



Cl

Mo

Cu

CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS

Mo

Cu

Mn

DE MICRONUTRIENTES

Fe

Mn

Fe

B

EM ARROZ DE TERRAS ALTAS

Zn

B

Zn

Morel Pereira Barbosa Filho
Nand Kumar Fageria
Osmira Fátima da Silva

**CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES
EM ARROZ DE TERRAS ALTAS**



Arroz e Feijão

CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES EM ARROZ DE TERRAS ALTAS

Morel Pereira Barbosa Filho
Nand Kumar Fageria
Osmira Fátima da Silva

Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
1999

Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 93

Comitê de Publicações

Carlos A. Rava (Presidente)

Itamar Pereira de Oliveira

Luis Fernando Stone

Luiz Roberto Rocha da Silva (Secretário)

Supervisão Editorial

Marina Biava

Digitação/Diagramação

Fabiano Severino

Programação Visual

Sebastião José de Araújo

Normalização Bibliográfica/Catalogação na Fonte

Ana Lúcia D. de Faria

Tiragem: 1.000 exemplares.

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F.
da. **Correção de deficiências de micronutrientes
em arroz de terras altas.** Santo Antônio de Goiás:
Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 21p. (Embrapa Arroz
e Feijão. Documentos, 93).

ISSN 1516-7518

1. Arroz de Terras Altas - Microelemento.
I. FAGERIA, N.K., colab. II. SILVA, O.F. da, colab.
III. Embrapa Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás,
GO). IV. Título. V. Série.

CDD 633.179 – 21.ed.

© Embrapa, 1999.

APRESENTAÇÃO

Deficiências de micronutrientes na cultura de arroz têm sido observadas em várias regiões brasileiras, especialmente em áreas de cerrado onde predomina o cultivo de arroz de terras altas. Embora a deficiência de zinco seja a mais comum, limitando a produtividade de arroz, outros micronutrientes podem também tornar-se deficientes, dependendo das condições de solo e clima em que o arroz é cultivado.

A falta de diagnose e planejamento para a prática da adubação com micronutrientes vem ocasionando ora problemas de deficiências, ora desperdícios e gastos desnecessários com fertilizantes em situações onde não há resposta da cultura do arroz à aplicação desses nutrientes.

Esta publicação é destinada aos agrônomos da rede pública e privada que prestam assistência técnica diretamente ao produtor rural, com o objetivo de orientá-los no diagnóstico e resolução dos problemas mais comuns de deficiências de micronutrientes em arroz no que se referem à eficiência de fontes, dosagens e métodos de aplicação.

É oportuno enfatizar que as recomendações contidas neste documento são baseadas na larga experiência dos autores e nas principais publicações escritas por renomados cientistas estudiosos do tema. Tais informações são, portanto, de suma importância a todos aqueles que desejam obter altas produtividades dentro do conceito de sustentabilidade.

Pedro Antonio Arraes Pereira
Chefe da Embrapa Arroz e Feijão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	DIAGNÓSTICO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES	9
2.1	DIAGNOSE VISUAL	9
2.2	ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO	13
2.3	ANÁLISE DAS PLANTAS	15
3	CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES	15
4	EFEITO RESIDUAL DE MICRONUTRIENTES E RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO	19
5	BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA	21

CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES EM ARROZ DE TERRAS ALTAS

Morel Pereira Barbosa Filho¹

Nand Kumar Fageria²

Osmira Fátima da Silva³

1 INTRODUÇÃO

A resposta do arroz de terras altas à adubação de micronutrientes foi estudada em várias regiões brasileiras. Em geral, esses estudos mostram que à exceção do zinco e, ocasionalmente, do ferro, os demais micronutrientes encontram-se no solo em quantidades satisfatórias para a cultura do arroz para os níveis atuais de produtividade. Contudo, o fato de a disponibilidade de micronutrientes para as plantas ser influenciada por muitos fatores faz com que deficiências de outros micronutrientes também possam vir a ocorrer.

As pesquisas de micronutrientes em áreas de cerrado com a cultura do arroz de terras altas apontam o baixo teor natural no solo e a inadequada correção da acidez do solo com calcário como as principais causas do aparecimento de deficiências de micronutrientes. A calagem é indispensável para corrigir acidez, mas quando empregada inadequadamente pode induzir a deficiência de micronutrientes em várias culturas. Exemplo mais comum disto são as deficiências de zinco e ferro em arroz de terras altas, quando plantado após as culturas de feijão ou soja.

¹ Pesquisador, Dr., Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: morel@cnpaf.embrapa.br

² Pesquisador, Ph.D., Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: fageria@cnpaf.embrapa.br

³ Economista, Embrapa Arroz e Feijão. E-mail: osmira@cnpaf.embrapa.br

2 DIAGNÓSTICO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES

Pelo fato de não ocorrerem deficiências generalizadas de micronutrientes na cultura de arroz, e para eliminar gastos desnecessários com micronutrientes que não são limitantes à cultura, recomenda-se fazer um diagnóstico das deficiências; para tanto, pode-se utilizar a diagnose visual, análise química de solo, análise de tecido ou, até mesmo, análise dos fatores que afetam a disponibilidade dos micronutrientes no solo.

2.1 Diagnose Visual

Na prática, o processo de diagnose visual é o mais utilizado pelos agrônomos, extensionistas e agricultores, e dependendo da experiência desses profissionais com a cultura do arroz pode ser muito eficiente. Freqüentemente, sintomas de deficiências causadas pela falta de um dado elemento no solo são confundidos com sintomas provocados por manchas localizadas deixadas por calcário, ataque de insetos e doenças ou por estresses ambientais, tais como a seca, temperatura excessiva junto com baixa umidade relativa e luminosidade insuficiente.

Ao utilizar o processo de diagnose visual, é importante, portanto, levar em conta alguns princípios que podem auxiliar na diferenciação dos sintomas causados por problemas nutricionais de outros sintomas. O primeiro aspecto refere-se à localização dos sintomas, a qual depende da mobilidade ou remobilização do micronutriente dentro da planta e tem implicações práticas quanto à eficiência e ao método de correção de deficiências. Exemplo mais comum disto é o boro, que não se retransloca dentro da planta e, assim, quando aplicado via foliar, permanece no local de aplicação, sendo sua deficiência corrigida apenas temporariamente.

Outro aspecto relacionado à localização dos sintomas refere-se ao tipo de sintoma que ocorre durante o crescimento das plantas. Em geral, os sintomas de toxidez por micronutrientes são do tipo necrótico e localizam-se na parte inferior das plantas (folhas velhas),

enquanto os sintomas de deficiências são do tipo clorótico e localizam-se na parte superior das plantas (folhas novas). Deve-se observar, também, a localização dos sintomas em relação à topografia do terreno, sendo comum ocorrer, nas partes mais baixas ou em depressões do terreno, o amarelecimento das plantas, causado por excesso de umidade. Ademais, é interessante observar que sintomas de deficiências, em geral, são distribuídos de forma sistemática ou generalizada na lavoura, ao passo que sintomas não nutricionais são, geralmente, distribuídos de forma aleatória.

Zinco: A deficiência de zinco afeta principalmente o crescimento das plantas e manifesta-se quando estas atingem cerca de 30 a 35 dias de idade. Em arroz, o sintoma típico de tal deficiência é uma mancha ferruginosa (clorose), que pode ocorrer tanto nas folhas novas como nas velhas, dependendo do pH do solo, do grau de deficiência do elemento no solo e da cultivar utilizada (Figura 1).

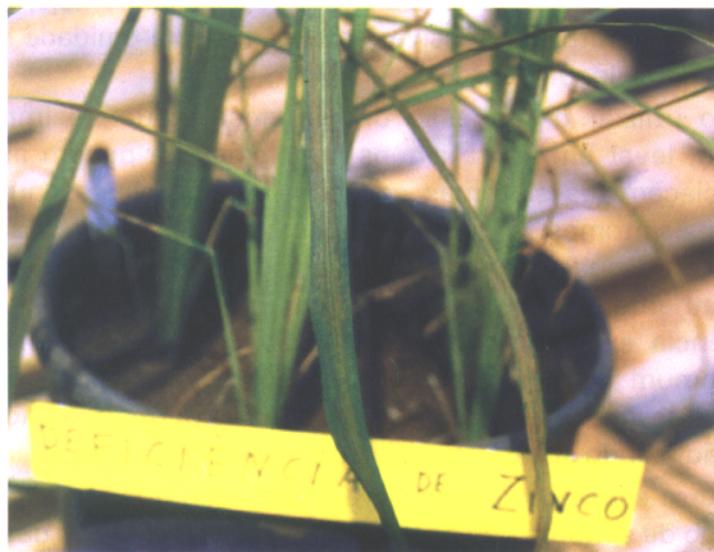


FIG. 1 Deficiência de zinco.

Ferro: As análises químicas do solo ou da planta, no caso de deficiência de ferro, trazem algumas dificuldades de interpretação, pois a análise da folha indica, muitas vezes, altos teores de ferro pelo fato de tal elemento se acumular em formas inativas na planta, como a ferritina ou o fosfato de ferro. Quanto à análise química do solo, as dificuldades se devem às transformações do ferro no solo e por não se dispor de informações suficientes que permitam estabelecer um nível de suficiência para este micronutriente. Portanto, o melhor critério, neste caso, é a diagnose visual.

A deficiência de ferro não afeta o crescimento das folhas. Inicialmente, o sintoma de deficiência ocorre nas folhas mais novas. Quando o sintoma se acentua, as folhas perdem as nervuras, tomando uma coloração amarelo-clara, quase transparente, devido à ausência de clorofila. A ausência de nervuras é uma característica importante na diferenciação das deficiências de ferro e manganês. Enquanto a primeira é caracterizada pela ausência de nervuras (Figura 2), a segunda caracteriza-se por apresentar nervuras salientes e coloração verde-escura (Figura 3).



FIG. 2 Deficiência de ferro.

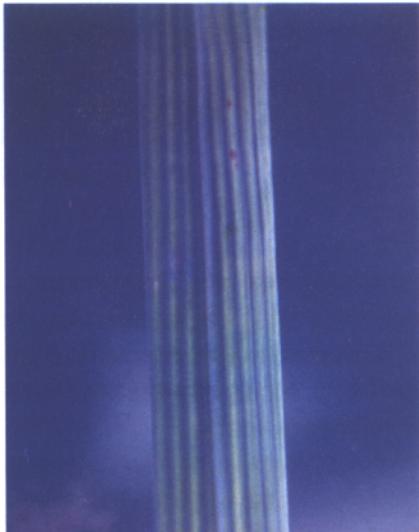


FIG.3 Deficiência de manganês.

Cobre: Como este elemento não se transloca na planta, o sintoma manifesta-se nas folhas mais novas. Sua deficiência inibe a formação de enzimas (fenolase e lacase), causa a esterilidade do grão de pólen e reduz a resistência das plantas a doenças. Na falta de cobre, não há formação de lignina, o que favorece a quebra das folhas e deixam-nas com um aspecto típico de pêndulo (Figura 4).



FIG. 4 Deficiência de cobre.

Boro: Da mesma forma que o zinco, ferro e cobre, o boro também não se transloca na planta e, por esta razão, o sintoma de deficiência aparece primeiramente nas folhas mais novas (Figura 5). O principal sintoma é caracterizado pela formação de folhas novas deformadas e esbranquiçadas.

A deficiência de boro afeta a integridade da membrana celular, inibe a formação da ATPase, a absorção de nutrientes e, como consequência, inibe o crescimento das plantas e aumenta a esterilidade dos grãos por inibir o crescimento do tubo polínico.



TABELA 1 Interpretação dos teores de micronutrientes (mg kg^{-1}) em solos brasileiros.

MICRONUTRIENTE	BAIXO	MÉDIO	ALTO	SITUAÇÃO
Boro *	< 0,1	0,1 - 0,3	> 0,3	Médio a Baixo
Cobre **	< 0,4	0,4 - 0,8	> 0,8	Adequado
Ferro *	< 20,0	20 - 30	> 30,0	Adequado
Manganês **	< 3,0	3,0 - 5,0	> 5,0	Adequado
Zinco **	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0	Médio a Baixo

* Água quente.

** Mehlich-1.

Fonte: Malavolta et al. (1997).

2.3 Análise das Plantas

Pela análise das plantas pode-se comprovar a diagnose visual feita no campo e complementar as informações obtidas da análise química do solo, verificando e eliminando dúvidas do processo de diagnose. Ao proceder à avaliação do estado nutricional das plantas por este processo, deve-se lembrar que os teores dos micronutrientes no tecido vegetal, considerados como suficientes ou adequados às culturas, apresentam uma faixa com ampla variação devido às diferentes cultivares utilizadas, à fase de crescimento em que a planta é amostrada, bem como, à parte da planta coletada para a análise. Não obstante este fato, a análise das plantas é importante, e deve ser considerada no processo de diagnose de problemas de deficiência ou de toxidez de nutrientes nas plantas.

Segundo dados compilados de vários autores, os resultados da análise do tecido vegetal, considerados suficientes ou adequados para a cultura de arroz, podem ser interpretados de acordo com os seguintes valores, expressos em mg kg^{-1} : B = 20 - 100; Cu = 5 - 25; Fe = 70 - 300; Mn = 30 - 600; Mo = 0,5 - 2,0; e Zn = 20 - 150. Valores abaixo destas faixas de variação indicam que o nutriente encontra-se em nível de insuficiência ou deficiente, enquanto valores acima indicam excesso, podendo causar toxicidade à planta.

3 CORREÇÃO DE DEFICIÊNCIAS DE MICRONUTRIENTES

Durante muito tempo, as recomendações de micronutrientes foram baseadas na aplicação de pequenas quantidades de mistura de micronutrientes com fertilizantes formulados, mesmo sem saber se o solo era ou não deficiente. Com isto, o produtor queria ter a segurança de que a produtividade de sua lavoura não seria limitada pela falta de qualquer micronutriente. Mais recentemente, entretanto, com os estudos de calibração de análise de solo para micronutrientes e a introdução, em nível de rotina, em grande número de laboratórios, de metodologias de extração desses

nutrientes, as recomendações passaram a ser baseadas em curvas de calibração, as quais definem a quantidade do elemento a ser aplicada de acordo com o teor do nutriente no solo.

Além da análise química do solo, como base de recomendação de fertilizantes, são sugeridas outras medidas complementares, como a análise foliar e o conhecimento do histórico da área e dos fatores que afetam a disponibilidade dos nutrientes no solo. Tais medidas, em geral, contribuem para uma tomada de decisão mais correta sobre o processo de recomendação de adubação. Ademais, em muitas áreas de cerrado, onde se pratica uma agricultura baseada na obtenção de elevados níveis de produtividade, em que a extração e a exportação de nutrientes são altas, estes dois componentes também devem ser considerados no processo de recomendação. Nestas condições podem ser necessárias aplicações adicionais de micronutrientes, a lanço e incorporados ao solo, com o intuito de restituir as quantidades exportadas pelas culturas.

A correção de deficiências de micronutrientes pode ser feita utilizando-se produtos inorgânicos (saís solúveis), sob a forma de quelatos sintéticos, como EDTA, por exemplo, compostos orgânicos naturais (provenientes de subprodutos da celulose) e as fritas, que são óxidos metálicos fundidos dentro de uma matriz contendo silicato ou fosfato. Uma classificação quanto à eficiência desses produtos é apresentada na Tabela 2. Vale ressaltar que, apesar de os quelatos serem os mais eficientes, seu uso geralmente não é compensatório devido ao custo elevado.

Os micronutrientes podem ser aplicados de várias formas: no sulco de plantio, misturados com os fertilizantes formulados; a lanço e incorporados; a lanço, em cobertura; pelas sementes; via foliar; e incorporados em fertilizantes granulados (fertilizante complexo contendo NPK num só grânulo).

TABELA 2 Eficiência dos produtos utilizados como fontes de micronutrientes*.

Fonte	Eficiência
Sais solúveis	Maior
Insolúveis	Menor
Resíduos industriais	Variável
Quelatos	Alta
Adubos granulados	40% a 50% do elemento deve ser solúvel em água

* A taxa de recuperação de micronutrientes varia de 5% a 10%, conforme Mortvedt (1994).

Para culturas anuais como o arroz, a aplicação foliar de micronutrientes apresenta mais desvantagens do que vantagens. Isto porque, nestas culturas, quando os sintomas aparecem, as plantas ainda são jovens e apresentam área foliar insuficiente para a absorção dos nutrientes.

Dependendo do grau da deficiência, podem ser necessárias várias aplicações, elevando o custo de produção. Este modo de aplicação de micronutrientes é, portanto, mais apropriado para culturas perenes e mais lucrativas do que para plantas anuais, as quais são, muitas vezes, utilizadas pelos produtores para a formação de pastagens. Nestes casos, a melhor forma de correção tem sido via solo, dado o seu efeito residual para as pastagens e, consequentemente, para a nutrição animal.

Um dos problemas que ainda persiste é como aplicar ao solo, de modo eficiente, pequenas quantidades de micronutrientes. Todas as formas de aplicação apresentam problemas, sejam relacionados ao custo de aplicação, à uniformidade de aplicação (segregação) ou à eficiência agronômica dos produtos. Na Tabela 3 são relacionadas, resumidamente, algumas consequências que podem ocorrer devido aos métodos de aplicação de micronutrientes.

TABELA 3 Conseqüências da aplicação de micronutrientes, conforme o método de aplicação utilizado.

Método	Conseqüência
Sulco de plantio	Pequeno volume de solo, pode causar toxidez
Lanço e incorporado	Evita toxidez, maior efeito residual
Lanço em cobertura	Baixa eficiência
Foliar	Pequeno efeito residual, correção temporária
Tratamento de sementes	Pequeno efeito residual
Incorporado em misturas granuladas	Elimina segregação, custo reduzido e distribuição uniforme; contudo, podem ocorrer reações no solo ou no armazenamento.

Quando se faz a mistura de micronutrientes com fertilizantes formulados, para aplicação localizada ou a lanço, e utilizam-se produtos de diferentes tamanhos (um, granulado, e outro, em pó), o grande problema é a segregação dos grânulos do fertilizante, que pode ocorrer tanto na mistura feita na indústria como no transporte, resultando em má distribuição do micronutriente. Assim, seja qual for o processo usado para misturar o micronutriente, é extremamente importante que haja compatibilidade do tamanho dos grânulos da mistura NPK, ou do fósforo, ou do potássio, com o tamanho do grânulo do micronutriente. A grande vantagem da aplicação de fontes de micronutrientes em mistura de grânulos é a possibilidade de definir, para determinadas misturas, a quantidade correta do micronutriente específico para uma cultura e condição de solo.

Outro aspecto importante a ser considerado nas misturas diz respeito à solubilidade das fontes de micronutrientes. Os trabalhos de pesquisa mostram que fontes granuladas insolúveis em água,

como é o caso do ZnO, apresentam, geralmente, baixa eficiência em relação às fontes solúveis ($ZnSO_4$, por exemplo). Em tais condições, recomendam-se que, no processo de granulação, sejam utilizadas fontes que tenham, pelo menos, 40% a 50% do elemento solúvel em água.

Duas outras alternativas têm sido sugeridas na literatura e empregadas como medida para evitar a segregação. Uma delas consiste em fazer o revestimento dos grânulos de fertilizantes simples ou complexos com fontes de micronutrientes, de modo que cada grânulo carregue o micronutriente, embora ainda não disponível no Brasil. A outra possibilidade é a incorporação das fontes de micronutrientes nos grânulos dos fertilizantes complexos. Neste caso, porém, podem ocorrer reações entre a fonte do micronutriente e o fertilizante NPK, dando origem a produtos de baixa eficiência agronômica.

Na Tabela 4 são recomendadas medidas corretivas extraídas de resultados coletados em trabalho de revisão de literatura. Cabe enfatizar que tais medidas não são aplicáveis em todas as situações, devendo ser usadas somente depois de ter sido feita uma diagnose para saber se o problema realmente está ocorrendo, ou se pode vir a ocorrer.

4 EFEITO RESIDUAL DE MICRONUTRIENTES E RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO

Um dos aspectos mais importantes a ser considerado na prática da adubação com micronutrientes é o efeito residual no solo que estes nutrientes apresentam para as culturas. Como a quantidade exigida de micronutrientes é relativamente pequena e a taxa de recuperação pelas culturas é baixa (5% a 10%), espera-se que estes nutrientes, com uma única aplicação, apresentem efeito prolongado no solo para as culturas.

TABELA 4 Sugestões para a correção de deficiências de micronutrientes em arroz de terras altas.

Micronutriente	Medias corretivas		
	Solo (kg/ha)	Fonte	Foliar (400 L/ha de H ₂ O)
Boro	1,0 - 2,0	H ₃ BO ₃ Bórax	0,1 - 0,25% (Bórax)
Cobre	1,0 - 2,0	CuSO ₄	0,1 - 0,2%
Ferro	?	-	2% (FeSO ₄) 0,02 - 0,05% (Quelato)
Manganês	10,0 - 30,0	MnSO ₄	0,1%
Molibdênio	0,5 - 2,0	Molib. Na Molib. NH ₄	0,07 - 0,1%
Zinco	3,0 - 5,0	ZnSO ₄ ZnO	0,1- 0,5% (ZnSO ₄)

O tempo em que o efeito do micronutriente persiste no solo depende da solubilidade da fonte do micronutriente e da textura do solo. Dados experimentais referentes à aplicação de zinco e cobre, em solo de cerrado, por exemplo, têm mostrado efeito residual de, pelo menos, quatro a cinco anos para as culturas de arroz, milho e soja. É, portanto, extremamente importante que, no processo de recomendação de adubação, seja considerado não só este aspecto, como também a relação benefício/custo da aplicação de fontes de micronutrientes.

Assim, por exemplo, considerando o efeito da aplicação do sulfato de zinco no arroz, em apenas um ano, com base na relação entre o preço do fertilizante, na época de plantio, e do preço do produto, na colheita, pode-se calcular o custo em kg ha⁻¹ de arroz para o pagamento do fertilizante em um ano. Contudo, considerando que o efeito do zinco no solo persiste por pelo menos quatro anos, o custo em kg ha⁻¹ do produto para o pagamento do fertilizante é reduzido em quatro vezes.

5 BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BARBOSA FILHO, M.P. Cereais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.413-444.
- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 120p. (POTAFOS. Boletim Técnico, 9).
- BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F.; FAGERIA, N.K. **Zinco e ferro na cultura do arroz**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 71p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 49).
- FAGERIA, N.K.; GUIMARÃES, C.M.; PORTES, T. de A. Deficiência de ferro em arroz de sequeiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.47, n.416, p.3-5, 1994.
- GALRÃO, E.Z.; MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) e do milho (*Zea mays* L.) em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, p.72-75, 1981.
- LOPES, A.S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes**. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da (Eds.). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.357-390.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MORTVEDT, J.J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.38, p.213-221, 1994.
- MORTVEDT, J.J. Crop response to level of water-soluble zinc in granular zinc fertilizers. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.33, p.249-255, 1992.
- MORTVEDT, J.J. **Micronutrient fertilizer technology**. In: MICHELSON, S.H. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. 2.ed. Madison: SSSA, 1991. p.523-548.



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*
Rod. Goiânia Nova Veneza km 12 Sto. Antônio de Goiás GO
Caixa Postal 179 75375-000 Sto. Antônio de Goiás GO
Telefone (062) 833 2110 Fax (062) 833 2100
E-mail cnpaf@cnpaf.embrapa.br

**MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E DO
ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**