

ADUBAÇÃO DO ARROZ DE SEQUEIRO

Morel Pereira Barbosa Filho ^{1/}

INTRODUÇÃO

Dentre os cereais mais cultivados no Brasil, o arroz ocupa o segundo lugar, sendo superado apenas pelo milho. Mais de 70% da área cultivada com arroz corresponde a arroz de sequeiro, com a produtividade média de 1.313 kg/ha, em 1987. Sua importância econômica e social é grande, uma vez que 57% de todo o arroz consumido no Brasil são oriundos desse sistema de cultivo. Dentre os Estados maiores produtores, Minas Gerais ocupa o quarto lugar em área, produção e produtividade, concorrendo ao terceiro lugar, em área e produção, com o estado de Mato Grosso. Em termos de país, espera-se, para 1988, uma produção de 11.916.262 t, portanto, 14,38% maior que

a obtida na safra anterior, na mesma área geográfica, estimada em 5.984.060 ha (LSPA 1988).

A produtividade do arroz de sequeiro, embora tenha aumentado nos últimos anos, ainda é considerada baixa, se comparada com a do irrigado (4.078 kg/ha). Uma das causas dessa baixa produtividade é, sem dúvida, o baixo consumo de adubos e corretivos, já que não há limitação de temperatura, e o problema de umidade ainda está sendo solucionado através de programas de irrigação.

A EMBRAPA, através do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), dentre outras tecnologias, já lançou 11 cultivares de arroz de sequeiro para diversas regiões produtoras do Brasil, sendo que estas atingem, em média, uma produtividade 15-25% acima das demais. Porém, essas vantagens, tanto da

irrigação quanto da introdução de novas cultivares mais produtivas, só se obtêm se for feita uma boa adubação.

Com a adoção de novas tecnologias, espera-se uma redução nos teores de nutrientes do solo, dada a exportação relativamente elevada de nutrientes após alguns cultivos de altos rendimentos (Quadro 1). Esse fato faz com que a fertilidade natural do solo, ou mesmo aplicações de pequenas quantidades de adubos não sejam suficientes para manter esses níveis de produtividade por muito tempo. Portanto, nessas condições, os nutrientes devem ser repostos ao solo por meio de adubações mais equilibradas.

Até há pouco tempo não havia preocupação em usar micronutrientes na formulação dos adubos. Atualmente, o emprego de elementos simples mais concentrados está fazendo com que os adubos

QUADRO 1 – Quantidades de Macro e Micronutrientes Extraídas e Exportadas pela Cultura do Arroz

	Produção (t/ha)	Macro						Micronutrientes					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Mo	Cu	Fe	Mn	Zn
		kg/t						g/t					
Grãos	1,0	14,1	2,5	3,8	0,6	0,9	1,6	4,0	0,13	5,3	38,4	17,8	45,6
Casca	1,0	7,3	1,4	5,5	1,8	0,9	1,1	5,5	0,27	8,2	128,2	46,4	27,3
Colmos + folhas	1,0	6,8	1,0	18,0	3,9	0,7	1,1	14,1	0,10	2,4	211,7	78,3	33,9
Total	—	28,2	4,9	27,3	6,3	2,5	3,8	23,6	0,50	15,9	378,3	142,5	106,8

FONTE: Cálculos feitos a partir de dados originais de Malavolta (1980).

1/ Engº Agrº, D.S., Pesq./EMBRAPA/CNPAP - Cx. Postal 179 - 74000 Goiânia, GO.

contenham cada vez menos "impurezas". Além disso, outros fatos, como a incorporação de áreas menos férteis ao sistema produtivo, ou o uso de cultivares de grande potencial de rendimento, com a conseqüente tendência de aumento da utilização de insumos, tais como fertilizantes e calcário, vêm favorecendo o aparecimento de deficiências de micronutrientes, principalmente de zinco, um nutriente muito importante para o arroz de sequeiro.

Deve-se considerar, entretanto, que a deficiência de micronutrientes não ocorre em todos os locais e culturas, sendo a deficiência de zinco de ocorrência mais comum em arroz, nas regiões em que predominam os solos de cerrado. Portanto, se as deficiências de micronutrientes não são generalizadas, deve-se evitar o uso indiscriminado de misturas desses nutrientes, pois aplicações continuadas e sucessivas, além de onerar o custo de produção, podem causar toxicidade, com conseqüências mais graves do que as da deficiência.

A importância econômica dos adubos e da adubação pode ser explicitada pela relação direta existente entre o adubo consumido por unidade de área e a produção. Se, de fato, esta relação existir, é porque o solo não foi capaz de suprir as quantidades de nutrientes necessárias à cultura. Nesse caso, o solo deve ser corrigido e adubado adequadamente, ou seja, a aplicação de fertilizantes deve ser da forma mais técnica e científica possível.

EFEITOS DOS NUTRIENTES NA CULTURA DO ARROZ

A produção de arroz é definida pelos seguintes componentes de colheita:

Produção = número de panículas/m² x número de grãos/panícula x % grãos cheios x peso de 1.000 grãos

Por esta equação, percebe-se que, para se conseguirem altas produtividades, torna-se necessário:

- a) obter um alto número de perfilhos produtivos;
- b) obter um grande número de grãos por panícula;
- c) evitar grãos chochos ou estéreis; e
- d) aumentar o peso de 1.000 grãos.

É necessário esclarecer que existe uma inter-relação muito grande entre todos esses componentes da produção. Quando há aumento do número de plantas

por unidade de área, por exemplo, ocorre por outro lado, redução do número de grãos/panícula. Em outras palavras, maior número de panículas por área corresponde a menor número de grãos por panícula, indicando, portanto, que existe uma correlação negativa entre esse dois componentes. Além da densidade de plantio, outros fatores também podem influenciar os componentes da produção, tais como espaçamento, cultivar, radiação solar, temperatura, água e níveis de adubação.

Mas a adubação, isoladamente, não faz milagres. Para se obter sucesso com ela, é necessário atentar para outras práticas agrícolas, tais como preparo do solo, sementes de boa qualidade, controle de plantas daninhas e outras.

Nitrogênio

O nitrogênio aumenta o número de perfilhos e, com isso, o número de panículas, e também o número, o tamanho e o teor de proteína dos grãos.

Por outro lado, sabe-se que o nitrogênio estimula o crescimento das plantas, mas nem sempre aumenta a produção de grãos. Altas doses desse elemento acarretam certos problemas, em especial para as cultivares de sequeiro. A resposta dessas cultivares ao nitrogênio resulta em maior crescimento da parte vegetativa, em detrimento da produção de grãos.

Para as cultivares de sequeiro, a aplicação de altas doses de nitrogênio, além de induzir baixa relação grãos/palha, provoca aumento da área foliar, sombreamento e acamamento, criando, assim, condições favoráveis (microclima) à incidência de brusone nas folhas e, conseqüentemente, queda de produção.

O aumento da área foliar também pode prejudicar a produção em condições de estiagem (veranico), principalmente se esta ocorrer durante a fase reprodutiva, como se vê na Figura 1.

Fósforo

Como o nitrogênio, o fósforo é necessário para o perfilhamento. Dentre os macronutrientes, ele é o elemento mais exportado na forma de grãos (Quadro 1), refletindo, com isso, sua grande capacidade de translocação das folhas e colmos para os grãos.

Em condições de precipitação adequada, o uso do fósforo corresponde a

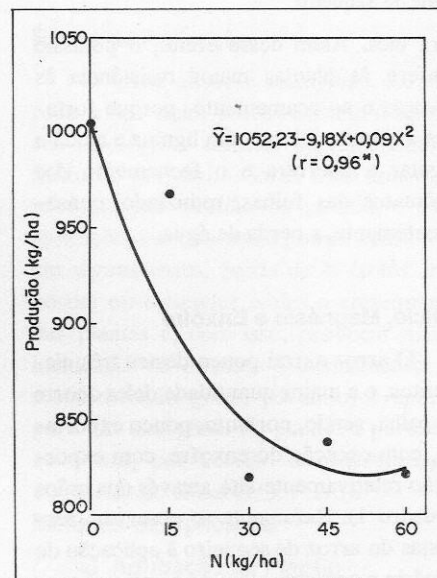


Fig. 1 – Relação entre níveis de nitrogênio e produtividade de arroz de sequeiro com deficiência hídrica.

aumentos expressivos na produção de grãos. Mas, quando ocorre falta de água, a produção cai a níveis muito baixos, neutralizando por completo o efeito do fósforo (Fig. 2).

Potássio

O potássio tem pouco efeito no perfilhamento, a não ser em condições de extrema carência. Em relação ao peso dos grãos, o potássio tem grande efeito, talvez por facilitar o transporte de carboidratos

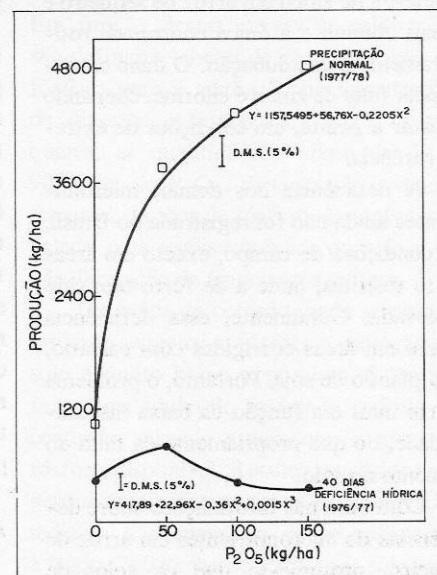


Fig. 2 – Rendimento do arroz em função do nível de fósforo, com e sem deficiência hídrica.

para eles. Além desse efeito, o potássio confere às plantas maior resistência às doenças e ao acamamento, porque fortalece a parede celular com lignina e ajuda a regular a abertura e o fechamento dos estômatos das folhas, reduzindo, conseqüentemente, a perda de água.

Cálcio, Magnésio e Enxofre

O arroz extrai pouco destes três elementos, e a maior quantidade deles ocorre na palha, sendo, portanto, pouco exportado, com exceção do enxofre, com exportação relativamente alta através dos grãos (Quadro 1). Raramente se observam respostas do arroz de sequeiro à aplicação de calcário e enxofre, além de o arroz ser razoavelmente tolerante à acidez do solo. Entretanto, o magnésio tem efeito marcante, juntamente com o fósforo e o enxofre, no processo fotossintético.

Não é comum a ocorrência de deficiência de enxofre em arroz, provavelmente devido ao emprego de adubos que contêm esse elemento. Contudo, com o uso cada vez maior de adubos sem enxofre, é bem provável que, após várias colheitas, ele venha a se tornar um fator limitante da produção.

Micronutrientes

Dentre as deficiências de micronutrientes, a de zinco em arroz de sequeiro é a mais comum e a única controlada rotineiramente pela adubação. O dano causado pela falta de zinco é enorme, chegando a matar a planta, em condições de extrema carência.

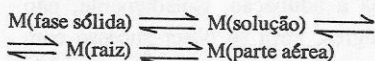
A deficiência dos demais micronutrientes ainda não foi registrada no Brasil, em condições de campo, exceto em áreas muito restritas, onde a de ferro tem sido observada. Geralmente, essa deficiência ocorre em áreas corrigidas com calcário, para plantio de soja. Portanto, o problema ocorre mais em função da baixa disponibilidade, do que propriamente da falta do elemento no solo.

Com base nas informações sobre deficiências de micronutrientes em arroz de sequeiro, presume-se que os solos de cerrado são capazes de suprir as plantas com quantidades adequadas de boro, cobre, ferro, manganês e molibdênio. Contudo, esse fato não exclui a possibilidade de ocorrer deficiência de qualquer um

desses micronutrientes, em conseqüência, principalmente, do uso de calcário, necessário para corrigir a acidez. Isto é particularmente importante nas áreas de plantio de soja, que requerem a correção do pH do solo para 6,0 a 6,5.

A PRÁTICA DA ADUBAÇÃO

O processo geral de fornecimento de nutrientes às plantas é mostrado a seguir (M = nutrientes).



O processo mostra, numa extremidade, o solo, de onde são retirados os nutrientes e, na outra, a planta, que acumula e utiliza os nutrientes absorvidos pelas raízes. Pode acontecer, entretanto, que a velocidade de transferência de M (fase sólida) para M (solução) seja menor que a velocidade de transferência de M (solução) para M (planta). Quando isso ocorre, é necessário que se proceda a uma adubação

As quantidades de nutrientes extraídas do solo pelo arroz são altas. Mesmo os solos mais férteis não podem, por muito tempo, fornecer a quantidade suficiente de nutrientes para atender às exigências do arroz e manter altas produções. Daí a necessidade de suprir o solo com nutrientes, através da aplicação de adubos e de corretivos.

Entretanto, os adubos adicionados ao solo não são totalmente aproveitados pela planta, ou seja, a eficiência da adubação (capacidade de suprir as plantas com nutrientes) depende de vários fatores, tais como tipo de solo, cultivar, fontes, doses, época e modo de aplicação dos fertilizantes, radiação solar, práticas culturais, enfim, de todos os fatores que afetam o desenvolvimento da planta. Vários experimentos de resposta a NPK mostram que o coeficiente de utilização desses nutrientes raramente ultrapassa 20-40% para o nitrogênio, 10% para o fósforo e 50-60% para o potássio.

Adubação Nitrogenada

Doses – Ainda não existe um método que possa avaliar satisfatoriamente a capacidade do solo em fornecer nitrogênio para as plantas. Isto porque a maior parte do nitrogênio do solo está sob formas orgânicas, que devem ser mineraliza-

das para liberá-lo e torná-lo aproveitável pelas plantas.

A mineralização depende da atividade microbiana, que é função de temperatura, umidade, acidez, relação C/N, aeração, dentre outros fatores. A principal forma de nitrogênio no solo (NO⁻³) está sujeita a lixiviação, imobilização e desnitrificação pelos microrganismos. Por essas razões, não é possível traçar uma curva de calibração para nitrogênio. Uma boa alternativa para fazer recomendação desse elemento é determinar a curva de resposta em relação a várias dosagens desse nutriente.

A Figura 3 mostra a resposta do arroz de sequeiro (IAC-1246) ao nitrogênio, em vários anos e locais da região sul de Goiás. Pode-se observar que as respostas ótimas são obtidas com doses de 40-50 kg/ha, com rendimentos da ordem de 2,5-3,0 t/ha. Com doses maiores, essas cultivares tradicionais, de porte alto, tendem a acamar, e com isso o rendimento cai. A dose econômica calculada foi de 35 kg/ha de nitrogênio. Curvas semelhantes de respostas têm sido obtidas em outros locais, com ambientes distintos.

Fontes – Em geral, o sulfato de amônio e a uréia são considerados as mais vantajosas fontes para arroz irrigado, não havendo diferença entre elas. Para o arroz de sequeiro, pela característica oxidante do solo, o uso de formas nítricas tem-se mostrado eficiente, mas a forma amoniacal é a mais usada, talvez por ser mais fa-

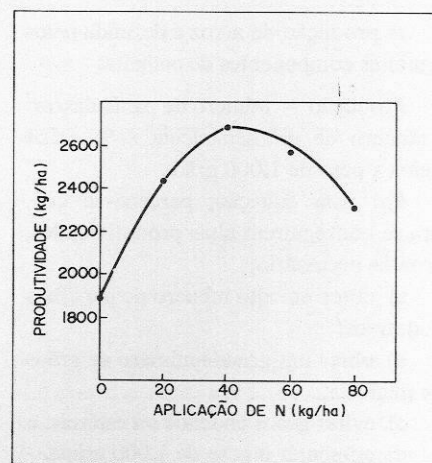


Fig. 3 – Efeito da adubação nitrogenada na produção de arroz de sequeiro no Sul de Goiás.

cilmente encontrada no mercado. A uréia, desde que aplicada em profundidade, também pode ser empregada com sucesso.

Os adubos nitrogenados contêm nitrogênio que se pode apresentar numa das seguintes formas: amoniacal, nítrico, nítrico e amoniacal, amídico ou cianamídico e protéico.

1) Adubos Amoniacais

- Amônia anidra
- Sulfato de amônio
- Cloreto de amônio
- Fosfato monoamônico (MAP)
- Fosfato diamônico (DAP)

2) Adubos Contendo Nitratos

- Nitrato de sódio
- Nitrato de cálcio (nitrocálcio)
- Nitrofosfato

3) Adubos Contendo Íons Amônio e Nitrato

- Nitrato de amônio
- Nitrato de cálcio amoniado

4) Adubos Amídicos ou Cianamídicos

- Uréia
- Uréia fosfato
- Uréia sulfato
- Calcicocianamida

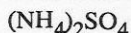
5) Protéicos

- Farinha de tortas
- Farinha de sangue

As plantas absorvem nitrogênio nas formas de amônio (NH⁺₄) ou de nitrato (NO⁻₃). Assim sendo, os adubos que não contenham o nitrogênio nessas formas, como por exemplo a uréia, são convertidos biológica ou quimicamente no solo à forma de amônio (NH⁺₄).

Comportamento no Solo

a) Sulfato de Amônio



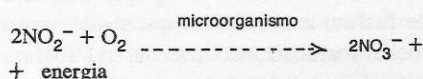
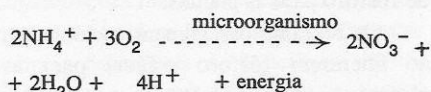
Possui 20% de nitrogênio e 24% de enxofre; é solúvel em água e pouco higroscópico. O sulfato de amônio, ao ser adicionado ao solo, dissocia-se em íons NH⁺₄ e SO²⁻₄. O íon NH⁺₄, por possuir carga positiva, pode ser atraído ou adsorvido pelos minerais de argila com cargas negativas. Isso é importante porque pos-

sibilita maior retenção de nitrogênio no solo, diminuindo sua perda por lixiviação.

Em condições adequadas de umidade, temperatura e pH do solo, o íon NH⁺₄ do adubo é oxidado em pouco tempo a nitrato, comportando-se, daí para frente, como os nitratos.

O íon NH⁺₄, por se encontrar em forma já reduzida, não sofre perdas por desnitrificação, como ocorre com o NO⁻₃. Isto tem uma importância muito grande em solos inundados onde, por insuficiência de oxigênio, o nitrato é reduzido biologicamente a N₂ e perdido por volatilização. Por essa razão é que não se recomendam adubos contendo nitrogênio na forma de nitrato para arroz irrigado por inundação.

A oxidação do amônio promove determinada acidez no solo, que, em geral, não é considerada na prática de correção do solo. As reações, a seguir, ilustram este processos:



b) Uréia - CO(NH₂)₂

A uréia, quando aplicada ao solo, sofre hidrólise e passa a carbonato de amônio, da seguinte forma:

$$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{urease}} (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

O carbonato de amônio é um composto instável e, na presença de água, dissocia-se em íons NH₄ e CO₃. A hidrólise completa-se dentro de um a quatro dias e sua velocidade é semelhante tanto em solos inundados como em arejados. Antes da hidrólise, a uréia é tão móvel como o nitrato, não pode ser retida no solo e pode lixiviar. Além disso, quando aplicada na superfície, pode haver perdas por volatilização.

Uréia revestida com enxofre é um novo produto que vem sendo usado em vários países e tende a reduzir as perdas de nitrogênio. Na Ásia, esse produto tem sido usado com resultados muito satisfatórios. No Brasil, ainda está sendo estudado.

Época de Aplicação

O arroz absorve nitrogênio durante todo o seu ciclo, porém existem duas fases fisiológicas críticas: perfilhamento e início do primórdio floral. Uma aplicação na base, por ocasião do plantio, e duas aplicações em cobertura podem ocasionar, em alguns casos, perda de N (solos arenosos) ou estimular muito o crescimento das plantas e, com isso, provocar maior incidência de doenças e acamamento. A recomendação geral, portanto, é aplicar parte do nitrogênio no plantio e parte em cobertura, por ocasião da diferenciação do primórdio floral (1/3 + 2/3).

Métodos de Aplicação

a) Adubação de Plantio

Nas condições de sequeiro, a aplicação de nitrogênio no plantio pode ser feita no sulco ou a lança, com posterior incorporação. Mas a sua distribuição junto com o fósforo e o potássio no sulco, por ocasião do plantio, tem sido o método mais comumente utilizado.

b) Adubação de Cobertura

A aplicação em cobertura é feita em linha e ao lado das plantas.

Adubação Fosfatada

Doses - As recomendações de fósforo são feitas com base em curvas de calibração, elaboradas para cada região, que definem a relação entre produtividade e os respectivos teores de fósforo do solo. Em função dessas curvas de calibração, são definidas tabelas de recomendação de fósforo para a adubação de manutenção de diversas culturas. Para arroz de sequeiro, as quantidades variam de 20 a 90 kg/ha de P₂O₅, dependendo, evidentemente, do teor de fósforo disponível revelado pela análise química do solo e da não-limitação de água para a cultura.

Em solos de cerrado, onde se cultiva arroz de sequeiro, o fósforo na solução do solo é muito baixo e, por isso, é preciso fazer uma adubação fosfatada, a título de correção, visando a aumentar o nível de fósforo disponível. Resultados obtidos em pesquisas, em diversas regiões do cerrado, indicam a necessidade de se aplicarem, a lança, 240 kg/ha de P₂O₅, em solos argilosos, 150 kg/ha de P₂O₅ em solos de textura média, e 120 kg/ha de P₂O₅ em solos arenosos, no primeiro ano de cultivo. Vale ressaltar dois aspectos: 1) essa adubação deve ser considerada um inves-

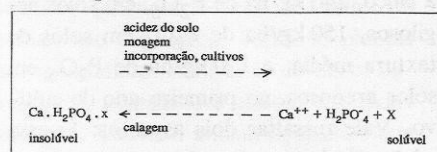
timento a ser amortizado a partir do segundo cultivo, pelo seu efeito residual; e 2) a adubação corretiva não dispensa a adubação de manutenção mencionada anteriormente.

Fontes – Os resultados de pesquisa indicam os superfosfatos triplo, simples e de amônio (MAP e DAP) como excelentes fontes de fósforo para arroz, na adubação de manutenção. Em muitos casos, os termofosfatos ou fosfatos de rocha, de alta solubilidade em citrato, são usados, dando, em geral, resultados equivalentes aos fosfatos solúveis em água.

Os adubos fosfatados solúveis, quando aplicados ao solo, sofrem uma dissolução e liberam íons fosfatos, que são absorvidos pela planta, ou reagem com os minerais do solo (fixação). Todas as práticas envolvendo adubação fosfatada devem ser adotadas no sentido de se evitar ao máximo a fixação do fósforo. Essas práticas serão vistas mais adiante.

Os fosfatos naturais podem ser considerados fertilizantes insolúveis em água, com baixa a média disponibilidade de fósforo para as culturas. Por essa razão, tais fosfatos não devem ser usados isoladamente em nenhuma cultura de ciclo curto, inclusive no arroz. Para que os fosfatos naturais dêem resultados satisfatórios, é necessário um certo tempo de reação com o solo, a fim de que sejam devidamente aproveitados pela cultura. Dessa forma, são considerados boas fontes de fósforo para adubação corretiva, que consiste na aplicação de doses elevadas, a lanço, visando a elevar o teor de fósforo do solo a um nível pré-estabelecido.

Ao contrário dos fosfatos solúveis em água, os fosfatos naturais têm mostrado baixa eficiência, quando se faz correção da acidez do solo. Isso é esperado, considerando-se que os fosfatos de rocha se decompõem em meio ácido, para formar fosfato monocálcico e outros. De forma simplificada, a reação que ocorre quando se adiciona fosfato natural ao solo e os fatores que os influenciam podem ser assim representados:



Isto significa que o calcário desloca o equilíbrio da reação para a esquerda e adiciona íons Ca^{++} à solução. Dessa forma, fica fácil entender que os fosfatos naturais são mais eficientes, se aplicados em solos ácidos e com certa antecedência em relação à calagem (um a três meses). Quanto mais fino for o fosfato, quanto mais incorporado ao solo e quanto mais cultivos forem feitos, maior a solubilização.

Mais recentemente, desenvolveu-se, nas indústrias nacionais, um processo que consiste em menor uso de ácido que o exigido para converter todo fosfato de rocha a superfosfato. Como resultado, surgiram, no mercado brasileiro, os fosfatos parcialmente acidulados, de solubilidade, em citratos, intermediária aos superfosfatos e aos fosfatos naturais. Tais fosfatos, quando aplicados em solos ácidos, produzem reações que levam a uma diminuição da velocidade de dissolução do adubo, de modo a prolongar a liberação de fósforo para as plantas.

Os fosfatos parcialmente acidulados, ao liberarem fósforo solúvel para as plantas, produzem H_3PO_4 (por hidrólise de fosfato monocálcico) que reage com a rocha fosfatada não-tratada, do fosfato parcialmente acidulado, aumentando, assim, a disponibilidade de fósforo. A menor acidez produzida no solo pelo fosfato parcialmente acidulado resulta em menor atividade dos íons Fe e Al e, conseqüentemente, em menor fixação de fósforo disponível, comparado ao superfosfato.

Manejo do Fósforo no Solo

Não convém esquecer que a capacidade do solo de adsorver fósforo é o fator mais importante que afeta a disponibilidade do fósforo e que, em função desse fator (adsorção), existem várias técnicas de aplicação de fertilizantes fosfatados, visando a aumentar a sua eficiência.

Da mesma forma, as implicações do conhecimento das características físicas, químicas e físico-químicas dos fosfatos naturais são muito importantes para a absorção de fósforo pelas culturas. O tamanho do grânulo, a solubilidade, a época, o modo e a freqüência de aplicação ao solo têm influência marcante na eficiência relativa do fertilizante fosfatado. Para a adubação de manutenção devem-se usar fontes solúveis de fósforo, na forma de

grânulos no sulco de plantio, de maneira a reduzir o contato do fosfato com as partículas do solo e, conseqüentemente, torná-lo mais disponível na zona de crescimento das raízes. A desvantagem, nesse caso, é que o adubo fica concentrado numa pequena área de solo e pode, com isso, restringir o crescimento das raízes a um pequeno volume de solo.

A aplicação do fósforo não deve ser parcelada, porquanto suas perdas por lixiviação são muito baixas, pois o fósforo é muito pouco móvel no solo.

Por outro lado, quando se usam fosfatos insolúveis em água ou de baixa solubilidade, os melhores resultados são obtidos com a aplicação em forma de pó ou grânulos muito pequenos, numa única operação, a lanço, com posterior incorporação ao solo. Essa é a melhor maneira quando se deseja maior contato do fosfato com as partículas do solo, quando são necessárias grandes quantidades de fertilizante para correção de deficiência severa do elemento, ou quando se deseja completar o nível do elemento no solo. A aplicação deve ser feita antes da aração, pois favorece a incorporação do fertilizante abaixo da superfície.

Adubação Potássica

Doses – 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 a 90 kg de K_2O /ha.

Fontes – Em relação às fontes de potássio, não há muito o que discutir. No Brasil, dentre os adubos potássicos, o cloreto de potássio (KCl), com 60% K_2O e 45% de Cl, supre cerca de 95% do total de potássio aplicado nas plantas cultivadas no país. O sulfato de potássio, com 52% de K_2O e 18% de S, também pode ser usado onde exista deficiência de enxofre.

Manejo do Potássio no Solo

A recomendação geral é aplicar o potássio na época do plantio, juntamente com nitrogênio e fósforo. Mas, em solos arenosos, com drenagem excessiva e CTC baixa, poderá haver consideráveis perdas de potássio por lixiviação, tendo em vista o comportamento desse elemento no solo (não sofre fixação). Essas condições são muito comuns no Brasil, o que predispõe

a grandes perdas de nutrientes por lixiviação.

O que se pode fazer para melhor utilizar o potássio existente no solo e o adicionado pela adubação resume-se, praticamente, em neutralizar o alumínio trocável, através de calagem, e aplicar menores doses de fertilizantes, mas com maior frequência.

Os métodos de aplicação mais usados no Brasil são no sulco, 5 cm abaixo e ao lado das sementes, e a lanço. A adubação no sulco deve ser preferida, quando são aplicadas doses baixas de potássio e, a lanço, para altas doses (90 kg/ha de K_2O). No sulco, o fertilizante deve ser colocado a uma distância de pelo menos 5 cm da semente, para evitar danos a ela ou às plantas, devido à alta salinidade do cloreto de potássio.

No Quadro 2 são apresentadas algumas características químicas dos fertilizantes mais comuns, usados na adubação das culturas, inclusive do arroz.

Adubação de Micronutrientes

Fontes de Micronutrientes

A escolha da fonte depende de como o micronutriente vai ser aplicado, se no solo ou via foliar, e, sobretudo, da concentração do elemento e solubilidade do

produto. As fontes inorgânicas são geralmente as mais usadas, tanto para aplicações foliares, como no solo, por serem mais baratas e mais facilmente encontradas no mercado. Os quelatos podem ser aplicados ao solo ou na planta, através de pulverização. São mais eficientes do que as fontes inorgânicas, mas, devido ao seu alto custo, não são comumente utilizados.

Em muitas regiões começaram a usar micronutrientes fabricados, como FTE (Fritted Trace Element) ou fritas, que são silicatos de solubilidade lenta e, por isso, menos eficientes do que as fontes mais solúveis, principalmente quando aplicados em solos com pH elevado. Entretanto, para solos ácidos, as fritas podem ser usadas com boa eficiência, fornecendo os micronutrientes para as plantas, de forma lenta e gradual, o que constitui vantagem em regiões cujos solos são arenosos e altamente intemperizados e quando se deseja obter efeitos por mais tempo.

Deve-se ter o cuidado de que as recomendações não sejam generalizadas, até que se acumulem informações suficientes sobre a ocorrência de deficiência de vários micronutrientes em áreas extensas e resposta das culturas a esses nutrientes. Um solo pode ser deficiente em um micronutriente, para uma cultura em parti-

cular, mas não necessariamente para outras. Isto é importante, quando se considera rotação de culturas com graus de sensibilidade diferentes a um dado micronutriente.

Métodos de Aplicação

Aplicação no solo – A aplicação de micronutrientes no solo é o método mais comum, podendo ser aplicado no sulco de plantio ou a lanço, com posterior incorporação ao solo. A aplicação a lanço permite maior contato do micronutriente com as partículas do solo e, conseqüentemente, pode torná-lo menos eficiente, devido à reação de adsorção, principalmente se o solo for argiloso. Quando se deseja reduzir o contato do micronutriente com as partículas do solo, ele deve ser usado no sulco de plantio. aplicações em cobertura, após o aparecimento dos sintomas de deficiência, provavelmente não dará bons resultados, tendo em vista a baixa mobilidade, principalmente do Zn, em profundidade. Em geral, são necessárias doses mais elevadas de micronutrientes para aplicação a lanço do que no sulco.

Aplicação foliar – Este método possibilita o uso de micronutriente somente após o aparecimento dos sintomas de deficiência. Se utilizada no início do apare-

QUADRO 2 – Algumas Propriedades Químicas dos Fertilizantes mais Comuns Usados na Adubação do Arroz

Fertilizante	Concentração (%)			Fórmula Química	Solubilidade em Água Quente (g/100ml)	Índice de Acidez ^{1/}	Índice Salino ^{2/}
	N	P ₂ O ₅	K				
Uréia	45	0	0	CO(NH ₂) ₂	119	1,8	75
Sulfato de amônio (24% S)	20	0	0	(NH ₄) ₂ SO ₄	71	5,3	69
Cloreto de amônio (68% Cl)	26	0	0	(NH ₄ Cl)	37	1,8	—
Nitrato de amônio	33	0	0	NH ₄ NO ₃	118	1,8	105
Superfosfato simples (12% S, 18% Ca)	0	18-20	0	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .CaSO ₄	2	—	8
Superfosfato triplo (10% Ca)	0	44	0	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	2	—	10
Fosfato monoamônico (MAP)	16	50	0	NH ₄ H ₂ PO ₄	23	5,3	30
Fosfato diamônico (DAP)	18	45	0	(NH ₄) ₂ HPO ₄	58	5,3	34
Termofosfato magnésiano ^{3/}	0	16	0	—	—	—	—
Cloreto de potássio	0	0	60	KCl	65	—	116
Sulfato de magnésio (18% S)	0	0	52	K ₂ SO ₄	—	—	—

^{1/} CaCO₃ (kg) para neutralizar a acidez provocada por 1 kg de adubo.

^{2/} Medida relativa da tendência para elevar a pressão osmótica da solução do solo (NaNO₃ = 100).

^{3/} Além de P₂O₅, o termofosfato magnésiano contém 28% CaO, 16% MgO, 25% SiO₂, 0,001% Mo, 0,06% Mn, 4% Fe, 0,02% Cu, além de B e Zn.

Arroz de Sequeiro

cimento da deficiência, que, no caso do arroz, ocorre em geral na fase inicial de crescimento (30-35 dias após o plantio), pode constituir um método eficiente. São necessárias uma ou duas aplicações de uma solução contendo o micronutriente na forma solúvel, utilizando-se 400 de água/ha.

A aplicação foliar apresenta vantagens e desvantagens:

Vantagens – 1) é necessário menor quantidade de fertilizante; 2) a distribuição do elemento é mais uniforme; 3) a resposta ao micronutriente é imediata.

Desvantagens – 1) a exigência de nutrientes pela planta é alta no início do crescimento e, como tal, a área superficial é insuficiente para absorção foliar; 2) pode ocorrer queima das folhas, se a concentração do nutriente for excessiva; 3) pode ser tarde demais para corrigir a deficiência, a ponto de se obter aumento na produção; 4) há pouco efeito residual da aplicação foliar; e 5) o custo de aplicação pode ser elevado, se forem necessárias várias aplicações.

Portanto, a aplicação foliar é mais apropriada para culturas perenes e altamente lucrativas, como café e citrus.

Tratamento de sementes – Como método preventivo, podem-se tratar as sementes com micronutrientes, mas em pequenas quantidades. A baixa exigência de Mo, por exemplo, tem restringido sua aplicação direta na semente ou através de pulverização. Esse método é usado na Ásia, para corrigir a deficiência de Zn em arroz, peletizando as sementes com ZnO ou emergindo as raízes das plântulas numa suspensão de ZnO a 1%. Porém, no Brasil, nas condições de sequeiro, em que o produtor utiliza a cultura de arroz no processo de formação de pastagens, o tratamento de sementes não é recomendável, pois o Zn é um elemento importante para a nutrição animal, devendo, por essa razão, ser aplicado no solo.

Aplicação Junto com Adubo – Considerando-se que a faixa de teores que causam deficiência e toxicidade é muito estreita, para certos micronutrientes, a aplicação deve ser a mais uniforme possível, apesar de muito difícil, tendo em vista que as quantidades recomendadas são pequenas, geralmente menores do que 10 kg do nutriente/ha. A aplicação que

QUADRO 3 – Algumas Fontes de Micronutrientes Comercialmente mais Comuns no Brasil, Doses e Métodos de Aplicação para Arroz			
Elemento	Fonte	Aplicação do Produto no Solo (kg/ha)	Aplicação Foliar do Produto (kg/500 l de água)
B	Ácido bórico (17% B) Bórax (10,6% B) (Não se recomenda aplicação de B via foliar)	6-10 10-15	- -
Cu	Sulfato de cobre (25,5% Cu) Óxido cuproso (89% Cu)	20-25 6-7	1-2 -
Fe	Sulfato ferroso (20% Fe) Fritas: BR-9 (6% Fe) BR-12 (3% Fe) Quelato de ferro (9-12% de Fe)	- 40-60 40-60 20-25	8-10 - - 5
Mn	Sulfato de manganês (26,6% Mn) Fritas: BR-9 (3% Mn) BR-12 (2% Mn) (Fe e Mn, quando aplicados ao solo, levam à insolubilização, porque são oxidados a formas não-disponíveis).	- 40-60 40-60	1-2 - -
Zn	Sulfato de zinco (23% Zn) Óxido de zinco (78% Zn) Fritas: BR-9 (6% Zn) BR-12 (9% Zn) BR-15 (8% Zn)	40-60 6-12 40-60 40-60 40-60	1-2 - - - -
Mo	Molibdato de sódio (39% Mo) Molibdato de amônio (54% Mo) (Antes de fazer a correção de Mo, deve-se medir o pH do solo. Pode ser que a deficiência seja devida ao baixo pH. Neste caso, uma simples correção do pH é suficiente, conforme mostra a equação: $X - HMoO_4 + OH^- \rightarrow X - OH + HMoO_4$ onde: X = sesquióxidos de Fe e Al OH = gerado pelo calcário	- -	0,15-0,3 0,2 -0,4

garante distribuição mais uniforme é a feita pela incorporação de pequenas quantidades de micronutrientes em misturas granuladas de NPK. Embora esse método possa parecer mais dispendioso, ele elimina o problema de segregação, frequentemente encontrado em misturas de fertilizantes. Além disso, o custo de aplicação pode ser reduzido, uma vez que os micro e macronutrientes são aplicados numa única operação, através de implementos convencionais. No quadro 3, encontram-se as doses, as fontes e os métodos de adubação de micronutrientes recomendados para a cultura do arroz.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim técnico, 9).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Relatório Científico do CNPAF 1984**. Goiânia,

1985, p.51-5.

- FAGERIA, N.K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1984. 341p.
- KUSSON, W.R.; CORUM, K.R. & DALL'ACQUA, F.M. **Interpretação agrônômica de ensaios de adubação**. Goiânia, EMBRAPA/CNPAF, 1976. 49p. (EMBRAPA/CNPAF. Boletim técnico, 4).
- LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Rio de Janeiro, fev. 1988.
- LOPES, A.S. **Fertilidade do solo**; notas de aula. Lavras, ESAL, 1977. 276p. mimeograf.
- MALAVOLTA, E. **Elemento de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Agrônômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola; adubos e adubação**. São Paulo, Agrônômica Ceres, 1981. 596p.
- NOVAIS, R.F. **Fertilidade do solo**; notas de aula. Viçosa, UFV, 1973. 1v. mimeograf.
- RAIS, B. Van. **Avaliação da fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato/Instituto Internacional de Potassa, 1981. 142p.