

# Desempenho do arroz irrigado em resposta à utilização de cianobactérias fixadoras de nitrogênio

Enio Marchesan<sup>1\*</sup>, Fernando Machado dos Santos<sup>2</sup>, Luis Antonio de Avila<sup>1</sup>, Edinalvo Rabaioli Camargo<sup>2</sup>, Thomas Newton Martin<sup>3</sup> e Edgardo Oscar Brenzoni<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. <sup>3</sup>Programa de Pós-graduação, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil. <sup>4</sup>Rizobacter Argentina. \*Autor para correspondência. E-mail: emarch@ccr.ufsm.br

**RESUMO.** O objetivo do presente estudo foi avaliar a utilização de inóculos de cianobactérias fixadoras de nitrogênio como alternativa à adubação química de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. Para tanto, foram conduzidos quatro experimentos, nos anos agrícolas de 1999/00 a 2002/03, avaliando os tratamentos: testemunha sem aplicação de N em cobertura; 20 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura; 40 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura; 90 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em cobertura; 50 g ha<sup>-1</sup> de Rizogram<sup>®</sup>; 100 g ha<sup>-1</sup> de Rizogram<sup>®</sup>. Verificou-se interação dos tratamentos com os anos avaliados, o que pode ter ocultado o desempenho destes. Além disso, verificou-se que, para a variável "número de grãos por panícula", a utilização de cianobactérias nas duas dosagens estudadas (50 e 100 g ha<sup>-1</sup>) produziu resultados semelhantes à adubação nitrogenada (90 kg ha<sup>-1</sup>), com potencial redução do número percentual de espiguetas estéreis. Os tratamentos não afetaram o rendimento de grãos do arroz irrigado, devido às variações ambientais dos anos avaliados.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L., biofertilizante, fixação biológica de nitrogênio.

**ABSTRACT. Performance of paddy rice in response to the use of nitrogen-fixing cyanobacteria.** A four-year experiment irrigated rice was carried out in order to evaluate the performance of *Nostoc* sp. and *Tolypothrix* sp. nitrogen-fixing cyanobacteria strains (Rizogram<sup>™</sup>), as an alternative to chemical nitrogen fertilization in irrigated rice. The treatments evaluated in the experiments included: control without top dressing N application; top dressing application of 20, 40 and 90 kg ha<sup>-1</sup>; 50 g ha<sup>-1</sup> of Rizogram<sup>™</sup>, and 100 g ha<sup>-1</sup> of Rizogram<sup>™</sup>. It was verified interaction between the years of the study and the treatments, which may have affected the performance of these treatments. Moreover, it was observed that, for the number of grains per panicle, the use of cyanobacteria in two studied rates (50 e 100 g ha<sup>-1</sup>) produced the same results as the nitrogen fertilization (90 kg ha<sup>-1</sup>), showing potential reduction of sterile spikelets. However, the treatments did not affected rice grain yield.

**Key words:** *Oryza sativa* L., biofertilizer, biological nitrogen fixation.

## Introdução

O nitrogênio (N) é um fator importante para elevar o rendimento de grãos em arroz irrigado, porém seu custo por unidade é elevado e, em muitos casos, sua adição na forma de fertilizantes apresenta baixa eficiência, principalmente devido à perda desse nutriente, causada por práticas culturais inadequadas (Araújo e Hungria, 1994). Atualmente, a fonte de N mais utilizada na cultura do arroz irrigado é a uréia, obtida através de processos que envolvem alto custo energético de produção. Além disso, o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados pode

conduzir à contaminação dos mananciais hídricos, a partir da lixiviação e do escoamento superficial.

A melhoria da utilização do solo, por meio da preservação e desenvolvimento das habilidades naturais dos organismos fixadores de nitrogênio, permite redução no uso de fertilizantes nitrogenados, com benefícios ecológicos, econômicos e ambientais (Valiente *et al.*, 2000). Entre essas formas alternativas de adubação nitrogenada, citam-se a adubação verde (Scivittaro *et al.*, 1999), a adubação orgânica (Marchezan *et al.*, 1997) e o uso de cianobactérias fixadoras do N<sub>2</sub>

atmosférico (Machado e Mattos, 2001).

Um dos maiores grupos de procariontes fotossintetizantes são as cianobactérias, que constituem uma proporção considerável da população microbiana em solo úmido. O ecossistema de arroz irrigado, então, apresenta-se como um ambiente favorável ao crescimento e à fixação de N<sub>2</sub> pelas cianobactérias, atendendo às suas exigências quanto à luz, água, temperatura e disponibilidade de nutrientes (Machado e Mattos, 2001). A fixação ocorre em células especializadas, denominadas heterocistos, onde a enzima nitrogenase catalisa a conversão do N<sub>2</sub> em amônia, tornando o N disponível para reações biológicas (Raven *et al.*, 2001). Desta forma, as cianobactérias contribuem significativamente para a fertilização do solo (Vaishampayan *et al.*, 1998), constituindo-se em uma alternativa promissora que incrementa a biodiversidade do solo e melhora sua estrutura pós-colheita (Mule *et al.*, 1999). Além disso, Kuritz (1999) verificou que algumas espécies também são hábeis em degradar agroquímicos, e Enany e Issa (2000) recomendam o uso de cianobactérias para purificação de águas contaminadas por metais pesados.

Segundo Irisarri *et al.* (2001), o potencial do uso das cianobactérias no ecossistema da produção de arroz depende da sua habilidade para crescer, colonizar e sobreviver. Segundo Machado e Mattos (2001), fatores como luminosidade, temperatura, pH do meio e níveis de fósforo influenciam no desenvolvimento das cianobactérias. Além de fertilizantes nitrogenados, outros agroquímicos habitualmente são empregados na cultura do arroz e seus efeitos na fixação de N por cianobactérias nativas não são conhecidos (Irisarri *et al.*, 2001). Os trabalhos envolvendo a eficiência da utilização de cianobactérias fixadoras de N atmosférico em condições de campo e nas condições brasileiras, para a cultura do arroz, são escassos e as respostas verificadas em laboratório são difíceis de serem repetidas em campo, especialmente devido a determinados fatores que limitam seu crescimento e à metodologia empregada.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho da cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa* L.), através da utilização de inóculos de cianobactérias fixadoras de nitrogênio, como alternativa à adubação química de N.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia da

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Estado do Rio Grande do Sul, por quatro anos consecutivos (anos agrícolas de 1999/2000 a 2002/2003), num Planossolo Hidromórfico eutrófico arênico, pertencente à Unidade de Mapeamento Vacacaí (Embrapa, 1999). O clima da região é subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluvial média normal que varia de 1.322 mm a 1.769 mm por ano.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, e as dimensões das unidades experimentais foram de 6 m x 4 m (24 m<sup>2</sup>), com área útil para estimativa do rendimento de grãos de 2 m x 3 m (6 m<sup>2</sup>). Os tratamentos foram: testemunha sem aplicação de N em cobertura (T1); 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, aplicados em cobertura (T2); 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, aplicados em cobertura (T3); 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia, aplicados em cobertura (T4); 50 g ha<sup>-1</sup> de Rizogram<sup>®</sup> (T5); 100 g ha<sup>-1</sup> de Rizogram<sup>®</sup> (T6). Rizogram<sup>®</sup> é um produto comercial da Rizobacter Argentina e contém inóculos de cianobactérias *Nostoc* sp. e *Tolypothrix* sp.

O preparo do solo, no sistema convencional, consistiu de duas gradagens pesadas e três gradagens leves para nivelamento do terreno. Realizou-se a semeadura em linha com espaçamento de 0,17 m, sendo empregados 150 kg ha<sup>-1</sup> de sementes da cultivar IRGA 417, nos três primeiros anos, e da cultivar IRGA 420 no ano agrícola 2002/2003. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise de solo, e as demais práticas de manejo foram aquelas recomendadas para a cultura. Nos tratamentos com N em cobertura, aplicou-se a metade da dose no início do perfilhamento e o restante na iniciação da panícula, na forma de uréia. A aplicação do Rizogram<sup>®</sup> foi realizada por aspersão, após a entrada da água de irrigação, utilizando-se um pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, com volume correspondente a 100 L ha<sup>-1</sup>.

O controle das plantas daninhas foi realizado 15 dias após a emergência do arroz, com aplicação dos herbicidas propanil e quinclorac nas doses de 1,4 kg e 0,6 kg de i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente, nos três primeiros anos, no último ano utilizou-se somente o herbicida propanil na dose de 1,4 kg de i.a. ha<sup>-1</sup>. A irrigação foi estabelecida 20 dias após a emergência, e cada parcela possuía entrada e saída de água individual, como forma de evitar contaminação entre os tratamentos, sendo mantida uma lâmina de água de cerca de 0,10 m de altura durante todo o ciclo da cultura.

As variáveis analisadas foram: rendimento de grãos (RG); massa de mil grãos (MMG); número de

panículas por metro quadrado (NP); número de grãos por panícula (GP); esterilidade porcentual de espiguetas (EE); estatura de plantas (EP). O rendimento de grãos do arroz foi estimado através da colheita manual da área útil de cada parcela, quando os grãos apresentavam em torno de 22% de umidade. O produto foi submetido à trilha, à pesagem e à determinação da umidade de colheita. Separou-se uma amostra de 500 g por parcela e determinou-se o teor de impurezas da mesma; posteriormente, executou-se a secagem em máquina secadora de cereais, com temperatura da massa de grãos de 40°C, corrigindo-se a umidade para 13%. Para determinar a massa de mil grãos, número de espiguetas por panícula e esterilidade de espiguetas, coletou-se, ao acaso, 10 panículas nas parcelas. Já o número de panículas m<sup>-2</sup> foi estimado a partir da contagem do número de panículas em um metro linear de cada parcela, extrapolado para metro quadrado. A estatura de plantas foi realizada anteriormente à colheita, considerando o comprimento da base da planta até a extremidade da panícula.

Os dados experimentais foram submetidos primeiramente à verificação das pressuposições do modelo matemático (aditividade, aleatoriedade, normalidade e homogeneidade de variância) e, em seguida, avaliados através da análise conjunta (quatro anos, seis tratamentos e quatro blocos por ano), considerando anos, blocos, interações ano x tratamentos e erros como sendo de efeito aleatório e tratamentos de efeito fixo. Utilizou-se o teste Duncan para a comparação das médias dos tratamentos, em nível de 5% de probabilidade de erro. As análises foram realizadas usando o *software* estatístico da Embrapa NTIA - SOC. Antes da análise, para os dados em porcentagem, aplicou-se transformação  $Y_{ijk}^* = \sqrt{Y_{ijk}}$ .

## Resultados e discussão

As pressuposições do modelo matemático (aditividade, aleatoriedade, normalidade e homogeneidade de variâncias), para as seis variáveis nos quatro anos, foram respeitadas, exceto para a variável “esterilidade porcentual de espiguetas”, onde o pressuposto “normalidade das variâncias” não foi atendido, justificando, assim, o emprego da transformação dos dados originais, a fim de normalizar sua distribuição. O respeito às pressuposições do modelo matemático aliado ao baixo valor do quadrado médio do erro indicou que os resultados referentes a estas variáveis possuíam uma boa qualidade experimental.

Na análise da variância conjunta (Tabela 1) para as variáveis avaliadas, verifica-se que os blocos são heterogêneos para as variáveis rendimento de grãos,

esterilidade porcentual de espiguetas e estatura de planta, indicando que o delineamento utilizado foi eficiente, sendo adequado para experimentos similares. Para as demais variáveis, não houve efeito significativo. Mesmo assim, tal delineamento pode ser aplicado em experimentos futuros nas mesmas condições experimentais.

**Tabela 1.** Análise de variância por ano e conjunta da aplicação de N e cianobactérias, graus de liberdade (GL), quadrado médio para rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), número de panículas m<sup>-2</sup> (NP), número de grãos por panícula (GP), esterilidade porcentual de espiguetas (EE) e estatura de plantas (EP) do arroz irrigado.

Fonte de Variação	GL	RG (t ha <sup>-1</sup> )	MMG (g)	NP	GP	EE (%)	EP (cm)
----- Safra 1999/2000 -----							
Bloco	3	39,05 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	1726,41 <sup>ns</sup>	26,23 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	33,16 <sup>ns</sup>
Tratamento	5	54,82 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	4452,70 <sup>ns</sup>	124,10 <sup>ns</sup>	0,54*	9,89 <sup>ns</sup>
Erro	15	0,21	0,43	3050,07	143,07	0,06	19,39
Média		8,02	20,23	443,98	78,92	5,66	78,90
CV		5,78	2,49	12,49	15,15	10,54	5,58
----- Safra 2000/2001 -----							
Bloco	3	3,16*	0,12 <sup>ns</sup>	2104,22 <sup>ns</sup>	169,00 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	8,17 <sup>ns</sup>
Tratamento	5	1,99*	0,63 <sup>ns</sup>	733,21 <sup>ns</sup>	90,17 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	14,13 <sup>ns</sup>
Erro	15	0,44	0,28	2904,43	95,18	0,11	9,97
Média		7,06	27,45	381,61	75,91	5,11	77,60
CV		9,41	1,93	14,12	12,85	14,71	4,07
----- Safra 2001/2002 -----							
Bloco	3	67,03*	0,78 <sup>ns</sup>	3619,61 <sup>ns</sup>	50,94 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	42,47*
Tratamento	5	23,08*	0,70 <sup>ns</sup>	2467,40 <sup>ns</sup>	150,80 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	72,88*
Erro	15	0,71	0,54	2662,18	84,51	0,11	6,76
Média		7555,54	25,50	491,25	72,75	5,91	72,74
CV		11,21	2,89	10,50	12,63	13,84	3,57
----- Safra 2002/2003 -----							
Bloco	3	27,42 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	1469,83 <sup>ns</sup>	430,28*	1,06*	4,43 <sup>ns</sup>
Tratamento	5	31,39 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1211,86 <sup>ns</sup>	203,57 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
Erro	15	0,32	0,50	604,60	121,54	0,28	3,24
Média		7,60	26,00	488,91	111,92	20,61	91,25
CV		7,46	2,71	5,02	9,85	11,64	1,97
----- Análise conjunta -----							
Bloco (ano)	12	2,63*	0,76 <sup>ns</sup>	2230,02 <sup>ns</sup>	169,11 <sup>ns</sup>	0,37*	22,06*
Ano (A)	3	3,72*	16,60*	63366,35*	7953,04*	28,72*	1488,68*
Tratamento (T)	5	2,40 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	5013,86*	232,43 <sup>ns</sup>	0,45*	42,88 <sup>ns</sup>
A x T	15	0,92*	0,60 <sup>ns</sup>	1283,78 <sup>ns</sup>	112,07 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	18,35*
Erro	60	0,42	0,44	2305,32	111,08	0,14	9,84
Média		7,56	26,3	85,00	451,00	9,5	80,00
CV		8,61	2,25	12,42	10,63	12,96	3,91

\* e <sup>ns</sup>: Significativo e não significativo pelo teste F (p < 0,05), respectivamente.

Com relação à fonte de variação ano, foram observados valores significativos para todas as variáveis, indicando, assim, uma heterogeneidade entre os anos avaliados, que pode ser atribuída parcialmente ao clima e à mudança de cultivar. A heterogeneidade dos anos se refletiu no rendimento de grãos e na estatura de plantas, resultando na interação significativa entre tratamento e ano para estas variáveis. Isso indica que o desempenho dos tratamentos não foi similar em todos os anos, havendo um diferente ranqueamento para os tratamentos em cada um dos anos avaliados, o que dificulta detecção do melhor tratamento para essas variáveis. Das variáveis testadas, apenas o número de panículas m<sup>-2</sup> e a esterilidade de espiguetas apresentaram diferenças entre os tratamentos na média dos anos de estudo.

A estatura de plantas apresentou média de 80 cm, não demonstrando diferença significativa entre os tratamentos. Estes dados contrariam os encontrados por Cano *et al.* (1993) que, trabalhando com *Tolypothrix tenuis* na Argentina, aplicado sozinho ou combinado com uréia, verificaram maior estatura de plantas do arroz irrigado para os tratamentos que continham cianobactérias. O valor médio de esterilidade de espiguetas nos quatro anos foi de 9,5%, apresentando diferença entre os tratamentos, embora as diferenças tenham sido da ordem de 2%, o que pode ser considerado um valor normal, em função de este parâmetro ser fortemente influenciado pela ocorrência de temperaturas baixas durante a fase de formação dos órgãos reprodutivos.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados das variáveis analisadas nos quatro anos e a análise conjunta ao final.

**Tabela 2.** Médias dos tratamentos para as variáveis rendimento de grãos (RG), massa de mil grãos (MMG), número de grãos por panícula (GP), número de panículas m<sup>-2</sup> (NP), esterilidade porcentual de espiguetas (EE%) e estatura de plantas (EP), em cada um dos anos e pela análise conjunta dos anos.

Tratamentos	RG (t ha <sup>-1</sup> )	MMG (g)	NP	GP	EE	EP (cm)
----- Safra 1999/2000 -----						
Testemunha	8,10 <sup>ns</sup>	26,59 <sup>ns</sup>	380,53 <sup>ns</sup>	80,22 <sup>ns</sup>	4,18 b*	78,02 <sup>ns</sup>
20 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,83	26,06	441,66	75,92	4,74 b	78,42
40 kg de N ha <sup>-1</sup>	8,16	27,00	468,05	75,55	5,40 b	79,30
90 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,56	26,29	451,43	84,87	9,52 a	80,12
Rizogram <sup>®</sup> 50 g ha <sup>-1</sup>	7,83	25,56	448,61	85,45	5,67 b	80,95
Rizogram <sup>®</sup> 100 g ha <sup>-1</sup>	8,63	25,89	473,61	71,50	5,60 b	76,55
----- Safra 2000/2001 -----						
Testemunha	6,75 ab*	27,15 <sup>ns</sup>	388,20 <sup>ns</sup>	73,47 <sup>ns</sup>	3,80 <sup>ns</sup>	74,50 <sup>ns</sup>
20 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,20 ab	27,80	370,60	78,82	6,35	77,02
40 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,65 ab	27,85	383,82	73,35	4,32	78,67
90 kg de N ha <sup>-1</sup>	8,06 a	26,85	402,95	82,37	6,30	80,12
Rizogram <sup>®</sup> 50 g ha <sup>-1</sup>	6,26 b	27,70	364,67	78,20	5,37	77,95
Rizogram <sup>®</sup> 100 g ha <sup>-1</sup>	6,42 b	27,40	379,42	69,22	5,32	77,35
----- Safra 2001/2002 -----						
Testemunha	7,18 b*	25,25 <sup>ns</sup>	551,00 <sup>ns</sup>	68,50 <sup>ns</sup>	5,60 <sup>ns</sup>	72,95 b*
20 kg de N ha <sup>-1</sup>	6,87 b	25,25	500,00	69,75	5,32	68,87 b
40 kg de N ha <sup>-1</sup>	8,25 ab	25,75	485,25	72,50	5,37	74,55 ab
90 kg de N ha <sup>-1</sup>	8,69 a	26,25	428,00	85,00	7,15	80,20 a
Rizogram <sup>®</sup> 50 g ha <sup>-1</sup>	6,85 b	25,25	492,25	70,25	7,00	69,05 b
Rizogram <sup>®</sup> 100 g ha <sup>-1</sup>	7,46 ab	25,25	491,00	70,50	5,80	70,85 b
----- Safra 2002/2003 -----						
Testemunha	7,30	26,00 <sup>ns</sup>	562,00 <sup>ns</sup>	115,75 <sup>ns</sup>	21,50 <sup>ns</sup>	91,37 <sup>ns</sup>
20 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,56	25,75	592,50	107,50	20,75	91,27
40 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,68	26,50	403,50	102,25	20,50	90,85
90 kg de N ha <sup>-1</sup>	8,10	26,50	410,75	108,25	21,25	92,10
Rizogram <sup>®</sup> 50 g ha <sup>-1</sup>	7,40	25,75	481,25	121,75	20,75	90,62
Rizogram <sup>®</sup> 100 g ha <sup>-1</sup>	7,56	25,50	483,50	116,00	21,00	91,27
----- Análise conjunta -----						
Testemunha	7,34 <sup>ns</sup>	26,3 <sup>ns</sup>	420 <sup>ns</sup>	85 ab*	8,7 b*	79 <sup>ns</sup>
20 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,37	26,2	451	83 ab	9,3 b	79
40 kg de N ha <sup>-1</sup>	7,94	26,8	460	80 b	8,9 b	81
90 kg de N ha <sup>-1</sup>	8,11	26,5	473	90 a	11,0 a	83
Rizogram <sup>®</sup> 50 g ha <sup>-1</sup>	7,09	26,1	447	89 ab	9,7 ab	80
Rizogram <sup>®</sup> 100 g ha <sup>-1</sup>	7,52	26,0	457	81 ab	9,4 b	79

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). <sup>ns</sup> Meste F não significativo ( $p < 0,05$ ).

A observação dos resultados em cada ano revela respostas diferenciadas aos tratamentos aplicados, para o rendimento de grãos em dois anos e somente

em um ano para a esterilidade de espiguetas e estatura de plantas. Para as demais variáveis, não foi verificado efeito dos tratamentos em nenhum dos quatro anos. Nos dois anos em que se obtiveram respostas dos tratamentos para o rendimento de grãos, a dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N destacou-se dos demais tratamentos. Por meio dos resultados individuais dos anos, verificou-se a interação entre o ambiente e os tratamentos, principalmente pelo fato do desenvolvimento das cianobactérias sofrerem grande influência das condições climáticas (Cano *et al.*, 1993), assim como a eficiência do uso dos fertilizantes nitrogenados pela planta.

A análise conjunta revela a influência dos tratamentos sobre as variáveis número de grãos por panícula e esterilidade de espiguetas, porém sem efeito sobre a principal variável em estudo, o rendimento de grãos. Os resultados obtidos concordam com Valiente *et al.* (2000), que também não encontraram diferença no rendimento de grãos entre os tratamentos com cianobactérias e doses de N. Contudo, Marchesan *et al.* (2005) indicaram que a esterilidade de espiguetas é a variável que mais reduz o rendimento de grãos de arroz; em contrapartida, a massa de mil grãos é o componente de rendimento que mais influencia positivamente o rendimento de grãos. Dessa forma, nem a utilização de cianobactérias nem o N mineral (tratamentos) refletiram em aumento do rendimento de grãos, sugerindo que outras fontes de N do solo contribuíram para suprir a demanda de nitrogênio pela planta, resultando em produtividades de 7.000 a 8.000 kg ha<sup>-1</sup>. A contribuição de N orgânico do solo como principal fonte é citada por diversos autores. Kealey (1994) relata que, mesmo em situações onde se aplicou adubo nitrogenado, o fornecimento de N do solo foi de 90% do N total utilizado pela planta. Assim, o N absorvido do solo pode ter ocultado a resposta à aplicação nitrogenada mineral e a resposta às cianobactérias aplicadas como tratamento. Segundo Vlek e Byrnes (1986), a recuperação do N aplicado variou de 20 a 40% do total utilizado; já De Datta (1981) cita que o aproveitamento da aplicação pode situar-se em 10%, dependendo dos fatores de clima, solo e manejo.

O maior número de grãos por panícula foi obtido no tratamento de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, na análise conjunta dos anos avaliados. Apesar disso, esse tratamento também foi responsável pelo maior porcentual de espiguetas estéreis. Os resultados apresentados para a variável esterilidade porcentual de espiguetas indicam que o tratamento 90 kg ha<sup>-1</sup> de

N foi o que apresentou o maior percentual, não diferindo do tratamento Rizogram® 50 g ha<sup>-1</sup>. Os demais tratamentos diferiram desses anteriores formando um grupo com a menor porcentagem de espiguetas estéreis. Yanni e El-Fattah (1999) verificaram que a utilização de cianobactérias pode proporcionar aumento no número de panículas m<sup>-2</sup>, o que não foi verificado no trabalho ora apresentado. Mesmo no tratamento que apresentou melhor resposta (90 kg ha<sup>-1</sup> de N), o número de panículas m<sup>-2</sup> não se refletiu no incremento do rendimento de grãos, o que se deve, possivelmente, à maior esterilidade de espiguetas apresentada por este tratamento e à compensação entre os demais componentes do rendimento de grãos.

A falta de resposta dos parâmetros à aplicação de N e de cianobactérias no experimento pode, em parte, estar relacionada à disponibilidade de N orgânico no solo. Segundo Larrosa (2000), o N orgânico do solo é a principal fonte de nitrogênio absorvido pelas plantas do arroz. Sendo assim, as plantas avaliadas neste experimento podem, da mesma forma, ter absorvido o N orgânico do solo, ocultando a resposta da aplicação de N mineral e de cianobactérias. Por outro lado, a não-resposta à aplicação de N pode também ser devido às perdas de N por vários processos, como a lixiviação, a desnitrificação, a volatilização de amoníaco e o escurrimto superficial. Os processos de perda de N, juntamente com o N proveniente de reservas do solo e variações bastante acentuadas no clima dos anos avaliados, podem ter ocultado potenciais respostas provenientes da utilização das cianobactérias. Tais efeitos certamente seriam minimizados em condições controladas de ambiente. Quesada *et al.* (1997) estimam que o N fixado pela não-presença de cianobactéria varia de 0,23 até 75,5 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto que a presença de cianobactéria proporciona um incremento de 2 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N. Por outro lado, autores como Balachandar *et al.* (2004), utilizando *Nostoc muscorum* e N marcado (uréia) em sistema hidropônico para a cultura do arroz, verificaram que aos 30 dias essas cianobactérias contribuíram com 16-28% do N absorvido pela planta, mesmo na presença de N mineral na solução hidropônica.

Dessa forma, outros estudos com relação à utilização de cianobactérias, e principalmente aos principais fatores que interagem com seu desenvolvimento, devem ser realizados, para o entendimento da fixação de N e sua conseqüente liberação para as plantas de arroz.

## Conclusão

Os tratamentos não afetaram o rendimento de grãos do arroz irrigado, devido às variações ambientais dos anos avaliados, e em alguns anos a aplicação de N proporcionou a obtenção de rendimento superior.

## Referências

- ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. *Microorganismos de importância agrícola*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994.
- BALACHANDAR, D. *et al.* Evaluating nitrogen transfer efficiency of immobilized cyanobacteria to rice seedlings by <sup>15</sup>N technique. *Int. Rice Res. Notes*, Manila, v. 29, n. 1, p. 53-54, 2004.
- CANO, M.S. *et al.* Biofertilization of rice plants with the cyanobacterium *Tolypothrix tenuis* (40 d). *Int. J. Exp. Bot.*, Santa Fé, v. 54, n. 2, p. 149-155, 1993.
- DE DATTA, S.K. *Principles and practices of rice production*. New York: John Wiley and Sons, 1981.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999.
- ENANY, A.E.E.; ISSA, A.A. Cyanobacteria as a biosorbent of heavy metals in sewage water. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 95-101, 2000.
- IRISARRI, P. *et al.* Cyanobacteria in Uruguayan rice fields: diversity, nitrogen fixing ability and tolerance to herbicides and combined nitrogen. *J. Biotechnol.*, Bielefeld, v. 91, p. 95-103, 2001.
- KEALEY, L.M. *et al.* Presowing nitrogen fertilizer management for aerial sown rice on puddled soil. In: *Proceedings...* Yanco, New South Wales: Yanco Agricultural Institute, 1994. p. 553-562.
- KURITZ, T. Cyanobacteria as agent for the control of pollution by pesticides and chlorinated organic compounds. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, Munich, v. 85, p. 186-192, 1999.
- LARROSA, R.F.M. *Eficiência da aplicação de nitrogênio no perfilhamento do arroz em três manejos de irrigação*. 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- MACHADO, M.O.; MATTOS, M.L.T. Cianobactérias como fonte de nitrogênio orgânico para a cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001. *Anais...* Porto Alegre: Instituto Rio Grandense do Arroz, 2001. p. 288-289.
- MARCHESAN, E. *et al.* Análise de coeficiente de trilha para os componentes de produção em arroz. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1027-1033, 2005.
- MARCHESAN, E. *et al.* Produção de arroz irrigado com adubação orgânica e mineral em primeiro ano após sistematização. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22., 1997. *Anais...* Itajaí: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 1997. p. 213-214.

- MULE, M.C.Z. *et al.* Effects of cyanobacterial inoculation and fertilizers on rice seedling and postharvest soil structure. *Communic. Soil Scien. Plant Analys.*, Phyladelphia, v. 30, n. 1, p. 97-107, 1999.
- QUESADA, A. *et al.* Environmental factors controlling N<sub>2</sub>-fixation in mediterranean rice fields. *Microb. Ecol.*, New York, n. 34, p. 39-48, 1997.
- RAVEN, P.H. *et al.* *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogam, 2001.
- SCIVITTARO, W.B. *et al.* Aproveitamento do nitrogênio do adubo verde *Sesbania rostrata* pela cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1., REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999. *Anais...* Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. p. 375-378.
- VAISHAMPAYAN, A. *et al.* Use of genetically improved nitrogen-fixing cyanobacteria in rice paddy fields: Prospects as a source material for engineering herbicide sensitivity and resistance in plants. *Bot. Acta*, Erlangen, v. 111, n. 3, p. 176-190, 1998.
- VALIENTE, E.F. *et al.* Contribution of N<sub>2</sub> fixing cyanobacteria to rice production: availability of nitrogen from 15N-labelled cyanobacteria and ammonium sulphate to rice. *Plant Soil*, Rotterdam, v. 221, p. 107-112, 2000.
- VLEK, P.L.; BYRNES, B.H. The efficacy and loss of fertilizer N in lowland rice. *Fertilizer Res.*, Dordrecht, v.9, p. 131-147, 1986.
- YANNI, Y.G.; EL-FATTAH, F.K.A. Towards integrated biofertilization management with free living and associative dinitrogen fixers for enhancing rice performance in the Nile Delta. *Symbiosis*, New Scotia, v. 27, n. 3-4, p. 319-331, 1999.

*Received on December 02, 2005.*

*Accepted on August 02, 2006.*