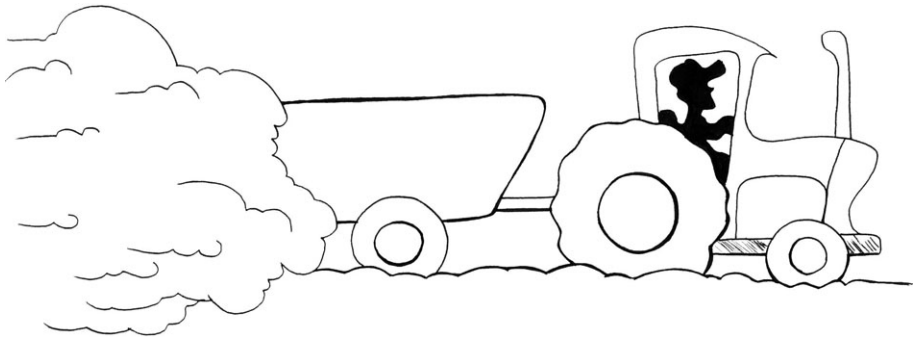


# 3 Calagem e Adubação



*Morel Pereira Barbosa Filho  
Nand Kumar Fageria*

Entre as tecnologias geradas que permitiram a utilização agrícola de solos ácidos, destacam-se o emprego de fertilizantes como fonte de nutrientes e de calcário como corretivo da acidez natural dos solos, sem os quais teria sido impossível a implantação de culturas como a soja, o feijão e o milho na região do Cerrado. A calagem, quando administrada adequadamente e utilizada como prática corretiva da acidez do solo (e não apenas na cultura do arroz), apresenta inúmeras vantagens, tanto no aspecto econômico quanto na melhoria das condições químicas que promove no solo.

Quanto ao aspecto econômico, além do efeito marcante da calagem no aumento da produtividade das lavouras, seu custo pode ser considerado muito baixo em relação às demais práticas agrícolas (cerca de 5% do custo total de produção), o que propicia aos produtores alto retorno em termos de benefícios econômicos e sociais. Entre outros efeitos benéficos da calagem, além da neutralização da acidez do solo, podem ser citados os seguintes:

- Aumento da eficiência dos fertilizantes e da absorção de nutrientes pelas plantas.
- Aumento da disponibilidade de nutrientes do solo, como nitrogênio, fósforo, enxofre e molibdênio, além de suprimento de cálcio e magnésio presentes no calcário.
- Melhoria das condições químicas do solo à medida que diminui a concentração de elementos tóxicos na solução do solo, permitindo, assim, maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas.
- Estímulo à atividade e ao aumento da população microbiana do solo, em consequência do aumento de pH e dos teores de cálcio e magnésio. Nessas condições, maiores quantidades de nitrogênio são fixadas pelos microrganismos, e a decomposição dos resíduos vegetais é mais rápida.

## 51 Em que se baseia a recomendação de calagem?

No processo de recomendação de calagem, são levados em consideração vários fatores, alguns deles inerentes ao solo (como o grau de acidez trocável ou potencial, a textura e o teor de matéria orgânica), outros inerentes às características do próprio corretivo (como a granulometria e seu poder neutralizante) e ainda outros inerentes às espécies de plantas (como o grau de tolerância à acidez). Portanto, a análise do solo é imprescindível no processo de recomendação de calagem. De posse dessas informações, estabelece-se, então, a quantidade de corretivo a ser aplicada.

Foram calculadas as doses de calcário com base no teor de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis utilizando a seguinte equação:

$$\text{Dose de calcário (Mg/ha)} = (2 \times Al^{3+}) + 2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Para os solos com teor de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$  igual ou superior a  $2 \text{ cmol/kg}^{-1}$ , as doses de calcário foram calculadas como iguais ao teor de  $Al^{3+}$  multiplicado pelo fator 2.

Para calcular a dose de calcário também com a saturação por bases como critério, utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{Dose de calcário (Mg/ha)} = \frac{CTC (V_2 - V_1)}{100} \times f$$

CTC = capacidade de troca de cátions (Ca + Mg + K + H + Al) em  $\text{cmolc/kg}^{-1}$ .

Para uma boa interpretação da análise de solo e uma recomendação correta da dosagem de calcário, é necessário consultar um engenheiro-agrônomo da região.

## 52 Em que situação a calagem é recomendada?

A calagem é recomendada sempre que o solo a ser cultivado apresente condição de acidez indicada pela presença de íons hidro-

gênio e alumínio na solução do solo. Quando presentes em alta concentração, esses íons impedem o desenvolvimento das culturas. O grau de acidez do solo é indicado no boletim de resultados da análise pelo valor de pH. Os valores de alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) e de  $H^+ + Al^{3+}$ , também expressos no boletim de análise, são indicativos de uma condição de acidez potencialmente ativa. Outra condição em que a calagem é recomendada, o que não exclui a condição de acidez discutida anteriormente, é quando o solo apresenta naturalmente teores baixos de cálcio e magnésio ou quando é necessária a reposição desses nutrientes absorvidos e exportados pelas culturas. Ressalte-se que, para o fornecimento de cálcio e magnésio às plantas, a fonte principal e de menor custo ainda é o calcário. Geralmente, a calagem tem sido praticada com as duas finalidades: a de neutralizar a acidez e a de fornecer cálcio e magnésio às plantas.

53

### **A cultura do arroz de terras altas é tolerante à acidez do solo?**

Sim. Em geral, as culturas não se desenvolvem satisfatoriamente em solos muito ácidos. Entretanto, certas espécies toleram melhor a acidez, como é o caso do arroz de terras altas. A tolerância à acidez é geneticamente controlada. A planta de arroz tem genes que toleram acidez. A maioria das cultivares de arroz de terras altas foram selecionadas em solos ácidos, o que também é um fator responsável por conferir tolerância à alta acidez. O arroz pode tolerar saturação de alumínio de até 70%.

54

### **Deve-se fazer calagem para a cultura do arroz de terras altas?**

Sim. Embora essa cultura não responda ou responda pouco ao calcário, isso não significa que a calagem não deva ser recomendada. A calagem para a cultura do arroz de terras altas deve ser feita com

vistas prioritariamente ao suprimento nutricional da planta em cálcio e magnésio e não como meio de correção de acidez. A cultura do arroz necessita de quase metade do cálcio e magnésio necessários para a cultura de leguminosas como feijão e soja.

55

### **A aplicação de altas doses de calcário causa problemas para o arroz de terras altas?**

Sim. O excesso de calcário causa problemas nutricionais, especialmente a deficiência de micronutrientes como ferro e zinco. Na rotação do arroz com culturas como milho, soja e feijão (que não toleram níveis muito altos de acidez e possuem necessidades mais elevadas de cálcio e magnésio), é comum, em situações em que a correção da acidez do solo é feita com altas doses de calcário, a indução, no arroz, de deficiências de micronutrientes (como zinco e ferro) em solos de Cerrado com baixa disponibilidade desses nutrientes. Nessas condições, recomenda-se uma prévia correção do solo com micronutrientes e uma aplicação de calcário em quantidade suficiente para manter o pH em torno de 5,8 a 6,0.

56

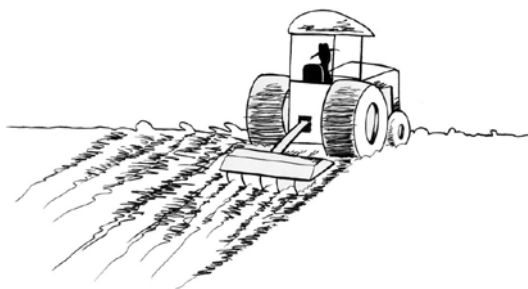
### **Por que a correção da acidez dos solos é feita geralmente com calcário?**

Existem muitos materiais que podem ser utilizados para corrigir a acidez do solo, entre os quais óxidos e/ou hidróxidos de cálcio e/ou de magnésio, silicatos, carbonatos, etc. Os carbonatos, comumente denominados de calcários, são os mais empregados por terem menor custo e serem encontrados em quase todos os estados brasileiros. Ressalte-se, entretanto, que existe grande variação de qualidade entre os



calcários disponíveis no mercado. O pH é largamente usado como propriedade química para a determinação da reação do solo à aplicação de calcário. A mudança significativa no pH do solo ocorre com a aplicação de calcário e não com outros corretivos.

### 57 Como deve ser feita a aplicação de calcário?



O calcário deve ser aplicado de maneira que possa reagir rapidamente no solo e produzir os efeitos desejados de modo mais eficiente possível. A eficiência do calcário está relacionada a seu

grau de solubilidade que, geralmente, é baixo. Porém, a medida adotada para aumentar a eficiência dos calcários nas condições de preparo convencional do solo tem sido a de aumentar o contato das partículas do calcário com as do solo. Para isso, recomenda-se distribuir uniformemente o produto a lanço, na superfície do solo e, posteriormente, proceder à sua incorporação ao solo o mais profundamente e da melhor maneira possível, o que nem sempre é fácil de ser conseguido com os implementos agrícolas convencionais. Em condições de agricultura de sequeiro, em que as chances de ocorrer veranicos são altas, a incorporação profunda do calcário é particularmente importante para possibilitar maior aprofundamento das raízes da planta, conferindo-lhes maior resistência em períodos de estiagem.

### 58 Nas áreas de plantio direto onde não se faz o preparo do solo, como deve ser feita a correção com calcário?

Inicialmente, é necessário enfatizar que a correção da acidez e de outros nutrientes (fósforo e micronutrientes) do perfil do solo é

pré-requisito para a implantação do sistema de plantio direto. Entretanto, pode haver situações em que, por não ter sido realizada adequadamente, a correção do solo precise ser feita novamente. Nessas condições, para não revolver o solo, tem sido recomendada a aplicação do corretivo na superfície do solo, sem sua incorporação. Contudo, esse método de aplicação em superfície tem gerado muitos questionamentos pelo fato de os calcários apresentarem baixa mobilidade no solo e menor eficiência em neutralizar a acidez de camadas mais profundas do solo por não serem incorporados.

Inúmeros trabalhos de pesquisa encontram-se em andamento em todo o Brasil com o objetivo de avaliar a ação do calcário aplicado na superfície do solo. Os resultados preliminares disponíveis indicam que o efeito da calagem superficial do solo sobre a correção do pH e a neutralização do alumínio trocável dependem do tempo decorrido da aplicação do calcário. No primeiro ano, seu efeito já pode ser observado nos 10 cm de profundidade, ao passo que, nas camadas subsuperficiais, seu efeito é mais pronunciado após três anos da aplicação.

### **59 Em que época deve-se realizar a calagem?**

A época de aplicação do corretivo de acidez do solo está relacionada com seu grau de solubilidade. Especificamente no caso dos calcários, como sua solubilidade no solo demanda tempo e exige sua incorporação para aumentar a superfície de contato entre o calcário e os colóides do solo, a recomendação, até o ano 2000, era fazer a calagem pelo menos 2 a 3 meses antes do plantio, para que seu efeito no solo pudesse se manifestar já no primeiro cultivo. Porém, o sucesso da calagem depende da disponibilidade de água no solo. Se, após a incorporação do calcário, não houver água suficiente para iniciar sua reação com o solo, pouco efeito terá, mesmo aplicado com certa antecedência do plantio. Além disso, há situações em que o solo é utilizado intensivamente com mais de um cultivo por ano com o auxílio da irrigação no período de seca. Nesses casos, se não houver possibilidade de fazer a calagem com

certa antecedência do plantio, a melhor época passa a ser a de maior ociosidade de máquinas agrícolas na propriedade, mesmo que o efeito do calcário se faça sentir apenas na cultura subsequente.

## **60 Que tipos de calcários existem no mercado brasileiro?**

Para fins didáticos, costuma-se dividir os calcários em três tipos:

- Calcários calcíticos – são os que apresentam até 5% de MgO.
- Calcários magnesianos – são os que apresentam de 5,1% a 12% de MgO.
- Calcários dolomíticos – são os que apresentam mais de 12% de MgO.

## **61 Para corrigir a acidez dos solos, pode-se utilizar qualquer tipo de calcário?**

Não, porque existem grandes variações de qualidade entre os calcários disponíveis no mercado. Porém, no processo de escolha e aquisição de um calcário, o interessado deve considerar prioritariamente a qualidade do calcário por meio das análises química e física fornecidas pela empresa vendedora, a qual deve atender às exigências mínimas estabelecidas pela legislação brasileira sobre comercialização de corretivos de acidez. As principais características a serem consideradas na avaliação da qualidade de um calcário são a soma dos teores de CaO e MgO (mínima de 38%) e seu valor de poder relativo de neutralização total (PRNT), que é a reunião das características do valor neutralizante (VN) e da granulometria (grau de finura do calcário). Portanto, não basta que o calcário tenha altos teores de CaO ou de MgO para funcionar bem como corretivo. É necessário também que o calcário se solubilize no solo para dar bons resultados como neutralizante da acidez. Assim, quanto maior o valor de PRNT, melhor será a qualidade do calcário.



Outro aspecto tão importante quanto a qualidade do calcário no processo de escolha refere-se ao custo do transporte da usina até a propriedade. Como o calcário dolomítico possui teores mais elevados de MgO, tem sido preferencialmente recomendado por muitos técnicos em razão dos baixos teores de magnésio dos solos ácidos. Porém, essa recomendação deve ser entendida apenas como uma preferência e não como decisiva no processo de seleção do calcário. Dependendo da distância entre a usina e a propriedade agrícola, o custo para o produtor de um calcário dolomítico pode não compensar financeiramente, a menos que o solo seja deficiente em magnésio. Como o preço do calcário entregue na propriedade depende do custo do produto e do frete, em muitas situações, o custo devido ao transporte pode ser decisivo na escolha de um calcário.

62

**Qual deve ser o valor porcentual do poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário?**

A legislação brasileira não estabelece, para sua comercialização, um valor mínimo para o PRNT, mas estabelece o valor mínimo de 67% para o valor neutralizante (VN) do corretivo, que expressa o grau de finura do calcário e sua reatividade no solo, calculados em relação ao valor neutralizante do carbonato de cálcio puro, tomando como valor-base 100. Portanto, o grau de finura é a expressão da eficiência relativa de um calcário, que representa a quantidade do calcário, em termos porcentuais, que reagirá com o solo num prazo de aproximadamente 3 anos. Assim, quanto maior o VN, mais rápida e mais completa será a reação do calcário com o solo.

63

**O calcário deve ser aplicado antes ou após a aração e/ou a gradagem?**

O calcário deve ser aplicado de maneira a estabelecer o maior contato possível com o solo para que possa reagir rapidamente e

corrigir uma camada mais profunda e mais uniforme possível, o que nem sempre é fácil de fazer. Isso é particularmente importante para o arroz de terras altas cultivado em condições de alta probabilidade de ocorrência de veranico. O método mais eficiente de incorporação de calcário no solo consiste na distribuição, na superfície, de metade do corretivo antes da aração e da outra metade após a aração e antes da gradagem. Porém, por razões econômicas, esse método de incorporação do calcário não é recomendável. Outra maneira, embora menos eficiente, consiste em distribuir o calcário uniformemente na superfície do solo e, em seguida, fazer aração e uma ou duas gradagens.

64

**Em que profundidade do solo o calcário deve ser incorporado?**

A incorporação do calcário deve ser feita o mais profundamente possível, no mínimo a 30 cm de profundidade. A maior parte das raízes do arroz fica nesta camada do solo. Em condições de agricultura de sequeiro, em que as chances de ocorrer veranicos são altas, a incorporação profunda do calcário é particularmente importante para possibilitar maior crescimento das raízes das plantas, conferindo-lhes maior resistência em períodos de estiagem.

65

**Em que consiste o método de calagem baseado na neutralização do alumínio trocável e na elevação de cálcio e magnésio?**

O critério do alumínio trocável e de elevação de cálcio e magnésio é empírico e, portanto, não apresenta nenhum fundamento científico que justifique seu uso na determinação das necessidades de calcário. Não obstante, é o método mais usado em regiões onde predominam os solos com efetiva capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases muito baixas. Considera-se, nesse caso, que o alumínio trocável presente no solo é suficiente para causar toxicidade e que os teores de cálcio e magnésio estão em níveis

abaixo das necessidades das plantas. Portanto, a necessidade de calcário deve ser suficiente para neutralizar o alumínio tóxico, fornecer cálcio e magnésio às plantas e elevar o pH do solo, sem afetar a disponibilidade de micronutrientes.

### **66 Em que consiste o método de calagem baseado na elevação da saturação por bases?**

O método baseado na elevação da saturação por bases considera a relação existente entre pH e saturação por bases e requer, para sua utilização, as determinações de bases trocáveis (soma de bases) e de acidez potencial, o que o torna mais fundamentado cientificamente do que o método da neutralização do alumínio trocável. Esse método é mais recomendado para solos com CTC efetiva e saturação por bases baixas. A necessidade de calcário deve ser suficiente para neutralizar o alumínio tóxico em culturas não tolerantes e elevar a saturação por bases (V%) a um nível previamente estabelecido, geralmente de 55% para o arroz de terras altas, 60% para a soja e 70% para o milho e o feijão.

### **67 Qual deve ser a saturação por bases em um sistema agrícola com culturas de arroz, feijão, milho e soja?**

A rigor, seria praticamente impossível satisfazer a todas essas espécies enquanto estiverem fazendo parte de um determinado sistema agrícola. Nesses casos, o bom senso indicaria o valor médio de 60% na expectativa de atender, em um limite satisfatório, às exigências dessas culturas.

### **68 Em que consiste o método de calagem baseado na solução-tampão SMP?**

Para seu uso, o método SMP (sigla que remete aos seus criadores: Shoemaker, Mac Lean e Pratt) necessita de uma tabela

previamente calibrada, com a necessidade de calagem determinada por incubação com  $\text{CaCO}_3$ , para atingir determinado pH, geralmente de 6,0 a 6,5. A utilização desse método é mais adequada em solos com CTC efetiva, saturação por bases altas e que não sofrem alterações consideráveis na disponibilidade de micronutrientes com aumento de pH. A necessidade de calcário, nesse caso, deve, então, ser suficiente para ajustar o pH à necessidade da cultura. Esse método geralmente preconiza quantidades maiores de calcário e tem tido boa aceitação na região Sul do Brasil.

### **69 A calagem visa sempre à correção da acidez?**

É importante ressaltar que ocorrem situações em que o solo pode apresentar, em razão do seu altíssimo grau de intemperização, pH relativamente baixo, deficiências acentuadas de cálcio, magnésio e potássio e elevada saturação por alumínio, além de não apresentar o alumínio trocável em nível suficiente para causar toxicidade (mesmo às culturas menos tolerantes). Como, nessas condições, não há alumínio em nível de toxicidade para ser neutralizado, o calcário deve ser suficiente para manter uma relação adequada de cálcio e magnésio com o alumínio do solo para as culturas (aumentando seus teores no solo), ao invés de ser usado com vistas propriamente à correção da acidez.

### **70 Depois de quanto tempo deve-se fazer novamente a calagem?**

O efeito do calcário no solo não é permanente. O processo de acidificação do solo continua mesmo depois que a calagem é realizada. Por essa razão, novas aplicações devem ser feitas, em geral depois de 3 a 5 anos, para manter o pH do solo na faixa desejada. Para isso, a melhor maneira de determinar a necessidade de uma nova calagem é a análise do solo.

71

### **Que fatores contribuem para o processo de acidificação do solo?**

Vários fatores contribuem para isso, entre os quais a própria cultura implantada, que libera ácidos fracos na rizosfera (região onde se desenvolvem as raízes) e que, como forma de manter a neutralidade elétrica das raízes, absorve e exporta quantidades consideráveis de bases do solo (cálcio e magnésio), além de deixar restos orgânicos na superfície do solo. Outro fator importante na produção de acidez no solo são as adubações frequentes com fertilizantes nitrogenados, principalmente os amoniacais, que geram acidez residual, diminuindo o pH do solo.

72

### **Qual é a importância da análise de solo?**

A análise de solo tem importância muito grande no processo de avaliação da sua fertilidade. Contudo, pode não ter serventia nenhuma se a amostragem não seguir alguns princípios básicos, de forma que os resultados emitidos pelo laboratório possam refletir, com o máximo de precisão possível, a grande área que a amostra representa. Geralmente, os erros mais frequentes na obtenção de resultados são devidos à amostragem malfeita, e pouquíssimos (em torno de 2% a 3%) devem-se a erros analíticos. Portanto, a amostragem bem-feita é tão ou mais importante do que a análise no laboratório.

73

### **Como é possível retirar amostras de solo para fins de análise química?**

Inicialmente, recomenda-se fazer uma estratificação da área a ser amostrada, dividindo-a de acordo com sua heterogeneidade em relação a cor, topografia, textura, cobertura vegetal e teor de umidade, pois esses elementos influenciam ou refletem a fertilidade do solo. Assim, visualizações superficial da área e em profundidade do

perfil são de suma importância para a separação e a identificação das glebas em relação a cada elemento ou critério anteriormente mencionado. Há, pois, necessidade de diferenciar a amostragem simples da composta. A amostra simples, por definição, refere-se à obtenção de uma amostra em um determinado local. A amostra composta, por sua vez, nada mais é do que a reunião de diversas amostras simples. É a amostra composta que é enviada ao laboratório de análise química de solos.

Para a retirada de uma amostra simples de terra, é utilizado, em geral, um trado (de preferência de aço inoxidável), mas, na falta desse equipamento, pode-se usar o enxadão. Durante a coleta de amostras, devem ser tomados alguns cuidados em relação à casualização dos pontos da área a serem amostrados, à profundidade de amostragem, ao recipiente usado para enviar a amostra ao laboratório, ao número mínimo de amostras simples a serem tomadas e à frequência de amostragem. Por princípio, a amostragem deve ser feita ao acaso, ao caminhar sobre o terreno, devendo a porção de terra ser extraída à mesma profundidade para evitar resultados tendenciosos.

Em geral, a amostra é coletada na camada de 0 cm a 20 cm de profundidade para culturas anuais, em sistema convencional de preparo de solo, de 0 cm a 10 cm e de 10 cm a 20 cm de profundidade em áreas de plantio direto onde não há ou é mínimo o revolvimento da camada superficial do solo. O número de amostras simples de cada gleba, independentemente do tamanho, deve ser de, no mínimo, 25 a 30, as quais devem ser homogeneizadas dentro de recipientes de plástico isentos de contaminação que possa interferir no resultado final. Finalmente, não se recomenda fazer amostragens de solo para fins de avaliação da fertilidade com muita frequência para não induzir os profissionais e agricultores a cometer erros de interpretação dos resultados.

#### **74 Em que situação é necessário o uso de adubação?**

As plantas necessitam de 16 nutrientes para seu desenvolvimento satisfatório, sendo a maioria deles proveniente do solo. Assim,

é muito comum acontecer que um ou mais desses nutrientes se encontrem no solo em quantidade insuficiente para o desenvolvimento normal de uma cultura. Quando isso ocorre, é necessário que se proceda a uma adubação. Em geral, os solos usados para o cultivo do arroz de terras altas são pobres em nutrientes e não atendem às exigências da cultura. Daí a necessidade de suprir o solo por meio da aplicação de adubos e corretivos.

75

### Que nutrientes são absorvidos pelo arroz e em que quantidades?

Os 16 nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento do arroz, como para qualquer outra cultura, são divididos em dois grupos principais, de acordo com a quantidade absorvida e exigida pelas plantas: macronutrientes e micronutrientes. Os que pertencem ao primeiro grupo são absorvidos em grande quantidade, e a unidade de medida é kg/ha. Os do segundo grupo são absorvidos em pequena quantidade e medidos em g/ha. Os macronutrientes, em ordem decrescente, de acordo com as quantidades absorvidas, são:  $K > N > Ca > P > S > Mg$ . Os micronutrientes, também em ordem decrescente, são:  $Mn > Fe > Zn > Cu > B > Mo$ . A quantidade extraída de nutrientes pelo arroz depende do nível de produtividade alcançada. Para se ter uma ideia disso, uma lavoura de arroz de terras altas, para produzir 1 tonelada de grãos, extrai do solo cerca de 30 kg de N (50%), 5 kg de P (70%), 30 kg de K (20%), 6 kg de Ca (25%), 2,5 kg de Mg (25%), 4 kg de S (25%), 12,5 g de B



(30%), 18 g de Cu (60%), 65 g de Zn (50%), 140 g de Fe (22%) e 355 g de Mn (25%). Ressalte-se que uma elevada quantidade desses nutrientes é exportada pelos grãos (valores percentuais expressos entre parênteses) após a colheita, havendo necessidade de repô-los no solo por meio de adubações.

76

### **Qual é a adubação mais recomendada para o plantio do arroz de terras altas?**

A recomendação adequada para o arroz deveria basear-se em resultados de ensaios simples de adubação realizados na propriedade pelos técnicos regionais ou pelos próprios agricultores. Nem sempre, porém, essa orientação pode ser seguida.

A prática da adubação depende de vários fatores, que devem ser previamente analisados para orientar os agricultores na tomada de decisão correta, levando em conta os aspectos agronômicos (maior eficiência dos fertilizantes) e econômicos (maior renda líquida para o produtor). Para atender a esses princípios, a recomendação de adubação deve ser fundamentada em:

- Resultados de análises de solo complementadas pela análise de planta.
- Análise do histórico da área.
- Conhecimento agronômico da cultura.
- Comportamento ou tipo da cultivar.
- Comportamento dos fertilizantes no solo.
- Disponibilidade de capital do agricultor para aquisição de fertilizantes.
- Expectativa de produtividade.

Portanto, a recomendação de adubação para o arroz, bem como para qualquer cultura, depende da análise cuidadosa de todos esses fatores. É importante reafirmar que não existe uma regra geral a seguir com relação às recomendações de adubação.



77

### **Qual é a importância da adubação nitrogenada para a cultura do arroz?**

A adubação nitrogenada é muito importante, não somente para o arroz, mas para todas as culturas pois, além de promover aumentos consideráveis de produtividade e qualidade de grãos, o nitrogênio exerce muitas funções essenciais à planta. O nitrogênio faz parte da molécula de clorofila e, portanto, é necessário para a realização da fotossíntese. Como componente das moléculas de aminoácidos essenciais formadores de proteínas, é diretamente responsável pelo aumento do teor de proteínas nos grãos. No caso específico do arroz, além de promover aumento de crescimento das plantas, certos componentes da produção são influenciados pela adubação nitrogenada. Os efeitos mais importantes da adubação nitrogenada que se observam são, em geral, aumento nos números de panículas e de grãos por panícula.

78

### **Que fonte de nitrogênio deve ser usada na adubação em cobertura no arroz?**

A adubação em cobertura com nitrogênio é indispensável para a cultura do arroz. Porém, o sucesso dessa prática depende, basicamente, da eficiência do adubo nitrogenado, do estágio de desenvolvimento e da capacidade de o arroz absorver nitrogênio. A ureia e o sulfato de amônio são os fertilizantes nitrogenados mais utilizados na agricultura brasileira. Ambos apresentam baixa eficiência de utilização pelas culturas, variando, geralmente, em torno de 50%.

A ureia, por suas características e reação no solo, apresenta grande potencial de perda de  $\text{NH}_3$  por volatilização e não contém enxofre em sua composição. O sulfato de amônio, além da possibilidade de perda, apresenta alta capacidade de acidificação do solo e contém, em sua composição, 24% de enxofre. Os resultados das pesquisas indicam, em geral, que não há diferença entre

as duas fontes quanto à eficiência para a cultura do arroz, mas a utilização desses fertilizantes como fontes de nitrogênio requer certos cuidados em seu manejo em cobertura (como a incorporação no solo após a sua aplicação), de forma que os produtores possam obter o máximo benefício econômico de sua utilização.

**79**

### **Em que época deve ser feita a adubação nitrogenada em cobertura no arroz?**

As possibilidades de perda de nitrogênio aplicado em cobertura são grandes, sendo a perda por volatilização do  $\text{NH}_3$  a mais comum, podendo chegar a 50% do nitrogênio aplicado, principalmente se o solo for arenoso e de baixa CTC. Por essa razão, o nitrogênio em cobertura, seja na forma de ureia, seja na de sulfato de amônio, deve ser aplicado na dose adequada e imediatamente antes das fases fenológicas de perfilhamento e emissão da panícula. Quando aplicado durante essas fases, o nitrogênio geralmente apresenta perdas menores pois, além de coincidir com as fases de maior absorção, parte do  $\text{NH}_3$  volatilizado e presente na atmosfera abaixo das folhas pode ser absorvida pelas plantas.

Outra maneira de aumentar a eficiência da adubação em cobertura é fazer a incorporação do adubo ao solo para diminuir a imobilização do nitrogênio pelos microrganismos envolvidos na decomposição dos resíduos vegetais da superfície do solo. Em sistemas de plantio sob pivô central, o nitrogênio deve ser aplicado junto com a água de irrigação, possibilitando a incorporação do nitrogênio no solo pela própria água.

**80**

### **Que dose de nitrogênio deve ser aplicada em cobertura no arroz?**

A dose pode variar de acordo com o sistema de cultivo adotado (se arroz de terras altas favorecido ou de risco), a quantidade e o tipo de resíduo deixado na superfície do solo pela cultura

anterior e a expectativa de rendimento. Geralmente, a dose é de 90 kg/ha de nitrogênio, sendo recomendada a aplicação em duas vezes em solos arenosos e em uma vez em solos argilosos.

### **81 O potássio também deve ser aplicado em cobertura?**

Em certas condições, o potássio também deve ser parcelado. Por exemplo, em condições de solos muito arenosos e de baixa capacidade de retenção desse elemento, recomenda-se aplicar o potássio em duas vezes, juntamente com o nitrogênio.

### **82 Qual é a importância da adubação fosfatada para a cultura do arroz?**

O fósforo é considerado o elemento mais deficiente nos solos brasileiros. Os níveis desse nutriente encontrados no solo são, geralmente, menores do que os de nitrogênio e potássio. A importância da adubação fosfatada para a nutrição do arroz é largamente demonstrada na literatura científica. Na vida da planta, o fósforo participa direta ou indiretamente de todos os fenômenos ligados à preservação e à transferência de energia.

Como o nitrogênio, o fósforo atua em vários processos da planta como a fotossíntese, o crescimento e o desenvolvimento das raízes das plantas. No arroz, o fósforo é necessário para o perfilhamento, a formação (enchimento) e a qualidade dos grãos. Portanto, a adubação fosfatada é essencial, tanto para compensar a deficiência, elevando os níveis na solução do solo, como para aumentar a produtividade das culturas.

### **83 Como deve ser feita a adubação fosfatada para o cultivo do arroz?**

Da mesma forma que para a adubação nitrogenada, para a aplicação de fertilizantes fosfatados são recomendadas algumas

técnicas. Se, no caso do nitrogênio, a maior limitação são as perdas por volatilização, no caso do fósforo, o fator mais limitante é a alta capacidade dos solos de fixar esse elemento, fenômeno capaz de transformar o fósforo solúvel dos fertilizantes em formas de fósforo não disponível para as plantas.

Geralmente, em solos onde se cultiva arroz de terras altas, a quantidade de fósforo na solução do solo é muito pequena, e sua eficiência de absorção pelas plantas não passa de 20% na maioria das vezes. Em razão disso, nas áreas novas, a recomendação de adubação fosfatada tem sido baseada em dois princípios, com objetivos bastante distintos: o primeiro é o da adubação corretiva ou, simplesmente, fosfatagem, que visa elevar o nível de fósforo disponível do solo; e o segundo é o da adubação de manutenção, que é feita no sulco de plantio, visando suprir as necessidades da planta.

A adubação fosfatada corretiva é indicada para solos argilosos com teores de fósforo entre 1,0 mg/dm<sup>3</sup> e 2,0 mg/dm<sup>3</sup> e para solos arenosos com teores entre 6,0 mg/dm<sup>3</sup> e 10,0 mg/dm<sup>3</sup>. Essa recomendação serve tanto para áreas de cultivo convencional (com revolvimento do solo) como para áreas onde se pretende iniciar o sistema de plantio direto, devendo-se ressaltar que, em ambos os casos, o fertilizante deve ser incorporado ao solo. Essa adubação pode ser feita de uma só vez, a lanço, utilizando-se fontes menos solúveis do que os superfosfatos, ou gradativamente, fazendo-se aplicações anuais de superfosfatos no sulco de plantio.

84

### **Que dose e fonte de fósforo são recomendadas para a adubação corretiva na cultura do arroz?**

Se a opção for pela aplicação em uma só vez, os resultados obtidos por pesquisas em várias regiões do Cerrado indicam a necessidade de aplicar, a lanço, doses que variem de 120 a 240 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no primeiro ano de cultivo, dependendo do teor inicial de fósforo e da textura do solo. Nesse caso, as fontes de fósforo mais

indicadas são, entre outras, o termofosfato, os hiperfosfatos e alguns fosfatos parcialmente solubilizados.

Se a opção for pela correção gradativa, recomenda-se utilizar fontes solúveis em água, como os superfosfatos simples, triplo ou fosfato monoamônico (MAP), em doses que podem variar de 60 kg/ha a 100 kg/ha de  $P_2O_5$  no sulco de plantio. Esses fertilizantes devem ser aplicados preferencialmente na forma de grânulos para evitar uma maior área de contato das partículas do fertilizante com as do solo e, com isso, amenizar a fixação do fósforo aplicado.

85

### **Que dose de fósforo deve ser aplicada na adubação de plantio do arroz?**

Na adubação normal de plantio com fertilizantes formulados (NPK), as doses podem variar de 60 kg/ha a 120 kg/ha de  $P_2O_5$  dependendo do teor disponível de fósforo no solo, das condições de risco e da expectativa de rendimento da lavoura.

86

### **O potássio também deve ser aplicado na forma de adubação corretiva?**

As condições dos solos em muitas áreas no Brasil predis põem a grandes perdas de nutrientes por lixiviação, entre eles o potássio. Assim, a adubação corretiva de potássio, conhecida também como potassagem (por analogia com o fósforo) deve ser indicada somente para áreas com teores abaixo de  $0,1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$  de potássio e acima de 20% de argila. As quantidades de aplicação variam de 50 a 100 kg/ha de  $K_2O$ , dependendo da textura e da capacidade do solo de reter o potássio aplicado. O que se pode fazer para evitar grande perda de potássio por lixiviação é adotar práticas que aumentem a CTC do solo e aplicar menores doses de fertilizantes, mas com maior frequência.

**87**

### **Qual é a importância da adubação potássica para a cultura do arroz?**

O potássio é o nutriente mais absorvido pela planta de arroz, mas, felizmente, é pouco exportado pelos grãos (apenas 20%). O potássio exerce muitas funções na planta, embora não participe de nenhum composto orgânico dentro dela. Sua deficiência, porém, causa várias perturbações no metabolismo da planta. A importância do potássio para a cultura do arroz é grande, pois participa da fotossíntese, ajuda a regular a abertura e o fechamento dos estômatos das folhas (importante para reduzir as perdas de água) e é responsável pelo transporte de carboidratos solúveis dentro da planta (importante para aumentar a massa dos grãos). Um dos efeitos mais conhecidos do potássio é a capacidade de fortalecer as paredes celulares do colmo com lignina, conferindo às plantas de arroz maior resistência ao acamamento, às doenças e às pragas.

**88**

### **Qual é a dose de potássio recomendada para a cultura do arroz?**

Como no caso do fósforo, as doses de potássio são recomendadas com base na análise química do solo. Em geral, a dose de potássio varia de 30 kg/ha a 90 kg/ha de  $K_2O$ , e a fonte, na maioria das vezes, é o cloreto de potássio (60% de  $K_2O$ ).

**89**

### **Como deve ser feita a adubação potássica para o cultivo do arroz?**

Embora o potássio seja o nutriente mais absorvido pelo arroz, a resposta à aplicação desse nutriente não tem sido tão evidente (como nos casos do nitrogênio e do fósforo) em termos de aumento de rendimento de grãos. Entretanto, a adubação com potássio é recomendada para repor, no solo, o potássio retirado com a colheita, para manter uma relação de equilíbrio com outros nutrientes, princi-

palmente com o nitrogênio, e para manter os elevados níveis de produtividade alcançados em áreas de uso intensivo. A recomendação geral é aplicar o potássio na época do plantio, juntamente com o nitrogênio e o fósforo. Esses nutrientes encontram-se no mercado na forma de fertilizantes simples, que podem ser misturados pelo próprio produtor na propriedade, ou na forma de fertilizantes formulados, disponíveis em várias fórmulas comerciais.

90

### **Como decidir sobre a fórmula comercial de adubo a ser adquirida no mercado?**

Para escolher uma fórmula comercial, o primeiro passo é determinar a relação entre as quantidades de nutrientes recomendadas pela análise de solo e as fórmulas existentes no mercado. Por exemplo, se a quantidade de nutrientes indicada pela análise de solo for 30-90-60 kg/ha, a relação básica é 1-3-2. Isso significa que qualquer fórmula encontrada no mercado de fertilizantes que apresente essa relação pode ser adquirida pelo interessado.

Para atender à recomendação de 30-90-60 kg/ha de  $N-P_2O_5-K_2O$ , pode-se usar, por exemplo, a fórmula 10-30-20, aplicando-se 300 kg/ha. Se não existir essa fórmula no comércio, qualquer outra pode ser usada, desde que apresente a mesma relação. Outra fórmula que satisfaz à mesma relação de 1-3-2 é a 8-24-16. O que se altera, nesse caso, é apenas a quantidade a ser aplicada por hectare. Entretanto, nem sempre as indicações de adubação obedecem às relações exatas. Nesse caso, pequenas variações são aceitáveis.

91

### **Como calcular a quantidade de adubo a ser aplicado por hectare quando se utiliza uma fórmula de adubação?**

Para calcular a quantidade a ser aplicada por hectare, procede-se da seguinte maneira: divide-se a quantidade recomendada de qualquer um dos elementos pela quantidade do elemento equivalente na fórmula e multiplica-se o resultado por 100, obtendo-se,



assim, a quantidade da fórmula a ser aplicada por hectare. Por exemplo, se a quantidade de nutrientes indicada pela análise de solo for 30-90-60 kg/ha, com base na fórmula 8-24-16, tem-se:

$$N = (30/8) \times 100 = 375 \text{ kg/ha. } P_2O_5 = (90/24) \times 100 = 375 \text{ kg/ha.}$$

$$K_2O = (60/16) \times 100 = 375 \text{ kg/ha.}$$

Ou seja, a quantidade a ser aplicada da fórmula 8-24-16 deverá ser de 375 kg/ha.

92

## Como calcular a quantidade de adubo a ser aplicado por linha?

Depois de escolhida a fórmula comercial do fertilizante e determinada a quantidade total a ser aplicada por hectare, calcula-se a quantidade, em gramas, do fertilizante a ser aplicado por metro de linha com o objetivo de regular a máquina distribuidora. A quantidade de adubo a ser aplicado por metro de linha pode ser calculada da seguinte maneira:

$$q = (Q \times E)/10.$$

Onde:

q = quantidade de adubo em gramas por metro.

Q = quilos de adubo por hectare.

E = espaçamento em metros.

Por exemplo, quantos gramas de adubo da fórmula 8-24-16 devem ser aplicados por metro de linha, numa adubação em que se recomendam 375 kg/ha para a cultura de arroz de terras altas, com espaçamento de 0,40 m?



$$q = (Q \times E)/10.$$

$$Q = 375 \text{ kg/ha.}$$

$$E = 0,40 \text{ m.}$$

$$q = (375 \times 0,40)/10 = 15 \text{ g.}$$

Nesse caso, a máquina distribuidora deve ser regulada para distribuir 15 g do adubo por metro de linha ou 150 g por 10 m de linha.

93

### **Quais são a melhor época e o melhor modo de aplicação no solo dos fertilizantes formulados?**

A aplicação de adubos NPK no solo é o método mais comum, sendo mais recomendável a aplicação no sulco de plantio com posterior incorporação ao solo com auxílio de dispositivos adaptados na própria adubadora. No sulco, o fertilizante deve ser colocado a uma distância de pelo menos 5 cm abaixo e ao lado da semente, para evitar danos às sementes e às plantas em decorrência da alta salinidade dos adubos, principalmente do cloreto de potássio.

94

### **O que pode ocasionar a deficiência de enxofre na cultura do arroz?**

A deficiência de enxofre não é muito comum nas áreas de cultivo do arroz de terras altas, provavelmente em virtude do emprego de fertilizantes contendo esse elemento em sua composição e da decomposição de resíduos vegetais no solo. Fertilizante como o sulfato de amônio, por exemplo, possui 24% de enxofre, o superfosfato simples contém 12% de enxofre, e os sais de micronutrientes contêm concentrações variáveis de enxofre. A maior parte do enxofre no solo encontra-se na matéria orgânica, cuja relação nitrogênio:enxofre é de aproximadamente 10:1. Assim, quando ocorre a mineralização da matéria orgânica suficiente para fornecer nitrogênio às plantas, espera-se também uma liberação de enxofre para absorção pelas plantas. Por isso, não tem havido, com muita frequência, resposta do arroz de terras altas à aplicação de enxofre.

Entretanto, não se deve desprezar a possibilidade de ocorrer a deficiência de enxofre onde há substituição do superfosfato simples pelo superfosfato triplo e do sulfato de amônio pela ureia, nas adubações em cobertura ou em áreas de 3 a 4 anos de cultivos com arroz, em solos com baixo teor de matéria orgânica. Outra possibilidade de deficiência de enxofre, pelo menos temporária, ocorre em áreas de plantio direto em que, mesmo que a análise do solo revele teor adequado de enxofre (acima de 10 mg/kg de solo), as plantas podem mostrar deficiência desse nutriente em seu estágio inicial de crescimento, à semelhança do que acontece com nitrogênio, em decorrência do processo de imobilização do enxofre pelos microrganismos.

95

**É verdade que a deficiência de zinco é muito comum na cultura do arroz em áreas de Cerrado?**

Sim. Entre os micronutrientes, a deficiência de zinco em arroz de terras altas é a mais comum. O dano causado pela falta de zinco é enorme, chegando a matar a planta em condições de extrema carência.

96

**Em caso de deficiência de zinco na cultura do arroz, que fertilizantes e respectivas doses devem ser aplicados no solo?**

A deficiência de zinco em arroz de terras altas é facilmente corrigida com a utilização de sais solúveis, fritas silicatadas, mais conhecidas como FTE (*fritted trace element*) ou quelatos. Em geral, os sais solúveis são considerados os mais vantajosos por serem mais baratos e mais facilmente encontrados no mercado. A eficiência desses produtos pode variar conforme o modo de aplicação e as condições de acidez do solo. As fritas são silicatos de solubilidade lenta e, por isso, são menos eficientes do que as fontes de sais solúveis, principalmente quando aplicadas em solos com pH mais elevado.

O sulfato de zinco (23% de zinco) é o fertilizante mais indicado para corrigir a deficiência de zinco, devendo ser preferencialmente aplicado no solo na dose de 3 kg/ha a 5 kg/ha de zinco, juntamente com o formulado NPK. A vantagem da aplicação do sulfato de zinco junto com o fertilizante formulado é a possibilidade que tem o produtor de adquirir a mistura pronta na indústria. É extremamente importante, nesses casos, que seja usada uma fonte solúvel de zinco e que haja compatibilidade do tamanho dos grânulos da mistura NPK com o tamanho do grânulo do micronutriente para evitar o problema de segregação dos grânulos dos fertilizantes e, com isso, sua má distribuição no campo.

**97** **É possível corrigir a deficiência de zinco no arroz por aplicação foliar?**

A aplicação foliar também pode ser usada para corrigir deficiência de zinco, embora seja menos recomendada que a aplicação no solo. A razão disso é que, quando os sintomas de deficiência aparecem na cultura de arroz, as plantas ainda são jovens e, assim, apresentam área foliar insuficiente para a absorção dos nutrientes. Dependendo do grau de deficiência, podem ser necessárias várias aplicações, que elevarão o custo de produção, além de não apresentarem efeito residual no solo, que é um dos aspectos mais importantes a ser considerado na prática da adubação com micronutrientes. Quando for necessária a aplicação foliar, recomenda-se uma solução de sulfato de zinco a 0,5%, usando-se 400 L de água/ha.

**98** **Se ocorrer deficiência de boro, cobre, ferro, manganês e molibdênio na cultura do arroz de terras altas, que fertilizantes e respectivas doses devem ser aplicados no solo?**

As deficiências desses micronutrientes em arroz de terras altas não são muito comuns. Entretanto, se a calagem for realizada inadequadamente, pode induzir à deficiência de ferro e manganês,

além da do zinco. Deficiências de boro e cobre podem ocorrer em condições muito específicas, como em solos orgânicos, por exemplo. Entretanto, esses solos são pouco utilizados para o plantio de arroz de terras altas. Quando necessária, a aplicação de boro pode ser feita no solo juntamente com o fertilizante NPK utilizando-se, para a mistura, o bórax ou o ácido bórico, na base de 1 kg/ha a 2 kg/ha de boro. O mesmo pode ser recomendado para cobre e molibdênio, isto é, esses micronutrientes podem ser aplicados ao solo na mistura NPK. As doses de cobre variam de 4 kg/ha a 8 kg/ha de sulfato de cobre, e as de molibdênio, de 0,5 kg/ha a 1,0 kg/ha de molibdato de amônio. A correção das deficiências de ferro e manganês não é tão simples. Esses nutrientes, ao serem aplicados ao solo, sofrem transformações das formas solúveis para formas insolúveis e indisponíveis às plantas pela oxidação do sulfato ferroso e do sulfato manganoso. Assim sendo, o ferro e o manganês devem ser preferencialmente aplicados via foliar.

99

### **É eficiente a correção de deficiências de boro, cobre, ferro, manganês e molibdênio na cultura do arroz por aplicação foliar?**

A aplicação via foliar desses nutrientes também pode ser utilizada, desde que se levem em conta as desvantagens comentadas anteriormente sobre a aplicação de zinco. Para a aplicação via foliar, é necessário que os fertilizantes sejam solúveis em água. O boro pode ser aplicado na forma de bórax na concentração de 0,1% a 0,25%, o cobre na forma de sulfato de cobre na concentração de 0,2% a 0,4%, e o molibdato de amônio na concentração de 0,07% a 0,1 %, utilizando-se 400 L de água/ha. Para a correção das deficiências de ferro e de manganês, é, geralmente, necessária mais de uma aplicação. As recomendações são de 0,1% de sulfato de manganês e de 1% a 2% de sulfato ferroso em 400 L de água/ha.

**100**

### **Os micronutrientes podem ser aplicados juntamente com defensivos agrícolas?**

Sim, mas essa não é a melhor opção pelas várias razões mencionadas anteriormente (a respeito da aplicação foliar de micronutrientes na cultura do arroz). Existem, no mercado, muitas marcas de produtos com micronutrientes, mas, dependendo das fontes desses nutrientes utilizadas nas formulações, pode ocorrer a incompatibilidade de micronutrientes com os defensivos em razão, geralmente, da alteração do pH e da presença de íons positivos na calda de pulverização, afetando negativamente a eficiência de certos defensivos. As fontes quelatizadas de micronutrientes são as mais adequadas para a formulação de misturas e aplicação junto com os defensivos.

**101**

### **A adubação verde é recomendada para o cultivo do arroz?**

Sim. Os adubos verdes são plantas (geralmente herbáceas) cultivadas com o objetivo de conservar a matéria orgânica do solo. Como tais, tanto a adubação verde como a rotação de culturas são práticas recomendadas todas as vezes que se deseja melhorar a fertilidade do solo. Dependendo do sistema de preparo de solo adotado, o adubo verde pode ou não ser incorporado ao solo. As principais vantagens da adubação verde são: adição de matéria orgânica e melhoria da estrutura do solo, aeração e retenção de nutrientes e promoção da reciclagem de nutrientes, retirando-os das camadas profundas e devolvendo-os à superfície. As quantidades de material vegetal verde adicionadas ao solo variam muito de acordo com as espécies cultivadas. Entre as espécies mais comuns são citadas a mucuna-preta, que pode produzir até 30 t/ha de material verde, a *Crotalaria juncea*, que produz de 15 a 20 t/ha, e o guandu, com produtividade de 10 a 15 t/ha.

## **Quais são os principais sintomas de deficiência dos macronutrientes na cultura do arroz?**

O conhecimento dos principais sintomas de deficiência é importante para diagnosticar problemas nutricionais que ocorrem no campo. Essa técnica é muito eficaz, mas exige dos técnicos muita experiência na cultura do arroz. Os principais sintomas de deficiência são:

- Nitrogênio: folhas mais velhas com amarelecimento uniforme e generalizado.
- Fósforo: folhas mais velhas estreitas e com coloração bronze nas pontas, baixo perfilhamento, maturação atrasada e alta porcentagem de grãos chochos.
- Potássio: inicialmente, aparece uma clorose na ponta das folhas mais velhas e, à medida que essa clorose se desenvolve, o tecido necrótico toma uma forma parecida com a da letra “v” invertida, partindo da ponta para as margens da folha.
- Cálcio: inicialmente, as folhas novas tornam-se esbranquiçadas, e, depois, os pontos terminais de crescimento morrem, causando severo atrofiamento das plantas.
- Magnésio: as folhas mais velhas adquirem uma coloração amarelo-alaranjada entre as nervuras da folha.
- Enxofre: os sintomas de deficiência de enxofre e de nitrogênio são muito parecidos, estando a diferença no fato de que os sintomas de enxofre se manifestam nas folhas novas, e os de nitrogênio nas folhas mais velhas; o sintoma típico é o amarelecimento generalizado.

## **Quais são os principais sintomas de deficiência dos micronutrientes mais requeridos pela cultura do arroz?**

- Boro: a deficiência de boro afeta principalmente os pontos de crescimento; em casos de severa deficiência, as folhas mais novas tornam-se esbranquiçadas e transparentes e morrem.

- Cobre: as folhas novas enrolam-se, e uma clorose desenvolve-se em ambos os lados da nervura principal.
- Ferro: nas folhas novas, aparece uma clorose internerval que se torna esbranquiçada à medida que os sintomas progridem; as folhas perdem as nervuras e tomam uma coloração amarelo-clara quase transparente.
- Manganês: nas folhas mais novas, aparece uma clorose internerval, formando um reticulado verde largo; podem aparecer manchas pardas e necróticas, dependendo do grau de deficiência.
- Zinco: o primeiro sintoma aparece nas folhas mais novas caracterizado por uma clorose verde-esbranquiçada e, posteriormente, aparecem manchas longitudinais cor de ferrugem nas folhas mais velhas.

As plantas às vezes não apresentam sintomas visíveis nas folhas da maneira precisa como foram descritos. As deficiências também podem se manifestar como crescimento muito lento na fase inicial, atrofiamento das plantas, crescimento restrito ou anormal das raízes e atraso na maturidade.

### 104 Qual é a importância do silício para a cultura do arroz?

O silício, do ponto de vista fisiológico, não é um elemento essencial às plantas, mas, sob o aspecto agrônômico, é um elemento muito importante e benéfico para muitas culturas. Sua importância para a cultura do arroz foi demonstrada no Japão, a partir da observação dos pesquisadores de que folhas de arroz afetadas por brusone continham menos silício do que as folhas saudáveis. Depois de comprovado o efeito positivo do silício, que tornava as plantas mais resistentes a doenças fúngicas, principalmente à brusone, os pesquisadores



avançaram em suas pesquisas, demonstraram a eficiência agrônômica das escórias ricas em silício disponível (provenientes de siderúrgicas e de indústrias de fabricação do fósforo elementar) em campos comerciais de arroz e introduziram esses silicatos, a partir de então, como prática comum de fertilização no Japão e em outros países asiáticos. Atualmente, essa prática está sendo muito usada nos Estados Unidos, no sul da Flórida, em culturas do arroz irrigado e de cana-de-açúcar.

### **105 No Brasil, há perspectiva de utilização desses silicatos?**

No Brasil, a necessidade de adubação silicatada da cultura do arroz não tem sido suficientemente avaliada, como em outros países. As pesquisas sobre o assunto foram iniciadas recentemente na Embrapa Arroz e Feijão, mas os dados não são ainda suficientes para estabelecer recomendações de adubação com silicato de cálcio. Os dados preliminares sobre silício solúvel em algumas áreas do Brasil Central indicaram teores de silício disponível em ácido acético 0,5 M, variando de 8,8 mg/L a 66,4 mg/L, com média de 31,5 mg/L. Como essa faixa de variação é larga, é possível que, em alguma área, possa ocorrer deficiência de silício e, portanto, espere-se que culturas exigentes desse elemento, como o arroz, respondam à aplicação de silicato de cálcio. As pesquisas demonstraram que a adubação do arroz com 200 kg/ha de  $\text{SiO}_2$  na forma de volastonita (um mineral de silício) reduziu em 17,5% a severidade das manchas dos grãos do arroz de terras altas e aumentou em 20% a massa dos grãos. Essa é uma indicação de que o uso de silicatos (de cálcio ou de magnésio) na cultura do arroz apresenta uma boa perspectiva, principalmente em condições de alta incidência de doenças.

### **106 Qual é o mecanismo e como o silício atua dentro da planta, aumentando sua resistência a doenças?**

O conhecimento disponível em relação ao silício sobre mecanismos de resistência das plantas de arroz à *Pyricularia grisea*



tem sido utilizado como base para pesquisas sobre outros patógenos. Estudos realizados no Japão sobre a natureza da resistência das plantas à brusone, com referência ao silício, contribuíram substancialmente para entender tal mecanismo e formular resumidamente os seguintes conceitos:

- A resistência das plantas às doenças é principalmente de natureza mecânica.
- A penetração do patógeno é menor em plantas com teores mais elevados de silício em virtude da barreira mecânica formada pela acumulação de sílica na epiderme da folha.
- Cultivares resistentes contêm quantidades mais elevadas de silício do que cultivares suscetíveis à brusone, e o grau de resistência aumenta à medida que aumenta a quantidade de sílica aplicada.
- Aplicações de doses elevadas de nitrogênio diminuem a acumulação de sílica nas folhas mais novas, predispondo a planta à maior incidência de brusone no «pescoço» da panícula.
- Mais de 90% do silício encontrado na planta apresenta-se na forma de sílica gel, localizada principalmente na epiderme. Essa camada de sílica gel reduz as perdas de água por transpiração e previne a invasão de fungos e ataques de insetos.
- A suscetibilidade das plantas de arroz aumenta em condições de deficit hídrico, e a aplicação de silicato de cálcio pode, nessas condições, contribuir para maior resistência tanto à seca quanto à incidência de doenças.

107

### **A aplicação dessas escórias no solo destinado à cultura do arroz também pode beneficiar outras culturas?**

Sim. Além de contribuir para a redução da incidência de doenças, esses silicatos apresentam efeitos positivos sobre o crescimento, o desenvolvimento das plantas e o rendimento de grãos em razão do aumento da fertilidade do solo e da disponibilidade de

nutrientes, da redução da acidez e do acúmulo de elementos químicos no solo, melhorando a nutrição das plantas. O silicato de cálcio apresenta ação corretiva do solo, promovendo aumentos significativos nos valores de pH, nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e nos teores de silício solúvel. Realmente, a melhoria dos atributos químicos do solo contribui favoravelmente para o desenvolvimento de outras culturas.

Em resumo, o efeito benéfico da fertilização silicatada não deve ser atribuído apenas a um de seus constituintes isoladamente, ou seja, o silício, mas, sobretudo, a sua ampla atuação como corretivo de acidez, criando melhores condições químicas no solo para o desenvolvimento das plantas.

108

### **Que importância pode ter a utilização de silicatos no sistema de plantio direto?**

Na forma como a agricultura está sendo praticada atualmente no Brasil, com a adesão crescente de produtores ao sistema de plantio direto, ao cultivo mínimo e à rotação de culturas, as condições para o desenvolvimento de doenças e pragas são favoráveis, e a utilização de silicatos pode ser uma alternativa de manejo integrado no controle fitossanitário do arroz de terras altas. O manejo das doenças tem sido feito pela utilização de cultivares mais resistentes às doenças ou pelo emprego de fungicidas.

Embora esses métodos diminuam a incidência das doenças, a complexidade de raças dos patógenos causa “quebra” da resistência após alguns anos do lançamento das cultivares. O fungicida, além de ser um insumo de alta tecnologia, que nem sempre é adequado aos pequenos produtores, pode trazer sérios prejuízos ao homem e ao meio ambiente. É necessário, portanto, buscar outras alternativas mais sustentáveis de controle de doenças. Uma alternativa pode ser a de melhorar a nutrição mineral das plantas para torná-las mais resistentes às doenças. Nesse caso, a combinação de adubação silicatada com doses mínimas de fungicidas pode resultar numa

perspectiva de futuro, mas que ainda precisa ser estudada nas condições brasileiras.

### **109 Existem fontes disponíveis de silicatos no Brasil?**

Para que essa estratégia de controle de doenças ou de correção de solos com silicatos seja seguida, é necessário, antes, proceder a uma avaliação das fontes brasileiras de silicatos ou escórias disponíveis, do efeito potencial dessas fontes e da adequação às exigências mínimas estabelecidas em legislação para uso na agricultura.

Há grande variação na composição e na disponibilidade de silício nessas escórias, o que significa que nem todas as fontes de silício são iguais e podem, assim, ser aplicadas ao solo. Apenas para se ter uma ideia, no Japão, para serem reconhecidas como fertilizantes silicatados, essas escórias devem apresentar especificações mínimas de tamanho de partícula, de quantidade de cálcio, de alcalinidade (Ca + Mg solúvel em HCl) e de teores máximos de níquel, cromo e titânio e conter, no mínimo, 20% de SiO<sub>2</sub> extraível em HCl 0,5 M.

No Brasil, as fontes de silicato encontram-se depositadas nos pátios das indústrias, como subprodutos, esperando por resultados de pesquisa que comprovem sua eficiência agrônômica e, principalmente, econômica. As dificuldades iniciam pela localização das indústrias em relação às regiões de consumo.

### **110 Que características devem apresentar essas fontes de silicato?**

Como características desejáveis, as fontes devem ter alta solubilidade, alta disponibilidade de silício, boas propriedades físicas, teores mínimos de contaminantes (elementos pesados) e baixa relação custo-benefício, de forma que compense a adoção dessa tecnologia.

**111**

### **No Brasil, é comum ocorrer toxicidade de ferro em arroz irrigado?**

A toxicidade de ferro foi constatada no Brasil na década de 1970, a partir da introdução de cultivares de arroz do tipo moderno, algumas das quais têm se mostrado sensíveis ao excesso de ferro no solo. O problema já foi constatado em várias regiões produtoras de arroz irrigado no Brasil, sendo considerado um dos fatores limitantes ao rendimento do arroz irrigado nas principais regiões produtoras, como Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e, em menor intensidade, no Estado de Minas Gerais.

**112**

### **Como reconhecer a toxicidade de ferro em lavouras de arroz irrigado?**

Geralmente, o diagnóstico é feito observando o crescimento inicial das plantas e alguns sintomas que ocorrem nas raízes e na parte aérea das plantas. Além desses sintomas, a concentração de ferro no tecido vegetal e na solução do solo pode auxiliar na identificação de ocorrência de toxicidade de ferro em plantas de arroz.

Em países asiáticos, tradicionais no cultivo de arroz irrigado, os sintomas de toxicidade de ferro aparecem quando a concentração de ferro na solução do solo excede 350 mg/kg, podendo alcançar de 400 mg/kg a 600 mg/kg de ferro na solução do solo após 2 a 3 semanas da inundação. Nesses casos, as plantas apresentam mais de 800 mg/kg de ferro, enquanto, em plantas normais, esse valor não ultrapassa 150 mg/kg. No Brasil, nos solos cultivados com arroz irrigado, os teores de ferro solúvel após o alagamento não chegam a níveis tão elevados como os observados em tradicionais países asiáticos produtores de arroz. Em geral, os teores de ferro nos nossos solos não ultrapassam 100 mg/kg. A tolerância à toxicidade de ferro aumenta com o incremento da idade das plantas. Em condições controladas, foram encontrados níveis críticos tóxicos de ferro na

parte aérea da planta aos 20 e 40 dias de crescimento, de 680 mg/kg e 850 mg/kg.

Outra maneira de reconhecer a toxicidade de ferro é pelos sintomas que se manifestam nas folhas e, principalmente, nas raízes das plantas de arroz. Nas folhas, os sintomas consistem de uma coloração que pode variar do laranja-pálido ao alaranjado-escuro. As raízes são poucas, curtas e grossas, geralmente cobertas por uma camada de óxido de ferro de cor avermelhada.

### **113 Como corrigir a toxicidade de ferro?**

Não existe uma medida única de controle totalmente eficaz da toxicidade de ferro na cultura do arroz irrigado. É preciso adotar um conjunto de medidas para amenizar o problema, entre as quais podem ser citadas:

- Uso de cultivares tolerantes.
- Calagem.
- Adubações mais equilibradas, principalmente com potássio e silício.
- Manejo da água de irrigação: essa prática tem por finalidade favorecer a oxigenação do solo, inibindo, assim, a redução do ferro. O manejo pode ser feito retardando a inundação e/ou promovendo drenagens no meio do ciclo da cultura.