
MICRONUTRIENTES EM SOJA NO ESTADO DE SÃO PAULO

MASCARENHAS, Hipólito Assunção Antonio¹

ESTEVES, José Antonio de Fátima²

WUTKE, Elaine Bahia²

GALLO, Paulo Boller³

Recebido em: 2014-01-06

Aprovado em: 2014-04-23

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1102

RESUMO: No Estado de São Paulo a deficiência de micronutrientes é rara. Os micronutrientes mais importantes são manganês, boro, zinco, cobre e molibdênio. Os de menor importância são cobre e ferro. As deficiências de micronutrientes só aparecem com o uso excessivo de calcário, fósforo e potássio; no caso do ferro, pode ocorrer toxidez devido ao excesso de chuvas. Altas produtividades de soja exigem níveis elevados de correção de acidez do solo, entretanto, no caso do Mo, é possível reduzir a necessidade de calagem com aplicação do elemento. Em cultivo intensivo é necessário o uso de micronutrientes.

Palavras-chave: Soja. Produtividade. Calagem. Fertilidade do solo. Diagnose foliar

SUMMARY: In the State of São Paulo the deficiency of micronutrients is rare. The most important micronutrients are manganese, boron, zinc, molybdenum and the lesser extents copper and iron. Deficiencies of micronutrients occur due to the use of excess of liming, phosphorus and potassium; toxicity can occur due to heavy rains. High yields of soybeans demand high levels of liming to correct the soil acidity. With the used of Mo it is possible to reduce liming. In intensive cultivation it is necessary, to use micronutrients.

Keywords: Soybeans. Yield. Liming. Soil fertility. Leaf analyses.

INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo é rara a ocorrência de deficiência por micronutrientes em soja. Porém, as deficiências podem ocorrer pelo uso intensivo dos solos e cultivos sucessivos; solos com baixo teor de matéria orgânica; entre outros fatores, podendo resultar ao longo do tempo na deficiência das plantas em relação aos micronutrientes. As deficiências podem ocorrer também pelo uso excessivo de calcário e adubações desbalanceadas que pode resultar no desequilíbrio químico do solo. Por outro lado, a utilização excessiva de calagem e adubações podem também suprir essa deficiência, uma vez que, os mesmos podem conter micronutrientes em sua composição. Segundo Mascarenhas et al. (1973), em estudo com aplicação de micronutrientes em soja, não foram observadas diferenças no desenvolvimento das plantas e no rendimento de grãos. Isso pode ter ocorrido devido à presença de micronutrientes como impurezas nos insumos utilizados como calcário; superfosfato simples e superfosfato triplo.

Os micronutrientes mais estudados na cultura da soja são manganês, boro, zinco e o molibdênio. A aplicação de micronutrientes pode ser de grande relevância em solos intensivamente cultivados.

¹ Pesquisador Científico, aposentado, mascarenhashaa@gmail.com

² Pesquisador Científico, Instituto Agrônomo – IAC; Av. Barão de Itapura, 1481, 13020-902; Campinas, SP; jafesteves@iac.sp.gov.br, ebwutke@iac.sp.gov.br

³ Pesquisador Científico, Polo Regional Nordeste Paulista - Mococa, SP; paulogallo@apta.sp.gov.br

O uso da análise foliar, bem como a análise química de solo, apresenta boa correlação com a produção de soja e têm sido úteis para o diagnóstico do estado nutricional das plantas, inclusive com relação aos micronutrientes.

A seguir, os micronutrientes mais importantes para a cultura da soja são descritos de forma resumida, com considerações e apresentação dos resultados de alguns estudos realizados com relação aos mesmos no Estado de São Paulo.

1 BORO

O boro (B) tem importante função no transporte e no metabolismo de carboidratos na planta. A concentração desse elemento nas plantas de soja é considerada normal na faixa de 20 a 100 mg kg⁻¹ e, a zona de transição de valores entre a deficiência e o nível adequado, está entre 16 a 20 mg kg⁻¹ (Ohlrogge e Kamprath, 1968).

O B é relativamente imóvel na grande maioria das plantas e, como consequência, os primeiros sintomas de deficiência aparecem nos meristemas, região de crescimento e maior exigência.

As plantas necessitam de B para inúmeros processos durante seu desenvolvimento, especialmente: no crescimento, na divisão celular e metabolismo do ácido nucleico, na germinação de grãos de pólen e no crescimento do tubo polínico; na síntese de aminoácidos e proteínas; e no transporte interno de açúcares amidos, nitrogênio (N) e fósforo (P).

O B apresenta baixa mobilidade dentro do floema, pois com formas complexas de baixa solubilidade é, portanto, de difícil redistribuição das folhas mais maduras para os pontos de maior exigência, como os tecidos meristemáticos. Isto implica a necessidade de uma constante disponibilidade ou suprimento desse micronutriente durante a fase vegetativa das plantas.

Em Guaíra, no estado de São Paulo, fez-se drenagem de uma várzea para plantio de arroz. Entretanto, como a várzea apresentava limitações técnicas para o cultivo do arroz, cultivou-se a soja. Os solos após aplicação de calcário em áreas aparentemente sem sintomas de deficiência de B nas plantas de soja (Tabela 1) apresentavam altos teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) e, conseqüentemente, valores elevados de V%, devido ao excesso de calcário aplicado. Apresentavam ainda um desbalanço entre os teores de Ca, Mg e o Potássio (K), enquanto os teores de B e manganês (Mn), apresentavam-se baixos. (Siqueira, 1987).

Tabela 1. Análise química do solo de amostras coletadas antes da aplicação de calcário (A), após aplicação de calcário em áreas com sintomas agudos de deficiência de B (AC) e, após aplicação em áreas aparentemente sem sintomas de deficiência nas plantas (AS).

Amostras	pH (H ₂ O)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca (mmol _c dm ⁻³)	Mg	V %	B (mg dm ⁻³)	Mn
A	4,7	44	8,0	1,2	18	5,0	37	1/	1/
AC	6,3	45	18,0	1,1	84	48	89	0,06	2,8
AS	6,0	48	78,0	2,1	94	40	87	0,11	3,2

1/ dados não determinados.

Fonte: Mascarenhas et al., 1988.

Na tabela 2, nota-se que os teores de K e Mn no tecido nas duas situações (AC e AS), estão igualmente baixos, confirmando a situação da fertilidade do solo apresentados pela análise química. O mesmo ocorreu com relação às folhas em AC, cujo teor de B é considerado deficiente enquanto que, em AS, é considerado apenas baixo, conforme a tabela de Jones, citado por Ohlrogge e Kamprath (1968).

Em condições de cultivo em várzea houve encurtamento de internódios e as plantas de soja ficaram anãs, com caule bastante grosso, prejudicando a colheita mecânica.

Furlani et al. (2001), estudando quatro cultivares de soja (IAC-1, IAC-8, IAC-15 e IAC-17) e utilizando cinco doses de boro mostra que IAC-1 foi mais suscetível à deficiência e a toxidez de B e o IAC-17 foi aparentemente o mais tolerante ao excesso de B.

Rerkasem et al. (1997) estudaram a resposta de 19 cultivares de soja num solo deficiente em B na Tailândia e, nestas condições, observaram queda na produtividade da ordem de 30% a 60%, quando comparado ao tratamento com adubação boratada.

Tabela 2. Análise de folhas coletadas na cultivar de soja IAC-8 com sintomas de deficiência aguda de B (AC) e folhas aparentemente sem sintomas de deficiência do micronutriente (AS).

Amostras	N	P	(g kg ⁻¹)				(mg kg ⁻¹)			
			K	Ca	Mg	S	Mn	Cu	Zn	B
AC	47	2,6	11,5	10,7	4,3	3,0	39	7,8	32,5	10
AS	43	2,2	13,2	8,5	3,0	2,6	68	8,0	49,5	19

Fonte: Mascarenhas et al., 1988.

A principal fonte inorgânica de B utilizada na adubação é o bórax (Na₂ B₄O₇), sendo completamente solúvel em água e sujeito as perdas por lixiviação, podendo ser necessária mais de uma aplicação durante o ciclo de cultura.

Segundo Oliveira Junior et al. (2010), de maneira geral, nos resultados de análise química de solo, em experimentos ou em lavouras comerciais, tem sido observada com elevada frequência a ocorrência de teores baixos de B. Embora as análises químicas do solo mostrem essa situação, não foram verificadas respostas à adubação boratada ou mesmo sintomas visuais de deficiência, indicando a possibilidade de diagnóstico incorreto pela análise química de solo.

2 MOLIBDÊNIO

O molibdênio (Mo) dentre os micronutrientes é exigido em menor quantidade pelas plantas de soja, sendo encontrado nos tecidos vegetais na ordem de 0,1 a 1,0 mg kg⁻¹ de massa de matéria seca (DECHEN et al., 1991a).

De acordo com Davies (1956), as formas de ocorrência do Mo no solo são as não disponíveis, retido no interior da estrutura cristalina dos minerais primários e secundários; disponíveis ou trocável quando retido nas argilas como MoO₄²⁻ e disponível em função de pH e do teor de P assimilável; na matéria orgânica e solúvel em água.

Os sintomas de sua deficiência na planta são manifestados, principalmente, como uma clorose internerval. As nervuras permanecem verde-pálidas, de modo que, com a clorose, é conferida à folha

uma aparência reticulada, semelhante à do sintoma de carência de Mn. Verifica-se também, uma tendência para enrolamento ou encurvamento das bordas das folhas tanto para cima quanto para baixo (DECHEN et al., 1991b).

As exigências da planta com relação a esse micronutriente são muito menos intensas quando o elemento é fornecido juntamente com o nitrogênio amoniacal do que com o nitrato, porque uma das funções mais importantes do Mo é a redução do nitrato. A capacidade de redução do nitrato é devida à enzima nitrogenase, em cuja estrutura proteica, está presente os elementos enxofre (S), ferro (Fe) e Mo (MILLER, 1991). Como o Mo é essencial para a fixação simbiótica do N, quando ocorre sua deficiência, podem ser constatados sintomas de deficiência de N (EPSTEIN, 1975).

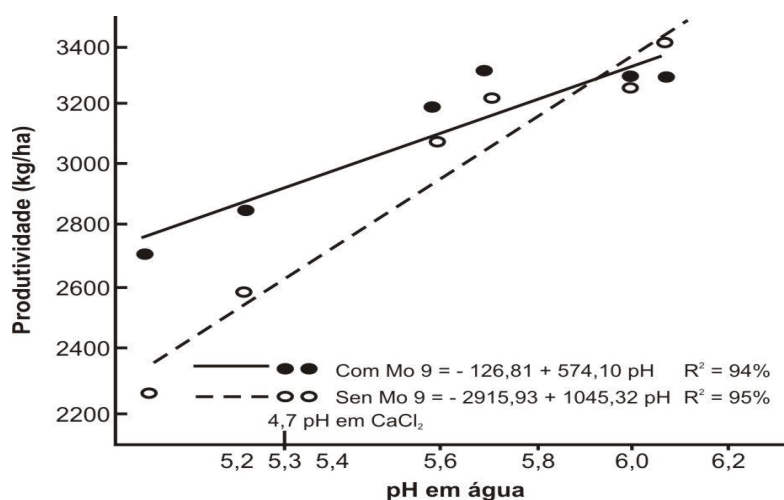
Nos solos com deficiência severa de Mo e com extrema deficiência nutricional, podem ser constatadas sintomas mais característicos da deficiência do elemento em plantas de soja, principalmente quando são utilizadas sementes com reduzido teor desse micronutriente; pois, o teor do elemento nas sementes, poderá ser até uma fonte de suficiência de Mo para as culturas subsequentes. Gurley e Giddens (1969) verificaram produtividade de grãos de 1.505; 2.332 e 2.755 kg ha⁻¹, quando utilizaram sementes com os seguintes teores de Mo, respectivamente, de 0,05; 19,0 e 48,0 mg kg⁻¹.

Os teores adequados de Mo nas sementes de soja são suficientes para a garantia de níveis elevados e crescentes de produtividade da cultura, mesmo em solo deficiente. Esse talvez seja um dos principais fatores responsáveis pela não constatação de efeitos da aplicação desse micronutriente em soja (QUAGGIO et al., 1991).

Sabe-se que, quanto maior a acidez de um solo, mais o Mo se torna insolúvel; assim, mesmo estando presente no solo, sua disponibilidade para as plantas é diminuída (Franco e Day 1980). No sentido inverso, com a correção da acidez do solo poderá ser corrigida a deficiência de Mo para as plantas (Rubin et al., 1995).

Em experimento com aplicação de calagem e Mo, em Latossolo Vermelho no Estado do Paraná, Lantmann et al. (1989) verificaram efeitos de micronutriente na soja apenas quando houve ausência de calagem (Figura 1), dados semelhantes foram obtidos por Quaggio et al., 1998.

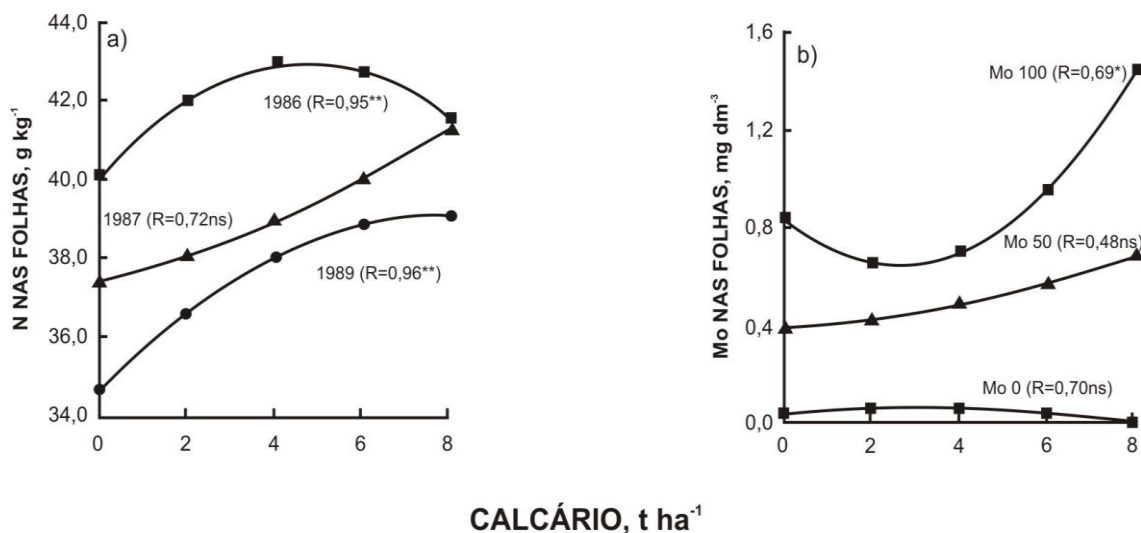
Figura 1. Interação da calagem e Mo em Latossolo Vermelho, considerando ácido, no Paraná.



Fonte: Lantmann et al. (1985).

Em estudo realizado em Mococa-SP, conduzido por cinco anos em Podzólico Vermelho-Amarelo com a cultivar de soja IAC-11, utilizando-se cinco níveis de calagem (0, 2, 4, 6, 8 t ha⁻¹) e três doses de Mo (0, 50 e 100 t ha⁻¹) na forma de molibdato de amônio, a calagem aumentou o teor de N e Mo nas folhas de soja (QUAGGIO et al. ,1998) (Figura 2).

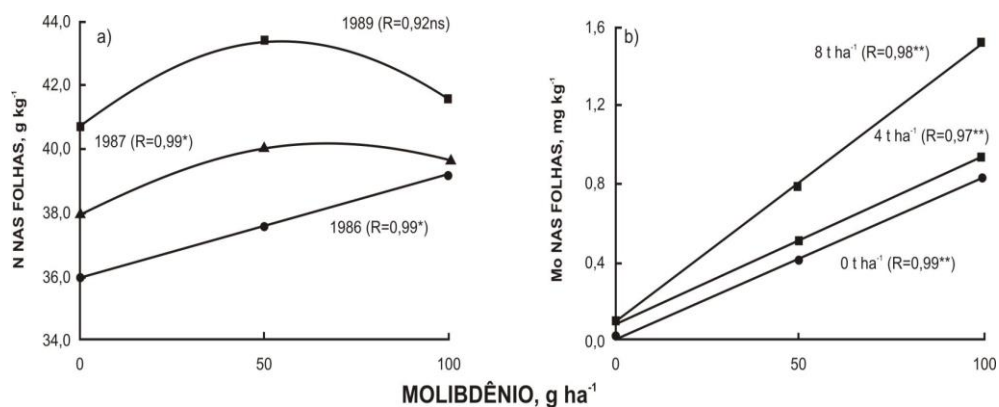
Figura 2. Influência da calagem sobre os teores de N (a) e Mo (b) nas folhas de soja IAC-11.



Fonte: Quaggio et al. (1998).

Os níveis de Mo aumentaram os teores de N e Mo nas folhas (Figura 3). Dessa forma, altas produtividades de soja exigem níveis elevados de correção de acidez do solo, entretanto, é possível reduzir a necessidade de calagem com o uso de Mo.

Figura 3. Influência do Mo sobre os teores de N (a) e Mo (b) nas folhas de soja IAC-11.



Fonte: Quaggio et al. (1998).

Tanto Vitti et al. (1984) como Tanaka et al. (1993) obtiveram resultados positivos com aplicação de Mo em Latossolo Vermelho de Jaboticabal, SP, solo de cerrado; e de textura arenosa em Paraguaçu Paulista, SP, respectivamente.

Entretanto, deve ser ressaltado que é necessário um cuidado especial quando da aplicação de Mo nas sementes. Isso porque, na maioria dos estudos desenvolvidos com soja, tem sido constatada redução tanto da nodulação quanto na fixação biológica de N (FBN) pela utilização de combinações de Mo com fungicidas, recomendados para o tratamento das sementes. A maior frequência dos efeitos negativos desse tratamento é verificada em solos de primeiro ano de cultivo com soja e, portanto, com reduzida população de *Bradyrhizobium* spp. Quando não se utilizar fungicidas no tratamento, o micronutriente poderá ser aplicado antes da inoculação, porém, se for necessária a aplicação de fungicida, tanto o Mo como os demais micronutrientes, deverão ser aplicados, em uma única vez, e na mesma dose recomendada para aplicação nas sementes, por pulverização foliar, antes do início da floração (Campos e Hungria, 2000).

As principais fontes de Mo são molibdato de sódio e de amônio, o ácido molíbdico e o trióxido de molibdênio. Para a fixação biológica de N₂ em soja, essas quatro fontes de Mo têm sido tão úteis quanto os produtos comerciais (Albino e Campos, 2001).

Em sistemas de produção no estado de São Paulo, particularmente, no cultivo da soja em plantio direto, é necessária a aplicação de Mo nas sementes e, se possível à diminuição da dose de calcário aplicada, com objetivo de elevar a produtividade e reduzir o custo de produção. Particularmente em solos ácidos, de textura arenosa, ou quando não for possível a aplicação de calcário, recomendam-se doses de Mo variáveis de 12 a 30g ha⁻¹ (Tanaka et al., 1993; Sfredo e Oliveira 2010; Vitti et al., 1984).

3 ZINCO

O zinco (Zn) é um micronutriente absorvido ativamente como Zn²⁺, o processo de absorção é bastante dependente do pH do solo e, o mesmo tem pouca mobilidade no floema da planta. Tem atuação na ativação de enzimas catalisadoras como a sintetase do triptofano, precursora do ácido indol acético (AIA), a desidrogenase e a anidrase carbônica.

As folhas de soja com deficiência de Zn apresentam cor amarelo-amarronzado claro e os sintomas são intensificados nas épocas frias e úmidas do ano, desaparecendo com a elevação da temperatura. As folhas jovens são pequenas, o caule torna-se rígido e ereto, com entrenó e agrupamento de folhas na forma de uma roseta, a maturação é atrasada e há menor número de vagens nas plantas (NELSON; BARBER 1964). A detecção de sintoma de deficiência de Zn é comum em solos com vegetação de cerrado, sendo semelhantes aos de toxicidade de Mn (VERNETTI, 1983). No Estado de São Paulo, a deficiência de Zn ocorre mais comumente em gramíneas (Mascarenhas et al. 1988a).

Thorne (1957) relacionou a deficiência de Zn geralmente aos valores de pH em água ao redor de 6,0 ou acima, com desaparecimento dos sintomas de deficiência com a diminuição de pH. A menor disponibilidade de Zn é coincidente com valores elevados de pH (LINDSAY 1972); isso foi também demonstrado para a cultura da soja, por Hutton e Fiskell (1963) na Florida E.U.A.

Outra possível causa de deficiência de Zn tem sido atribuída à interação do Zn com o P, quando sua absorção é prejudicada pela maior absorção de P. A disponibilidade de Zn também pode ser alterada com a aplicação da calagem devido à capacidade de liberação do P do solo. A relação P-Zn foi estudada por Paulsen e Rottini (1968) cujo resultado mostrou que a concentração de Zn nas folhas foi reduzida pela aplicação de P, com consequente deficiência em Zn.

Richey et al. (1986) determinaram efeito positivo do Zn na produtividade de soja cv.IAC-2, em Latossolo Vermelho, textura argilosa, no Cerrado do Brasil Central, em Planaltina, DF.

Em um Podzólico Vermelho-Amarelo em Mococa, SP, aproveitou-se um experimento de calagem, iniciado em 1973, com o cultivo de milho por cinco anos consecutivos e, os de algodão e de soja em sucessão, por um ano cada, com aplicação das doses de 3, 6 e 9 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, além de uma testemunha sem correção de acidez do solo (CAMARGO et al., 1982). Em 1980 foi reaplicado o calcário, nas doses de 1; 4; 7 e 10 t ha⁻¹, além de 1 t ha⁻¹ naquelas parcelas anteriormente definidas como testemunhas, para garantia de obtenção de um mínimo de crescimento das plantas da cultivar de soja IAC-9. Nos três anos de cultivo, safras 1980/81, 1981/82 e 1982/83, houve efeito positivo acentuado da calagem na produtividade de soja (Tabela 3) Mascarenhas et al. (1988a).

Tabela 3. Efeito da calagem sobre a produtividade e concentração de Zn nas folhas de soja IAC-9, e sobre as características químicas da camada superficial de um Podzólico Vermelho-Amarelo, em Mococa, SP.

Calcário	Produtividade	pH	V	P resina	Zn nas folhas
(t ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(CaCl ₂)	(%)	(mg dm ⁻³)	(mg ha ⁻¹)
1980/81					
1	1777	4,3	25	-	110
4	2726	5,3	50	-	61
7	2769	6,0	73	-	66
10	2835	6,1	78	-	58
1981/82					
1	1906	4,3	14	24	60
4	2478	4,9	34	30	48
7	2551	5,6	59	40	43
10	2503	6,0	69	40	39
1982/83					
1	2018	4,2	20	26	39
4	2574	4,9	47	33	30
7	2798	5,5	69	37	26
10	2589	5,8	78	47	23

Fonte: Mascarenhas et al. (1988a).

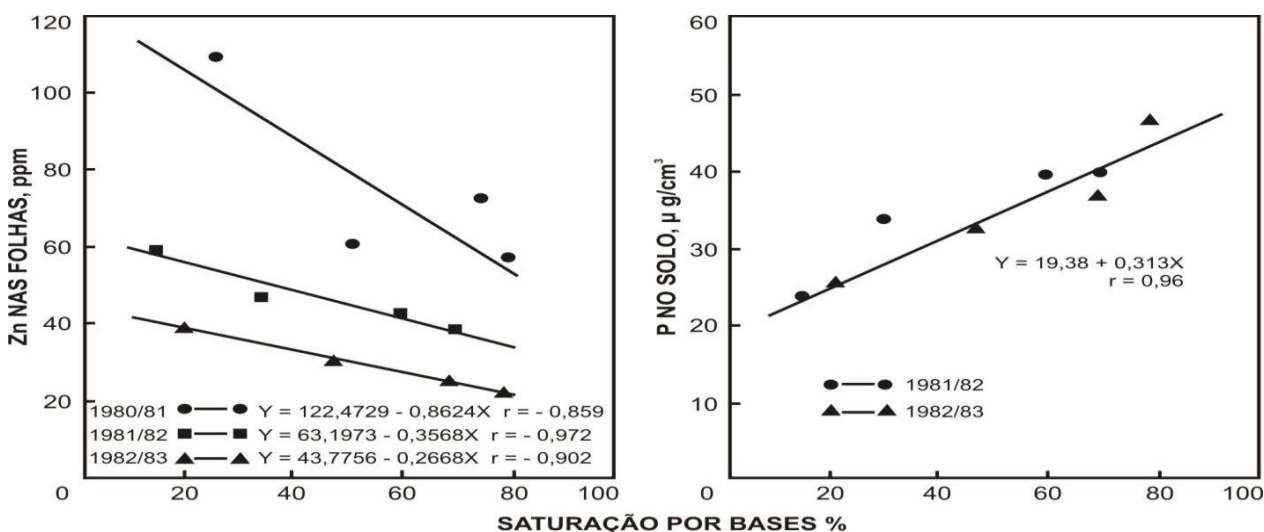
Os aumentos de produtividade estiveram sempre relacionados tanto com a melhoria das condições químicas e com a diminuição da acidez do solo, avaliadas pelos valores de pH e de saturação por bases (V%), quanto aos aumentos nos teores de P nos dois últimos anos. Por outro lado, com a calagem, possivelmente houve uma redução nas concentrações de Zn nas folhas de soja, nos três anos de cultivo. Deve ser observado que as concentrações foliares de nutrientes como um índice de disponibilidade no solo devem ser consideradas com ressalvas, em função dos efeitos de concentração ou de diluição provocadas pelo menor ou maior crescimento da planta.

O aumento na concentração de teores de Zn nas folhas de soja é bem evidente no tratamento com aplicação de 1 t ha⁻¹ de calcário, com restrição ao crescimento da planta, por problemas de acidez do solo, especialmente no primeiro ano. Com relação às demais doses, porém, quando as plantas tiveram desenvolvimento normal, detectou-se persistência dos sintomas de redução na concentração foliar de Zn, como consequência da correção da acidez do solo. Isto é um indicativo de redução na disponibilidade de Zn no solo pela calagem. Lindsay (1972) demonstrou redução de cem vezes na atividade de Zn na solução de equilíbrio, devido à elevação de uma unidade do pH do solo, em

consequência dos processos de absorção de nutrientes no complexo coloidal do solo, cujos mecanismos não estão adequadamente esclarecidos.

A redução dos teores foliares de Zn nos cultivos sucessivos é evidente (Figura 4).

Figura 4. Relação entre a saturação por bases da camada arável de um Podzólico Vermelho-Amarelo, a concentração de Zn nas folhas de soja e o aumento de disponibilidade de P no solo.



Fonte: Mascarenhas et al. (1988a).

No entanto, os mesmos são superiores aos valores de faixa de deficiência, não tendo sido verificados sintomas de deficiência desse elemento (OHLROGGE; KAMPRATH, 1968). Os teores foram bem mais elevados nos primeiros cultivos, provavelmente pelo resíduo das adubações com sulfato de zinco na cultura anterior de milho (CAMARGO et al., 1982); pode-se admitir que isso seja devido à redução no efeito residual dessa adubação com Zn. Outros fatores, entretanto, podem estar envolvidos, como a interação entre Zn e P, em função do aumento dos teores de P no solo devido à calagem (Figura 4), como constatado por Lantmann et al., (1985), também na cultura da soja no estado do Paraná.

4 COBRE

O cobre (Cu) é um nutriente absorvido como íon Cu^{2+} pelas plantas e, devido à sua reduzida mobilidade no floema, em situação de deficiência, os primeiros sintomas podem ser visualizados nas folhas mais novas, indicativo de que a quantidade de nutrientes translocados não é suficiente para sustentar o desenvolvimento de novos tecidos. Quando em nível de toxicidade, aparecem pontos necróticos nas bordas dos folíolos das folhas mais velhas, em progressão para as folhas mais novas.

A deficiência de Cu geralmente é constatada em solos minerais com drenagem deficiente, com valores de pH superiores a 7,5 ou elevados teores de matéria orgânica. Oplinger e Ohlrogge (1974) constataram efeito positivo da aplicação do Cu em soja tanto em solos de textura arenosa quanto naqueles com elevados teores de matéria orgânica.

Quando a deficiência de Cu é severa, pode haver um grande atrofiamento da planta de soja e, quando moderada, geralmente a produtividade não é alterada. A deficiência de Cu pode ser corrigida pela utilização das fontes sulfato ou óxido de Cu (EVERETT, 1969).

Sintoma de deficiência de Cu na cultura da soja cultivar cv. Bragg, em solos arenosos na Florida E.U.A., foram verificados por Robertson et al. (1973) que obtiveram efeitos bastante positivos na produtividade de grãos, com a aplicação de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$); esse efeito, inclusive, foi mantido no segundo ano após a aplicação inicial desse elemento (Tabela 4).

Tabela 4. Produtividade de grãos e teores de Cu nas folhas e em sementes de soja cv Bragg, devido à aplicação de diferentes doses de Cu na forma de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Guinesville Flórida E.U.A. 1970/71

Cu aplicado (kg ha^{-1})	1º ano ^{1/}			2º ano ^{2/}	
	Cu nas folhas (mg kg^{-1})	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})	Cu nas sementes (mg kg^{-1})	Produtividade de grãos (kg ha^{-1})	Cu nas sementes (mg kg^{-1})
0,0	3,45	1425	4,45	1082a	6a
2,8	2,90	1.613	5,95	1.667a	10b
5,6	4,20	1.720	7,65	1.384a	12b
11,2	2,90	1.767	9,45	1.929a	13b

¹ Análise de regressão não significativa.

² Efeito residual após um ano da aplicação de Cu. Médias seguidas por letras idênticas na mesma coluna não diferentes entre si pelo nível de 5% significância.

Fonte: adaptado de Robertson et al. (1973).

5 FERRO

De acordo com Malavolta (2006), o ferro (Fe) é o quarto elemento mais abundante nas rochas da litosfera, forma compostos estáveis com o enxofre (S), oxigênio (O) e silício (Si), ocorrendo nos meteoritos e no magma interior.

Os minerais de Fe comuns são pirita (FeS_2), olivinas $[(\text{Mg Fe})_2 \cdot \text{SiO}_4]$, magnetita (FeO_4), ilmenita (FeTiO_3), hematita (Fe_2O_3) e goethita (FeOOH). O ion Fe^{2+} pode também ocorrer em minerais contendo Mg. O comportamento do Fe no solo está muito associado às reações de oxiredução: a transformação de Fe^{2+} em Fe^{3+} por oxidação, durante o intemperismo de silicatos, reduz o raio iônico de Fe^{3+} , enfraquecendo a estrutura dos minerais, que colapsam. A reação que transforma o Fe^{3+} em Fe^{2+} por redução bioquímica em meio ácido, deixa o elemento solúvel e móvel, propiciando sua remoção de minerais submetidos a condições anaeróbias (Moraes et al., 2010). No entanto, em condições anaeróbias, há predomínio dos óxidos hidratados de Fe de baixíssima solubilidade e, portanto, não alterados pelo intemperismo, sendo o Fe nessas condições um elemento geoquimicamente imóvel, com acúmulo relativo no meio (Raij 1991).

O Fe é um nutriente absorvido predominantemente em condições aeróbicas na forma de Fe^{2+} . Como esse elemento tem mobilidade intermediária nas plantas sua deficiência é primeiramente detectada nas folhas novas por meio de sintomas de clorose, devido a pouca remobilização a partir das folhas velhas (SFREDO; BORKET, 2004).

A habilidade de absorção de Fe pela planta é dependente da cultivar utilizada; assim é que Weiss (1943) já constatou sintomas de clorose em algumas das cultivares de soja devida a sua reduzida capacidade de redução de Fe^{+3} para Fe^{+2} nas raízes. A deficiência de Fe também pode ser induzida pelo excesso de cobalto (Co) aplicado nas sementes (SFREDO; OLIVEIRA, 2010).

Em solos inadequadamente drenados, pode ser induzida a toxidez de Fe em situações de excesso de chuvas. Isso ocorre porque, em condições anaeróbicas, é bastante favorecida a redução desse elemento no solo, com consequente aumento da absorção do mesmo pelas plantas (SFREDO; BORKET, 2004).

Bataglia e Mascarenhas (1981) em Morro Agudo, SP, observaram pelas análises químicas realizadas, tanto em áreas com plantas de soja com sintomas de toxicidade de Fe, quanto naquelas com plantas normais e assintomáticas, que os teores de P, Ca, K e Mg foram adequados proporcionando uma boa produtividade. Além disso, praticamente não se constataram diferenças entre as características químicas dos solos das áreas (Tabela 5).

Tabela 5. Características químicas de um Latossolo Vermelho Escuro e teores foliares de macro e micronutrientes em cultivar de soja Bossier, com e sem sintomas de toxicidade de Fe. Morro Agudo, SP, 1980.

Sintomas	Latossolo Vermelho Escuro									
	pH	MO	Al	Ca	Mg	K	P			
		(g dm ⁻³)		(mmol _c dm ⁻³)			(mg dm ⁻³)			
Com	5,8	31	0,0	2,9	1,0	48,0	6,9			
Sem	5,9	34	0,0	3,3	1,3	49,0	9,4			
	Teor foliar cultivar de soja Bossier									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)				
Com	49,8	4,5	32,0	79,0	46,0	702,0	60,0	9,6	30,0	50,0
Sem	43,0	3,4	26,1	91,0	49,0	290,0	60,0	8,6	26,0	28,0

Fonte: Bataglia e Mascarenhas (1981).

Por outro lado, a análise química das folhas de cultivar Bossier mostrou sintomas de toxicidade apresentando 702 mg kg⁻¹ de Fe, teor considerado tóxico, enquanto que, plantas de mesma cultivar e da cultivar Paraná, de uma área adjacente, apresentavam, respectivamente, teores de 290 e 315 mg kg⁻¹ considerados suficientes, mas não tóxicos para soja.

Essa toxicidade de Fe esteve provavelmente associada ao excesso de chuvas no local, propiciada pela redução do Fe, com precipitação de até 439 mm, num único mês durante o cultivo.

6 MANGANÊS

Segundo Hennan e Campbell (1980a), o manganês (Mn) é o elemento cuja deficiência tem sido mais frequentemente observada em solos de cerrado refletindo no crescimento e na produção das plantas. O Mn é o micronutriente mais abundante no solo depois do Fe. Encontra-se em teores que podem chegar até 3000 mg dm⁻³ e, sua disponibilidade, aumenta com a diminuição do pH do solo (ADRIANO, 2001; KABATA-PENDIAS E PENDIAS, 2001). De acordo com Mortvedt e Cox (1984), o MnSO₄ e o MnO são fontes igualmente eficientes para as culturas, mas o MnO deve ser aplicado em pó.

Em levantamento realizado no estado de São Paulo, foi determinado teor de Mn solúvel em DTPA variável entre 3 e 193 mg dm⁻³, em camadas superficiais do solo derivado de rochas básicas (VALADARES; CAMARGO 1983).

No município de Guaíra, SP, durante três safras agrícolas: 1973/74, 1974/75 e 1975/76, em um experimento com aplicação de calagem constando de 2,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, aplicados nos anos de 1973 e 1975 (MASCARENHAS et al., 1982a), foram constatados elevados teores de Al no solo e de Mn nas folhas no tratamento sem calagem; com aplicação de calcário dolomítico, obteve-se ao longo dos cultivos a neutralização do efeito nocivo de Al e a redução dos teores de Mn nas folhas (Tabela 6). Os rendimentos de grãos da soja, entretanto, no primeiro ano foram similares, tanto sem como com aplicação de calagem, em função do elevado teor inicial de Mn. Com a reaplicação da mesma dosagem de calcário em 1975, o teor de Mn foi reduzido, abaixo do nível de toxicidade, sendo obtida uma produtividade de 2.739 kg ha⁻¹, bastante superior aos 1.768 kg ha⁻¹, obtida no tratamento sem aplicação de calcário.

Dessa maneira, em determinados cultivos de soja, em áreas com solos considerados mais ácidos, é necessária a aplicação de maior quantidade de calcário no solo para a neutralização do Mn tóxico do que para o Al tóxico.

Tabela 6. Parâmetros químicos de um Latossolo Vermelho, teor de nutrientes nas folhas e produtividade de grãos de soja, cultivar Santa Rosa, durante três cultivos em solo de cerrado. Guaíra SP, 1973/74, 1974/75 e 1975/76.

Ano Agrícola	Solo				Planta				Produtividade (kg ha ⁻¹) ₁₎
	Ca	Mg	Al	V	Ca	Mg	Al	Mn	
Sem calagem	(mmol _c dm ⁻³)			(%)	(g kg ⁻¹)			(mg kg ⁻¹)	
1973/74	21,6	7,6	10,2	44	7,8	3,7	96	1.241	1.506
1974/75	13,0	3,7	9,3	28	10,8	6,0	279	928	1.484
1975/76	8,7	2,3	8,0	25	5,7	4,0	250	713	1.768
Com calagem ¹⁾									
1973/74	23,2	7,80	- ²⁾	52	9,3	4,2	34	826	1.584
1974/75	17,7	1,20	-	50	11,3	7,1	175	507	1.976
1975/78	21,0	1,5*	-	70	11,5	5,9	52	390	2.739

¹⁾ Calcário dolomítico aplicado na dose de 2.500 kg ha⁻¹ em 1973 e 1975.

²⁾ Teor não detectável.

Fonte: Mascarenhas (1982a).

Com base no fato constatado em Guaíra, SP, os autores recomendaram aplicação de calcário em quantidade suficiente para elevação do índice de saturação por bases (V%) ao redor de 70%, nesse tipo de solo, para serem evitados efeitos prejudiciais da toxicidade de Mn para a soja (MASCARENHAS et al., 1982a).

Em estudo conduzido no município de Conceição de Alagoas-MG, onde foi utilizado calcário dolomítico nas doses de 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 t ha⁻¹, no primeiro ano de utilização da área (logo depois do desmatamento), as produções foram consideradas ótimas. A testemunha apenas com adubação básica atingiu uma produção de 1681 kg ha⁻¹ (Tabela 7).

A aplicação adicional de 2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹ de calcário dolomítico sobre a adubação básica proporcionou aumentos de 47, 67, 68 e 73% na produção de grãos em relação à testemunha. Com doses acima de 8 t ha⁻¹ de calcário, os aumentos na produtividade foram menores, mas sempre superiores à testemunha. O teor de Mn nas folhas diminuiu à medida que a aplicação das doses de calcário aumentou. Observa-se pela mesma tabela que a calagem acima de 4 t ha⁻¹ causou efeito depressivo sobre o teor de óleo. A calagem na dose de 2 até 10 t ha⁻¹ provocou aumento no teor de proteína e, o teor de 12 t ha⁻¹, apresentou produtividade igual a da testemunha.

Tabela 7. Resultados da aplicação de doses de calcário dolomítico na produção média de grãos, tamanho de semente, óleo e proteína em soja.

Determinações					
Doses de calcário (t ha⁻¹)	Produção de grãos (kg ha⁻¹)	Peso de 100 sementes (g)	Teor de Óleo (%)	Teor de Proteína (%)	Mn nas folhas (mg kg⁻¹)
0	1.681a	14,38a	22,51c	37,52a	552
2	2.472b	16,12b	22,26c	41,65b	451
4	2.822c	16,48bc	22,14c	42,65b	385
6	2.847d	16,79bc	20,11b	42,73b	416
8	2.913d	17,31c	19,69ab	43,39b	356
10	2.460b	16,68bc	19,67a	41,60b	357
12	2.519bc	16,86bc	18,12a	40,06ab	350

* Letras diferentes nas colunas horizontais expressam significância pelo teste de Duncan a 5%.

Fonte: Mascarenhas et al. (1982b).

Na tabela 7, observa-se aumento no tamanho de sementes com aplicação de calagem até 8 t ha⁻¹, com a diminuição da toxidez de Mn nas folhas. Este fato pode ser atribuído a uma série de consequências fisiológicas e nutricionais porque, mesmo na presença de calcário, determinou-se elevada absorção de Mn e Al e teores menores de K, e P, com consequente redução de crescimento das plantas. Esta redução também deve estar relacionada ao desenvolvimento superficial do sistema radicular devido à efetividade do efeito da calagem apenas na superfície do solo. Não foi verificada evidência dos sintomas típicos de toxidez de Mn, ainda que fossem determinados teores elevados do elemento na análise foliar (MASCARENHAS et al., 1982b).

Mascarenhas et al. (1985), desenvolveram uma metodologia utilizando solução nutritiva para avaliação dos sintomas de toxidez do Mn nas plântulas e discriminação de genótipos de soja tolerantes a toxidez do elemento, determinado, como condição ideal a combinação de temperatura de 25°C e a quantidade de 2 mg de Mn, na forma de sulfato de manganês, por litro de solução. Mascarenhas et al. (1990; 1995) identificaram como muito tolerantes ao Mn as cultivares precoces. Davis e IAC-Foscarin-31, as semiprecoces IAC-1 e Bossier, de ciclo médio Hardee e IAC-4 e, entre as tardias, IAC-2. Devido à tolerância da cultivar IAC-Foscarin-31 ao Mn, também constatado por Lavres Júnior et al., (2008), esse material ainda hoje é recomendado para produção de grãos em cerca de 20% de área de renovação de cana-de-açúcar.

Dessa maneira conclui-se que é possível realizar com rapidez e eficácia, a seleção preliminar de genótipos de soja tolerante a Mn em condições de casa de vegetação. Porém, em solo com elevado

teor de Mn, apenas durante o inverno, quando as temperaturas são amenas, inferiores a 22°C é possível observar com maior evidência os sintomas de toxicidade (MIRANDA et al., 1982).

Em um experimento de (GALLO et al, 1986), em Latossolo Vermelho escuro, álico 'A' moderado, textura argilosa em Mococa, SP, onde, anteriormente avaliou-se na área níveis de calagem aplicados no milho durante cinco anos, iniciando em 1973 e, em seguida, realizou-se o cultivo de algodão e soja. As características químicas desse solo antes de reaplicação de calcário estão apresentadas na tabela 8.

Tabela 8. Características químicas do solo antes da reaplicação de calcário em 1980.

Características químicas do solo							
Calagem	MO	pH	K	Al	Ca	Mg	P ⁽¹⁾
(t ha ⁻¹)	(g dm ⁻³)	(H ₂ O)		(mmol _c dm ⁻³)			(mg dm ⁻³)
0	28	4,5	13,0	31,0	1,1	1,6	14
3	29	4,8	8,0	7,8	2,8	2,1	12
6	29	5,1	4,0	12,5	5,1	2,5	12
9	28	5,3	3,0	16,3	7,4	2,5	11

⁽¹⁾ P extraído em solução de H₂SO₄ 0,05N.

Fonte: Gallo et al., 1986.

As doses reaplicadas em 1980 foram de 1, 4, 7 e 10 t ha⁻¹ de calcário dolomítico. Utilizou-se a cultivar de soja IAC-9 e uma adubação básica constando de: 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. As produções de soja (Tabela 9) estão relacionadas com a saturação por bases do solo (Tabela 10) e, como se observa pela figura 5, à medida que os níveis de calagem aumentam ocorre à redução do Mn e o aumento de produtividade com efeito linear.

Tabela 9. Efeito da aplicação de doses de calcário dolomítico na produção de três safras de soja.

Calcário	Produção de soja ⁽¹⁾			
	(t ha ⁻¹)			
1	1777b	1906b	2018c	1999
4	2726a	2478 ^a	2574b	2593
7	2769a	2551 ^a	2798a	2703
10	2835a	2503 ^a	2589ab	2643
CV%	9,2	14,7	11,3	(Média)

⁽¹⁾ Letras diferentes na coluna entre as médias indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan a 5%.

Fonte: Gallo et al., 1986.

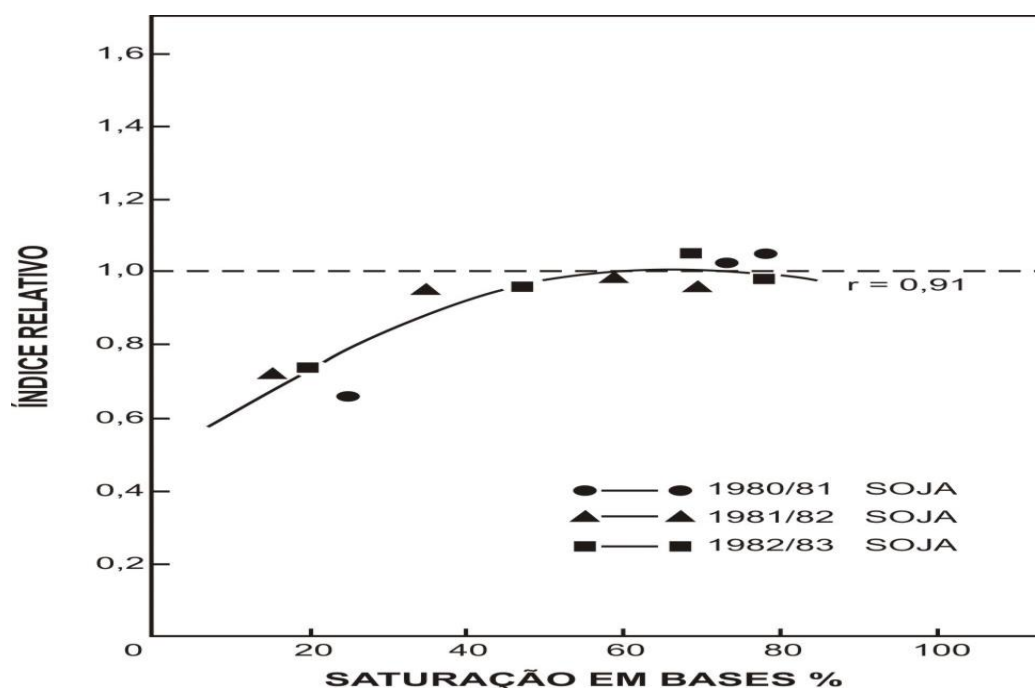
Tabela 10. Efeito da aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico nos valores de pH, bases trocáveis e saturação por bases na camada superficial do solo, nos três anos de cultivo com soja.

Calcário Aplicado 1980/81	pH	V	Ca	Mg	K	P
(t ha⁻¹)	(CaCl₂)	(%)	(mmol_c dm⁻³)			(mg dm⁻³)
1	4,3	25	14	4	1,9	-
4	5,3	50	24	12	1,6	-
7	6,0	73	37	22	1,5	-
10	6,1	78	39	24	1,5	-
Calcário Aplicado 1981/82	pH	V	Ca	Mg	K	P
(t ha⁻¹)	(CaCl₂)	(%)	(mmol_c dm⁻³)			(mg dm⁻³)
1	4,3	14	6	2,9	0,9	-
4	4,9	34	16	8,8	0,8	-
7	5,6	59	26	18,1	0,9	-
10	6,0	69	31	20,8	0,8	-
Calcário Aplicado 1982/83	pH	V	Ca	Mg	K	P
(t ha⁻¹)	(CaCl₂)	(%)	(mmol_c dm⁻³)			(mg dm⁻³)
1	4,2	20	9,8	2,9	1,2	26
4	4,9	47	19,6	10,3	0,9	33
7	5,5	69	31,7	18,5	0,7	37
10	5,8	78	39,6	23,1	0,7	47

⁽¹⁾ P extraído pelo método da resina.

Fonte: Gallo et al., 1986.

Figura 5. Respostas diferenciais da cultura da soja a calagem.



Fonte: Gallo et al. (1986).

No caso do Mn, a saturação por base não deve ser maior do que 60%, isso porque, como consequência, pode haver acentuada redução na disponibilidade do elemento no solo, com indução de deficiência do mesmo para as plantas, como determinado em solo sob vegetação de cerrado por Novais et al. (1989) Ritchey et al. (1982) e Tanaka et al. (1993).

Novais et al. (1989) e Ohki et al. (1980) também determinaram desempenhos diferenciados entre cultivares de soja, quanto à eficiência na absorção ou utilização de Mn, em condições de disponibilidade limitada do elemento no solo. Evidências quanto às diferenças genotípicas na absorção e utilização de Mn por plantas de soja também foram verificadas por Reddy e Dun (1987). Em situação de deficiência de Mn pode ocorrer redução na produtividade de grãos, como consequência do reduzido número de vagens e grãos de tamanho pequeno (HEENAN; CAMPBELL, 1980b).

ANÁLISE QUÍMICA DAS FOLHAS

Além da análise periódica da fertilidade do solo, é muito importante a realização das análises de folhas das plantas de soja com a finalidade de um acompanhamento e adequação da área de cultivo com relação aos micronutrientes. Devido à redistribuição de nutrientes através de diversos órgãos da planta em diferentes estádios do ciclo, estabeleceu-se que a amostragem de folhas de soja para a análise química deve ser efetuada na época de pleno florescimento, coletando 30-40 folhas com pecíolo recém-maduras, que correspondem à terceira ou quarta a partir do ápice da haste principal.

A análise química das folhas tem o objetivo de verificar o estado nutricional das plantas e, juntamente com os resultados de análise de solo, quantificar as necessidades de aplicação de nutrientes para os próximos cultivos.

O preparo de amostra vegetal e análise química consistem na coleta, lavagem em água desmineralizada, secagem em estufa a aproximadamente 65°C, moagem e mineralização via seca (MUFLA a 901 °C) ou via úmida (ataque com ácidos), para posterior determinação dos teores.

Na tabela 11 são apresentadas as classes de interpretação do estado nutricional das plantas de soja no Brasil.

Tabela 11. Classes de interpretação do estado nutricional das plantas de soja no Brasil

Nutrientes	Classes de interpretação				
	Deficiente	Baixo	Suficiente	Alto	Excessivo
	<		(g kg ⁻¹)		>
N	32,5	32,6-40,0	40,1-55,0	55-1-70,0	70,0
P	1,6	1,7-2,5	2,6-5,0	5,1-8,0	8,0
K	12,5	12,6-17,0	17,1-25,0	25-1-27,5	27,5
Ca	2,0	2,1-3,5	3,6-20,0	20,1-30,0	30,0
Mg	1,0	1,1-2,5	2,6-10,0	10,1-15,0	15,0
S	1,5	1,6-2,0	2,1-4,0	4,1	-
			(mg kg ⁻¹)		
B	10,0	11-20	21-55	56-80	80
Cu	5,0	6-9	10-30	31-50	50
Fe	30,0	31-50	51-350	351-500	500
Mn	15,0	16-20	21-100	101-250	250
Mo	0,5	0,6-0,9	1,0-5,0	5,1-10	10
Zn	11,0	12-20	21-50	51-75	75

Fonte: Peck (1979).

REFERÊNCIAS

- ADRIANO, D.C. **Trace elements in terrestrial environments** – Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. 2 ed., New York: Springer-Verlag, 2001. 867p.
- ALBINO, U.B.; CAMPO, R.J. Efeito de fontes e doses de molibidênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.527-534, 2001.
- BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Toxicidade de ferro em soja. **Bragantia**, v.40, p.199-203, 1981.
- CAMARGO, A.P. et al. Efeito de calagem em cinco culturas de milho, seguidas de algodão e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.1007-1012, 1982.
- CAMPO, R.J.; HUNGRIA, M. **Compatibilidade de uso de inoculante e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 32p. (Embrapa Soja- Circular Técnica, 26)
- DAVIES, E.B. Factors effecting molybdenum availability in soils. **Soil Science**, Baltimore, v.81, p.209-221, 1956.

DECHEN, A.R.; HAGG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Função dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: **Patafos**, 1991a. p.69.

DECHEN, A.R.; HAGG, H.P.; CARMELLO, Q.A.C. Função dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: **Patafos**, 1991b. p.280.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas**: princípios e perspectivas. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 341p.

EVERETT, P.H. Source of fertilizer copper for watermelons. Florida State Horticulture Society, **Talahasse**, v.82, p.136-139, 1969 (Proceedings)

FRANCO, A.A.; DAY, J.M. Effects of lime and molybdenum on nodulation and nitrogen fixation of *Phaseolus vulgaris* L. in acid soils of Brazil. **Turrialba**, San José, v.30, p.99-105, 1980.

FURLANI, A.M.C. et al. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.929-937, 2001.

GALLO, P.B. et al. Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.253-258, 1986.

GURLEY, W.H.; GIDDENS, S. Factors affecting uptake, yield responses and carryover molybdenum in soybean seeds. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, p.7-9, 1969.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Growth, yields components and seed composition of two soybean cultivars affected by manganese supply. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.31, p.471-476, 1980a.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. **Plant and Cell Physiology**. Australia, v.21, n.9, p.731-736, 1980b.

HUTTON, C.E.; FISKELL, J.G.A. Zinc response by soybeans and wheat on heavily limed soils in Western Florida. **Soil Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.23, p.61-70, 1963 (Proceedings)

KABATA-PENDIAS e PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3 ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413p.

LANTMANN, A. et al. **Micronutrientes para a cultura da soja no Estado do Paraná: zinco e molibdênio**. Londrina: EMBRAPA-CNPSoja, 1985. 8p. (Comunicado Técnico, 34)

LAVRES JUNIOR, G. et al. Influência genotípica na absorção e na toxidez de manganês em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.173-181, 2008.

LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.). *Micronutrients in agriculture*. **Madison**: Soil Science Society of America, 1972. p.357-390.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MASCARENHAS, H.A.A. et al. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. **Bragantia**, v.47, p.137-142, 1988a (Nota).

MASCARENHAS, H.A.A.et al. Efeito do corretivo sobre a soja cultivada em um solo de cerrado contendo Al e Mn. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, Brasília. **Anais...**, Londrina, EMBRAPA-CNPSo, 1982a. v.2, p.567-573.

MASCARENHAS, H.A.A.et al. Tolerância de soja ao manganês em solução nutritiva em três temperaturas. **Bragantia**, v.44, p.531-539, 1985.

MASCARENHAS, H.A.A.et al. Deficiência de boro em soja. **Bragantia**, v.47, p.325-331, 1988b.

MASCARENHAS, H.A.A.et al. Comportamento de cultivares precoces de soja em solução nutritiva contendo diferentes níveis de manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.25, p.609-615, 1990.

MASCARENHAS, H.A.A.; NAGAI, V.; BATAGLIA, O.C. Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solo de cerrado. **O Agrônomo**, Campinas, v.25, p.71-76, 1973.

MASCARENHAS, H.A.A.et al. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a aplicação de doses de calcário em solo Latossolo roxo distrófico do Cerrado. I. Efeito imediato. **Anais...** Brasília. EMBRAPA, CNPSoja, 1982b, v.2, p.742-751.

MASCARENHAS, H.A.A.et al. Performance of soybean cultivars at different concentrations of manganese in nutrient solution. In: DATE, R.A. et al. (Eds). Plant soil interactions at low pH. **Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher**, 1995. p.371-373 (Proceedings)

MILLER, R.W. Molybdenum nitrogenase. In: DILWORTH, M.S.; GLENN, A.R. (Eds.). **Biology and biochemistry of nitrogen fixation**. Amsterdam: Elsevier, 1991. p.9-36.

MIRANDA, M.A.C.et al. Comportamento de dois cultivares de soja em função do manganês. **Bragantia**, v.41, p.135-143, 1982.

MORAES, M.F.; ABREU JUNIOR, C.H.; LAVRES JUNIOR, J. Micronutrientes. In: Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes; v.2 cap.4; **anais...**/ Ed. Luis Ignácio PROCHNOW, Valter Casarin e Silvia Regina Stipp. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. p.201-278.

MORTVEDT, J.J.; COX, F.R. Production, marketing and use of calcium, magnesium and micronutrient fertilizers. In: OLSO, R.A.; ARMY, T.J.; HANWAY, J.J.; KILMER, V.J., ed. **Fertilizer technology and use**. 3. Ed. Madison, Soil Science Society of America, 1984.

NELSON, W.L.; BARBER, S.A. Nutrient deficiencies in legumes for grain and forrage. In: SPRAGUE H.B. (Ed.). **Hunger signs in crops**. New York: Davis MacKay, 1964. p.143-80.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. L. C.; BARROS, N. F.; SEDIYAMA, T. Deficiência de manganês em plantas de soja cultivadas em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 199-204, 1989.

OHLROGGE, A.J.; KAMPRATH. Fertilizer use in soybeans. In: DINAUR, R.C. (Ed.). Changing patterns in fertilizer use. Madison: **Soil Science Society of America**, 1968. p.273-295.

OHKI, K.; WILSON, D. O.; ANDERSON, O. E. Manganese deficiency and toxicity sensitivities of soybean cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 713-716, 1980.

OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPER, D.; OLIVEIRA, F.A. Soja. In: Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas; v.3 **anais...**/edição de Luís Ignácio Prochnow, Valter Casarin e Silvia Regina Stipp. Piracicaba: IPNI, Brasil, 2010.

OPLINGER, E.S.; OHLROGGE, R.J. Response of corn and soybean to field application of copper. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, p.568-571, 1974.

PAULSEN, S.M.; ROTTIMI, O.A. Phosphorus-zinc interaction in two soybean varieties differing in sensibility to phosphorus nutrition. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.32, p.73-76, 1968.

PECK, T.R. Plant analysis for production agriculture. In: SOIL PLANT ANALYSIS WORKSHOP, 7., Bridgetown, 1979. Proceedings... Bridgetown, 1979. p.1-45.

QUAGGIO, J.A.et al. Inoquantos de produtividade de soja e sorgo para níveis de calagem e molibdênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22: 337-344, 1998.

QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M.; BERTON, R.S. Cultivares oleaginosas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). Micronutrientes na Agricultura. Piracicaba: **POTAFOS**, 1991. p.463-467.

RAIJ, B.van. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato/CNPq, 1991. p.99-111.

REDDY, M.R.; DUNN, S.J.D. Defferencial response of soybean (genotypes) in Soil pH and manganese application. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.101, n.1, p.123-126, 1987.

RERKASEM, B.et al. Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean (*Glycine max*). Nutrient Cycling in Agroecosystems, Netherlands, v.48, p.217-223, 1997.

RITCHEY, K. D; URBAN FILHO, G.; SPEHAR, C. R. Deficiências de manganês induzido por doses excessivas de calcário em um latossolo vermelho escuro anteriormente sob em vegetação de cerrado. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1982, Brasília. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1982, p. 541-544.

RITCHEY, K.D.et al. Disponibilidade de zinco para as culturas de milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho Escuro argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, p.215-255, 1986.

ROBERTSON, W.K.; THOMPSON, L.G.; MARTIN, F.G. Manganese and copper requirements for soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v.65, p.641-644, 1973.

RUBIN, S.A.et al. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes. **Ciência Rural**, v.5, p.39-42, 1995.

SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. **Deficiência e toxicidade de nutriente em plantas de soja**. Londrina: Centro Nacional de Pesquisa de Soja/Embrapa CNPSoja, 2004. 44p. (Embrapa-CNPSoja, Documentos, 231)

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.M. **Soja: molibdênio e cobalto**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 34p. (Embrapa Soja. Documentos, 322).

SIQUEIRA, O.J.F. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo, EMBRAPA-CNPT, 1987, 100p.

TANAKA, R.T.et al. Resposta da soja ao molibdênio aplicado em solo arenoso de cerrado de baixa flexibilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.253-256, 1993b.

THORNE, D.W. Zinc deficiency and its control. **Advances in Agronomy**, New York, v.9, p.31-65, 1957.

VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A. Manganês em solos do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.123-130, 1983.

VERNETTI, F.J. **Bases genéticas e fisiológicas de produção e nutrição** In : VERNETTI, F.J. (Ed.). Soja, genética e melhoramento. Campinas: Fundação Cargill, v.2. 1983. p.875-954.

VITTI, G.C.et al. Fertilizante com molibdênio e cobalto na cultura de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.349-352, 1984.

WEISS, M.G. Inheritance and physiology of efficiency in iron utilization in soybeans genetics. **Genetics**, Bethesda, MD, v.28, p.253-268, 1943.