

Nutrição Mineral e Adubação da Cultura do Arroz de Sequeiro



13 5 2009

ISSN 1983-0513

Dezembro, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 360

Nutrição Mineral e Adubação da Cultura do Arroz de Sequeiro

Carlos Alberto Costa Veloso

Sonia Maria Botelho

Altevir de Matos Lopes

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Embrapa Amazônia Oriental

Belém, PA

2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.
Caixa Postal 48. CEP 66095-100 - Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
www.cpatu.embrapa.br
sac@cpatu.embrapa.br

Comitê Local de Editoração

Presidente: *Moacyr Bernardino Dias-Filho*
Secretário-Executivo: *Walkymário de Paulo Lemos*
Membros: *Ana Carolina Martins de Queiroz*
Célia Regina Tremacoldi
Luciane Chedid Melo Borges

Revisão Técnica: *Marlene Estevão Marchetti* – UFGD

Supervisão editorial e revisão de texto: *Luciane Chedid Melo Borges*

Normalização bibliográfica: *Andréa Liliane Pereira da Silva*

Editoração eletrônica: *Euclides Pereira dos Santos Filho*

Foto da capa: *Carlos Alberto Costa Veloso*

1ª edição

Versão Eletrônica (2009)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amazônia Oriental**

Nutrição mineral e adubação da cultura do arroz de sequeiro / Carlos Alberto Costa Veloso... [et al.]. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2009.
29 p. – (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0513 ; 360).

1. Arroz. 2. Nutriente mineral. 3. Adubação. I. Veloso, Carlos Alberto Costa.
II. Série.

CDD 633.18

© Embrapa 2009

Autores

Carlos Alberto Costa Veloso

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e
Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental, Belém, PA.
veloso@cpatu.embrapa.br

Sonia Maria Botelho

Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e
Nutrição de Plantas, Pesquisadora da Embrapa
Amazônia Oriental, Belém, PA.
sonia@cpatu.embrapa.br

Altevir de Matos Lopes

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e
Melhoramento de Plantas, Pesquisador aposentado
da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e
Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa
Amazônia Oriental, Belém, PA.
maklouf@cpatu.embrapa.br

Apresentação

Considerando a importância da cultura do arroz (*Oryza sativa*) na região Norte do Brasil, com visualização de perspectivas de crescimento nos setores da produção, agroindústria, comércio e consumo, foram consolidadas informações técnicas básicas desse cultivo, com o intuito de fornecer uma fonte referencial para os produtores, extensionistas e técnicos, especialmente do Estado do Pará, onde se encontra em expansão a área de plantio.

Nesta recomendação, abordam-se os principais aspectos sobre a exigência nutricional, informações sobre sintomas de deficiências e recomendação de adubação para alcançar altas produtividades.

O objetivo deste trabalho é fornecer embasamento tecnológico generalizado sobre a cultura do arroz aos técnicos, extensionistas, estudantes, produtores e demais pessoas envolvidas no agronegócio do arroz, para que possam nivelar conhecimentos e contribuir para a valorização e o fortalecimento agrônomo, econômico, ambiental e social dessa atividade.

Claudio José Reis de Carvalho
Chefe-Geral da Embrapa Amazônia Oriental

Sumário

Nutrição Mineral e Adubação da Cultura do Arroz de Sequeiro	09
Introdução	09
Sintomas de deficiências de macronutrientes e correção ..	13
Nitrogênio	13
Fósforo	15
Potássio	16
Cálcio	18
Magnésio	19
Enxofre	19
Sintomas de deficiências de micronutrientes	21
Ferro	21
Zinco	21
Manganês	22
Cobre	22
Boro	24
Molibdênio	24
Recomendação de adubação e calagem	25
Plantio	25
Calagem	25
Adubação com fósforo e potássio	26
Adubação nitrogenada	27
Recomendações técnicas adicionais	27
Referências	28
Literatura Recomendada	29

Nutrição Mineral e Adubação da Cultura do Arroz de Sequeiro

Carlos Alberto Costa Veloso

Sonia Maria Botelho

Altevir de Matos Lopes

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho

Introdução

O uso de adubação e calagem constitui um importante fator para o aumento da produtividade, e a crescente globalização da economia exige, cada vez mais, a prática de cultivos com alta tecnologia, visando manter a competitividade e a sustentabilidade do sistema agrícola. Neste contexto, a manutenção da fertilidade do solo, em nível adequado, é fundamental. Para isto, torna-se necessário conhecer não só os parâmetros de fertilidade do solo, mas também a exigência nutricional das culturas.

Para qualquer espécie vegetal cultivada, os conhecimentos básicos sobre adubação e nutrição mineral das plantas são de extrema importância, pois, para seu crescimento e produção, elas precisam estar supridas de quantidades adequadas de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), boro (B), molibdênio (Mo), cloro (Cl), carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), nutrientes denominados essenciais.

As plantas retiram o C, o H, e O do ar e da água, enquanto os demais nutrientes são absorvidos, na forma de íons inorgânicos, da solução do solo, pelas raízes. Em virtude da quantidade absorvida pelas plantas, os nutrientes essenciais são divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e em micronutrientes (Zn, Fe, Cu, Mn, B, Mo e Cl) e, para

serem absorvidos, é necessário que se encontrem na forma disponível e nas concentrações e proporções adequadas para atender à necessidade da planta. Ainda que os macronutrientes sejam absorvidos em maior quantidade do que os micronutrientes, todos são igualmente considerados essenciais.

Cada nutriente essencial desempenha funções definidas dentro da planta e nenhum pode ser substituído por outro, necessitando todos estarem presentes na forma e quantidade adequadas para produzir resultados satisfatórios. Os cátions ou ânions podem ser absorvidos de forma independente e não necessariamente em quantidade iguais, devendo a eletroneutralidade ser mantida dentro de limites razoáveis na planta e no meio de crescimento. Portanto, a relação iônica possui importância especial na nutrição de plantas.

Os métodos mais comuns para identificar a necessidade nutricional das culturas consistem na identificação dos sintomas visuais de deficiência, na análise química do solo e na análise química da planta.

A análise química constitui um método prático para diagnosticar problemas nutricionais em plantas. A idéia básica desse método é que o elemento essencial esteja presente na planta numa concentração suficiente para o seu crescimento. Essa concentração (nível crítico) pode ser estabelecida para cada nutriente, e somente este será variável, mantendo todos os outros em níveis adequados.

O processo de análise da planta envolve vários passos, como amostragem, preparação da amostra, análise de laboratório e interpretação dos resultados. No entanto, a possibilidade de se corrigir deficiências nutricionais no campo vai depender, sobretudo, da idade da planta e do tempo a que ela está submetida à falta de determinado nutriente. Em plantas ainda jovens, e quando a correção é feita no início do aparecimento dos sintomas, a possibilidade de resposta é grande. Porém, uma das limitações do método de análise de planta é que, normalmente,

ele é feito quando a cultura já está bastante desenvolvida, impedindo, muitas vezes, que o problema seja resolvido em tempo hábil.

A análise de solo é uma importante ferramenta para os agricultores que desejam aplicar fertilizantes e não dispõem de informações sobre sintomas de deficiência ou de resultados de análise de planta. O conhecimento da concentração de nutrientes existentes no solo e da exigência nutricional de determinada cultura dá uma indicação das quantidades de fertilizantes minerais que devem ser adicionadas ao solo, que sejam suficientes para suprir as necessidades da planta.

Entretanto, a análise de solo também apresenta uma série de limitações que podem ser compensadas pela análise de planta e vice-versa. A utilidade da análise de planta é muito grande como instrumento de controle da nutrição, ao passo que a análise de solo é insubstituível para avaliar a fertilidade do solo e estimar a concentração de um dado nutriente “disponível” para as plantas, como, por exemplo, acidez do solo, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

No caso do arroz, sua exigência nutricional é influenciada por vários fatores, como condições climáticas, tipo de solo, cultivar plantada, produtividade esperada e práticas culturais adotadas.

Para essa cultura, não existem, ainda, estudos de calibração, com base em análise de planta, para fins de recomendação de adubação. Porém, Fageria e Barbosa Filho (2006) estabeleceram os teores considerados deficientes, adequados e altos para macronutrientes e micronutrientes, em diversas partes da planta, nos vários estádios de crescimento do arroz (Tabela 1).

Tabela 1. Teores deficientes, críticos, adequados e altos dos nutrientes nas diversas partes da planta de arroz.

Nutrientes	Partes da planta	Estádio de crescimento	Teores de macronutrientes (g/kg)			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Alto
N	Folha	Diferenciação da panícula	< 18	18 - 26	26 - 42	> 42
P	Toda parte superior	75 dias de idade	< 1,5	1,5 - 2,5	2,5 - 4,8	> 4,8
K	Toda parte superior	75 dias de idade	< 10	10 - 15	15 - 40	> 40
Ca	Toda parte superior	100 dias de idade	< 2	2,0 - 2,5	2,5 - 4,0	> 4,0
Mg	Toda parte superior	100 dias de idade	< 1,2	1,2 - 1,7	1,7 - 3,0	> 3,0
S	Folha	Perflhamento	< 1	1,0 - 2,0	2,0 - 6,0	> 6,0
Nutrientes	Partes da planta	Estádio de crescimento	Teores de micronutrientes (mg/kg)			
			Deficiente	Crítico	Adequado	Alto
B	Folha adulta superior	Perflhamento	< 15	15 - 20	20 - 100	> 100
Cu	Folha adulta	Perflhamento	< 4	4 - 5	5 - 20	> 20
Mn	Folha adulta	Perflhamento	< 20	20 - 30	30 - 600	> 600
Fe	Toda parte superior	Perflhamento	< 50	50 - 70	70 - 300	> 300
Zn	Toda parte superior	Perflhamento	< 10	10 - 20	20 - 150	> 150
Mo	Folha adulta	Perflhamento	< 0,1	0,1 - 0,5	0,5 - 2,0	> 2,0

Fonte: Adaptado de Fageria et al. (1995).

Sintomas de deficiências de macronutrientes e correção

A deficiência de um dado nutriente pode ocorrer sob três condições diferentes: a) quando o teor do nutriente no solo não é suficiente para satisfazer as necessidades da planta; b) quando a quantidade do nutriente é suficiente, mas não se encontra na forma disponível para a planta; c) quando não há equilíbrio entre as quantidades de nutrientes na solução do solo. Por exemplo, a relação 2:1 entre Ca e Mg no solo é considerada adequada para a maioria das culturas em solos brasileiros.

Com o objetivo de orientar técnicos e agricultores na identificação de problemas nutricionais da cultura do arroz, são feitas, neste trabalho, descrições dos sintomas visuais, acompanhadas de fotografias, e são apresentadas sugestões para a solução dos problemas nutricionais mais comuns ocorridos com a cultura do arroz.

Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que mais limita a produtividade do arroz. É responsável pelo aumento da área foliar da planta, melhorando, assim, a eficiência de interceptação da radiação solar e a taxa fotossintética, refletindo positivamente na produtividade do arroz. Se, por um lado, o N é o elemento mais absorvido pela planta, por outro, é o que apresenta maiores possibilidades de perdas, em decorrência dos processos de volatilização, lixiviação e desnitrificação no sistema solo-planta. A eficiência de recuperação do N pelo arroz é menor que 50 %, tanto em solo de várzea como em solo de cerrado. Assim, o uso racional da adubação nitrogenada é fundamental, não somente para aumentar a eficiência de recuperação, mas também para aumentar a produtividade de grãos, bem como para diminuir o custo de produção e os riscos de poluição ambiental. Uma das maneiras de aumentar a eficiência de recuperação de N consiste no uso de práticas de manejo, tais como doses e época de aplicação mais apropriadas para a cultura.

A deficiência de N no solo é causada por vários fatores, entre os quais se destaca o baixo teor no solo, em geral provocado pela lixiviação, volatilização, desnitrificação, erosão e pelo baixo teor de matéria orgânica. Os sintomas de deficiência de N são caracterizados por amarelecimento nas folhas mais velhas que, dependendo da intensidade e da evolução da deficiência, pode atingir toda a planta. A lâmina da folha mais baixa morre, ficando o tecido com coloração marrom-chocolate. Na Figura 1, está apresentada a deficiência de nitrogênio em plantas de arroz, cultivado em vaso e em campo.



Figura 1. Deficiência de nitrogênio em planta de arroz em vaso sem e com aplicação de N e em lavoura de arroz (parte da frente).

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Por ser o N um elemento muito instável no solo e se encontrar, na sua maior parte, em formas orgânicas, não existem ainda critérios que avaliem satisfatoriamente sua disponibilidade no solo para as plantas. Por essa razão, o critério atualmente usado para recomendar adubação nitrogenada baseia-se em curvas de resposta das culturas a várias doses de N. Com base nesses estudos, recomenda-se de 80 kg a 90 kg de N/ha, para o arroz de sequeiro, parcelados em duas vezes — 1/2 no plantio e 1/2 no início do aparecimento do primórdio foral — e 90 kg/ha a 120 kg/ha para o arroz irrigado, parcelados em três vezes durante o ciclo — 1/3 no plantio, 1/3 no perfilhamento ativo (mais ou menos 45 dias após plantio) e 1/3 no início do aparecimento do primórdio foral, aproximadamente na metade do ciclo da cultivar.

Obs.: Para o arroz irrigado, se for por inundação, recomenda-se aplicar o N na forma amoniacal para diminuir perdas por desnitrificação.

Como fonte de N, pode-se usar tanto o sulfato de amônio como a ureia. Resultados de vários experimentos mostram que, em geral, não há diferença entre essas fontes quanto ao seu aproveitamento pela cultura do arroz. O sulfato de amônio contém, aproximadamente, 24 % de enxofre, podendo superar a ureia em solos com deficiência desse nutriente. Por outro lado, a ureia contém maior teor de N que o sulfato de amônio, o que lhe confere uma vantagem em relação ao custo de transporte e aplicação. Recomenda-se, tanto para a ureia como para o sulfato de amônio, que sejam incorporados ao solo, para evitar perdas de N por volatilização.

Fósforo

O fósforo (P) é um nutriente que se encontra em baixa concentração na solução do solo, limitando, assim, a produtividade do arroz. A maior parte do P solúvel que é aplicado ao solo é adsorvida pelos óxidos de ferro e alumínio ou é precipitada no solo, tornando-se não disponível às plantas. A adubação fosfatada exerce vários efeitos na cultura do arroz, sendo os mais importantes o aumento dos componentes da produtividade, em especial o número de panículas por área e, por conseguinte, o aumento da produtividade da cultura do arroz.

O P, assim como o N, é um elemento móvel na planta, iniciando seus sintomas de deficiência primeiramente nas folhas velhas. Sua deficiência reduz o perfilhamento e prolonga o ciclo da cultura. As folhas mais velhas apresentam coloração bronze, principalmente na margem. O sintoma progride da ponta para a base, e as folhas novas adquirem uma coloração verde escura (Figura 2).

A necessidade de P no arroz é determinada pela curva de calibração, que relaciona o P extraível do solo com a produção relativa. A adubação fosfatada pode ser realizada com base em dois critérios: adubação de manutenção visando ao fornecimento do P à planta e adubação de

correção, que visa à elevação do nível de fósforo do solo. No primeiro caso, recomenda-se que a adubação seja feita com fontes solúveis de P, na forma de grânulos, aplicados no sulco de plantio.

A cultura de arroz de terras altas não responde à aplicação de P quando o seu teor no solo é superior a 10 mg/kg de P. Na cultura do arroz irrigado, o nível crítico é em torno de 13 mg/kg de P no solo (extrator Mehlich 1). Porém, uma pequena quantidade de P é necessária para estimular o desenvolvimento da planta, quando existe o nível crítico de P no solo. Em geral, a dose varia de 40 kg/ha a 60 kg/ha de P_2O_5 para o arroz de sequeiro e de 50 kg/ha a 80 kg/ha para o arroz irrigado, dependendo dos resultados da análise do solo.



Figura 2. Plantas com deficiência de fósforo na parte da frente da lavoura e em vaso sem e com aplicação de fósforo, na parte do fundo.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Potássio

O potássio (K) é um nutriente essencial para vários processos fisiológicos e bioquímicos importantes que ocorrem na planta. Nas cultivares modernas de arroz, o K é acumulado em maior quantidade, quando comparado com outros nutrientes essenciais.

A deficiência de K na cultura de arroz não é tão comum como a de N e a de P. Entretanto, em solos muito arenosos e pobres em matéria orgânica, com baixa capacidade de retenção de K, poderá ocorrer deficiência desse elemento. A maior parte do K extraído pela cultura do arroz fica na palha.

Quando a palhada permanece na superfície ou é incorporada ao solo, o nutriente pode tornar-se disponível às plantas, o que explica, em parte, a falta de resposta do arroz à adubação potássica.

A deficiência de K resulta na redução do crescimento da planta. Os sintomas iniciais são uma clorose branca nas pontas das folhas mais velhas e, à medida que a deficiência se intensifica, o tecido da folha torna-se marrom e necrótico, progredindo da ponta da folha para sua margem, desenvolvendo-se um amarelecimento no formato de “V” invertido (Figura 3).



Figura 3. Folhas de arroz com deficiência de potássio e planta de arroz sem e com aplicação de potássio.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

O Brasil importa aproximadamente 90 % do K que é consumido, o que, do ponto de vista econômico, exige racionalizar melhor o seu uso na agricultura. Em solos oxidicos, de intemperização avançada, o K apresenta pequena possibilidade de retenção, sendo necessários alguns cuidados no seu manejo. Por ser um elemento pouco exportado pelas colheitas, recomenda-se que os restos culturais sejam mantidos na área de produção, pois, ao serem incorporados ou não ao solo, reciclam o K. Em solos muito arenosos, recomenda-se que a adubação potássica seja parcelada pelo menos em duas vezes, sendo a metade da dose recomendada no plantio e metade em cobertura juntamente com o nitrogênio.

A dose recomendada de K_2O varia de 60 kg/ha a 80 kg/ha para arroz de sequeiro e de 80 kg/ha a 100 kg/ha para arroz irrigado, dependendo do teor de potássio determinado na análise de solo.

Cálcio

A necessidade de cálcio (Ca) da planta de arroz é baixa quando comparada à de N, P e K. Para correção de sua deficiência, recomenda-se a calagem, cuja necessidade é determinada com base nos resultados da análise de Ca, Mg e Al trocáveis. Para o arroz de sequeiro, recomenda-se elevar o pH em $CaCl_2$ para valores entre 5,5 a 5,8, empregando-se a seguinte fórmula:

$NC \text{ (t/ha)} = (2 \times Al) + [2 - (Ca + Mg)] \times f$, em que:

$f = 1,0$ para incorporação do calcário na camada de 20 cm de profundidade.

$f = 1,5$ para incorporação na camada de 30 cm de profundidade.

Por ser um nutriente imóvel na planta, os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais novas. As folhas terminais morrem conforme a deficiência se acentua, causando severo atrofamento das plantas (Figura 4). À medida que a deficiência persiste, as folhas mais velhas desenvolvem uma necrose marrom-avermelhada nas nervuras.



Figura 4. Plantas de arroz com deficiência em cálcio.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Magnésio

A deficiência de magnésio (Mg) não é comum na cultura do arroz, em razão da calagem geralmente praticada.

Os sintomas iniciam-se nas folhas mais velhas, caracterizados por colorações amarelada e alaranjada entre as nervuras da folha (Figura 5). Quando a deficiência se espalha por toda a folha, esta fica completamente seca. A deficiência de Mg pode ser corrigida pela calagem, sendo indicada nessas condições a aplicação de calcário dolomítico.



Figura 5. Folhas e plantas de arroz com deficiência em magnésio.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Enxofre

O enxofre (S) tem recebido pouca atenção dos produtores, uma vez que os fertilizantes nitrogenados (sulfato de amônio) e fosfatados usados nas lavouras contêm razoável quantidade desse elemento. Entretanto, em certas condições de cultivos intensivos e em locais onde o uso de fertilizantes sem S na sua composição é muito frequente, poderá ocorrer deficiência desse nutriente.

Os sintomas de deficiência de S assemelham-se aos de N. A diferença básica está relacionada com a localização dos sintomas na planta. Enquanto a deficiência de S aparece nas folhas mais novas, a de N aparece nas

folhas mais velhas. Inicialmente, as folhas com essa deficiência tornam-se amarelo-esverdeadas (Figura 6). Com a intensificação da deficiência, quase todas as folhas passam a apresentar essa coloração.

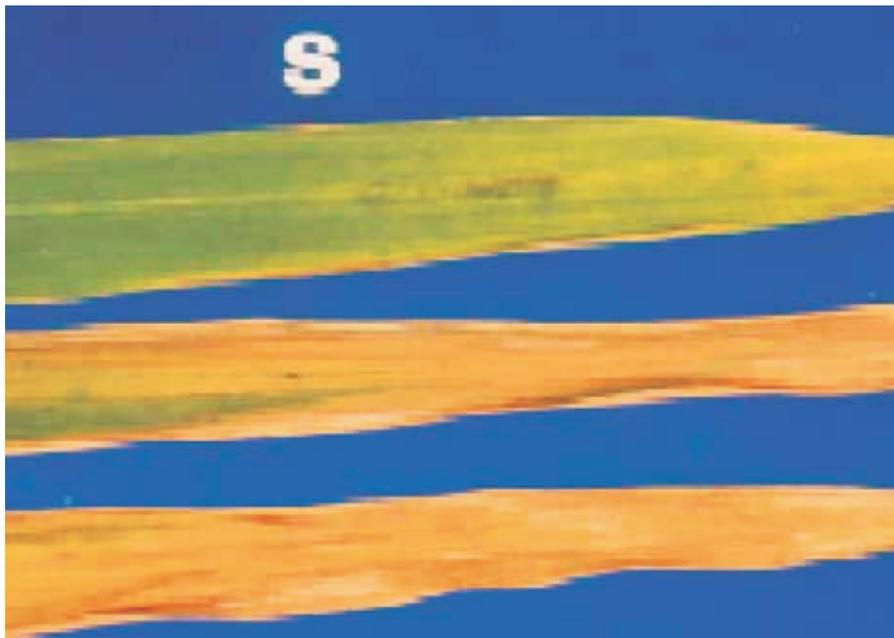


Figura 6. Folhas de arroz com deficiência em enxofre.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

A deficiência de S pode ser corrigida com aplicação de sulfato de amônio, no plantio ou em cobertura ou, ainda, com aplicação de gesso espalhado na superfície do solo e, posteriormente, incorporado por meio da aração e gradagem.

Sintomas de deficiências de micronutrientes

As deficiências de micronutrientes mais frequentes em arroz são as de zinco e ferro, que são causadas, principalmente, pela correção da acidez para elevar o pH acima de 6,0, e, no caso do zinco, é atribuída ao baixo teor desse elemento no material de origem. Os micronutrientes, em geral, são imóveis na planta, fazendo com que os sintomas de sua deficiência apareçam inicialmente nas folhas mais novas.

Ferro

O primeiro sintoma de deficiência de ferro (Fe) pode ser identificado por uma clorose internerval das folhas mais novas (Figura 7). Com o tempo, toda a planta torna-se amarelada, em tom de palha, com as folhas translúcidas no estágio mais avançado da deficiência. A elevação do pH do solo a valores acima de 6,0, em geral, tem sido a principal causa do aparecimento de deficiência de Fe em arroz de várzea e de terras altas.



Figura 7. Plantas de arroz com deficiência de ferro e na fase inicial de crescimento.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Zinco

O primeiro sintoma de deficiência de zinco (Zn), observado em arroz, é uma coloração verde esbranquiçada que se desenvolve no tecido da base da folha de cada lado da nervura central. A lâmina da folha tem um alargamento proeminente na zona de clorose. À medida que a folha

se torna mais velha, o tecido clorótico adquire coloração ferruginosa (sintoma típico na fase mais evoluída da defciência de Zn). As margens da folha, na área de coloração ferruginosa, são geralmente verdes (Figura 8). O crescimento da planta é atrofiado, e as folhas, de cor ferrugem, tornam-se proeminentes em estágios posteriores.



Figura 8. Plantas de arroz com e sem aplicação de zinco e folhas de arroz com defciência de zinco.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Manganês

Como sintoma típico da defciência de manganês (Mn), verifica-se, nas lâminas das folhas mais novas, o desenvolvimento de clorose internervural, com as nervuras se tornando proeminentes.

São observadas linhas internervurais amareladas, mais ou menos da mesma largura. Conforme a evolução da defciência, o tecido internervural torna-se necrótico, de coloração amarronzada (Figura 9).

Cobre

A defciência de cobre (Cu) se desenvolve, inicialmente, nas folhas mais novas, nas quais aparecem manchas azul-esverdeadas, tornando-se cloróticas junto às pontas. A clorose desenvolve-se para baixo, ao longo da nervura principal de ambos os lados, seguida de necrose marrom-escuro das pontas. As folhas enrolam-se, mantendo a aparência de agulhas em toda a sua extensão ou, ocasionalmente, na metade da folha, com a base final desenvolvendo-se normalmente (Figura 10).



Figura 9. Planta de arroz com deficiência de manganês.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).



Figura 10. Folhas e plantas de arroz com deficiência de cobre.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Boro

A deficiência de boro ocorre de forma localizada, nas folhas novas ou brotos. As pontas das folhas emergentes tornam-se brancas e dobram-se, como no caso de deficiência de Ca. Em casos severos, os pontos de crescimento podem morrer (Figura 11).

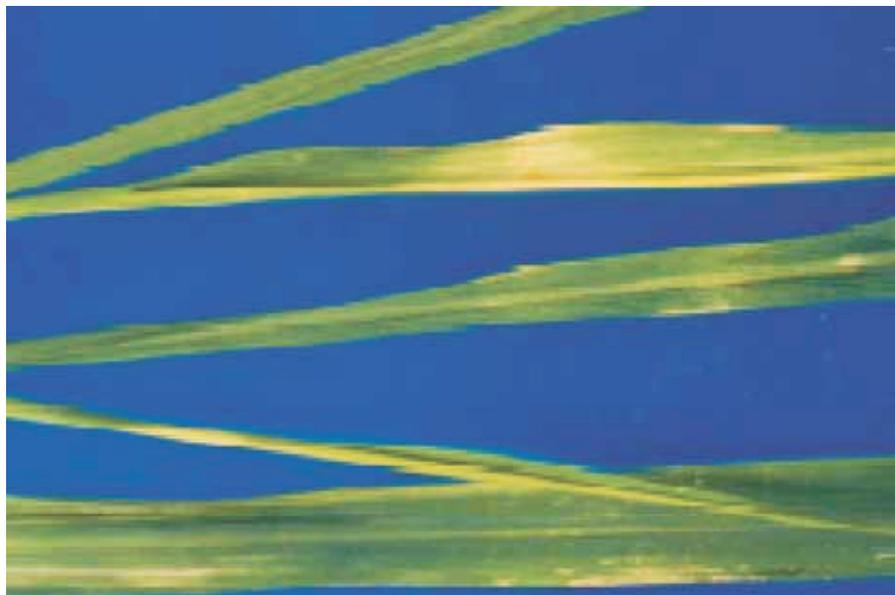


Figura 11. Folhas de arroz com deficiência de boro.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Molibdênio

Em lavouras comerciais de arroz, não é comum o aparecimento de deficiência de molibdênio (Mo), possivelmente porque os solos contêm teores suficientes ou pelo fato de sua disponibilidade aumentar com a elevação do pH, quando a calagem é praticada.

Em condições controladas (experimentos em vasos), os sintomas que se observam são uma clorose internervural nas folhas mais novas e o enrolamento da lâmina da folha para cima (Figura 12).

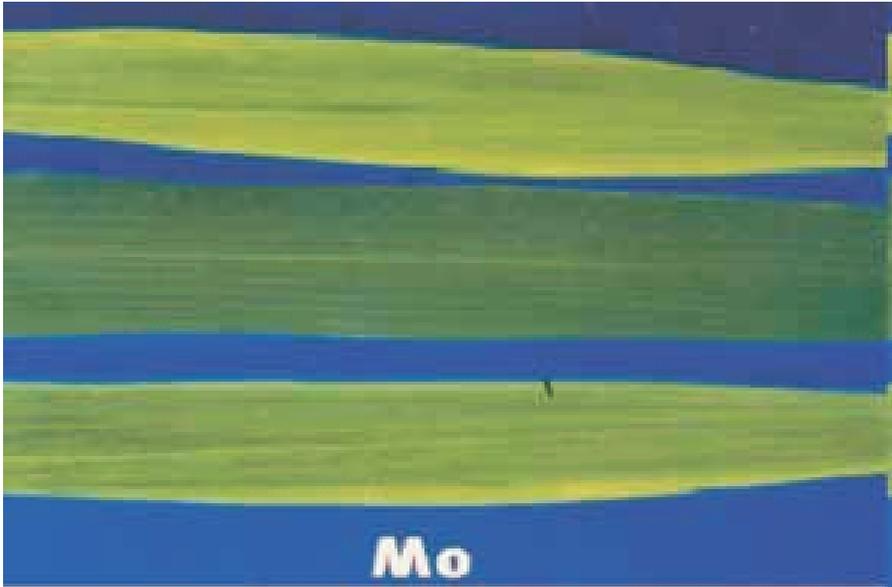


Figura 12. Folhas de arroz com deficiência de molibdênio.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (1994).

Recomendação de adubação e calagem

Plantio

No caso de plantio manual, utilizar o espaçamento de 0,25 m x 0,10 m, colocando 4 a 5 sementes por cova, com densidade aproximada de 1.600.000 a 2.000.000 de plantas ha⁻¹. Em plantio mecanizado, utilizar o espaçamento de 0,25 m entre linhas com 50 a 60 sementes por metro linear, com densidade de, aproximadamente 2.000.000 a 2.400.000 plantas ha⁻¹. Utilizar as cultivares Curinga e BRS Sertaneja.

Calagem

Aplicar calcário para diminuir a saturação de alumínio para 20 %, calculando a necessidade de calcário com base nos resultados de análise do solo, utilizando a seguinte equação:

$NC(t\ ha^{-1}) = 1,5 [Al - SAD (Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Al^{3+})/100]$, em que:

NC = Necessidade de calcário, com Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) corrigido para 100 %

SAD = Saturação de alumínio desejada no solo após a calagem.

Observações:

- No caso da cultura do arroz, a SAD deve ser ajustada para 20.
- Para solos argilosos, substituir o fator multiplicativo da equação de 1,5 por 1,8.
- Quando o K vem expresso em mg dm^{-3} , na análise do solo, transformar para $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ usando a fórmula: $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ de K} = \text{mg dm}^{-3} \times 0,0026$, para empregar na equação acima.

É recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de magnésio inferior a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A quantidade de calcário calculada deve ser dividida em duas partes iguais. A primeira metade deve ser aplicada na superfície do solo e incorporada a uma profundidade de 20 cm, com arado ou grade aradora. A segunda metade deve ser aplicada antes da gradagem e incorporada. Esperar pelo menos 20 dias após a aplicação do calcário para fazer o plantio.

Adubação com fósforo e potássio

A recomendação de adubação fosfatada e potássica para a cultura do arroz de sequeiro em virtude da análise de solo e das classes texturais é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Recomendação de adubação com fósforo e potássio para a cultura do arroz de sequeiro, em virtude dos resultados da análise do solo e de diferentes classes de textura, para uma produtividade de $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ a $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos.

Disponibilidade P e K no solo	Textura do solo			P_2O_5 a aplicar kg ha^{-1}	Teor de K no solo (mg dm^{-3})	K_2O a aplicar kg ha^{-1}
	Argilosa	Média	Arenosa			
Baixa	≤ 5	≤ 8	≤ 10	80	\leq	60
Média	6 - 10	9 - 15	11 - 18	40	41 - 60	40
Alta	11 - 15	16 - 20	19 - 25	20	61 - 90	20
Muito Alta	≥ 15	≥ 20	≥ 25	0	≥ 90	0

Fonte: Cravo et al. (2007).

Adubação nitrogenada

Recomenda-se aplicar 40 kg ha^{-1} a 60 kg ha^{-1} de N, sendo metade aos 20 dias e o restante aos 35 dias após o plantio. Em áreas recém-desmatadas, com elevado teor de matéria orgânica ou após terem sido usadas com plantio de leguminosas, a quantidade de nitrogênio deve ser de 40 kg ha^{-1} ou menos, para evitar acamamento das plantas.

Recomendações técnicas adicionais

Para plantios manuais na agricultura familiar, aplicar os adubos em sulcos de 10 cm de profundidade distantes, aproximadamente, 5,0 cm das linhas de plantio, depois de 15 dias da germinação das sementes. No caso de plantios mecanizados na agricultura empresarial, efetuar a aplicação dos adubos no sulco, por ocasião do plantio.

Recomenda-se usar as combinações de sulfato de amônio e superfosfato triplo ou de ureia e superfosfato simples para garantir o fornecimento de enxofre às plantas, principalmente em áreas com muito tempo de cultivo.

Em solos com deficiência de micronutrientes, detectada por meio da análise de solo, ou em áreas que já vêm sendo utilizadas seguidamente com a cultura do arroz, sem adubação com micronutrientes, aplicar em mistura com o adubo fosfatado, 30 kg ha^{-1} de FTE BR 12, ou outra fonte que contenha micronutrientes. Fazer novas aplicações, caso os resultados de análise do solo indiquem deficiência de micronutrientes.

Referências

CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 262 p.

FAGERIA, N.K.; SANTANA, E.P.; CASTRO, E. da M. de; MORAES, O.P. Resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro à fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 261-287, 1995.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. **Deficiências nutricionais na cultura de arroz: identificação e correção**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 36 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 42).

_____. **Identificação e correção de deficiências nutricionais na cultura do arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 8 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica, 75).

Literatura Recomendada

BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 120 p. (POTAFOS. Boletim técnico, 9).

BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K. **A ocorrência, diagnose e correção da deficiência de zinco na cultura de arroz de sequeiro**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1980. 18 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular técnica, 4).

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 341 p.

_____. **Identificação de distúrbios nutricionais do arroz e sua correção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1976. 27 p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim técnico, 2).

_____. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: EMBRAPA-DPU, 1989. 425 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 18).

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, New York, v. 88, p. 98-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; CLARK, R. B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, New York, v. 77, p. 185-268, 2002.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2nd. ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 624 p.

FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, New York, v. 80, p. 63-152, 2003a.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 250 p.

MALAVOLTA, E.; VITT, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201 p.

Embrapa

Amazônia Oriental

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 8399