



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1806-9193

Dezenbro, 2006

Documentos 170

VERSÃO
ON LINE

Inovações tecnológicas no manejo do nitrogênio para o arroz irrigado

*Walkyria Bueno Scivittaro
Algenor da Silva Gomes*

Pelotas, RS
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392 km 78

Caixa Postal 403 - Pelotas, RS

Fone: (53) 3275 8199

Fax: (53) 3275-8219 / 3275-8221

Home page: www.cpact.embrapa.br

E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia

Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro, Sadi Macedo Sapper, Regina das Graças V. dos Santos

Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper/Antônio Luiz Oliveira Heberlê

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro

Arte da capa: Ana Paula Mesquita (estagiária)

Fotos da capa: Walkyria Bueno Scivittaro/Algenor da Silva Gomes

Composição e impressão: Embrapa Clima Temperado

1ª edição

1ª impressão 2006: 50 exemplares

Todos os direitos reservados

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

Scivittaro, W.B.

Inovações tecnológicas no manejo do nitrogênio para o arroz irrigado / Walkyria Bueno Scivittaro, Algenor da Silva Gomes. -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006.

27 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Documentos,170).

ISSN 1806-9193

Arroz irrigado - Manejo - Eficiência - Fertilizante - Nitrogênio. I. Gomes, A . da S. II. Título. III. Série.

CDD 633.18

Autores

Walkyria Bueno Scivittaro

Eng. Agrôn(a), Dra.

Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado

BR 392 km 78. Cx. Postal 403. CEP 96001-970

Pelotas, RS

(wbscivit@cpact.embrapa.br)

Algenor da Silva Gomes

Eng. Agrôn., MSc.

Pesquisador da Embrapa Clima Temperado

BR 392 km 78. Cx. Postal 403. CEP 96001-970

Pelotas, RS

(algenor@cpact.embrapa.br)

Apresentação

O setor orizícola gaúcho há mais de uma safra vivencia grave crise econômica, decorrente do baixo preço alcançado pelo produto no mercado interno e do elevado custo de produção, a despeito das crescentes produtividades atingidas. Isto tem desestimulado o cultivo que, somente na última safra, apresentou uma retração de área da ordem de 12,5%.

A manutenção da lavoura como uma atividade rentável é questão fundamental para a economia do Estado, especialmente para a metade Sul, região economicamente mais pobre e que produz 90% do arroz gaúcho, o qual representa o principal item de receita de muitos municípios.

A continuidade do cultivo do arroz irrigado na região, com base ambientalmente sustentável, está associado ao investimento tecnológico, alternativa que pode contribuir para melhorar o desempenho da cultura e reduzir as disparidades econômica e social com outras regiões do Estado.

Nesse sentido, a adequação do manejo de fertilizantes, de maneira particular os nitrogenados, desponta como aspecto preponderante, visto ser este o fator isolado com maior capacidade de proporcionar retorno em produtividade ao arroz irrigado.

Este trabalho fornece, a técnicos e produtores, informações importantes sobre o estado da arte, recentes avanços no conhecimento e cenários para um futuro próximo sobre a adequação do manejo da adubação nitrogenada para o arroz irrigado. Desta forma, pretende-se contribuir para a competitividade do setor orizícola e para a sustentabilidade ambiental, com o aumento da eficiência de uso de fertilizantes minerais e a minimização dos impactos ambientais negativos da lavoura.

Waldyr Stumpf Júnior
Chefe de Pesquisa e Desenvolvimento
Embrapa Clima Temperado

Sumário

<i>Inovações tecnológicas no manejo do nitrogênio para o arroz irrigado</i>	9
<i>Introdução</i>	9
Nova recomendação de adubação nitrogenada	10
Fontes de nitrogênio	15
Avaliação do estado nutricional	21
Inoculantes microbianos	22
Aplicações de fertilizantes específicas por local	23
<i>Considerações gerais</i>	24
<i>Referências bibliográficas</i>	25

Inovações tecnológicas no manejo do nitrogênio para o arroz irrigado

***Walkyria Bueno Scivittaro
Algenor da Silva Gomes***

Introdução

No Rio Grande do Sul, um dos maiores desafios da pesquisa dedicada ao setor orizícola consiste em promover o aumento da produtividade e da lucratividade das lavouras, cujo principal fator limitante é o manejo inadequado. Assim, uma medida de impacto, que pode alavancar a melhoria do desempenho da cultura, é a otimização no uso de insumos, visando a melhoria da qualidade do produto final e a sustentabilidade econômica e ambiental do sistema produtivo.

Nesse sentido, a adequação do manejo de fertilizantes desponta como aspecto preponderante, visto ser este o fator isolado com maior capacidade de proporcionar retorno em produtividade ao arroz irrigado (Isherwood, 2003). Apesar desse fato, o gasto médio com adubação da cultura nas últimas safras, incluindo as aplicações na base e em cobertura, tem respondido por apenas cerca de 10% do custo de produção.

Estabelecida a importância do uso eficiente de fertilizantes para ampliar a produtividade do arroz irrigado, o passo seguinte refere-se ao estabelecimento de prioridades na adequação do manejo desses insumos. Considerando-se o potencial de resposta da cultura à adubação e o grau de complexidade de manejo envolvido, o nitrogênio (N) destaca-se como elemento

crítico, uma vez que pode propiciar elevada resposta em produtividade e apresenta uma dinâmica muito complexa no ambiente no qual o arroz irrigado é cultivado. É dependente das condições climáticas, do nível de suprimento de N e de outros nutrientes do solo, da seqüência de cultivos, da cultivar, da época e densidade de semeadura, da eficiência de controle de plantas daninhas, do estado fitossanitário da lavoura e do manejo da água e do próprio fertilizante. Em decorrência, a eficiência agrônômica dos fertilizantes nitrogenados no cultivo de arroz irrigado é bastante variável, raramente excedendo 50% da quantidade aplicada, o que limita a produtividade, onera o custo de produção e pode causar problemas de poluição ambiental.

Esta publicação tem como objetivo fornecer uma orientação, a técnicos e produtores, sobre formas de adequação do manejo da adubação nitrogenada para o arroz irrigado, visando o aumento na eficiência de utilização de fertilizantes, com reflexos positivos sobre a produtividade da cultura, redução nas perdas desse insumo e em seu impacto ambiental negativo. Para tanto, são considerados os recentes avanços disponibilizados pela pesquisa, bem como algumas técnicas e recursos em fase final de desenvolvimento, que dentro em breve deverão estar disponíveis ao setor produtivo.

Nova recomendação de adubação nitrogenada

Recentemente, uma das mais importantes contribuições à adequação no manejo do nitrogênio para a cultura de arroz irrigado foi disponibilizada ao setor produtivo do Sul do País. Trata-se da 10ª edição do “Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina”. O manual, que reúne avanços no conhecimento agrônômico, fundamentados na pesquisa e experiência regionais, gerados por instituições de pesquisa, ensino, assistência técnica, extensão rural e pelo setor privado (Sociedade, 2004), propõe modificações ao sistema de recomendações vigente (Comissão, 1995).

O novo sistema de recomendação de adubação e calagem foi preconizado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS-CQFS) e baseia-se, predominantemente, nos resultados da análise de solo. Desta forma, o sucesso das recomendações requer adequação na coleta e análise das amostras do solo e a interpretação correta dos resultados analíticos.

O objetivo principal do novo sistema é a utilização racional de insumos em quantidade, forma e época de aplicação, com vistas à elevação e manutenção dos teores de nutrientes no solo e à otimização do retorno econômico para as culturas (Sociedade, 2004). Nele, o diagnóstico da fertilidade do solo é feito pelo enquadramento dos resultados das análises de solo em amplitudes de valores, conforme a probabilidade de resposta das culturas, sendo que quanto menor o teor de um nutriente ou de um indicador da fertilidade do solo, maior a probabilidade de resposta da cultura à adubação. No caso específico do nitrogênio, utiliza-se o teor de matéria orgânica do solo (MO) como indicador da disponibilidade do nutriente, cujos valores são estratificados em três faixas de interpretação (Tabela 1).

Associando-se os dados contidos na Tabela 1 com a distribuição dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul em classes de fertilidade, tem-se que 77,5% das áreas utilizadas com a cultura apresentam teor baixo de matéria orgânica (Anghinoni et al., 2004), indicando elevada probabilidade de resposta à adubação nitrogenada.

Tabela 1. Interpretação dos resultados analíticos de teor de matéria orgânica do solo.

M atéria orgânica, %	Interpretação
≤ 2,5	Baixo
2,5 - 5,0	M édio
> 5,0	A lto

Adaptado de Sociedade (2004).

Além do teor de matéria orgânica do solo, o novo sistema de recomendação de adubação nitrogenada para o arroz irrigado considera o sistema de cultivo e a expectativa de produtividade da cultura.

Os sistemas de cultivo foram divididos em dois grupos: 1) sistema de semeadura em solo seco, incluindo os sistemas convencional, cultivo mínimo e plantio direto, e 2) sistema pré-germinado. Já as expectativas de produtividade foram divididas em três faixas, para os sistemas de semeadura em solo seco: < 6,0; 6,0 – 9,0 e > 9,0 t ha⁻¹, e em duas faixas: 6,0 – 9,0 e > 9,0 t ha⁻¹, para o sistema pré-germinado.

Considerando esses três fatores (teor de matéria orgânica do solo, sistema de cultivo e expectativa de produtividade), foram estabelecidas as recomendações de adubação nitrogenada para o arroz irrigado (Tabela 2).

Tabela 2. Recomendações de adubação nitrogenada para o arroz irrigado para sistemas de cultivo, expectativas de produtividade e teores de matéria orgânica no solo.

Sistem a de sem eadura em solo seco			
M atéria orgânica	Expectativa de produtividade, t ha ⁻¹		
	< 6,0	6,0 – 9,0	> 9,0
%	kg ha ⁻¹ N		
< 2,5	60	90	120
2,5 – 5,0	50	80	110
> 5,0	≤ 40	≤ 70	≤ 100

Sistem a pré-germ inado		
M atéria orgânica	Expectativa de produtividade, t ha ⁻¹	
	6,0 – 9,0	> 9,0
%	kg ha ⁻¹ N	
< 2,5	90	120
2,5 – 5,0	70 – 90	90 – 120
> 5,0	≤ 70	≤ 90

Adaptado de Sociedade (2004).

Da Tabela 2, nota-se que, em ambos os sistemas, as doses recomendadas de N aumentam proporcionalmente à expectativa de produtividade da cultura. Com relação à influência do teor de matéria orgânica do solo, a recomendação de nitrogênio diminui com o incremento deste.

Para a definição da expectativa de produtividade do arroz, deve-se considerar a adequação dos fatores de produção da cultura: condições climáticas (radiação solar e temperatura altas no período reprodutivo); potencial de produtividade da cultivar selecionada; época e densidade de semeadura; manejo da água de irrigação e manejo integrado de pragas), devendo-se reduzir o nível de expectativa de produtividade a medida em que aumenta a restrição sobre os fatores determinantes da produção do arroz.

Outra inovação da nova recomendação refere-se à possibilidade de flexibilização da dose recomendada de nitrogênio, levando-se em consideração: o histórico da lavoura com respeito à resposta ao N e cultivos antecedentes (leguminosas ou gramíneas); a incidência de doenças, especialmente a brusone, cujo desenvolvimento é favorecido pelo excesso de N; o desenvolvimento vegetativo da lavoura e as condições climáticas vigentes ao longo do ciclo. Para o sistema de semeadura em solo seco, a redução pode ser de até 30% da dose indicada. Mas no pré-germinado, a redução de doses está condicionada, exclusivamente, à verificação de restrição no desenvolvimento da cultura, decorrente dos fatores relacionados.

Todos fatores descritos são fundamentais ao estabelecimento de recomendações adequadas de adubação nitrogenada para o arroz irrigado, porém o êxito de sua aplicação está vinculado à associação com boas práticas de manejo do solo e da cultura, especialmente no que se refere à seleção de cultivares adaptadas e com elevado potencial produtivo; à semeadura em época e densidade apropriadas; ao manejo adequado do solo e da planta; ao controle eficiente de plantas daninhas, pragas e

doenças e à adoção de tecnologias adequadas de colheita e pós-colheita.

A nova recomendação de adubação nitrogenada para o arroz prevê parcelamento na aplicação. Para os sistemas de semeadura em solo seco, indica-se a aplicação de uma pequena dose de N na semeadura (10 kg ha^{-1}) e o restante, em cobertura. Quando a dose de N em cobertura for igual ou inferior a 50 kg ha^{-1} , esta pode ser aplicada em uma única vez, na diferenciação da panícula. De outro modo, quando a recomendação de N em cobertura for superior a 50 kg ha^{-1} , recomenda-se a aplicação de metade da dose no início do perfilhamento e o restante, na diferenciação da panícula.

Para o sistema pré-germinado, a adubação com N na semeadura não é recomendada em virtude dos riscos de perdas por desnitrificação, decorrentes da drenagem do solo posterior à semeadura. Para as cultivares de ciclo precoce (<125 dias) e médio (entre 125 e 135 dias), recomenda-se aplicar 50% do N no início do perfilhamento e o restante na diferenciação da panícula. Para as cultivares de ciclo longo (>135 dias), a cobertura pode ser fracionada em 3 aplicações, 1/3 no início do perfilhamento, 1/3 no perfilhamento pleno e, se necessário, completada com 1/3 na diferenciação da panícula.

Com relação ao modo de aplicação do fertilizante nitrogenado, na nova recomendação, para o sistema de semeadura em solo seco, dá-se preferência pela realização da primeira cobertura com nitrogênio, em solo seco, com antecedência máxima de três dias da entrada de água. Isto porque, na fase inicial de desenvolvimento da cultura, a eficiência da aplicação do fertilizante nitrogenado sobre a lâmina de água é bastante baixa, em razão da demanda limitada do nutriente pela planta de arroz. Por outro lado, o manejo do N em solo seco proporciona maior aproveitamento do fertilizante, por sua incorporação ao solo pela água de irrigação, mantendo-o disponível às plantas por um período maior.

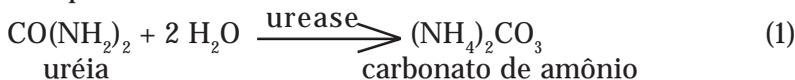
O sucesso dessa prática depende basicamente de três fatores: 1) época de aplicação do fertilizante nitrogenado, que deve coincidir com o início do perfilhamento (emissão da quarta ou quinta folhas – estádios V4 a V5) (Counce et al., 2000). Nesta fase, a planta de arroz apresenta desenvolvimento mínimo para aproveitar o nutriente fornecido pela adubação; 2) intervalo de tempo entre a aplicação do fertilizante e a submersão do solo, que deve ser o menor possível, para evitar perdas de nitrogênio por volatilização de amônia ou desnitrificação, durante o período que antecede o alagamento do solo e 3) umidade do solo por ocasião da aplicação do fertilizante, que não deve ser elevada, pois quanto maior o conteúdo de água do solo, menor a eficiência de sua incorporação ao solo pela água de irrigação e maior a velocidade de hidrólise da uréia, favorecendo as perdas (Sankhayan & Shukla, 1976).

Fontes de nitrogênio

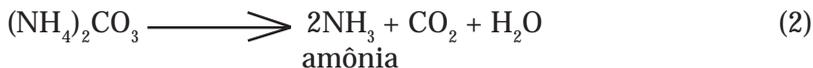
Os fertilizantes amoniacais ou formadores de amônio, como a uréia, constituem-se nas fontes recomendadas de nitrogênio (N) para o arroz irrigado. Esta última destaca-se pelo elevado conteúdo de N e menor custo por unidade do nutriente aplicada ao solo, sendo a principal fonte do nutriente para a cultura. A despeito desses aspectos favoráveis, a uréia apresenta, como característica indesejável, reação inicial alcalina no solo, que a torna suscetível a perdas de nitrogênio por volatilização de amônia.

A compreensão dos mecanismos envolvidos na perda de nitrogênio da uréia, por volatilização de amônia, requer o conhecimento do comportamento dessa fonte de N no solo (Coutinho et al., 1993).

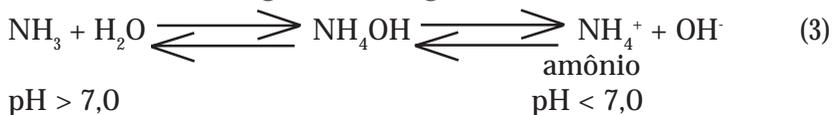
Microrganismos do solo, pela ação da urease, transformam a uréia rapidamente em carbonato de amônio:



O carbonato de amônio, sendo instável, se decompõe:



A amônia formada poderá ter os seguintes destinos: a) perder-se por volatilização, especialmente em aplicações superficiais em cobertura e b) reagir com a água através da reação:



Por sua vez, o amônio formado poderá: a) ser fixado pelo solo; b) ser adsorvido ao complexo de troca; c) ser absorvido pelas plantas e d) sob condição de aerobiose, sofrer nitrificação.

Na reação inicial da uréia no solo, ocorre uma elevação temporária do pH junto ao local de aplicação. Esta alteração na reação do solo desloca o equilíbrio da equação (3) para a esquerda, favorecendo as perdas por volatilização de amônia.

Vários fatores influenciam a intensidade de perda de amônia proveniente da uréia, em especial as condições climáticas, atributos do solo e o manejo da cultura e do fertilizante, determinando variabilidade entre os resultados de avaliações realizadas em sistemas de produção de arroz irrigado. Assim, Fillery et al. (1984) relatam perdas consideráveis de N por volatilização de amônia, contradizendo dados de Ventura & Yoshida (1977), que não consideraram esse mecanismo uma importante via de perda de N da uréia.

Para o sistema de semeadura em solo seco, embora a atual recomendação de adubação nitrogenada para o arroz preveja que a aplicação de uréia no início do perfilhamento anteceda em no máximo três dias a entrada de água na lavoura, variações no manejo da cultura e na operacionalidade da lavoura condicionam intervalos de tempo entre a cobertura com N e a entrada de água maiores, de até 10 dias. Nesse

período, a uréia depositada em superfície fica exposta a perdas, que podem se refletir em redução na produtividade da cultura.

Porém, existem alternativas associadas ao manejo do fertilizante e da cultura, bem como à fonte de nitrogênio, que podem minimizar sua perda do sistema solo-planta (Isherwood, 2003). Quanto às melhorias no manejo, destacam-se a integração do manejo da água ao do fertilizante, a aplicação do fertilizante em profundidade, ou mesmo, sua aplicação em superfície seguida de incorporação ao solo (Isherwood, 2003). Além destas, a utilização de cultivares com maior capacidade de absorção de N também se mostra uma alternativa promissora (Suzuki, 1997).

Com relação às estratégias associadas à substituição ou alteração de fontes de nitrogênio para o arroz, citam-se, os sistemas de liberação lenta, o uso de aditivos químicos, alterações no tamanho do grânulo do fertilizante e o uso de inibidores de urease (Isherwood, 2003; Watson, 2000). Neste particular, ressalta-se o pouco incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de produtos de baixo valor agregado, que oferecem pouca perspectiva quanto à diferenciação.

Os sistemas de liberação lenta ou controlada são particularmente interessantes para áreas com solos arenosos e regiões sujeitas a chuvas intensas e sob irrigação, onde as perdas de N são acentuadas. Genericamente, os fertilizantes de liberação lenta são classificados em grupos, estabelecidos com base nos processos envolvidos na liberação de nutrientes, quais sejam: peletizados; quimicamente alterados e recobertos. O primeiro grupo compreende compostos de baixa solubilidade, apresentados na forma de “pellets”, cuja liberação de nutrientes depende da ação microbiana. No segundo grupo, estão incluídos fertilizantes modificados de maneira a converter parte dos nutrientes em formas insolúveis em água, liberadas ao meio de forma gradativa. Os fertilizantes recobertos incluem compostos solúveis envolvidos por uma membrana semi-permeável, que controla a liberação de

nutrientes ao meio de cultivo (Bennett, 1996). A despeito das características favoráveis dos fertilizantes de liberação lenta, seu custo elevado tem restringido o uso para culturas de alto valor econômico. Uma exceção refere-se à utilização de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta em cultivos de arroz no Japão, viabilizada pelos elevados subsídios à produção. Nesse sentido, os resultados experimentais têm demonstrado elevação na eficiência de utilização de nitrogênio da ordem de 10% a 20%, quando de uma única aplicação basal de fertilizante de liberação lenta, comparativamente à aplicação tradicional, parcelada em três ou quatro aplicações (Isherwood, 2003).

Tanto o uso de aditivos químicos como a alteração no tamanho do grânulo de fertilizante destinam-se a modificar o ambiente próximo aos grânulos, prevenindo zonas localizadas de pH elevado. Dentro do primeiro grupo, incluem-se ácidos e sais inorgânicos solúveis que, misturados à uréia, reduzem as perdas por volatilização de amônia. A limitação do processo é econômica, requerendo o uso de quantidades elevadas de aditivos químicos para apresentar eficiência técnica aceitável (Watson, 2000). Por sua vez, o efeito da alteração no tamanho do grânulo de uréia sobre a volatilização de amônia ainda não está bem estabelecido, existindo relatos favoráveis (Nömmik, 1973; Sudhakara & Prasad, 1986) e desfavoráveis (Black et al., 1987) ao processo. No entanto, parece haver um consenso sobre a necessidade de associar o uso do produto a aplicações em profundidade, que são bastante difíceis sob o aspecto prático.

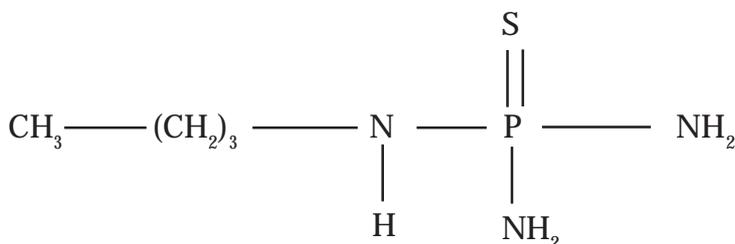
Muitas das estratégias acima relacionadas têm-se mostrado úteis sob condições específicas. Mas nenhuma delas tem recebido tanta atenção da pesquisa nos últimos anos e se mostrado tão promissora em reduzir o potencial de volatilização de amônia da uréia quanto o uso de inibidores de urease (Watson, 2000).

Os inibidores de urease são compostos que, quando adicionados à uréia, diminuem a atividade da urease, retardando a hidrólise do fertilizante. Em decorrência, há mais tempo para que a uréia se difunda do local de aplicação, por ação da chuva ou da água de irrigação, reduzindo as perdas por volatilização de amônia (Agrotain, 2001). Recomenda-se a sua utilização em lavouras com alto potencial produtivo, sob condições de solo e/ou de cultivo favoráveis à volatilização de amônia e na ocorrência de baixa probabilidade de incorporação da uréia ao solo por ação da água (Watson, 2000).

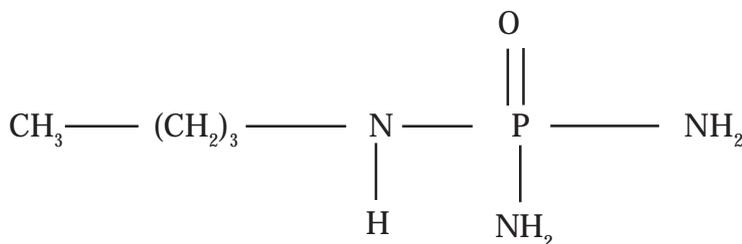
As principais características exigidas para o uso de inibidores de urease são: eficiência sob baixa concentração, não toxicidade, estabilidade, compatibilidade e especificidade à uréia e baixo custo.

Os inibidores disponíveis classificam-se em reagentes que interagem com o grupo sulfidríla; hidroxamatos e compostos estruturalmente análogos à uréia, os quais inibem a ação da urease, competindo pelo sítio ativo da enzima. Deste último grupo, faz parte um dos mais importantes inibidores de urease disponíveis no mercado, o NBPT [N-(n-butil) triamida tiofosfórica] (Watson, 2000). Trata-se de um aditivo que protege a uréia aplicada em superfície da degradação e das perdas por volatilização de amônia. O produto inibe a degradação enzimática da uréia, pela ação da urease, por um período de 10 a 14 dias, sendo posteriormente degradado em seus elementos constituintes N, P e S (Agrotain, 2001).

O NBPT é um inibidor indireto que, em condições de aerobiose, é convertido ao inibidor direto, seu composto oxigênio análogo, o [N-(n-butil) triamida fosfórica] (NBPTO) (Figura 1), em questão de minutos ou horas. Porém, sob anaerobiose, essa transformação pode levar vários dias. Em decorrência, não há base científica que justifique sua aplicação sobre a lâmina de água.



N-(n-butil) triamida tiofosfórica
(NBTP)



N-(n-butil) triamide fosfórica
(NBPTO)

Figura 1. Fórmulas estruturais do inibidor de urease NBPT e de seu composto oxigênio análogo NBPTO. Fonte: Watson (2000).

Para o arroz irrigado, a recomendação de uso do NBPT destina-se a aplicações superficiais de uréia em solo seco, associadas a intervalos de tempo entre a aplicação do fertilizante e a entrada de água na lavoura superiores a cinco dias. O uso do produto também é recomendado para solos com umidade, pH ou teor de matéria orgânica elevados, ou ainda, em aplicações do fertilizante sobre resíduos culturais, condições estas que favorecem a degradação da uréia. Adicionalmente, é fundamental considerar que a definição pelo uso do produto está condicionada ao aspecto econômico.

Tecnicamente, o uso do inibidor de urease NBPT em cultivos de arroz irrigado tem mostrado resultados favoráveis, reduzindo

em cerca de 15% a 20% as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia, com reflexos positivos sobre a produtividade da cultura (Norman et al., 2002; Scivittaro et al., 2005a).

Avaliação do estado nutricional da cultura

Outra maneira de adequar o manejo do nitrogênio para o arroz irrigado consiste em avaliar o estado nutricional da cultura. A técnica tem por objetivos o monitoramento do nível de nitrogênio na planta, a previsão da necessidade de adubação nitrogenada complementar e a correção de possíveis deficiências ainda durante o ciclo da cultura. Para tanto, utilizam-se alguns métodos auxiliares à análise de solo como indicadores do nível de nitrogênio na planta de arroz.

Vários indicadores podem ser utilizados na predição da necessidade de nitrogênio das plantas. Idealmente, estes devem reproduzir o nível de N no sistema solo-planta, ser capazes de prever tanto a deficiência quanto o excesso do nutriente e de rápida execução, permitindo a correção da deficiência de nitrogênio durante a estação de cultivo. Adicionalmente, os equipamentos envolvidos devem ser de fácil manuseio, preferencialmente portáteis e os valores obtidos devem ser influenciados exclusivamente pela disponibilidade de nitrogênio no sistema solo-planta (Argenta, 2001).

Dentre as técnicas disponíveis, têm-se destacado no monitoramento do nível de N na cultura de arroz irrigado a medida da área foliar, a análise química do tecido vegetal, a determinação do índice relativo de clorofila na folha e a carta de cores das folhas. Estes indicadores encontram-se em uso pela pesquisa em diversas regiões produtoras de arroz do mundo, dando suporte à decisão sobre a necessidade de realização de adubação nitrogenada complementar. No Sul do Brasil, apenas recentemente deu-se início à essa linha de trabalho. Neste sentido, Silva et al. (2003) avaliaram a eficiência

de uso do clorofilômetro e da carta de cores das folhas na predição da resposta do arroz irrigado à aplicação de N, verificando uma correlação entre os índices fornecidos por ambos os métodos e a disponibilidade de N no solo. No entanto, os índices medidos não se relacionaram com a produtividade do arroz. Mais recentemente, Scivittaro et al. (2005b) avaliaram a adequação dos indicadores índice de área foliar, teor de N na parte aérea e índice relativo de clorofila na folha de arroz na predição da necessidade de adubação nitrogenada na diferenciação da panícula, determinando eficiência satisfatória dos indicadores índice de área foliar e teor de N na parte aérea da planta de arroz.

Essa linha de pesquisa é bastante promissora, encontrando-se em fase de desenvolvimento. Para as condições de cultivo de arroz irrigado no Sul do Brasil, ainda requer mais estudos visando a geração de dados locais que auxiliem no refinamento da predição da resposta da cultura à adubação nitrogenada complementar.

Inoculantes microbianos

A fixação biológica do nitrogênio, promovida pelo uso de inoculantes microbianos, é uma linha de pesquisa que vem sendo desenvolvida há mais de 20 anos no Brasil para a cultura do arroz. Em breve, os primeiros produtos desse trabalho deverão estar sendo lançados no mercado. Para o arroz, o uso de inoculantes microbianos visa, basicamente, suplementar a adubação mineral. Segundo estimativas da Embrapa Agrobiologia, Seropédica-RJ, responsável pelo trabalho, a inoculação de sementes de arroz com bactérias fixadoras de nitrogênio poderá reduzir em até 30% os gastos com fertilizantes nitrogenados.

O uso de inoculantes microbianos é considerado eficiente em termos de custo. Além disso, o produto destaca-se por ser renovável e “amigável” sob o aspecto ambiental, destinando-

se, principalmente, a sistemas agrícolas sustentáveis. A limitação ao uso de inoculantes reside no fato de que seu estabelecimento e, por consequência, sua eficiência dependerem das condições naturais, da habilidade do usuário e do processo de fabricação. Com relação ao produto “per si”, há necessidade de seleção e avaliação de estirpes mais efetivas. Para o arroz, destacam-se, como inoculantes, organismos de vida livre, tais como *Azotobacter* e *Azospirillum* (Isherwood, 2003).

O gênero *Azospirillum* compreende bactérias diazotróficas amplamente encontradas em solos de clima tropical e subtropical. Além da distribuição praticamente universal, seus vários efeitos benéficos sobre o crescimento vegetal, mormente no fornecimento de nitrogênio, as tornam altamente promissoras em termos de aplicação na agricultura (UFRGS, 2005).

Aplicações de fertilizantes específicas por local

A necessidade do uso mais racional e sustentável do solo enfatiza o planejamento mais efetivo do uso da terra. Assim, as recomendações de fertilizantes deveriam considerar a especificidade das condições edafo-climáticas e ambientais.

O rápido progresso da informática nos últimos anos, incluindo o desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e mapas computadorizados, possibilita a elaboração de zoneamentos edafo-climáticos e a seleção preliminar de tecnologias adequadas às condições locais. Neste sentido, há amplo espaço para o estabelecimento de recomendações de adubação específicas, considerando as particularidades das diferentes áreas.

Em sistemas mais evoluídos, o uso da Agricultura de Precisão pode melhorar o manejo da adubação para as culturas, incrementando a eficiência de utilização de nutrientes, por meio

da aplicação localizada e específica dos fertilizantes necessários a cada área.

A Agricultura de Precisão não requer necessariamente o uso de máquinas, equipamentos e sistemas de posicionamento de satélite sofisticados. Em países em desenvolvimento, como o Brasil, os agricultores poderiam refinar bastante a nutrição das culturas, fazendo bom uso dos resultados de análises químicas de solo e de planta e de boa orientação técnica (Isherwood, 2003).

Considerações Gerais

Certamente, o manejo do nitrogênio é um dos principais aspectos determinantes da produtividade do arroz irrigado. No entanto, sua adequação não é tarefa fácil, em razão dos numerosos e complexos fatores envolvidos.

A pesquisa tem exercido esforço constante no sentido de disponibilizar ao setor produtivo novas técnicas que permitam aprimorar o manejo do nitrogênio para a cultura. Alguns dos processos desenvolvidos são bastante acessíveis, podendo trazer reflexos diretos e positivos em curto espaço de tempo, dependendo, apenas, da ação efetiva da assistência técnica. Outras tecnologias encontram-se em fase de desenvolvimento, porém apresentam boas perspectivas de adoção com sucesso, a médio prazo.

Dentre as várias alternativas disponíveis para a adequação do manejo do nitrogênio para a cultura do arroz irrigado, cabe ao técnico a decisão sobre quais adotar. Essa decisão deve basear-se na avaliação minuciosa da viabilidade técnica e econômica, considerando as especificidades e particularidades de cada situação.

Referências Bibliográficas

AGROTAIN. *Agrotain*. product information guidebook. Saint Louis, 2001. 55 p.

ANGHINONO, I.; GENRO JÚNIOR., S.A.; SILVA, L.S. da.; BOHNEN, H.; RHEINHEIMER, D.S.; OSÓRIO FILHO, B.D.; MACEDO, V.R.M.; MARCOLIN, E. ***Fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul***. Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental. Equipe de Solos e Águas, 2004. 52 p. (Boletim Técnico, 1).

ARGENTA, G. ***Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho***. 2001. 114 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BENNETT, E. Slow-release fertilizers. ***Virginia Gardener Newsletter***; Blacksburg, v.11, n.4., 1996. Disponível em: <www.ext.vt.edu/

departments/envirohort/articles/misc/slowrels.html>. Acesso em: 1 out. 2004.

BLACK, A.S.; SHERLOCK, R.R.; SMITH, N.P. Effect of urea granule size on ammonia volatilization from surface-applied urea. ***Fertilizer Research***, The Hague, v.11, p. 97-96, 1987.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. ***Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina***. Passo Fundo: SBCS Núcleo Regional Sul, 1995. 224 p.

COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C; MITCHELL, A.J. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. ***Crop Science***, Madison, v.40, p. 436-443, 2000.

COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; SOUZA, E.C.A. de. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. da. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 85-140.

FILLERY, I.R.P.; SIMPSON, J.R.; DE DATTA, S.K. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from flooded rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p. 914-920, 1984.

ISHERWOOD, K.F. **Mineral fertilizer use and the environment**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2003. 63 p. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/portug>>. Acesso em: 29 mai. 2005.

NOMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.39, p. 309-318, 1973.

NORMAN, R.J.; WILSON JR., C.E.; SLATON, N.A.; BOOTHE, D.L.; GRIGGS, B.R. **Influence of nitrogen fertilizer source, application rate and timing on grain yields of delayed, flood rice**. Atlanta: Potash and Phosphate Institute, 2002. 5 p.

SANKHAYAN, S.D.; SHUKLA, V.C. Rates of urea hydrolysis in five soils of India. **Geoderma**, Amsterdam, v.16, p. 171-178, 1976.

SCIVITTARO, W.B.; GOMES, A. da S.; LIMA, F.S. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia em cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SOSBAI, 2005a. p. 455-458.

SCIVITTARO, W.B.; SCHAFER, G.; GOMES, A. da S. Uso de indicadores do nível de nitrogênio na planta de arroz para a

predição da necessidade de adubação nitrogenada complementar na diferenciação da panícula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4., 2005, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: SOSBAI, 2005b. p. 477-480.

SILVA, L.S. da; BOHNEN, H.; MARCOLIN, E.; MACEDO, V.R.M. Doses de nitrogênio e a resposta do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camburiú. **Anais**. Itajaí: EPAGRI, 2003. p. 255-257.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

SUDHAKARA, K.; PRASAD, R. Ammonia volatilization losses from prilled urea, urea supergranules (USG) and coated USG in rice fields. **Plant and Soil**, The Hague, v.94, p. 193-295, 1986.

SUZUKI, A. **Fertilization of rice in Japan**. Tokyo: Japan FAO Asso., 1997. 23 p.

UFRGS. Laboratório de Fixação Biológica do Nitrogênio. **A fixação biológica do nitrogênio**. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/depbiot/210/fbn.html>>. Acesso em: 29 mai. 2005.

VENTURA, W.; YOSHIDA, T. Ammonia volatilization from a flooded tropical soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.46, p. 521-531, 1977.

WATSON, C.J. **Urease activity and inhibition – principles and practice**. London: The International Fertiliser Society, 2000. 40 p.