

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO MINERAL E DO pH DA RIZOSFERA SOBRE A POPULAÇÃO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM PLANTAS DE ARROZ

Salomão Lima Guimarães¹, Vera Lúcia Divan Baldani², Jorge Jacob-Neto³

1. Professor Doutor da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Rondonópolis
(salomao.guimaraes@pq.cnpq.br)

2. Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, CEP: 23890000, Seropédica-RJ

3. Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CEP:
23890000, Seropédica-RJ

Data de recebimento: 02/05/2011 - Data de aprovação: 31/05/2011

RESUMO

A rizosfera das plantas de arroz pode ter o pH alterado em função do tipo de fertilizante nitrogenado aplicado durante o plantio. O objetivo desse trabalho foi estudar o efeito da aplicação de diferentes fontes de nitrogênio mineral sobre a população de bactérias diazotróficas presentes na rizosfera do arroz. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com delineamento inteiramente casualizado, quatro repetições, duas cultivares de arroz (IR42 e IAC4440), duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e nitrato de amônio) com três dosagens (0, 50 e 100 kg N ha⁻¹) e duas estirpes de bactérias diazotróficas (BR11417-*Herbaspirillum seropedicae* e BR11340-*Burkholderia* spp.). Foram plantadas três sementes por vaso, com capacidade para 1,0 kg de solo. As plantas foram coletadas aos 50 dias após a germinação. Foram avaliados a contagem da população de bactérias diazotróficas presentes na rizosfera das plantas de arroz, o pH da rizosfera e o acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas. Na cultivar IAC4440, houve diminuição da população de bactérias diazotróficas na rizosfera das plantas, principalmente com dosagem equivalente a 100 kg N ha⁻¹ (sulfato de amônio). As maiores populações foram encontradas nos tratamentos inoculados com a estirpe BR11417 e BR11417 + 50 kg N ha⁻¹ (nitrato de amônio). Já a cultivar IR42 apresentou queda na população das bactérias na rizosfera, cujos tratamentos continham doses equivalentes a 100 kg N ha⁻¹. Além disso, valores baixos de pH também foram observados. A inoculação das bactérias diazotróficas promoveu incrementos de massa seca nas duas cultivares de arroz.

PALAVRAS-CHAVE: *Herbaspirillum seropedicae*, *Burkholderia* sp., adubação nitrogenada.

INFLUENCE OF NITROGEN MINERAL AND pH OF THE RHIZOSPHERE ON THE DIAZOTROPHIC BACTERIA POPULATION IN RICE PLANTS

ABSTRACT

The rhizosphere of rice plants may have altered the pH depending on the type of nitrogen fertilizer applied during planting. The aim of this work was to study the effect of different mineral nitrogen sources on the population of diazotrophic rhizosphere of rice. The experiment was conducted in a greenhouse, completely randomized design with four replicates, two cultivars of rice (IR42 and IAC4440), two nitrogen sources (ammonium sulfate and ammonium nitrate) at three doses (0, 50 and 100 kg N ha⁻¹) and two strains of diazotrophic bacteria (BR11417-*Herbaspirillum seropedicae* and BR11340- *Burkholderia* spp.). Were planted three seeds per pot, with a capacity of 1.0 kg of soil. Plants were harvested at 50 days after germination. We evaluated the

count of the population of diazotrophic rhizosphere of rice plants, the rhizosphere pH and dry matter accumulation in shoots of plants. In the cultivar IAC 4440, the population of diazotrophic bacteria decreased, mainly at doses of 100 kg N ha⁻¹ (ammonium sulfate). The largest populations were found in treatments inoculated with strain BR11417 and BR11417 50 kg N ha⁻¹ (ammonium nitrate). The cultivar IR42 showed a decline in the population of bacteria in the rhizosphere and the treatments containing doses equivalent to 100 kg N ha⁻¹. It was also observed low values of pH. The inoculation of diazotrophic bacteria promoted the increase of dry matter in rice cultivars.

KEYWORDS: *Herbaspirillum seropedicae*, *Burkholderia* sp., nitrogen fertilizer.

INTRODUÇÃO

O arroz representa uma das mais importantes fontes de alimento para a população brasileira, e o seu consumo se dá em todas as regiões, atingindo todas as classes sociais. Os estados de Tocantins e Goiás apresentam o maior consumo médio per capita (101,57 kg hab.⁻¹ ano⁻¹). Bahia e Pernambuco apresentam o menor consumo: 34,22 kg hab.⁻¹ ano⁻¹ e 33,9 kg hab.⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. De um modo geral, a região Centro-Oeste apresenta o maior consumo médio per capita (97,18 kg hab.⁻¹ ano⁻¹), seguida pelas regiões Sudeste (90,47 kg hab.⁻¹ ano⁻¹), Sul (68,12 kg hab.⁻¹ ano⁻¹), Norte (55,27 kg hab.⁻¹ ano⁻¹) e Nordeste, com 49,64 kg hab.⁻¹ ano⁻¹ (AZAMBUJA et al., 2004).

De acordo com a CONAB (2011), a produção esperada para a safra de 2010/2011 é de 12,6 milhões de toneladas, correspondendo a um aumento em torno de 8,3% em relação à safra 2009/10.

O Cerrado Brasileiro apresenta um potencial de crescimento superior a 50 milhões de hectares para o cultivo de arroz. No entanto, os cultivos irrigados oferecem uma perspectiva de crescimento de área, estando disponíveis no Brasil cerca de 35 milhões de hectares de várzeas, principalmente na Região Norte. Para que o Brasil atinja a autossuficiência na produção de arroz, é necessário que haja, principalmente, uma política agrícola que incentive a produção. Só assim, poder-se-á suprir a demanda interna e até mesmo, voltar a ser um dos exportadores de grãos desse cereal (YOKOYAMA et al., 1999).

A produção desses grãos depende, sobretudo, da disponibilidade do nitrogênio, pois é um dos principais nutrientes responsáveis pelo aumento do valor dos componentes de produção, e a sua ausência torna-se um fator limitante ao seu cultivo. Com exceção do potássio, o nitrogênio é o nutriente que a planta de arroz acumula em maior quantidade (FAGERIA et al., 2003).

A eficiência de cada fonte de N depende das interações biológicas que o nutriente é submetido no solo, do manejo do sistema de produção e também da relação custo: benefício para cada situação. Além disso, o nitrogênio tem que ser manejado de forma que se reduzam as perdas desse nutriente, aumentando-se as possibilidades de melhor aproveitamento pelas culturas (VITTI et al., 1999).

Entretanto, a fonte de nitrogênio mineral pode provocar mudanças no pH da rizosfera das plantas. A rizosfera, no entanto, corresponde à área de influência do sistema radicular, onde se encontra grande diversidade de microrganismos, principalmente bactérias fixadoras de nitrogênio, as quais podem fornecer parte do nitrogênio requerido pelas plantas com as quais fazem associações.

De modo geral, o pH rizosférico pode diferir de uma a duas unidades em relação ao pH do solo adjacente. Quando a absorção de cátions excede a absorção de ânions, ocorre uma extrusão líquida de H^+ , causando a acidez da rizosfera. Por outro lado, quando ânions são mais absorvidos que cátions ocorre uma extrusão líquida de HCO_3^- , com consequente elevação de pH. Dessa forma, organismos sensíveis ao pH como *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, dentre outros, podem ser drasticamente afetados por modificações na nutrição mineral de plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Assim sendo, esse trabalho teve como objetivo estudar o efeito da aplicação de diferentes fontes de nitrogênio mineral sobre a população de bactérias diazotróficas presentes na rizosfera de plantas de arroz.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na Embrapa Agrobiologia, unidade descentralizada de Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária, situada no município de Seropédica-RJ.

Foram utilizadas duas cultivares de arroz, as quais apresentam contrastes quanto à capacidade de associação com bactérias diazotróficas da rizosfera: IAC4440 (baixo potencial para a fixação biológica de nitrogênio – FBN) e IR42, considerada de alto potencial para a FBN (WU et al., 1995).

O experimento foi conduzido em vasos, sob condições de casa de vegetação, utilizando-se os primeiros 20 cm de um Planossolo Série Ecologia.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, duas cultivares de arroz, duas fontes de nitrogênio mineral (sulfato de amônio e nitrato de amônio) com três dosagens (0, 50 e 100 kg N ha⁻¹) e duas estirpes de bactérias diazotróficas (BR 11417 – *Herbaspirillum seropedicae* e BR11340 – *Burkholderia* sp.). As bactérias foram multiplicadas em meio de cultura Dygs (composição por litro: 2,0 g ácido málico, 2,0 g glicose, 1,5 g peptona bacteriológica, 2,0 g extrato de levedura, 0,5 g K₂HPO₄, 0,5 g MgSO₄.7H₂O e 1,5 g ácido glutâmico, com pH 6,0 para *Herbaspirillum seropedicae* e pH 5,0 para *Burkholderia* sp.) durante 24 horas. A inoculação foi feita por meio da peletização das sementes de arroz, utilizando-se como veículo o inoculante turfoso contendo 10⁸ células g⁻¹. Foram plantadas três sementes por vaso, e cada vaso tinha capacidade para 1,0 kg de solo. Após a germinação, foram deixadas duas plantas por vaso. O nitrogênio foi aplicado aos dez dias após a germinação das sementes.

Foi realizada apenas uma coleta aos 50 dias após a germinação das sementes, e os parâmetros avaliados foram o pH da rizosfera, o acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas, assim como a contagem da população de bactérias diazotróficas presentes na rizosfera das plantas de arroz, baseando-se na metodologia descrita por DÖBEREINER et al. (1995): De cada cultivar foi pesado 1 g de raiz e parte aérea (folha e colmo), lavados com água destilada, cortados em pequenos pedaços e em seguida macerados num liquidificador com 90 mL de solução salina. Logo após, foi retirado 1mL da solução, para a realização das diluições seriadas de 10⁻² a 10⁻⁶ em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina. Logo após, alíquota de 0,1 mL foi inoculada em frascos com capacidade para 12 mL, contendo 6 mL dos meios semi-sólidos JNFb (semi-seletivo de *Herbaspirillum* spp.) e JMV (semi-seletivo de *Burkholderia* sp.). Os frascos foram incubados a 30 °C por um período de 5-10 dias para o desenvolvimento de uma

película em forma de véu ou espessa na subsuperfície do meio, característica dos microrganismos diazotróficos microaerofílicos. A determinação do número de bactérias foi feita utilizando a tabela de Mc Crady para três diluições.

A análise dos dados obtidos foi realizada com o programa estatístico Sisvar. Os efeitos dos tratamentos foram verificados pelo teste F. Para a comparação das médias, utilizou-se o teste LSD ao nível de significância 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste experimento mostraram que para a cultivar IAC4440, naqueles tratamentos contendo sulfato de amônio, foi observado uma diminuição na população de bactérias diazotróficas na rizosfera das plantas, principalmente na dosagem equivalente a 100 kg N ha⁻¹. As maiores populações foram encontradas nos tratamentos inoculados com a estirpe BR11417 de *H. seropedicae* e BR11417+50 kg N ha⁻¹ na forma de nitrato de amônio.

Em relação ao pH da rizosfera, foram observadas diferenças entre os tratamentos, com menores valores encontrados nos tratamentos que continham sulfato de amônio, o que pode ter influenciado a população de microrganismos diazotróficos presentes na rizosfera dessas plantas (Tabela 1).

O equilíbrio entre os valores de pH foi obtido com nitrato de amônio, os quais ficaram próximos daqueles tratamentos cujas plantas não receberam adubação. Estes resultados sugerem que tanto a população de diazotróficos quanto os valores de pH da rizosfera são influenciados pelas adubações nitrogenadas aplicadas nos cultivos de arroz. Além disso, as variações ocorridas no pH dependem não apenas da fonte de N, mas da espécie vegetal envolvida (RAVEN et al., 1990).

Estudos realizados por CARDOSO et al. (2010) mostraram que as populações de bactérias do gênero *Azospirillum* não foram influenciadas pelo nível de fertilidade do solo. No entanto, os autores relatam que mesmo não afetando diretamente as populações desses microrganismos, pode haver efeito na atividade e diversidade dos mesmos.

TABELA 1. Efeito da adubação nitrogenada sobre o pH da rizosfera e a população de bactérias diazotróficas presentes nas plantas de arroz, cultivar IAC4440

Tratamentos		pH rizosfera	Nº de bactérias (Log.)
BR11417	Sem nitrogênio	4,36 a	6,14
	50 kg N – sulfato de amônio	3,71 c	4,65
	100 kg N – sulfato de amônio	3,46 de	4,65
	50 kg N – nitrato de amônio	4,27 ab	6,14
	100 kg N – nitrato de amônio	4,06 b	4,65
Controle	50 kg N – sulfato de amônio	3,64 cd	4,65
	100 kg N – sulfato de amônio	3,41 e	4,39
	50 kg N – nitrato de amônio	4,18 ab	4,39
	100 kg N – nitrato de amônio	4,06 b	6,04
	Sem nitrogênio	4,26 ab	3,84
CV (%)		3,92	

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de significância 0,05.

A fonte de nitrogênio pode alterar o equilíbrio eletroquímico da célula, provocando a extrusão no meio externo de H^+ e OH^- . A influência do processo de acidificação/basificação na rizosfera de plantas e seu possível controle sobre os microorganismos que habitam esta área não são muito estudados.

JACOB-NETO (1993) estudou as alterações do pH da rizosfera e suas interações com a absorção de cátions e ânions e também seus efeitos sobre a toxidez de alumínio. Este autor, não encontrou correlação da extrusão de prótons e ânions com a toxidez de alumínio verificando, entretanto, que plantas nutridas com nitrato absorviam mais cátions e plantas nutridas com amônio absorviam mais ânions.

Em relação aos tratamentos inoculados com a estirpe BR11340 e que receberam adubação nitrogenada, foi observado que houve diferença no pH, com os menores valores encontrados na rizosfera das plantas adubadas com sulfato de amônio (Tabela 2). Além disso, o número de bactérias foi menor em todos os tratamentos adubados com esta fonte de nitrogênio.

As aplicações de nitrato de amônio juntamente com a inoculação da estirpe BR11340 não provocaram grandes variações no pH da rizosfera (Tabela 2) e em relação à população microbiana, essa fonte de nitrogênio parece ter influenciado no número desses microrganismos. RAVEN & SMITH (1976), estudando a influência do nitrogênio na rizosfera, observaram que a utilização de fontes de nitrogênio contendo nitrato, faz com que o pH da rizosfera tenda a subir. Quando a fonte contém amônia, a tendência é que ocorra uma queda neste pH. Efeito similar foi observado neste trabalho quando se inocula bactérias diazotróficas, porém com menor intensidade.

TABELA 2. Efeito da adubação nitrogenada sobre o pH da rizosfera e a população de bactérias diazotróficas presentes nas plantas de arroz, cultivar IAC4440

Tratamentos		pH rizosfera	Nº de bactérias (Log.)
BR11340	Sem nitrogênio	4,36 a	4,87
	50 kg N – sulfato de amônio	3,67 e	4,39
	100 kg N – sulfato de amônio	3,69 e	4,39
	50 kg N – nitrato de amônio	4,07 bcd	6,14
	100 kg N – nitrato de amônio	4,16 bc	6,04
Controle	50 kg N – sulfato de amônio	3,64 e	4,39
	100 kg N – sulfato de amônio	3,41 f	4,39
	50 kg N – nitrato de amônio	4,18 ab	4,39
	100 kg N – nitrato de amônio	4,06 cd	6,04
	Sem nitrogênio	4,26 ab	4,39
CV (%)		3,37	

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de significância 0,05.

A cultivar IR42 apresentou uma tendência de queda na população das bactérias diazotróficas na rizosfera das plantas, cujos tratamentos continham doses de 100 kg N ha^{-1} (Tabela 3). Valores baixos de pH também foram observados. A população desses microrganismos foi maior na rizosfera das plantas inoculadas com a estirpe BR11417 sem a adição do adubo nitrogenado. Esses valores foram iguais

no tratamento controle e também na rizosfera das plantas que receberam a adubação com 50 kg N ha⁻¹ de nitrato de amônio.

Ao contrário da cultivar IAC4440, a adubação utilizando 100 kg N ha⁻¹ na forma nitrato de amônio, promoveu uma queda tanto na população de bactérias, quanto nos valores de pH (Tabela 3). Segundo RAVEN et al. (1990), quando uma fonte de nitrogênio contém NO₃⁻ e NH₄⁺, as plantas ao assimilarem esta forma equilibrada, tendem a manter estável o pH na rizosfera.

TABELA 3. Efeito da adubação nitrogenada sobre o pH da rizosfera e a população de bactérias diazotróficas presentes nas plantas de arroz, cultivar IR42

Tratamentos		pH rizosfera	Nº de bactérias (Log.)
BR11417	Sem nitrogênio	4,07 ab	6,04
	50 kg N – sulfato de amônio	3,43 de	5,39
	100 kg N – sulfato de amônio	3,65 bcd	5,39
	50 kg N – nitrato de amônio	4,02 abc	6,14
	100 kg N – nitrato de amônio	3,48 de	4,39
Controle	50 kg N – sulfato de amônio	3,16 e	5,65
	100 kg N – sulfato de amônio	3,56 cde	4,39
	50 kg N – nitrato de amônio	3,57 cde	6,14
	100 kg N – nitrato de amônio	3,37 de	5,65
	Sem nitrogênio	4,21 a	6,04
CV (%)		8,79	

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de significância 0,05.

O nitrogênio na forma amoniacal pode ser absorvido pelas plantas e auxiliar na acidificação da rizosfera. Neste aspecto, a sua utilização pode ser avaliada como vantagem, pela possibilidade de aumentar a eficiência na utilização de fosfatos, por exemplo, cuja disponibilidade é influenciada pela diminuição do pH. A acidificação da rizosfera significa também uma ampliação de problemas fitossanitários, quando a área possui histórico de doenças causadas por fungos de solo. A preferência por ambientes ácidos pelos fungos pode ser resultante da menor concorrência proporcionada pela menor população de actinomicetos e principalmente de bactérias (MARSCHER & ROMHELD, 1983).

Em relação à inoculação com a estirpe BR11340, foi observado um decréscimo no número de bactérias diazotróficas na rizosfera das plantas que receberam apenas adubação com sulfato de amônio, coincidindo também com os baixos valores de pH (Tabela 4).

Os resultados da inoculação dessa estirpe juntamente com diferentes doses de nitrato de amônio, apresentaram o mesmo comportamento observado quando da inoculação com a estirpe BR11417. Novamente, foi percebida uma queda no número de bactérias diazotróficas e variação de pH nos tratamentos adubados com nitrogênio mineral, exceto no tratamento contendo a bactéria e a adição de nitrato de amônio em quantidade equivalente a 100 kg N ha⁻¹, o que parece não ter afetado de forma negativa a população desses microrganismos (Tabela 4).

De acordo com RAVEN et al. (1990), os problemas relacionados com a acidez podem ser agravados na rizosfera das plantas, principalmente das leguminosas, uma vez que o processo de FBN resulta na excreção de íons H⁺. Além disso, a

acidez prejudica não apenas a sobrevivência das bactérias, como afeta também a simbiose, a qual é mais sensível aos estresses nutricionais do que as plantas recebendo nitrogênio mineral (MUNNS & FRANCO, 1982).

TABELA 4. Efeito da adubação nitrogenada sobre o pH da rizosfera e a população de bactérias diazotróficas presentes nas plantas de arroz, cultivar IR42

Tratamentos		pH rizosfera	Nº de bactérias (Log.)
BR11340	Sem nitrogênio	3,98 a	6,14
	50 kg N – sulfato de amônio	3,29 cd	6,04
	100 kg N – sulfato de amônio	3,23 cd	4,87
	50 kg N – nitrato de amônio	3,84 ab	4,97
	100 kg N – nitrato de amônio	3,22 cd	6,04
Sulfato de amônio	50 kg N ha ⁻¹	3,61 d	4,39
	100 kg N ha ⁻¹	3,56 bc	4,39
Nitrato de amônio	50 kg N ha ⁻¹	3,57 bc	4,87
	100 kg N ha ⁻¹	3,37 cd	4,65
Controle		4,21 a	5,39
CV (%)		7,36	

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de significância 0,05.

Entretanto, efeitos positivos relacionados com a acidificação da rizosfera também são elucidados, como por exemplo, a disponibilidade de fósforo através da solubilização dos fosfatos naturais, pois o fósforo que é disponibilizado na rizosfera pode ser absorvido diretamente pelas plantas. Além disso, os mecanismos responsáveis pela solubilização estão, geralmente, associados à excreção de ácidos orgânicos na rizosfera, com consequente diminuição do pH (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Após a análise dos dados referentes à massa seca na cultivar IR42, diferenças significativas entre os tratamentos foram observadas (Figura 1). O acúmulo de massa seca nas plantas inoculadas com as estirpes BR11417 e BR11340 e que não receberam a adubação nitrogenada, foi estatisticamente igual ao controle, sem inoculação e adubação. Contudo, os maiores incrementos foram verificados nos tratamentos inoculados com as bactérias, juntamente com a adubação feita com sulfato de amônio. Já a contagem dos microrganismos diazotróficos feita no meio JNFb (semi seletivo para *Herbaspirillum* spp.) mostrou que na parte aérea das plantas, cujos tratamentos receberam adubação nitrogenada, houve diminuição na população desses microrganismos (Tabela 5).

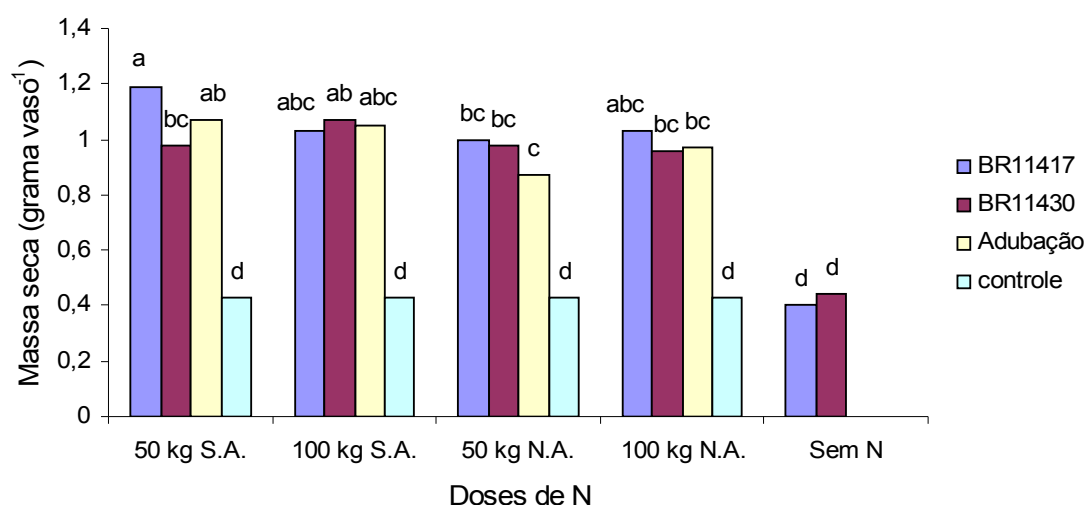


FIGURA 1. Acúmulo de massa seca em plantas de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio mineral. S.A. – sulfato de amônio; N.A. – nitrato de amônio.

GUIMARÃES et al. (2010) conduziram experimentos de inoculação com bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada em cultivares de arroz e observaram que no estágio de florescimento foram verificados maiores acúmulos de massa seca nos tratamentos adubados com nitrogênio mineral nas dosagens de 50 e 100 kg N ha⁻¹. Ainda o estágio de florescimento, os tratamentos inoculados com *H. seropedicae* e que receberam 100 kg N ha⁻¹ apresentaram maiores acúmulos de massa seca.

Estes autores observaram também que no estágio de enchimento de grãos, as plantas inoculadas com as bactérias diazotróficas mostraram maiores incrementos de massa seca quando em conjunto com a adubação nitrogenada. Os resultados também se confirmaram para o acúmulo de nitrogênio, pois plantas adubadas com 50 kg N ha⁻¹ juntamente com a inoculação de *Burkholderia* sp. obtiveram acúmulo de nitrogênio igual aos tratamentos com doses de 100 kg N ha⁻¹. Tendência similar foi observada com *H. seropedicae*, uma vez que os maiores valores nitrogênio foram encontrados nos tratamentos contendo esta estirpe.

TABELA 5. População de bactérias diazotróficas em plantas de arroz adubadas com nitrogênio mineral (cultivar IR42)

Tratamentos		Número de células (Log.)	
		Raiz	Parte Aérea
BR11417	Sem nitrogênio	6,14	6,04
	50 kg N – sulfato de amônio	6,14	6,14
	100 kg N – sulfato de amônio	6,14	4,65
	50 kg N – nitrato de amônio	6,14	4,65
	100 kg N – nitrato de amônio	6,14	4,87
BR11340	Sem nitrogênio	6,14	6,04
	50 kg N – sulfato de amônio	6,14	6,04
	100 kg N – sulfato de amônio	6,14	6,14
	50 kg N – nitrato de amônio	6,14	6,14
	100 kg N – nitrato de amônio	6,14	6,14
Adubação	50 kg N – sulfato de amônio	6,14	4,65
	100 kg N – sulfato de amônio	4,65	4,65
	50 kg N – nitrato de amônio	6,04	4,65
	100 kg N – nitrato de amônio	4,65	4,65
Controle		6,14	4,65

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de significância 0,05.

As plantas da cultivar IAC4440 que receberam a inoculação com a estirpe BR11340 isoladamente, não apresentaram diferenças em relação ao controle. Porém, quando receberam a adubação com sulfato de amônio, obtiveram os maiores acúmulos de massa seca (Figura 2).

A população de bactérias diazotróficas mostrou-se menor na parte aérea dessas plantas. Já nas raízes, foram observados números de até 10^6 UFC por grama de massa fresca no tratamento contendo 100 kg N ha⁻¹ tendo como fonte o sulfato de amônio. Neste caso, a fonte de nitrogênio não estaria influenciando na diminuição da população de diazotróficos destas plantas, diferente de alguns resultados obtidos em culturas como a cana-de-açúcar, onde, ficou evidenciado que os fertilizantes nitrogenados podem ser responsáveis pela diminuição da população de bactérias diazotróficas (FUENTES-RAMÍREZ et al., 1999).

Quanto à inoculação com a estirpe BR11417, os incrementos de massa seca foram iguais aos tratamentos que receberam adubação com nitrogênio mineral. E, quando comparada ao controle sem inoculação, o acúmulo de massa seca foi superior a 200% (Figura 2). A população de bactérias diazotróficas também foi menor no controle do que nas plantas inoculadas com esta estirpe (Tabela 6).

Estudos realizados por SABINO (2003) mostraram que na cultivar IAC4440, a adubação nitrogenada pôde influenciar na população de bactérias diazotróficas, sendo que os maiores números de diazotróficos foram encontrados no meio JNFb (semi seletivo para *Herbaspirillum* spp.). Este autor ressaltou que a produção de massa seca foi fortemente influenciada pela adubação nitrogenada, onde os maiores acúmulos ocorreram nas plantas que receberam uma dosagem equivalente a 80 kg N ha⁻¹.

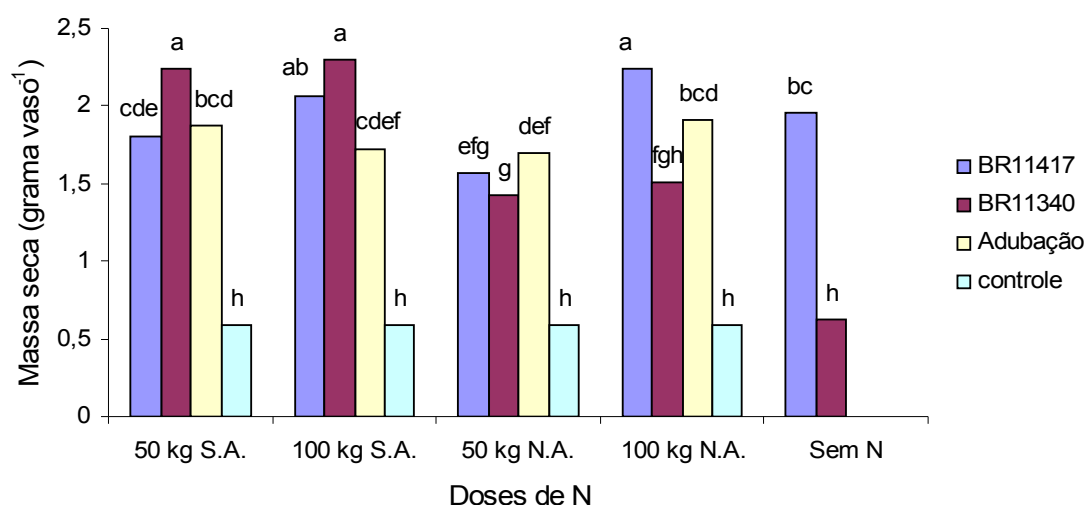


FIGURA 2. Acúmulo de massa seca em plantas de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio mineral. S.A. – sulfato de amônio; N.A. – nitrato de amônio.

WEBER et al., (2000) estudaram a associação de bactérias diazotróficas com mudas de bananeira e adubadas com nitrogênio. Esses autores relataram que como o nível de adubação nitrogenada das bananeiras não provocou déficit de N no substrato durante o estabelecimento da cultura, o crescimento das plantas proporcionado pelas bactérias diazotróficas pode ser atribuído principalmente à produção de substâncias fitorreguladoras (RADWAN et al., 2000).

TABELA 6. População de bactérias diazotróficas em plantas de arroz adubadas com nitrogênio mineral (cultivar IAC4440).

Tratamentos		Número de células (Log.)	
		Raiz	Parte Aérea
BR11417	Sem nitrogênio	6,14	6,04
	50 kg N – sulfato de amônio	6,14	6,14
	100 kg N – sulfato de amônio	5,65	4,39
	50 kg N – nitrato de amônio	6,14	4,39
	100 kg N – nitrato de amônio	5,65	4,39
BR11340	Sem nitrogênio	5,65	4,39
	50 kg N – sulfato de amônio	5,17	4,39
	100 kg N – sulfato de amônio	6,14	4,39
	50 kg N – nitrato de amônio	5,17	4,39
	100 kg N – nitrato de amônio	4,65	4,39
Adubação	50 kg N – sulfato de amônio	4,39	4,39
	100 kg N – sulfato de amônio	4,39	3,60
	50 kg N – nitrato de amônio	4,39	3,95
Controle	100 kg N – nitrato de amônio	6,14	4,39
		4,39	3,95

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste LSD ao nível de significância 0,05.

CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada influencia no pH da rizosfera e na população de bactérias diazotróficas presentes na rizosfera e nas plantas de arroz.

A inoculação de bactérias diazotróficas juntamente com a adubação nitrogenada promove incrementos de massa seca nas cultivares de arroz IR42 e IAC4440.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio Janeiro e a Embrapa Agrobiologia, pela oportunidade de realização do trabalho.

À CAPES, pela concessão da bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI Jr., F. J.; MAGALHÃES Jr., A. M. **Arroz irrigado no sul do Brasil. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz**. Embrapa Informação Tecnológica, p. 23-44, 2004.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Indicadores Agropecuários**. 2011. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 Fev. 2011.

CARDOSO, I. C. M.; KLAUBERG FILHO, O.; MARIOTTO, J. R.; MIQUELLUTI, J., VICENTE, D.; NEVES, A. N. Ocorrência de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* em arroz irrigado no estado de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 9, n. 2, p. 178-186, 2010.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas**. Brasília, Embrapa-SPI. Itaguaí, RJ, Embrapa-CNPAB, 1995, p. 60.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Manejo do nitrogênio. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 51-94, 2003.

FUENTES-RAMÍREZ, L. E.; CABALLERO-MELLADO, J.; SEPÚLVEDA, J.; MARTÍNEZ-ROMERO, E. Colonization of sugarcane by *Acetobacter diazotrophicus* in inhibited by high N-fertilization. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 29, p. 117-128, 1999.

GUIMARÃES, S. L.; CAMPOS, D. T. S.; BALDANI, V. L. D.; JACOB-NETO, J. Bactérias diazotróficas e adubação nitrogenada em cultivares de arroz. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 23, n. 4, p. 32-39, 2010.

JACOB-NETO, J. **The interactions of H⁺/ OH⁻ exchanges between roots and rhizosphere with plant nutrition and aluminum effects**. 1993. 280f. Ph.D. Thesis, University of Dundee.

MARSCHNER, H.; ROMHELD, V. In vivo measurement of root-induced pH changes at the soil-root interface: effect of plant species and nitrogen source. **Z. Pflazenphysiol.**, p.241-251, 1983.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, O. J. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

MUNNS, D. N.; FRANCO, A. A. Soil constraints to legume production. In: GRAHAM, P.H., HARRIS, S.C. (eds.). Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. Cali: CIAT, p. 133-152, 1982.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Aeração e adição de sais na produção de ácido indol acético por bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 997-1004, 2005.

RAVEN, J. A.; FRANCO, A. A.; JESUS, E. L.; JACOB-NETO, J. H⁺ extrusion and organic-acid synthesis in N₂-fixing symbiosis involving vascular plants. **New Phytologist**, v. 114, p. 369-389, 1990.

RAVEN, J. A.; SMITH, F. A. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. **New Phytologist**, p. 415-431, 1976.

SABINO, D. C. C.; **Metabolismo de nitrogênio em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) em associação com bactérias diazotróficas endofíticas**. 2003. 75f. Dissertação de Mestrado. Seropédica: UFRRJ.

VITTI, G. C., FAVARIN, J. L., RESENDE, L. O., TREVISAN, W. **Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: SERRANA/FEALQ/GAPE, 1999. 38p.

WEBER, O. B., BALDANI, J. I., DÖBEREINER, J. Bactérias diazotróficas em mudas de bananeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 11, p. 2277-2285, 2000.

WU, P., ZHANG, G., LADHA, J. K., MCCOUCH, S. R., HUANG, N. Molecular-marker-facilitated investigation on the ability to stimulate N₂ fixation in the rhizosphere by irrigated rice plants. **Theoretical Applied Genetics**, n. 91, p. 1177-1183, 1995.

YOKOYAMA, L. P., RUCATTI, E. G., KLUTHCOUSKI, J. **Economia da produção: conjuntura, mercados e custos**. In: VIEIRA, N. R. A., SANTOS, A. B., SANT'ANA, E. P. (eds.). A cultura do arroz no Brasil. Embrapa Arroz e Feijão, p. 36-57, 1999.