

Manejo do Nitrogênio para a Cultura do Arroz Irrigado¹

Walkyria Bueno Scivittaro²
Algenor da Silva Gomes³

Introdução

As áreas de várzea do Rio Grande do Sul contribuem significativamente para a produção nacional de grãos, em especial de arroz, produzido predominantemente no sistema irrigado por inundação. A produtividade média atual da cultura, de cerca de 6,0 t ha⁻¹, está aquém do potencial dos cultivares utilizados, podendo ser elevada substancialmente pelo aprimoramento do sistema produtivo (Pinheiro et al., 2001). Neste sentido, o manejo da adubação nitrogenada desempenha papel preponderante, visto que a sua adequação pode proporcionar aumentos significativos em produtividade.

A dinâmica do nitrogênio (N) em sistemas de produção de arroz irrigado é extremamente complexa devido à multiplicidade de formas químicas, reações e processos nos quais está envolvido, refletindo-se no aproveitamento do nutriente proveniente de fertilizantes minerais

pela cultura, que raramente excede 50% da quantidade aplicada (Fillery et al., 1984; Scivittaro et al., 2002). Resultados de pesquisa indicam que a resposta do arroz à aplicação de N depende da interação de fatores bióticos e abióticos, em especial das condições climáticas e do manejo da água de irrigação e do fertilizante nitrogenado, incluindo doses, épocas e modos de aplicação (Wilson Jr. et al., 1998).

Nas regiões produtoras do Rio Grande do Sul onde se adota o sistema de semeadura em solo seco, o manejo tradicional da adubação nitrogenada consiste na aplicação de uma pequena parte do fertilizante (usualmente a uréia) na semeadura (10 a 15 kg ha⁻¹ de N) e o restante em cobertura, sobre a lâmina de água, parcelado entre o início do perfilhamento e a diferenciação da panícula (Sosbai, 2003). Este manejo predispõe a perdas, visto que o nitrogênio aplicado na semeadura é oxidado a nitrato no período que antecede ao alagamento solo, podendo ser perdido por desnitrificação,

¹ Trabalho parcialmente financiado pela FMC Química do Brasil.

² Eng. Agrôn., pesquisador (a) da Embrapa Clima Temperado. Caixa Postal 403. CEP 96001-970, Pelotas, RS. E-mail: wbscivit@cpact.embrapa.br ; algenor@cpact.embrapa.br

após a submersão (Norman et al., 1992a), ou por lixiviação. Além disso, o aproveitamento de N pelo arroz é limitado quando o adubo é aplicado sobre a lâmina de água nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, em razão do pequeno desenvolvimento do sistema radicular, que restringe a utilização do nutriente (Norman et al., 1992b; Machado, 1993; Scivittaro & Machado, 2004); porém, pode aumentar bastante pela aplicação em profundidade, nessa fase, ou em cobertura, em estádios mais adiantados (Vlek & Craswell, 1979; Fillery et al., 1984).

Uma outra possibilidade de manejo da adubação em cobertura consiste em colocar parte fertilizante anteriormente à submersão do solo e o restante por ocasião da diferenciação da panícula, sobre a lâmina de água. O manejo do N em solo seco pode proporcionar maior disponibilidade e aproveitamento do nutriente pelo arroz, em razão de sua incorporação ao solo pela água de irrigação e da diminuição das perdas (Norman et al., 1992a).

O sucesso desse manejo 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 requerido 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 por volatilização de amônia do fertilizante mantido na superfície do solo (Beyrouy et al., 1992) ou por desnitrificação do N oxidado a nitrato durante o período que antecede a entrada de água na lavoura e 3) umidade do solo, que não deve ser elevada, pois quanto maior o conteúdo de água, menor a eficiência de incorporação do fertilizante ao solo pela água de irrigação e maior a velocidade de hidrólise da uréia, favorecendo as perdas (Sankhayan & Shukla, 1976).

Uma vantagem adicional do sistema de aplicação do nitrogênio em solo seco consiste na diminuição dos custos de aplicação do nutriente em cobertura, que normalmente é realizada via aérea, podendo ser feita por via terrestre, em solo seco, na primeira época

(Voss & Zini, 1993), constituindo-se em alternativa para o produtor.

Muito embora a eficiência dessa alternativa de manejo seja praticamente desconhecida nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul, o sistema é adotado com sucesso nas principais regiões produtoras de arroz dos Estados Unidos (Norman et al., 1991; Snyder & Slaton, 2001), cujas características assemelham-se bastante às do sistema de cultivo predominante no Estado.

Pelo exposto, há alguns anos, a Embrapa Clima Temperado vem realizando estudos para comparar o sistema tradicional de manejo da adubação nitrogenada em cobertura para o arroz irrigado com aquele em que a primeira cobertura com nitrogênio é realizada em solo seco.

Esta publicação tem a finalidade de apresentar uma síntese dos resultados de pesquisa referentes a esses trabalhos, visando a determinação da viabilidade técnica de adoção do sistema de manejo do nitrogênio em solo seco para a cultura do arroz irrigado nas condições de cultivo do Rio Grande do Sul.

Os resultados apresentados referem-se à análise de experimento desenvolvido por três safras consecutivas a partir de 2002/03, em PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico solódico (Embrapa, 1999), na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS.

Por ocasião do primeiro cultivo, a análise química do solo da área experimental apresentou os seguintes resultados: pH água (1:1) - 5,4; índice SMP - 6,1; MO - 2,1 mg dm⁻³, P - 3,4 mg dm⁻³, K - 47 mg dm⁻³, Ca - 1,9 cmol_c dm⁻³, Mg - 1,4 cmol_c dm⁻³, Al - 0,5 cmol_c dm⁻³ e argila - 160 g dm⁻³ (Tedesco et al., 1995). Os tratamentos compreenderam três níveis de adubação nitrogenada (0; 30 e 60 kg ha⁻¹ de N) aplicada anteriormente à submersão do solo, no início do perfilhamento (V4 a V5), e três níveis de adubação nitrogenada (0; 30 e 60 kg ha⁻¹ de N) aplicada na diferenciação da panícula (DP), sobre a lâmina de água. Estes foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com quatro repetições. As doses de N aplicadas no início do perfilhamento e na diferenciação da

panícula foram dispostas nas parcelas e subparcelas, respectivamente. Para fins de comparação, incluiu-se um tratamento controle, representado pelo manejo convencional da água e da adubação nitrogenada praticado no Rio Grande do Sul, consistindo na aplicação de 10 kg ha⁻¹ de N na semeadura e 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura sobre a lâmina de água, parcelados 1/3 no início do perfilhamento e 2/3 na diferenciação da panícula. Como fonte de nitrogênio, utilizou-se uréia.

No primeiro cultivo, utilizou o cultivar de arroz BRS-6 Chuí e nos demais, o cultivar BRS-7 Taim. Em todas as três safras, o arroz foi semeado em sistema convencional de cultivo, adotando-se um espaçamento entre linhas de 17,5 cm e uma densidade de 150 kg ha⁻¹ de sementes. As adubações fosfatada (superfosfato triplo) e potássica (cloreto de potássio) foram realizadas anualmente, por ocasião da semeadura do arroz, sendo estabelecidas de acordo com os resultados da análise de solo e seguindo as recomendações de Comissão (1995). O controle de plantas daninhas e demais práticas culturais seguiram instruções técnicas da pesquisa para a cultura do arroz irrigado (Irga, 2001; Sosbai, 2003).

Em cada safra, os tratamentos foram avaliados pela produtividade de grãos e pela acumulação de nitrogênio pelo arroz irrigado. Os dados foram submetidos à análise de variância, comparando-se as médias dos fatores dose de nitrogênio no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Para contrastar o efeito do tratamento controle (manejo convencional da adubação nitrogenada) em relação aos demais, utilizou-se o teste bilateral de Dunnett ($p < 0,05$).

Independentemente da safra agrícola, a interação entre os fatores dose de nitrogênio aplicada no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula não foi significativa para a variável produtividade de grãos. Na safra 2002/03, esta variável foi influenciada exclusivamente pelo fator dose de N no início do perfilhamento (Tabela 1). Nas duas safras seguintes, esta variável foi influenciada, também, pelo fator dose de N na diferenciação da panícula (Tabela 2).

Os dados relativos à primeira safra agrícola mostram que maiores produtividades foram determinadas para os tratamentos com omissão de N ou com a aplicação de 30 kg ha⁻¹ do nutriente no início do perfilhamento, relativamente ao tratamento com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N (Tabela 1). Possivelmente isto se deva ao menor auto-sombreamento das folhas nos tratamentos com menores adições de N, permitindo melhor aproveitamento da radiação solar e, conseqüentemente, uma taxa maior de conversão dos produtos da fotossíntese em grãos. Por sua vez, a variação na dose de nitrogênio aplicada na diferenciação da panícula, de 0 a 60 kg ha⁻¹, não influenciou a produtividade de grãos de arroz (Tabela 2). A resposta limitada ou ausente do arroz à aplicação de nitrogênio verificada nesse ano agrícola muito provavelmente esteja associada à ocorrência do fenômeno climático 'El Niño', condicionando à semeadura tardia da cultura (12 de dezembro), em razão das chuvas intensas ocorridas na primavera de 2002. Desta forma, o arroz atingiu as fases reprodutivas e de maturidade, críticas à influência de fatores climáticos (Steinmetz & Mota, 1974), em um período de menores temperatura e radiação solar. Adicionalmente, a despeito de ter-se trabalhado em um solo com baixo nível de fertilidade, resultados de experimentos realizados em Planossolos (Siqueira et al., 1995) indicam, em algumas situações, a presença de teores elevados de nitrogênio mineral na região potencial de exploração das raízes de arroz, podendo fornecer, ao longo do ciclo da cultura quantidades altas de N à cultura, o que explicaria a produtividade relativamente elevada determinada para o tratamento com omissão de adubação nitrogenada.

Nas safras 2003/04 e 2004/05, o efeito dos tratamentos foi distinto do verificado no primeiro cultivo de arroz. O efeito da adubação nitrogenada no perfilhamento foi diretamente proporcional à dose de N. Assim, maiores produtividades de grãos foram determinadas para os tratamentos com aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N, seguidos pelos tratamentos onde foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N e, finalmente, pela testemunha sem adubação nitrogenada (Tabela 1). Comportamento semelhante foi verificado na safra 2004/05 para a aplicação de N realizada na diferenciação da panícula. Já na safra 2003/04, para esta aplicação, o efeito

das doses 30 e 60 kg ha⁻¹ de N foi semelhante entre si e superior ao da testemunha (Tabela 2). A resposta positiva em produtividade do arroz a doses de adubação nitrogenada, verificada nas duas últimas safras agrícolas avaliadas, é explicada pela ocorrência de condições favoráveis de radiação solar e de temperatura nas fases reprodutiva e de maturidade (Steinmetz & Mota, 1974), bem como à baixa fertilidade natural do solo utilizado, condicionando maior resposta da planta ao nutriente (Scivittaro & Machado, 2004).

Na safra 2002/03, também a comparação do manejo tradicional da adubação nitrogenada em cobertura para o arroz com os demais tratamentos não mostrou diferenças significativas na produtividade de grãos, o que deve estar associado à ausência de resposta do arroz ao nitrogênio nesse cultivo. Porém, nas duas safras seguintes, determinaram-se diferenças entre os tratamentos com aplicação

de N em solo seco no início do perfilhamento, relativamente ao manejo convencional, em que esta cobertura nitrogenada foi realizada sobre a lâmina de água, sendo o desempenho deste último tratamento inferior ao dos anteriores. As produtividades de grãos médias determinadas para o tratamento com manejo convencional de N foram de 7015 kg ha⁻¹, 6445 kg ha⁻¹ e 6690 kg ha⁻¹ nas safras agrícolas 2002/03, 2003/04 e 2004/05, respectivamente. Estes resultados são um indicativo da superioridade do manejo do nitrogênio em solo seco no início do perfilhamento, comparativamente à aplicação sobre a lâmina de água.

Atribui-se esse efeito à redução nas perdas de nitrogênio do fertilizante do sistema solo-planta em razão de sua incorporação ao solo pela água de irrigação (Norman et al., 1992a), condicionando maior aproveitamento do nutriente pelo arroz, com reflexos positivos sobre a produtividade de grãos.

Tabela 1. Produtividade de grãos de arroz (kg ha⁻¹), em função da dose do nutriente aplicada no início do perfilhamento (Perf.). Safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05. Capão do Leão, RS.

N (Perf.)	2002/03	2003/04	2004/05
kg ha ⁻¹	----- kg ha ⁻¹ -----		
0	7601 a	6366 c	6433 c
30	7348 a	7258 b	7269 b
60	6849 b	7986 a	8283 a
CV, %	9	14	5

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Tabela 2. Produtividade de grãos de arroz (kg ha⁻¹), em função da dose do nutriente aplicada na diferenciação da panícula (DP). Safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05. Capão do Leão, RS.

N (DP)	2002/03	2003/04	2004/05
	----- kg ha ⁻¹ -----		
0	7016a	6486 b	6579 c
30	7216a	7337 a	7322 b
60	7567a	7787 a	8074 a
CV, %	11	19	8

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

A análise dos dados relativos à variável acumulação de nitrogênio pelo arroz também não indicou significância da interação entre os fatores dose de N no perfilhamento e na diferenciação da panícula. O efeito dos tratamentos restringiu-se ao fator dose de N no perfilhamento para as safras agrícolas 2003/04 e 2004/05. Nestas duas safras, a acumulação de nitrogênio pelo arroz aumentou em decorrência da aplicação de fertilizante nitrogenado, relativamente ao tratamento testemunha sem N. Em 2003/04, o efeito aplicação de N foi semelhante, independentemente da dose de N utilizada, 30 ou 60 kg ha⁻¹ de N. No último cultivo, porém, a acumulação de nitrogênio pelo arroz aumentou proporcionalmente à dose do nutriente fornecida à cultura (Tabela 3).

Estes resultados refletem a variação na quantidade de N disponibilizada pelos diferentes tratamentos. Vale ressaltar, ainda, os valores significativos de nitrogênio acumulado pela parte aérea das plantas de arroz, podendo superar a marca de 100 kg ha⁻¹, para o manejo com maior absorção do nutriente. É interessante notar, ainda, que a acumulação de N pela cultura também foi considerável no tratamento testemunha sem N, indicando grande contribuição do solo e da água de irrigação para o fornecimento de nitrogênio para o arroz irrigado. Estes dados sugerem, ainda, a ocorrência de fixação biológica de N, possivelmente associada a organismos de vida livre ou endobactérias, como já constatado para outras espécies de gramíneas.

Tabela 3. Utilização de nitrogênio pelo arroz (kg ha⁻¹), em função da dose do nutriente aplicada no início do perfilhamento (Perf.). Safras 2002/03, 2003/04 e 2004/05. Capão do Leão, RS.

N (Perf.)	2002/03	2003/04	2004/05
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		
0	77,5 a	69,3 b	74,4 c
30	80,3 a	85,1 a	89,9 b
60	85,2 a	94,3 a	102,0 a
CV, %	29	27	26

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Também para a variável acumulação de nitrogênio pelo arroz, o contraste do manejo convencional do N com aqueles onde esse nutriente foi aplicado em solo seco no início do perfilhamento indicou inferioridade do primeiro em relação aos demais, nas safras 2003/04 e 2004/05. Nestes anos, a acumulação média de N pelo arroz, determinada para os tratamentos com aplicação de N em solo seco, superou entre 13% e 18% aquela determinada para o manejo do nitrogênio sobre a lâmina de água, confirmando dados obtidos por Norman et al. (1992a).

Em síntese, as informações de pesquisa disponíveis demonstram resposta positiva do arroz irrigado à adubação nitrogenada realizada no início do perfilhamento e na diferenciação da panícula. Indicam, ainda, que o manejo do nitrogênio em solo seco no início do perfilhamento (estádio de 4 a 5 folhas) também favorece a utilização do nutriente pela cultura e a produtividade de grãos. Constitui-se, pois, em alternativa de manejo tecnicamente viável, com reflexos favoráveis sobre os aspectos econômico e ambiental, uma vez que condiciona maior eficiência de

utilização do nitrogênio e produtividade de grãos, com conseqüente redução nas perdas do nutriente do sistema solo-planta.

Referências Bibliográficas

- BEYROUTY, C.A.; NORMAN, R.J.; WELLS, B.R.; HANSON, M.G.; GBUR, E.E. Yield response of rice to water and nitrogen management. **Arkansas Experiment Station Research**, Fayetteville, v. 431, p. 128-131, 1992.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1995. 224 p.
- COUNCE, P.A.; KEISLING, T.C.; MITCHELL, A.J.A. A uniform, objective, and adptive system for expressing rice development. *Crop Science*, Madison, v. 40, p. 436-44, 2000.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS; Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1999. 412 p.
- 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.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Porto Alegre, 2001. 128 p.
- MACHADO, M.O. Adubação e calagem, para a cultura do arroz irrigado, no Rio Grande do Sul. Pelotas: EMBRAPA-CPATB, 1993. 63 p. (EMBRAPA-CPATB. Boletim de Pesquisa, 2).
- NORMAN, R.J.; HELMS, R.S.; WELLS, B.R. Influence of delaying flood and pre-flood nitrogen application on dry-seeded rice. *Fertilizer Research*, The Hague, v. 32, p. 55-59, 1992a.
- NORMAN, R.J.; WELLS, B.R.; GILMOUR, J.T.; HELMS, R.S. Management of agronomic factors in rice production. *Arkansas Experiment Station Research*, Fayetteville, v. 422, p. 73-78, 1991.
- NORMAN, R.J.; WOLF, D.C.; WELLS, B.R.; HELMS, R.S.; SLATON, N.A. Influence of application time and soil moisture condition on yield and recovery of fertilizer ¹⁵N in dry-seeded rice. *Arkansas Experiment Station Research*, Fayetteville, v. 425, p. 7-10, 1992b.
- PINHEIRO, B. da S.; RANGEL, P.H.N.; CARMONA, P.S.; MARTINS, J.F. da S. Yield gap in irrigated rice production in Brazil. In: FAO (ed). *Yield gap and productivity decline in rice production*. Roma: FAO, 2001. p. 227-246.
- 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.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. de. (Ed.). *Arroz Irrigado no Sul do Brasil*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 259-303.
- SCIVITTARO, W.B.; SILVA, C.A.S. da; ANDRES, A.; OLIVEIRA, A.P.B.B. de; ÁVILA, M.S.V. de; MURAOKA, T.; TRIVELIN, P.C.O. Dinâmica do nitrogênio em sistema de produção de arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. Anais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 543-546.
- SIQUEIRA, O.W. de; MACHADO, M.O.; STEINMETZ, S. Avaliação das respostas do arroz a nitrogênio no Planossolo Pelotas, através de uma abordagem sistêmica. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21., 1995, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: IRGA, 1995. p. 184-186.
- SNYDER, C.S.; SLATON, N.A. Rice production in the United States - an overview. *Better Crops*, Washington, v. 85, n. 3, p. 3-7, 2001.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: recomendações

técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Itajaí, 2003. 126 p.

STEINMETZ, S.; MOTTA, F.S. Comportamento de seis cultivares de arroz submetidas a quatro níveis de adubação nitrogenada e sua relação com a radiação solar. In: REUNIÃO GERAL DA CULTURA DO ARROZ, 4., 1974, Pelotas. Anais. Porto Alegre: IRGA ; Pelotas: IPEAS, 1974. p. 97-105.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos-UFRGS, 1995. 174 p.

VLEK, P.L.G.; CRASWELL, E.T. Ammonia volatilization from flooded soils. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 1, p. 191-202, 1979.

VOSS, M.A.; ZINI, E. Formas e épocas de aplicação de uréia em arroz irrigado. 1992/93. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1993, Pelotas. **Anais**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. p. 163-164.

WILSON JR., C.E.; BOLLIICH, P.K.; NORMAN, R.J. Nitrogen application timing effects on nitrogen efficiency of dry-seeded rice. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 62, p. 959-964, 1998.

Comunicado Técnico, 125



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Clima Temperado
 Endereço: Caixa Postal 403
 Fone/fax: (53) 3275-8199
 E-mail: sac@cpact.embrapa.br

1ª edição
 1ª impressão 2005: 50 exemplares

Comitê de publicações

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro
Secretário-Executivo: Joseane M. Lopes Garcia
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Vernetti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luis Antônio Suinta de Castro. **Suplentes:** Daniela Lopes Leite e Luis Eduardo Corrêa Antunes

Revisão de texto: Sadi Sapper / Ana Luiza Barragana Viegas

Expediente

Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos

Editoração eletrônica: Oscar Castro