Pr > F	0,783	0,614	0,244	0,336	0,293	0,969	0,023	0,424	0,943	0,146
DMS	2,56	0,09	1,72	0,39	0,24	0,12	0,42	17,56	4,00	2,51
CV	5,3	4,0	6,9	4,2	7,6	4,7	6,7	15,8	12,3	5,7

<sup>1</sup> As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste F ao nível de 10% de significância

<sup>2</sup> Comparação entre as médias dos tratamentos não significativa em P = 0,1

<sup>3</sup> Diferença Mínima Significativa a 10% de probabilidade pelo teste t

<sup>4</sup> Coeficiente de Variação

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.