

RESPOSTA A DOSES DE NITROGÊNIO E AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO ARROZ IRRIGADO

IRRIGATED RICE RESPONSE TO NITROGEN LEVELS AND ITS NUTRITIONAL STATE EVALUATION

Leandro Souza da Silva^{1*}, Humberto Bohnen², Elio Marcolin³, Vera Regina Mussoi Macedo³, Elisandra Pocojeski⁴

RESUMO

As características morfológicas e fisiológicas de cultivares de arroz podem influenciar a quantidade de nutrientes requeridos pelas plantas e a resposta à aplicação de nitrogênio (N). O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de dois cultivares de arroz irrigado a doses de N e sua relação com o estado nutricional das plantas durante a fase vegetativa, através do clorofilômetro e da cartela de cores. O experimento foi realizado na Estação Experimental do Arroz EEA/IRGA, Cachoeirinha (RS), na safra 2001/2002, em um Gleissolo Háplico distrófico típico. Os tratamentos compreenderam cinco doses de N (0, 70, 100, 160, 280 kg ha⁻¹ de N) e dois cultivares de arroz (BR-IRGA 410 e IRGA 417). Uma primeira aplicação de N foi realizada quando as plantas encontravam-se no estágio vegetativo V4 e o restante no estágio V8. No estágio vegetativo V7, foram realizadas avaliações da massa de matéria fresca e seca do arroz e do estado nutricional das plantas através de leituras do clorofilômetro e da cartela de cores. No final do ciclo, foi determinada a produtividade de grãos. O cultivar IRGA 417 respondeu o cultivar BR-IRGA 410 não respondeu à aplicação de N. Os índices obtidos pelo clorofilômetro e cartela de cores se relacionaram com as doses de N aplicadas, porém não houve correlação entre o estado nutricional na fase vegetativa das plantas de arroz com a produtividade de grãos obtida pelos cultivares.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., adubação nitrogenada, clorofilômetro, cartela de cores, produtividade de grãos.

ABSTRACT

Morphological and physiological characteristics of rice cultivars may influence nutrient amounts required by rice plants and their response to nitrogen (N) application. The objective of this study was to evaluate the response of two irrigated rice cultivars to nitrogen levels and its relation to nutritional plant state during the vegetative cycle, using a chlorophyll meter and a Leaf Color Chart index. The study was conducted at the Rice Experimental Station (EEA/IRGA), Cachoeirinha (Rio Grande do Sul state), in 2001/2002 growing season, on a Paleaquut soil. The treatments included five N levels (0, 70, 100, 160, 280 kg ha⁻¹ of N) and two rice cultivars (BR-IRGA 410 and IRGA 417). The first N application was done when plants were at vegetative stage V4 and a second one at the vegetative stage V8. At vegetative stage V7, fresh and dry matter and nutritional plant state evaluations were conducted by using the chlorophyll meter and Leaf Color Chart index. Grain yield was determined at the end of the growing cycle. IRGA 417 responded and BR-IRGA 410 cultivar did not respond to N application. The chlorophyll meter and Leaf Color Chart indexes were related to N levels, but the nutritional state at vegetative plant stage was not correlated to rice grain yield obtained by the cultivars.

Key words: *Oryza sativa* (L.), nitrogen management, chlorophyll meter, Leaf Color Chart, grain yield

INTRODUÇÃO

O rendimento de grãos das culturas é função do

potencial genético do cultivar utilizado e das condições ambientais durante o cultivo, onde se inclui o suprimento dos nutrientes pelo solo (FAGERIA & STONE, 2003; GIANELLO & GIASSON, 2004). A disponibilidade de nitrogênio às plantas e sua relação com o aumento dos componentes de produtividade são considerados como os fatores que mais influem no rendimento da cultura do arroz (FAGERIA & STONE, 2003). Embora a adubação nitrogenada possa suprir as necessidades da planta quando o solo não tem esta capacidade, a resposta do arroz a essa prática varia bastante, em função de características do solo, clima, planta e eficiência agrônômica do N (SCIVITTARO & MACHADO, 2004). Dessa forma, estimar corretamente a disponibilidade de N no solo alagado e obter a maior eficiência possível da adubação nitrogenada para o arroz é fundamental para a sustentabilidade da produção orizícola sob os aspectos econômico e ambiental.

Para a maioria das recomendações de adubação nitrogenada das culturas, o teor de matéria orgânica do solo (MOS) é um indicativo da disponibilidade de N durante o ciclo de cultivo (ARGENTA, 2001). Entretanto, este não é considerado um bom índice para estimar a disponibilidade de N no solo alagado para a cultura do arroz irrigado por alagamento (SCIVITTARO & MACHADO, 2004). Parte desta consideração pode estar associada às alterações na dinâmica do N provocadas pelo alagamento e, conseqüente, redução do solo. Sob alagamento, a decomposição da MOS é mais lenta, em função da baixa concentração de oxigênio molecular e de um menor e menos eficiente grupo de organismos capazes de executar o processo (SOUSA et al., 2004). Além do N oriundo da mineralização da MOS, certas quantidades de N podem ser supridas pela água de irrigação utilizada durante o cultivo do arroz, mas esta contribuição é muito variável, dependendo da concentração de N na água e da quantidade de água efetivamente utilizada. Desta forma, o N adicionado via fertilizante tem papel importante na complementação da necessidade da cultura.

A eficiência de utilização do N-fertilizante pelo arroz no solo alagado é considerada baixa, situada entre 20% e 40% (DE DATTA & BROADBENT, 1988), o que é atribuído às grandes perdas de N do sistema por volatilização, imobilização, lixiviação e desnitrificação (FAGERIA & STONE, 2003). O processo de desnitrificação é considerado o principal mecanismo de perda de N, conforme a reação $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e}^- \rightarrow \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$. Neste processo, microrganismos anaeróbios utilizam a forma oxidada de N (NO_3^-) como receptor de elétrons durante a decomposição dos resíduos orgânicos na ausência de O_2 e o reduzem para N_2 ou N_2O , que saem do sistema na forma de gás (FAGERIA & STONE,

¹ Eng. Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFSM, 97105-900, Santa Maria – RS. leandro@smail.ufsm.br *autor para correspondência

² Eng. Agrônomo, PhD., Consultor do IRGA, Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha – RS.

³ Eng. Agrônomo, M.Sc., Pesquisador do IRGA, Estação Experimental do Arroz, Cachoeirinha – RS.

⁴ Eng. Agrônoma, M.Sc., Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM – RS.

2003; SOUSA et al., 2004; VAHL & SOUSA, 2004).

A quantidade de N que a planta necessita varia conforme a sua fase de crescimento ou desenvolvimento e das condições ambientais. O período de maior absorção de N encontra-se entre as fases de perfilhamento e início da reprodutiva (SCIVITTARO & MACHADO, 2004). No perfilhamento, a disponibilidade de N influencia o número de perfilhos por unidade de área e, conseqüentemente, o número de panículas. No início da fase reprodutiva (diferenciação da panícula), o suprimento de N influencia o número de grãos por panícula. Em decorrência, estas são as duas fases recomendadas para a realização da adubação nitrogenada em cobertura para o arroz irrigado (SOSBAI, 2005).

O tipo de planta, especialmente relacionado ao acamamento e ao potencial produtivo, bem como as condições climáticas, especialmente radiação solar e temperatura, também são fatores determinantes da expressão do potencial produtivo do arroz e, conseqüentemente, de sua resposta à aplicação de N (MARCHEZAN, 2002). Considera-se que o período onde a radiação solar mais influencia a resposta ao N e a eficiência de uso, corresponde aos 20 dias antes e após a floração plena do arroz (SOSBAI, 2005). Desta forma, além do tipo de planta, fatores como época de semeadura e ciclo do cultivar utilizado também podem afetar a resposta ao fertilizante nitrogenado.

Como todos os processos que ocorrem no solo após o alagamento são dinâmicos e interligados, a avaliação e quantificação do nitrogênio no solo disponível às plantas são muito complexas e difíceis para a cultura do arroz (FAGERIA & STONE, 2003). Isto também ocorre para o estabelecimento da probabilidade de resposta da cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados, o que explica, em parte, os resultados de pesquisa com aplicação de N para o arroz, os quais são muito variáveis e não permitem conclusões definitivas, ou mesmo satisfatórias, para recomendar precisamente as quantidades de N para a cultura. Uma possibilidade para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada seria estabelecer qual o estado nutricional adequado (teor de N no tecido foliar) das plantas durante seu desenvolvimento para avaliar a necessidade de uma eventual complementação com adubação. Entre outras possibilidades, a avaliação do teor de clorofila das folhas, estimado através de um medidor portátil de clorofila SPAD-502, denominado clorofilômetro, tem sido considerado como bom indicador do nível de N no tecido de arroz (PENG et al., 1993). Outra possibilidade é utilizar sistemas mais práticos e econômicos como a cartela de cores (IRRI, 1996) com diferentes tonalidades de verde, as quais têm relação com o teor de clorofila das folhas, sendo a intensidade da cor um indicador

do nível de N na planta e, conseqüentemente, da necessidade do nutriente pela cultura. Esta avaliação permite inferir que, se a planta estiver bem suprida de N na fase vegetativa, a necessidade de complementar o nutriente na fase reprodutiva deve ser menor.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de dois cultivares de arroz irrigado a doses de N e sua relação com o estado nutricional da planta na fase vegetativa, monitorado através dos índices do clorofilômetro e da cartela de cores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental do Arroz EEA/IRGA, município de Cachoeirinha (RS), no período de outubro de 2001 a março de 2002. O experimento foi instalado em um Gleissolo Háplico Ta distrófico típico, cujas características encontram-se na tabela 1. O solo foi preparado através de uma lavração e quatro gradagens. Os tratamentos avaliados foram cinco doses de adubação nitrogenada (0, 70, 100, 160, 280 kg de N ha⁻¹) e dois cultivares de arroz irrigado (BR-IRGA 410 de ciclo médio e IRGA 417 de ciclo precoce). O delineamento experimental foi de blocos casualizados em faixas (doses de N nas faixas) com quatro repetições. As parcelas experimentais foram de 2,0 x 7,2 m. A adubação de base foi realizada para P e K com 200 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 0-20-30, aplicada a lança em toda a área, seguida de uma gradagem e uma passada de rolo para uniformizar a superfície. Também foram aplicados micronutrientes na forma de ácido bórico (13 kg ha⁻¹), sulfato de cobre (10 kg ha⁻¹), sulfato de zinco (5 kg ha⁻¹) e molibdato de amônio (0,5 kg ha⁻¹), aplicados a lança em todas as parcelas.

A semeadura do arroz foi realizada em 07/11/2001 com máquina de semear parcelas em linha na densidade de 130 kg ha⁻¹, com emergência das plântulas em 16/11/2001. O controle de plantas daninhas foi realizado quatro dias após a emergência do arroz, com a aplicação de uma mistura de Facet 750 DF (Quinclorac) 400 g ha⁻¹, Propanil 360 (Propanil) 6 L ha⁻¹ e Gladium (Ethoxysulfuron) 100 g ha⁻¹, pulverizados na vazão de 350 L ha⁻¹ de calda, sendo em seguida realizado o entaipamento das faixas.

A primeira aplicação de N foi realizada quando as plantas encontravam-se com quatro folhas expandidas (21 dias após a emergência das plântulas - estágio vegetativo V4 ou início do perfilhamento) (COUNCE et al., 2000), nas seguintes quantidades de N: zero, 30, 60, 120 e 240 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia. Três dias após a aplicação de N, foi aplicada uma lâmina de água de 10 cm nas parcelas com água de açude, cujas características químicas encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas do solo e da água de açude utilizados no experimento.

	pH água	SMP	M.O. g dm ⁻³	P*mg dm ⁻³	K*cmol _c dm ⁻³	Al**	Ca**	Mg**
Solo	4,5	5,5	33	6,4	35	0,5	1,4	0,7
	pH	CE μS cm ⁻¹	Kmg L ⁻¹	Ca	Mg	Na	N-NH ₄	N-NO ₃
Água	5,9	38	0,5	2,6	7,5	2,2	0,2	< 0,2

* extraído com solução Mehlich-I ** extraído com solução de KCl 1 mol L⁻¹

Quando os colmos principais das plantas já haviam emitido a 7ª folha expandida (estádio vegetativo V7 ou início do alongamento do colmo) (COUNCE et al., 2000), foram realizadas as avaliações da resposta à aplicação de N e do estado nutricional do arroz através das seguintes

determinações: produção de matéria fresca através da coleta das plantas em um quadro de 50 x 50 cm, a qual foi seca em estufa a 60 °C para determinação da massa de matéria seca; índice de clorofila medido pelo clorofilômetro (modelo SPAD-502) pela média da leitura de três posições na folha (basal,

intermediária e apical) de cinco plantas em cada parcela e a coloração das folhas através do contraste com a cartela de cores "Leaf Color Chart", produzida pela University of California Cooperative Extension, na porção intermediária da folha de cinco plantas em cada parcela.

O medidor de clorofila, modelo SPAD-502 desenvolvido pela empresa Minolta no Japão, fornece leituras que correspondem ao teor do pigmento clorofila presente na folha. Os valores são calculados com base na quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda (650nm e 940nm), nas quais a absorção pela clorofila é diferente (MINOLTA, 1989). Os comprimentos de onda, escolhidos para medição do teor de clorofila, situam-se na faixa do vermelho, em que a absorbância é alta e não é afetada pelos carotenóides, e do infravermelho, em que a absorbância é extremamente baixa. A luz transmitida, que depende do tom verde da folha, é convertida em sinais elétricos e a razão das intensidades da luz transmitida nas duas regiões de comprimentos de ondas corresponde a um valor numérico, chamado de leitura SPAD (Soil Plant Analysis Development), que é mostrado num visor (FONTES, 2001). Assim, o clorofilômetro mede um valor relacionado ao teor de clorofila na folha sem destruí-la (ARGENTA et al., 2001).

Aos 25, 40 e 50 dias após a emergência (estádios V4, V6 e V7), foi extraída solução do solo na profundidade de 5 cm, das entrelinhas das plantas, utilizando-se um tubo de PVC de 25 cm de diâmetro com filtro 0,2 μm (Versapor[®], Gelmann) em uma extremidade e uma seringa de 50 mL na outra para fazer a sucção. Também foram avaliadas parcelas adjacentes ao experimento sem plantas que receberam apenas a aplicação de N. A solução foi analisada para determinação dos teores de nitrato e amônio usando-se o método descrito por TEDESCO et al. (1995).

A segunda aplicação de N foi realizada quando as plantas encontravam-se no estágio vegetativo V8, na quantidade de 40 kg de N ha^{-1} na forma de uréia aplicada sobre a lâmina de água em todas as parcelas, exceto no tratamento com zero de N. Também foram aplicados 30 kg de K_2O ha^{-1} , na forma de KCl em todas as parcelas.

Ao final do cultivo, as plantas foram colhidas, trilhadas e determinado o teor de umidade dos grãos, sendo a produtividade expressa em kg ha^{-1} , baseada em 13% de umidade. Os parâmetros avaliados nas plantas foram relacionados com as doses de N e ajustadas equações baseadas em análise de regressão nos modelos linear e quadrático.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de nitrogênio na solução do solo (Figura 1) mostram a dinâmica deste nutriente na cultura do arroz irrigado. A variação nas doses de N em cobertura aplicadas em V4 resultou em diferente disponibilidade de N aos 25 dias após a emergência das plantas. No entanto, em menos de 20 dias após a aplicação de 120 kg de N ha^{-1} , os teores já se encontravam próximos de zero, indicando uma grande absorção pela planta associada a possíveis perdas do sistema. Assim, quando foi realizada a segunda aplicação de N, as plantas que receberam as menores doses de adubação nitrogenada já deviam ter tido restrição do nutriente em relação ao tratamento que recebeu 240 kg de N ha^{-1} . A segunda aplicação de N, não promoveu incremento nos teores de N mineral na solução, provavelmente devido ao sistema

radicular das plantas terem absorvido grande parte do N aplicado, sendo este fato evidenciado pelo maior teor de N nas parcelas sem a presença de plantas. Este comportamento pode estar relacionado, principalmente, com a menor quantidade de N aplicada e à idade da planta, em função de que a quantidade de N absorvido varia com a quantidade de raízes e estas com a evolução do ciclo, aumentando a taxa de absorção de N por unidade de peso de raiz (BREDEMEIER & MUNDSTOCK, 2000).

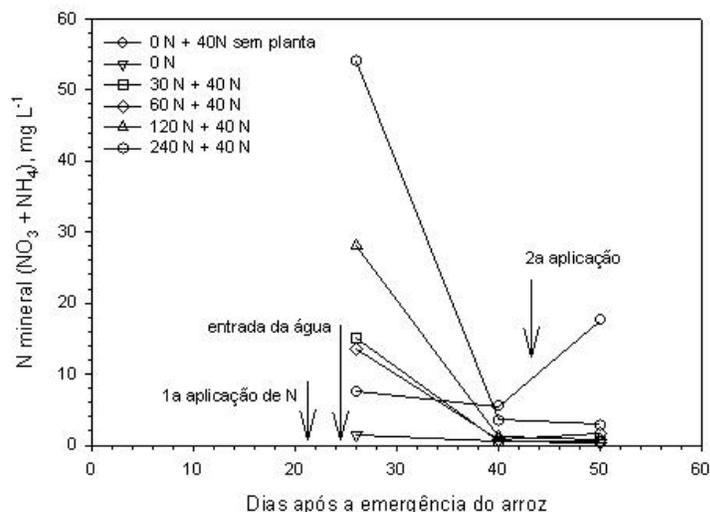


Figura 1 - Teores de nitrogênio mineral na solução do solo ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) para diferentes doses de N aplicadas, ao longo do ciclo do arroz.

A maior disponibilidade de N no solo com a utilização de maiores doses, demonstrada na figura 1, resultou em maior produção de massa de matéria fresca e seca pelas plantas de arroz dos dois cultivares (Figura 2). Considerando as equações obtidas para a matéria fresca, as máximas produções nesta avaliação ocorreram com a aplicação de 204 e 174 kg de N ha^{-1} para os cultivares IRGA 417 e BR-IRGA 410, respectivamente. Para a massa de matéria seca, seria necessária a aplicação de 217 e 175 kg de N ha^{-1} para os cultivares IRGA 417 e BR-IRGA 410, respectivamente.

Da mesma forma, os índices obtidos pelo clorofilômetro e pela cartela de cores se relacionaram com as doses de N (Figura 3). ARGENTA et al. (2001) encontraram relação entre a leitura do clorofilômetro e o teor de clorofila nas folhas e este com o teor de N em plantas de milho. Considerando que o maior teor de clorofila é dependente da maior disponibilidade de N, pode-se dizer que os índices obtidos pelos dois métodos estão associados com a produção de matéria fresca ou seca dos dois cultivares e, desta forma, foram eficientes em estimar o estado nutricional do arroz na fase vegetativa. A partir da necessidade de N, para se atingir as maiores produções de matéria fresca (parâmetro que poderia ser utilizado pelos agricultores a campo), obtidas a partir das equações da figura 2, os índices correspondentes para a leitura do clorofilômetro nos cultivares IRGA 417 e BR-IRGA 410 seriam 38,0 e 35,6, respectivamente. Já para a cartela de cores, os índices correspondentes às maiores produções de matéria fresca nos cultivares IRGA 417 e BR-IRGA 410 seriam 6,6 e 6,8, respectivamente. Esses valores expressam a maior sensibilidade do clorofilômetro para diferenças entre os cultivares, apesar de que a cartela de cores é um instrumento

mais prático e econômico para utilização a campo (IRRI,1996). Os dois cultivares testados diferiram no comportamento

quanto à resposta às doses de N aplicadas em produtividade de grãos (Figura 4).

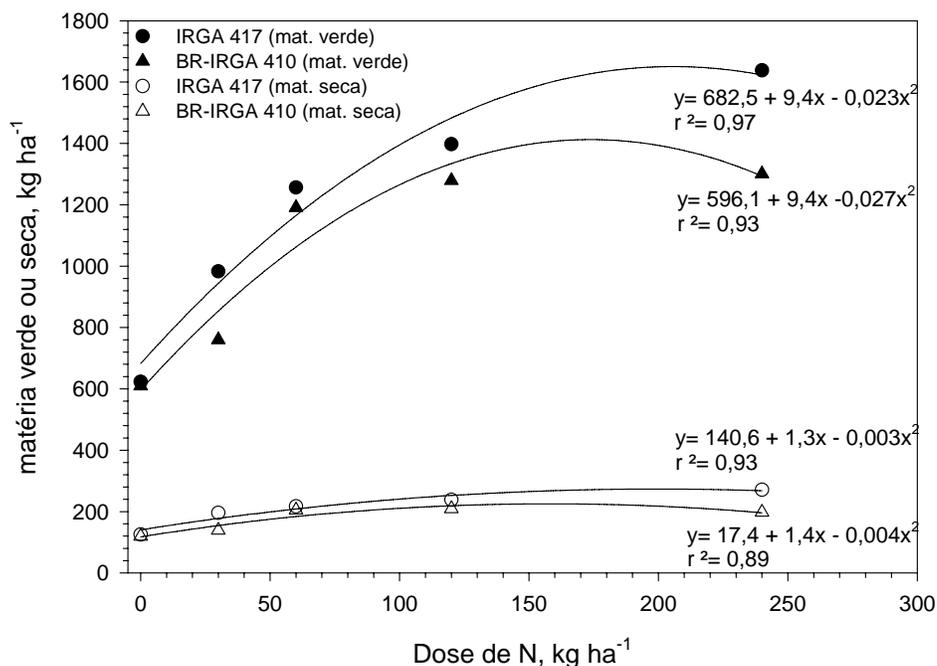


Figura 2 - Produção de matéria fresca e seca de dois cultivares de arroz irrigado em função de doses de N aplicadas em cobertura na forma de uréia.

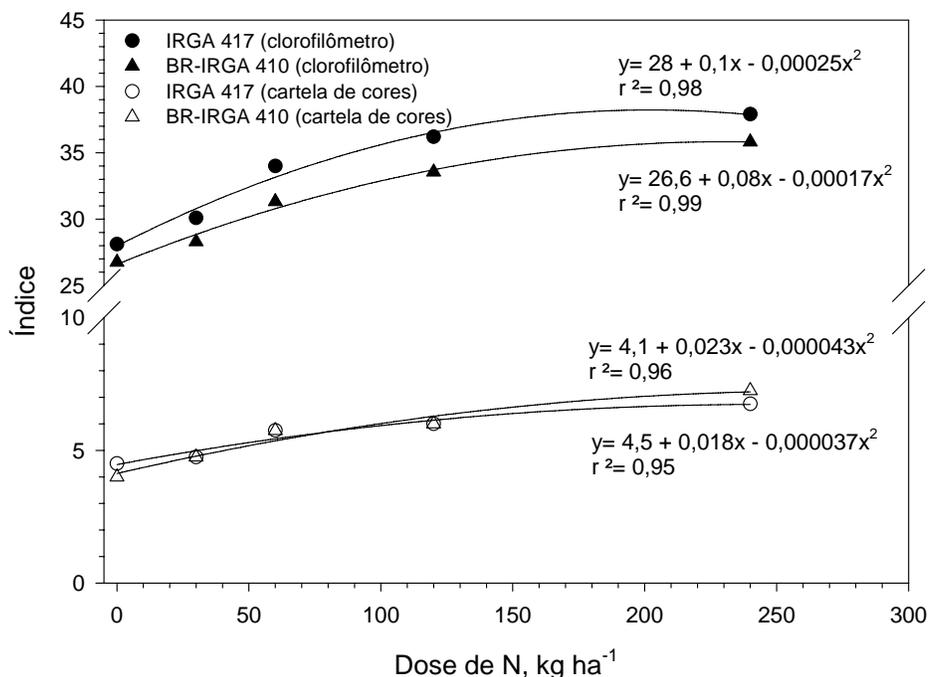


Figura 3 - Índices obtidos pelo clorofilômetro e pela cartela de cores "Leaf Color Chart" de dois cultivares de arroz irrigado em função de doses de N aplicadas em cobertura na forma de uréia.

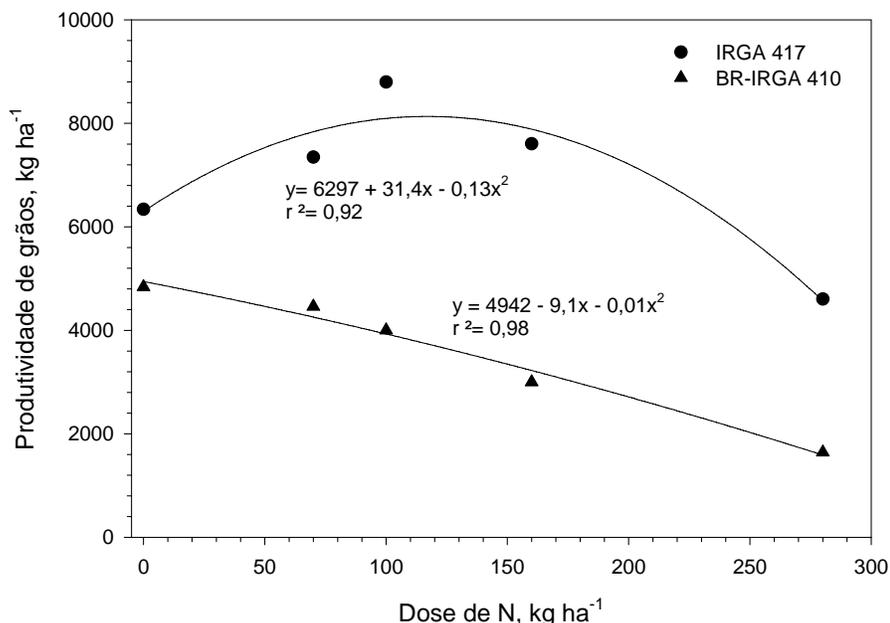


Figura 4 - Resposta de dois cultivares de arroz irrigado à doses de N aplicadas em cobertura na forma de uréia nos estádios V4 e V8, em produtividade de grãos.

Enquanto o cultivar IRGA 417 respondeu à aplicação de N até 120 kg ha⁻¹ (valor obtido pela equação de ajuste), o cultivar BR-IRGA 410 não respondeu às doses de N aplicadas. Considerando as equações de ajuste obtidas, a estimativa da máxima eficiência econômica, considerando como critério 90% da máxima eficiência técnica, do cultivar IRGA 417 foi na dose de 108 kg de N ha⁻¹, que está muito próximo da recomendação da CQFS-AS/SC (2004) baseada nos teores de matéria orgânica do solo (Tabela 1) e uma expectativa de produtividade acima de 9 t ha⁻¹, que seria de 110 kg de N ha⁻¹. Entretanto, o cultivar BR-IRGA 410 não apresentou resposta ao N nas doses utilizadas, que pode ter ocorrido abaixo da primeira dose de N utilizada (70 kg de N ha⁻¹). Apesar da duração do ciclo não ser tão diferente entre os cultivares, parte das diferenças pode ser atribuída a este fator, como citado por FAGERIA & STONE (2003), relatando resultados de outros autores que verificaram que os cultivares de ciclo mais longo obtêm mais N do solo, e, em função disso, requerem menores quantidades de adubação nitrogenada, enquanto os cultivares de ciclo precoce absorvem mais N do fertilizante, respondendo mais à adubação nitrogenada.

Outro fator a ser considerado é o diferente potencial genético para a produção de grãos e a suscetibilidade destes cultivares à toxidez de ferro, à ocorrência de frio e a incidência de brusone, ocorrentes durante a condução do experimento. Da mesma forma, mesmo pequenas diferenças no ciclo também podem contribuir para determinar maior ou menor exposição a condições adversas, como o frio, resultando em efeitos diferenciados nas cultivares. Outro fator a ser considerado é a eficiência de utilização de N do cultivar. A literatura indica que existe grande diferença entre as cultivares quanto à capacidade de absorção e utilização de nutrientes, inclusive N (SINGH et al., 1998; FAGERIA & BARBOSA FILHO, 2001; FAGERIA & STONE, 2003). Os dados obtidos neste experimento permitem inferir que a

recomendação de N baseada no teor de matéria orgânica pode sub ou superestimar a quantidade de N a ser aplicada para um determinado cultivar, dependendo de outros fatores relacionados à resposta de cada cultivar à disponibilidade de N. Reforça também a importância de se desenvolver outras estratégias para avaliação do estado nutricional das plantas com respectivo ajuste das doses de fertilizante a serem adicionadas durante o ciclo de cultivo.

Em função da diferente resposta dos cultivares, os índices obtidos pelo clorofilômetro e cartela de cores não foram eficientes em relacionar o estado nutricional na fase vegetativa com a resposta das plantas em produtividade de grãos de arroz. Estudo semelhante para o cultivar BRS 7 'Taim' foi desenvolvido por SCIVITTARO et al. (2005); porém, os resultados encontrados de produtividade de grãos não foram correlacionados com o índice de clorofila, em função da tendência deste cultivar responder à aplicação de doses maiores de N, favorecido, principalmente, pelas condições climáticas adequadas durante a realização do estudo. Segundo os autores, estes resultados indicam a necessidade de avaliação de maior amplitude das doses recomendadas para determinados cultivares da cultura do arroz irrigado. Para ARGENTA et al. (2003), o estabelecimento de doses de N a aplicar a partir do diagnóstico do estado nutricional da planta é uma etapa mais complexa, pois depende de vários fatores como estágio de desenvolvimento da cultura, tipo e quantidade de resíduos vegetais na lavoura, tipo de preparo do solo, condições climáticas, genótipo utilizado e teto de produtividade a ser alcançado.

Considerando que a máxima eficiência econômica para o cultivar IRGA 417 ocorreu na dose total de 108 kg de N ha⁻¹, a dose correspondente na primeira aplicação de N foi de 68 kg de N ha⁻¹ (resposta obtida com os 108 kg de N ha⁻¹ descontada a segunda aplicação de 40 kg ha⁻¹). Nesse caso, apesar do cultivar IRGA 417 ter superado os 1.600 kg de

matéria fresca ha⁻¹ no estádio V7, no maior nível de N aplicado, a melhor conversão de matéria fresca produzida em rendimento de grãos para o cultivar ocorreu próximo aos 1.200 kg ha⁻¹, ou seja, somente quando o clorofilômetro e a cartela de cores indicavam valores de 33,6 e 5,6, respectivamente. Em contrapartida, o cultivar BR-IRGA 410 não respondeu à aplicação de N, mesmo quando a produção de matéria fresca ficou abaixo de 800 kg ha⁻¹ ou quando o clorofilômetro e a cartela de cores indicavam para a testemunha, sem aplicação de N, 26,6 ou 4,1, respectivamente (Figuras 2, 3 e 4). Este comportamento indica a dificuldade de relacionar o estado nutricional do arroz na fase vegetativa avaliada pela produção de matéria fresca ou seca com a resposta em produtividade de grãos, especialmente em relação a especificidade do comportamento de cada cultivar. Dessa forma, a avaliação do estado nutricional do arroz na fase vegetativa pela produção de matéria fresca ou seca e os índices obtidos pelo clorofilômetro e cartela de cores, embora tenham refletido a diferente disponibilidade de N no solo em função das doses de N aplicadas, não foram eficientes para estimar o rendimento de grãos. Outros estudos são necessários para avaliar melhor a relação entre os parâmetros que indicam o estado nutricional do arroz irrigado por alagamento e a correspondente produtividade de grãos da cultura.

CONCLUSÕES

Os cultivares BR-IRGA 410 e IRGA 417 apresentaram diferente resposta a aplicação de N, sendo que o primeiro não respondeu à aplicação e o segundo respondeu até 120 kg ha⁻¹ de N aplicado.

Os índices obtidos pelo clorofilômetro e pela cartela de cores se relacionaram com as doses de N aplicadas, mostrando-se eficientes na avaliação do estado nutricional do arroz na fase vegetativa, para uma possível separação de plantas com deficiência de N e com nível adequado deste nutriente. No entanto, o estado nutricional das plantas estimado por esses índices na fase vegetativa não se correlacionaram com a produtividade de grãos obtida pelos cultivares.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, G. **Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho**. 2001. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; BORTOLIN, C.G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.715-722, 2001.

ARGENTA, G. et al. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio de clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.109-119, 2003.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.365-372, 2000.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBRS-NRS/EMBRAPA-CNPT, 2004. 400 p.

COUNCE, P.A. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v.40, n.2, p.436-443, 2000.

DATTA, S.K. DE.; BROADBENT, F.E. Methodology for evaluating nitrogen utilization efficiency by rice genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v.80, p.793-798, sep-oct. 1988.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Nitrogen use efficiency in lowland rice genotype. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.32, p.2079-2089, 2001.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo do Nitrogênio. In: FAGERIA, N.K.; STONE, L.F.; SANTOS, A.B. dos. **Manejo da Fertilidade do Solo para o Arroz Irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, p.51-94.

GIANELLO, C.; GIASSON, É. Fatores que afetam o rendimento das culturas e sistemas de cultivos. In: BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. **Fertilidade dos Solos e Adubação das culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. cap.2., p.21-32.

IRRI. Use of leaf color chart (LCC) for N management in rice. **Crop Resource Management. Network Technology**. Brief 2. IRRI, Manila, Philippines, 1996.

MARCHEZAN, E. Aspectos práticos e desafios para altas produtividades na lavoura de arroz irrigado. In: **Arroz irrigado, uso intensivo e sustentável de várzeas**. Santa Maria: Aldeia Norte, 2002. p.5-18.

PENG, S.; GARCÍA, F.V.; LAZA, R.C.; CASSMAN, K.G. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.5, p.987-990, 1993.

SCIVITTARO, W.B.; MACHADO, M.O. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A. da S., MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap.9, p.259-303

SCIVITTARO, W.B., SCHAFFER, G.; GOMES, A. da S. Uso de indicadores do nível de nitrogênio na planta de arroz para predição da necessidade de adubação nitrogenada na diferenciação da panícula. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26; 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005, p.477-479.

SINGH, U.; LADHA, J.K.; CASTILLO, E.G., PUNZALAN, G.; TIROL-PADRE, A.; DUQUEZA, M. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in medium and long duration rice. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.58, p.35-53, 1998.

SOSBAI, Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil. In: **IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.; E XXVI REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26.**, Santa Maria, 2005. 159 p.

SOUSA, R.; CAMARGO F.A.O.; VAHL, L.C. Solos Alagados (Reações de redox). In: MEURER, E.J. (Ed.) **Fundamentos da química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p.208-237.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

VAHL, L.C.; SOUSA, R.O. Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: GOMES, A. da S., MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 97-118, cap. 4.