

Desenvolvimento vegetativo do arroz irrigado afetado pela inoculação com *Azospirillum* e aplicação de nitrogênio mineral

Bianchet, Paula¹; Luis Sangoi²; Clovis Arruda Souza^{2,4};
Osmar Klauberg-Filho³; Fernando Panison¹

¹Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal/UDESC, Lages-SC, Brasil; ²Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages-SC, Brasil; ³Departamento de Solos e Recursos Naturais, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages-SC, Brasil; ⁴clovis.souza@udesc.br

Bianchet, Paula; Luis Sangoi; Clovis Arruda Souza; Osmar Klauberg-Filho; Fernando Panison (2015) Desenvolvimento vegetativo do arroz irrigado afetado pela inoculação com *Azospirillum* e aplicação de nitrogênio mineral. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (2): 201-207

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo arroz. A associação com bactérias diazotróficas pode contribuir com o suprimento de N da cultura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de isolados de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* e da aplicação de doses crescentes de N mineral sobre o desenvolvimento vegetativo de cultivares de arroz irrigado cultivadas no sistema pré-germinado. O experimento foi implantado em casa de vegetação, num delineamento completamente casualizado, em esquema fatorial 2x3x5 com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por duas cultivares: Epagri 109 e SCS 115 CL; três inoculações (sem inoculação, inoculação com o isolado UDESC AI 27 e com o isolado UDESC AI 32); e cinco doses de N mineral (0; 20; 40; 60 e 80 mg de N kg⁻¹ solo). O incremento na dose de N mineral aumentou o número de perfilhos por planta, bem como a massa seca de raízes e de parte aérea das duas cultivares, tanto nas parcelas inoculadas quanto nas não inoculadas. A inoculação reduziu a massa de raízes, o número de folhas e a quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea da cultivar Epagri 109 e não interferiu na fitomassa de parte aérea das duas cultivares. Independentemente da dose de N mineral, a inoculação das sementes com isolados de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* não promoveu incrementos significativos no desenvolvimento vegetativo das cultivares de arroz irrigado Epagri 109 e SCS 115 CL.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, Fixação biológica de N, Produção de massa seca.

Bianchet, Paula; Luis Sangoi; Clovis Arruda Souza; Osmar Klauberg-Filho; Fernando Panison (2015) Vegetative development of paddy rice as affected by the inoculation with *Azospirillum* and mineral nitrogen fertilization. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (2): 201-207

Nitrogen is the nutrient taken up in higher amounts by rice. The association between rice and diazotrophic bacteria may contribute to supply N to the crop. This work was carried out aiming to evaluate the effect of inoculating diazotrophic bacteria isolates of *Azospirillum* and the application of increasing rates of mineral N on the vegetative development of paddy rice cultivars grown in the water-seeded system. The experiment was set in a green-house, using a completely randomized experimental design with a 2 x 3 x 5 factorial treatment arrangement and five replications. The following treatments were tested: two cultivars (Epagri 109 and SCS 115 CL); three inoculations (no inoculation, inoculation with isolate UDESC AI 27 and inoculation with isolate UDESC AI 32); and five nitrogen rates (0; 20; 40; 60 and 80 mg kg⁻¹ of N). The increment in nitrogen rate increased the number of tillers produced per plant, the root and shoot dry matter, in inoculated and non inoculated treatments. The inoculation reduced root dry mass, number of leaves and shoot nitrogen accumulation of cultivar Epagri 109 and did not change shoot dry matter of both cultivars. Regardless of nitrogen rate, seed inoculation with diazotrophic isolates of *Azospirillum* did not promote significant increments on vegetative development of paddy rice cultivars Epagri 109 and SCS 115 CL.

Key words: *Oryza sativa*, Nitrogen biological fixation, Dry mass production.

Recibido: 12/09/2014

Aceptado: 02/11/2015

Disponibile on line: 30/01/2016

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

O nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pela cultura do arroz. Em função disto, frequentemente utilizam-se doses elevadas de N para alcançar altos tetos produtivos. No entanto, a aplicação de altas doses de N nas lavouras de arroz irrigado pode promover perdas por volatilização e através da drenagem da água de irrigação, além de elevar o custo de produção da cultura (Knoblauch, 2011).

A fixação biológica de nitrogênio através da associação com bactérias endofíticas pode ser uma estratégia eficiente para atender parcialmente a demanda nitrogenada do arroz irrigado e diminuir a quantidade de fertilizante mineral aplicado na cultura (Bianchet et al., 2013). As bactérias endofíticas são assim denominadas por colonizarem o interior dos tecidos vegetais e não causarem danos aparentes (Saikia & Jain, 2007). Muitas bactérias endofíticas são diazotróficas, pois são capazes de fixar N_2 atmosférico. Diversos gêneros foram isolados na rizosfera do arroz, entre os quais se destacam *Azospirillum*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Herbaspirillum*, *Burkholderia* e *Pseudomonas* (Kennedy et al., 2004). As bactérias diazotróficas podem ainda contribuir para o crescimento vegetal através da síntese de fitormônios, envolvendo a produção de várias substâncias, tais como auxinas, citocininas, giberelinas e etileno (Ali et al., 2009; Menhaz & Lazarovits, 2006).

Trabalhos conduzidos por Guimarães et al. (2003), Silva et al. (2004) e Silva et al. (2007) indicaram a possibilidade da utilização de bactérias diazotróficas endofíticas como insumo biológico, disponibilizando nutrientes, promovendo o crescimento, aumentando a eficiência da aplicação de N nas lavouras e estimulando melhorias na produtividade da cultura do arroz. Vários fatores afetam a interação entre as bactérias diazotróficas e a planta em associação, tais como: a genética do isolado e da cultivar, o tipo de solo, o clima e a dose de N aplicada à cultura (Bianchet et al., 2013). A interação planta-microorganismo é muito importante para o sucesso da associação. A qualidade dos exsudados radiculares é responsável pela preferência de bactérias por cultivares e espécies vegetais. Diferentes respostas entre genótipos de arroz à inoculação foram observadas em experimentos conduzidos por Rodrigues et al. (2006) e Silva et al. (2004). Desta forma, a seleção de bactérias nativas e que já formam associações naturais com plantas de arroz cultivadas é importante para definir isolados promissores em estudos de inoculação (Silva et al., 2007).

Outro fator que influencia no crescimento da bactéria na planta é a aplicação de N mineral. A atividade da nitrogenase é inibida de forma rápida e reversível pela adição de N ao sistema. Entretanto, como se trata de uma associação entre planta e bactéria, o melhor desenvolvimento da planta propiciado pelo nitrogênio mineral melhora os resultados da fixação biológica de nitrogênio. Desta forma, a aplicação de doses de até $N\ 50\ kg\ ha^{-1}$ pode contribuir para resultados positivos no desenvolvimento do arroz (Sabino, 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de isolados de bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* encontrados nas regiões produtoras do Estado de Santa Catarina e da aplicação

de doses crescentes de N mineral sobre o desenvolvimento vegetativo de cultivares de arroz irrigado cultivadas no sistema pré-germinado.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no município de Lages, SC, de novembro de 2011 a janeiro de 2012. As unidades experimentais foram constituídas por vasos plásticos contendo 4 kg de solo seco e peneirado e quatro plantas por vaso. O solo é classificado como Cambissolo Háplico Distrófico, apresentando as seguintes características antes da instalação do experimento: pH $H_2O= 4,7$; índice SMP= 4,7; P= 4,0 $mg\ kg^{-1}$; K= 95 $mg\ kg^{-1}$; Ca= 1,9 $cmol_c\ kg^{-1}$; Mg= 0,6 $cmol_c\ kg^{-1}$; argila= 230 $g\ kg^{-1}$; e matéria orgânica= 23 $g\ kg^{-1}$.

O delineamento experimental foi completamente casualizado. Os tratamentos foram arrançados num fatorial (2 x 3 x 5) com cinco repetições. Eles foram constituídos por duas cultivares de arroz: Epagri 109, de ciclo tardio (superior a 140 dias) e SCS 115 CL de ciclo médio (130 dias); três inoculações com bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* (sem inoculação, inoculação com o isolado UDESC AI 27 e com o isolado UDESC AI 32); e cinco doses de N mineral (0; 20; 40; 60 e 80 $mg\ de\ N\ kg^{-1}$ de solo). A escolha dos isolados foi baseada em trabalho desenvolvido por Cardoso (2008), que em levantamento feito nas principais regiões produtoras de arroz de Santa Catarina, identificou UDESC AI 27 e UDESC AI 32 como as rizobactérias mais promissoras na fixação biológica de nitrogênio e na produção de auxinas, respectivamente. As doses testadas de nitrogênio mineral equivalem à aplicação de 0; 40; 80 e 160 $kg\ ha^{-1}$ de N, considerando a camada de 0 a 20 cm e 2.000.000 de kg de solo.

O solo foi inundado 30 dias antes da semeadura, de forma semelhante ao que é feito a campo no sistema pré-germinado de cultivo de arroz, onde os quadros são inundados durante o preparo do solo para estabilização das reações de redução antes da semeadura. A adubação foi definida pela necessidade indicada pela análise de fertilidade do solo, seguindo as recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Eberhardt & Schiocchet, 2012). Foram aplicadas quantidades equivalentes a 50 $kg\ P_2O_5\ ha^{-1}$ e 50 $kg\ K_2O\ ha^{-1}$, as quais foram corrigidas para 4 kg de solo em cada unidade experimental. O fósforo e o potássio foram incorporados ao solo dois dias antes da semeadura. A adubação nitrogenada foi realizada em duas aplicações de cobertura quando as plantas estavam no estádio V4 (colar formado na quarta folha do colmo principal) e V8 (colar formado na oitava folha do colmo principal) da escala fenológica proposta por Counce et al. (2000). Em cada estádio aplicou-se 0; 10; 20; 30 e 40 $mg\ de\ N\ kg^{-1}$ de solo (correspondentes à metade da dose por tratamento), via líquida. A fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia.

As sementes foram desinfetadas através da imersão em álcool por 5 minutos e após em hipoclorito de sódio por 30 segundos. Em seguida foram lavadas com água destilada. A pré-germinação foi realizada seguindo metodologia descrita por Eberhardt & Schiocchet (2012). Após a pré-germinação, as sementes foram

imersas em inoculante líquido por 3 horas. Para o preparo do inoculante colônias purificadas foram multiplicadas em meio de cultura DYGS por 24h sob agitação constante e temperatura de 28°C, conforme procedimento descrito por Bianchet et al. (2013). A concentração do inoculante era de 10^8 células mL⁻¹ no momento da inoculação. A semeadura foi realizada no dia 28 de novembro de 2011.

A colheita do experimento foi realizada no dia 28 de janeiro de 2012, 60 dias após a semeadura, quando as plantas se encontravam no estágio V10 (colar formado na décima folha do colmo principal, faltando três folhas para o surgimento da folha bandeira) da escala proposta por Counce et al. (2000). No dia da colheita, foram realizadas avaliações morfológicas de parte aérea, utilizando-se as quatro plantas contidas em cada repetição. Avaliaram-se o número de perfilhos por planta, o número de folhas totais e senescidas por unidade experimental, e o índice relativo de clorofila (IRF). A avaliação do IRF foi feita com clorofilômetro portátil, marca Clorofilog 1030 Falker, realizando a leitura na última folha completamente expandida das plantas de arroz.

Durante a colheita, as quatro plantas foram cortadas, separando-se raiz e parte aérea. As raízes foram lavadas e deixadas 2 minutos em papel toalha e pesadas, obtendo-se o peso úmido. Após foi retirada uma amostra de 0,2g para determinação da área e volume das raízes. A área radicular foi calculada conforme procedimento utilizado por Horn et al. (2006) pela fórmula $A = (2\pi RL)$ e o volume $V = (\pi R^2)L$. O restante das raízes e a parte aérea foram levados a estufa a 60°C até atingirem peso constante para determinação da massa seca.

Após, as amostras foram moídas para a determinação da porcentagem de N no tecido conforme metodologia utilizada por Vargas et al. (2012), através de digestão sulfúrica e destilação por arraste de vapores de NH₃, utilizando o método semi-micro Kjeldahl. Para a determinação do N acumulado nas plantas multiplicou-se o teor de N no tecido pela biomassa seca da raiz e da parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando alcançada a significância estatística, foram ajustadas curvas de regressão para as doses de N, contrastes de médias para as inoculações e teste DMS para as cultivares, a 5% de probabilidade de erro (P<0,05). Foram testados dois contrastes para avaliar o efeito das inoculações: C1= sem inoculação x inoculado e C2= Isolado AI 27 x Isolado AI 32.

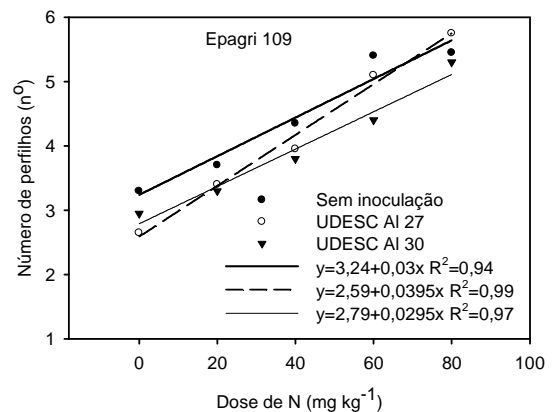
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de perfilhos produzidos por planta variou em função da interação tríplice entre cultivar x inoculante x dose de N mineral. Ele aumentou linearmente para as duas cultivares conforme o incremento na dose de N (Figura 1). A disponibilidade de nitrogênio é um dos fatores que mais interferem sobre a emissão de perfilhos nas plantas da família *Poaceae* (Almeida et al., 2004). Em função disto, o aumento na dose de N mineral incrementou o número de perfilhos produzidos

tanto nas parcelas inoculadas quanto nas que não receberam inoculação.

As bactérias diazotróficas geralmente apresentam melhor desenvolvimento em ambientes onde se aplicam pequenas doses de N (Sabino, 2007). No entanto, não houve um aumento consistente no número de perfilhos produzidos por planta com o uso dos isolados UDESC AI 27 e UDESC AI 32, em relação às parcelas não inoculadas, independentemente da dose de N mineral e da cultivar (Figura 1). Em ensaio realizado a campo com arroz cultivado em terras altas com irrigação por aspersão, Reichemback et al. (2011) verificaram aumento de 25% na produção de grãos pela inoculação com *Azospirillum brasiliense*. Este acréscimo foi devido ao aumento no número de panículas por área, componente definido na fase de perfilhamento da cultura. A irrigação por inundação utilizada no sistema pré-germinado de cultivo por ocasião do preparo de solo antecipa a elevação do pH do solo e solubilização de fosfatos de alumínio, proporcionando melhores condições de fertilidade do solo para o desenvolvimento da cultura do arroz (Eberhardt & Schiocchet, 2012). Isto pode ter mitigado os efeitos positivos da inoculação com bactérias diazotróficas sobre o perfilhamento.

A



B

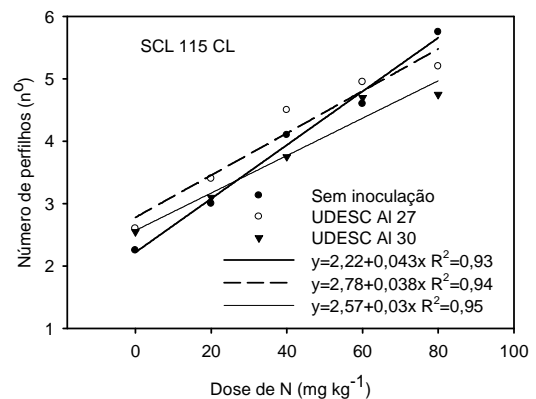


Figura 1. Números de perfilhos produzidos por planta de arroz das cultivares Epagri 109 (A) e SCS 115CL (B) submetidas a inoculações com bactérias promotoras de crescimento vegetal e a doses crescentes de N mineral. Local, UF.

Houve redução no número total de folhas produzidas pela cultivar Epagri 109 quando as plantas foram inoculadas com bactérias promotoras de crescimento (Tabela 1). O mesmo não ocorreu na cultivar SCS 115 CL, que não apresentou diferenças entre as parcelas inoculadas e não inoculadas. Quando as plantas de SCS 115 CL foram inoculadas, elas apresentaram número total de folhas semelhante ao da Epagri 109. Quando as plantas não foram inoculadas, o valor foi maior para a cultivar Epagri 109.

O número de folhas senescentes da cultivar SCS 115 CL foi maior do que o da cultivar Epagri 109 tanto nas parcelas inoculadas quanto nas não inoculadas (Tabela 1). A cultivar SCS 115 CL apresenta ciclo médio e, conseqüentemente, um desenvolvimento fenológico mais rápido que a cultivar Epagri 109 (Streck et al., 2006). Isto provavelmente acelerou a senescência foliar desta cultivar ao final do período de avaliação. Não houve efeito significativo da inoculação ou dos inoculados sobre o número de folhas senescentes.

O índice relativo de clorofila foi afetado pela interação entre cultivar e inoculação. Ele foi sempre maior na

cultivar SCS 115 CL do que na Epagri 109 (Tabela 1). O IRC é um indicador do nível de N dos cereais (Rambo et al., 2007; 2011). Os maiores valores encontrados na cultivar de ciclo precoce possivelmente se devem a maior absorção de N aos 60 dias após a semeadura. O isolado AI 32 propiciou maior IRC do que o AI 27 na cultivar SCS 115 CL. Isto pode ter ocorrido em função do seu maior potencial de fixação de N, detectado em trabalho conduzido por Cardoso (2008). Houve interação entre cultivar e inoculações sobre o nitrogênio acumulado na parte aérea. Na cultivar Epagri 109, as inoculações reduziram em 9% a absorção de N pela parte aérea das plantas (Tabela 2). Para a cultivar SCS 115 CL, o acúmulo de N diferiu apenas entre os isolados, sendo o maior valor obtido com o isolado AI 32. Isto corroborou o maior índice relativo de clorofila apresentado pela SCS 115 CL quando inoculada com o AI 32 (Tabela 1). O acúmulo de N foi similar para as duas cultivares nas parcelas não inoculadas e inoculadas com o isolado AI 27. Quando as cultivares foram inoculadas com o isolado AI 32, a cultivar SCS 115 CL apresentou maior acúmulo.

Tabela 1. Número de folhas totais, senescentes e índice relativo de clorofila das cultivares de arroz Epagri 109 e SCS 115 CL em função da inoculação com bactérias diazotróficas, na média de cinco doses de N mineral. Lages, SC. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo Teste DMS ($P < 0,05$). C1= sem inoculação x inoculado; C2= isolado AI 27 x isolado AI 32. * = significativo a 5%; ns = não significativo.

Inoculações	Folhas totais (n°)		Folhas senescentes (n°)		Índice relativo de clorofila	
	Epagri 109	SCS 115 CL	Epagri 109	SCS 115 CL	Epagri 109	SCS 115 CL
Sem Inoculação	21,8 A	20,5 B	5,8 B	6,3 A	27,7 B	29,1 A
UDESC AI 27	20,5 A	20,9 A	5,7 B	6,5 A	27,9 B	28,8 A
UDESC AI 32	20,0 A	21,4 A	5,2 B	6,9 A	27,4 B	29,8 A
Contrastes	Probabilidades		Probabilidades		Probabilidades	
C1	0,00008 *	0,174 ns	0,177 ns	0,164 ns	0,955 ns	0,667 ns
C2	0,345 ns	0,381 ns	0,08 ns	0,156 ns	0,216 ns	0,017 *

Tabela 2. Nitrogênio acumulado na parte aérea e nas raízes das cultivares de arroz Epagri 109 e SCS 115 CL em função da inoculação com bactérias diazotróficas, na média de cinco doses de N mineral. Lages, SC. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo Teste DMS ($P < 0,05$). C1= sem inoculação x inoculado; C2= isolado AI 27 x isolado AI 32. * = significativo a 5%; ns = não significativo.

Inoculações	N acumulado P.A. (mg pl ⁻¹)		N acumulado raízes (mg pl ⁻¹)	
	Epagri 109	SCS 115 CL	Epagri 109	SCS 115 CL
Sem Inoculação	35,1 A	34,7 A	8,0 A	7,7 B
UDESC AI 27	33,5 A	33,5 A	8,0 B	10,4 A
UDESC AI 32	30,4 B	36,7 A	7,3 B	10,3 A
Contrastes	Probabilidades		Probabilidades	
C1	0,011*	0,735 ns	0,51 ns	0,0001*
C2	0,028*	0,020 *	0,26 ns	0,82 ns

O N acumulado nas raízes da cultivar Epagri 109 não sofreu influência da inoculação (Tabela 2). Já a cultivar SCS 115 CL teve um incremento na absorção de N pelas raízes quando foi inoculada com os isolados de bactérias promotoras de crescimento. Quando as plantas não foram inoculadas, o acúmulo de N foi maior nas raízes da cultivar Epagri 109. Quando as plantas foram inoculadas, o acúmulo de N foi maior nas raízes da cultivar SCS 115 CL. Em arroz de sequeiro, Guimarães et al. (2003) encontraram um acúmulo de N nas plantas inoculadas 32% superior que no tratamento controle. No presente trabalho, este efeito foi menor e só foi observado nas raízes da cultivar SCS 115CL. As plantas cultivadas em solo seco dependem mais de um maior sistema radicular, para aumentar a capacidade de absorção de nutrientes. No solo alagado, a disponibilidade de nutrientes é aumentada pelo ambiente reduzido e o meio aquoso facilita a absorção de nutrientes, garantindo um bom desenvolvimento vegetal (Marchesan et al., 2007). Isto pode ter mitigado os benefícios da inoculação sobre a absorção e acúmulo de N pelas plantas.

A massa seca de parte aérea foi afetada pelas interações entre cultivar x dose e cultivar x inoculante. Quando as plantas não foram inoculadas, a produção de fitomassa das duas cultivares não diferiu estatisticamente (Tabela 3). Para as plantas inoculadas com os dois isolados, a produção de fitomassa da cultivar SCS 115 Cl foi superior a da cultivar Epagri 109. Não houve diferenças significativas na produção de massa seca de parte aérea entre parcelas inoculadas e não inoculadas e nem entre os isolados UDESC AI 27 e UDESC AI 32 para as duas cultivares. Por outro lado, Guimarães et al. (2003), estudando a inoculação de bactérias em arroz cultivado no sistema sequeiro, verificaram incremento de 111% na fitomassa de plantas inoculadas com estirpes de *Herbaspirillum* e cultivadas em casa de vegetação por 40 dias. É possível que o cultivo de arroz no sistema pré-germinado possibilite melhor desenvolvimento das plantas, devido aos benefícios do alagamento, reduzindo a percepção dos benefícios advindos da inoculação com bactérias diazotróficas (Araújo, 2008; Kuss et al., 2007).

A produção de massa seca da cultivar Epagri 109 aumentou linearmente e a da cultivar SCS 115 CL de forma quadrática com o aumento da dose de N, na média das três inoculações (Figura 2). Não houve diferença entre cultivares na fitomassa de parte aérea quando não se aplicou nitrogênio mineral. Nas demais doses, a cultivar SCS 115 CL apresentou maior produção de massa seca que a Epagri 109. O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelo arroz irrigado e o que proporciona a maior produção de fitomassa pelas plantas (Eberhardt & Schiocchet, 2012). Este comportamento foi confirmado no presente trabalho. Desta forma, quanto maior a disponibilidade de N maior a produção de massa seca. No entanto, diferentes genótipos de arroz respondem de forma distinta à adubação nitrogenada (Fageria et al., 2007). A cultivar SCS 115 CL apresenta maior precocidade do que a Epagri 109. Isto fomentou um crescimento mais rápido da SCS 115 CL, promovendo maior produção de massa seca aos 60 dias após a semeadura quando se aplicou nitrogênio em cobertura.

Tabela 3. Massa seca de parte aérea, área e volume de raízes das cultivares de arroz Epagri 109 e SCS 115 CL em função da inoculação com bactérias diazotróficas, na média de cinco doses de N mineral. Lages, SC. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo Teste DMS ($P < 0,05$). C1= sem inoculação x inoculado; C2= isolado AI 27 x isolado AI 32. * = significativo a 5%; ns = não significativo.

Inoculações	Massa seca parte aérea (g pl ⁻¹)	
	Epagri 109	SCS 115 CL
Sem Inoculação	2,6 A	2,7 A
UDESC AI 27	2,6 B	2,9 A
UDESC AI 32	2,3 B	3,0 A
Contrastes		Probabilidades
C1	0,49 ns	0,50 ns
C2	0,14 ns	0,17 ns
Inoculações	Área radicular (cm ² pl ⁻¹)	
	Epagri 109	SCS 115 CL
Sem Inoculação	98 A	91 A
UDESC AI 27	87 B	100 A
UDESC AI 32	83 B	96 A
Contrastes		Probabilidades
C1	0,02 *	0,22 ns
C2	0,57 ns	0,58 ns
Inoculações	Volume radicular (cm ³ pl ⁻¹)	
	Epagri 109	SCS 115 CL
Sem Inoculação	19 A	18 A
UDESC AI 27	18 B	21 A
UDESC AI 32	16 B	20 A
Contrastes		Probabilidades
C1	0,02 *	0,02*
C2	0,22 ns	0,30 ns

A massa seca de raízes das duas cultivares variou conforme o aumento da dose N, tanto nas parcelas inoculadas quanto nas que não receberam inoculação (Figura 2). Quando não houve inoculação, a produção de massa seca de raiz da cultivar Epagri 109 aumentou linearmente com o aumento da dose de N mineral. Já quando as sementes foram inoculadas, o comportamento foi quadrático. A massa seca de raízes da cultivar SCS 115 também aumentou com o incremento da dose da N mineral. Contudo, o aumento ocorreu de forma linear quando não inoculada e inoculada com o isolado UDESC AI 32 e quadrática para as plantas inoculadas com o isolado UDESC AI 27. A inoculação promoveu incremento da massa radicular desta cultivar para todas as doses de N. Nas plantas que não receberam adubação nitrogenada, não houve diferença na massa radicular entre parcelas inoculadas e não inoculadas. O comportamento da massa seca de raízes da cultivar SCS 115 confirmou a hipótese levantada por Sabino (2003) de que a presença de nitrogênio mineral no solo pode favorecer o estabelecimento da associação entre as bactérias diazotróficas endofíticas e a planta de arroz.

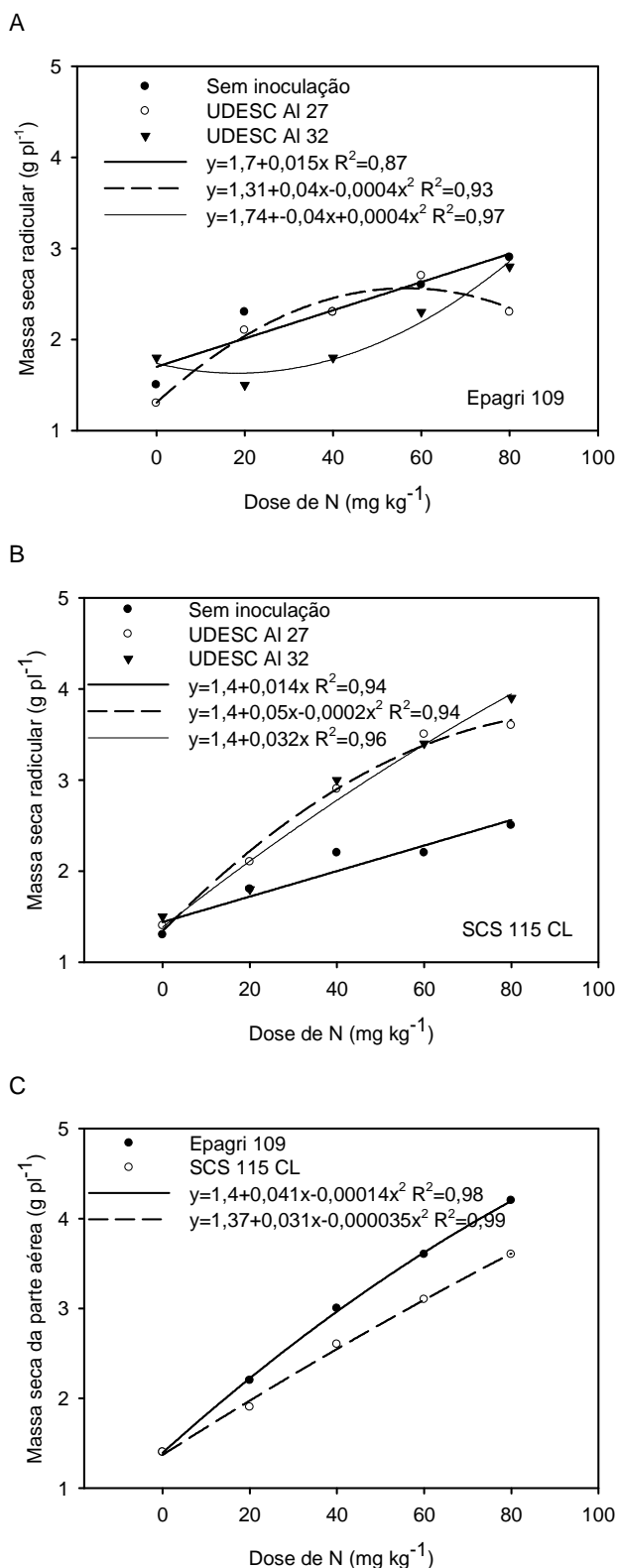


Figura 2. Massa seca de raízes de arroz, em função da inoculação, nas cultivares Epagri 109 (A) e SCS 115 CL (B) submetidas a doses crescentes de N mineral. (C) Efeitos simples das doses N mineral de sobre a massa seca de parte aérea nas cultivares de arroz Epagri 109 e SCS 115 CL.

A área e o volume radiculares foram afetados pela interação entre cultivar e inoculação. A área radicular foi similar para as duas cultivares quando não inoculadas com bactérias diazotróficas (Tabela 3). Nas parcelas inoculadas, a cultivar SCS 115 CL apresentou maior área de raízes que a Epagri 109. Houve redução da área radicular quando a cultivar Epagri 109 foi submetida à inoculação. Para a cultivar SCS 115 CL não se constatou efeito significativo da inoculação. Quando as plantas não foram inoculadas, as duas cultivares apresentaram volume semelhante de raízes. Quando foram inoculadas com os dois isolados, a cultivar SCS 115 CL apresentou maior volume radicular. A inoculação com bactérias diazotróficas promoveu efeitos distintos para as duas cultivares de arroz, incrementando o volume radicular na SCS 115 CL e reduzindo-o na Epagri 109. As diferenças observadas no desenvolvimento radicular as duas cultivares em função da inoculação podem ser explicadas pelas características genéticas de cada genótipo de arroz. A presença de bactérias nos tecidos radiculares das plantas pode modificar a expressão dos genes que codificam o desenvolvimento das raízes, determinando mudanças nos arranjos celulares e no tamanho radicular com respostas distintas para diferentes genótipos (Dobbelaere et al., 2003).

Este trabalho foi conduzido com base nas hipóteses de que a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* estimula um maior desenvolvimento vegetativo do arroz irrigado cultivado no sistema pré-germinado e de que este efeito é dependente da dose de N mineral. Estas hipóteses não foram confirmadas pelas variáveis mensuradas no experimento. A cultivar Epagri 109 apresentou menor área e volume de raízes, menor número de folhas e menor quantidade de nitrogênio nas parcelas inoculadas do que nas não inoculadas. Portanto, não houve benefícios da utilização de bactérias diazotróficas para o desenvolvimento vegetativo desta cultivar. Comportamento similar foi observado por Bianchet et al. (2013), avaliando o efeito de formulações simples e mista de inoculantes com bactérias diazotróficas sobre o crescimento inicial desta cultivar. Por outro lado, a inoculação aumentou o volume radicular e a quantidade de nitrogênio nas raízes da cultivar SCS 115 CL, embora não tenha afetado a fitomassa e a quantidade de N presente na parte aérea.

Os benefícios advindos da inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* sobre o arroz irrigado foram menos expressivos do que os reportados por Guimarães et al. (2003) e Reischembach et al. (2011) para o arroz de sequeiro, confirmando a importância da interação planta, bactéria e ambiente para definir o sucesso da utilização de bactérias diazotróficas como estratégia para fomentar o desenvolvimento vegetativo do arroz.

CONCLUSÕES

O aumento na dose de nitrogênio mineral estimulou a produção de massa seca de raízes e parte aérea, tanto nas parcelas inoculadas quanto nas não inoculadas. A inoculação com bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* não promoveu incrementos consistentes

no desenvolvimento vegetativo das cultivares de arroz irrigado Epagri 109 e SCS 115 CL.

BIBLIOGRAFIA

- Ali, B., A.N. Sabri, K. Ljung & S. Hasnain.** 2009. Auxin production by plant associated bacteria: impact on endogenous IAA content and growth of *Triticum aestivum* L. Letters in Applied Microbiology 48(5): 542-547.
- Araújo, A.E.** 2008. Caracterização e uso de bactérias diazotróficas isoladas de diferentes cultivares de arroz originárias do estado do Maranhão. Tese (Doutorado) - Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 99pp
- Almeida, M.L., L. Sangoi, A. Merotto Jr., A.C. Alves, I.C. Nava, A.C. Knopp.** 2004. Tiller emission and dry mass accumulation of wheat cultivars under different kind of stresses. Scientia Agrícola 61(3): 266-270.
- Bianchet, P., L. Sangoi, O. Klauberg Filho, D.J. Miquelluti, M.A. Ferreira & J.P. Vieira.** 2013. Formulações simples e mista de inoculantes com bactérias diazotróficas, sob diferentes doses de nitrogênio na cultura do arroz irrigado. Semina: Ciências Agrárias 34(6): 2220-2226.
- Cardoso, I.C.M.** 2008. Ocorrência e diversidade de bactérias endofíticas do gênero *Azospirillum* na cultura do arroz irrigado em Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo) - Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. 75pp
- Counce, P.A., T.C. Keisling & A.J. Mitchell.** 2000. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. Crop Science 40(4): 436-443.
- Dobbelaere, S., J. VanderLeyden & Y. Okon.** 2003. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. Critical Reviews in Plant Sciences 22(2): 107-149.
- Eberhardt, D.S. & M.A. Schiocchet.** 2012. Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina (Sistema Pré-Germinado). Florianópolis: Epagri, 83pp
- Fageria, N.K., A.B. Santos & V.A. Cutrim.** 2007. Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciadas pela fertilização nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42(7): 1029-1034.
- Guimarães, S.L., J.I. Baldani & V.L.D. Baldani.** 2003. Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em arroz de sequeiro. Agronomia 37(2): 25-30.
- Horn, D., P.R. Ernani, L. Sangoi, C. Schweitzer & P.C. Cassol.** 2006. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. Revista Brasileira de Ciência do Solo 30(1): 77-85.
- Kennedy, I.R., A.T.M.A. Choudhury & M.L. Kecskés.** 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36(10): 1229-1244.
- Knoblauch, R.** 2011. Dinâmica do nitrogênio em solos alagados destinados ao cultivo de arroz irrigado. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) – Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. 108pp
- Kuss, A.V., V.V. Kuss, T. Lovato & M.L. Flôres.** 2007. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42(10): 1459-1465.
- Marchesan, E., G.A. Garcia, E.R. Camargo, P.F.S. Massoni, D.R. Arosemena & A.P.B.B. Oliveira.** 2007. Manejo da irrigação em cultivares de arroz no sistema pré-germinado. Ciência Rural 37(1): 45-50.
- Menhaz, S. & G. Lazarovits.** 2006. Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Ghiconacetobacter azatocaptans* and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. Microbial Ecology 51(3): 326-335.
- Rambo, L., P.R.F. Silva, M.L. Strieder, L. Sangoi, C. Bayer & G. Argenta.** 2007. Monitoramento do nível de nitrogênio na planta e no solo para predição da adubação nitrogenada em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42(3): 407-417.
- Rambo, L., P.R.F. Silva, M.L. Strieder, A.A. Silva, L. Sangoi & V.M. Vieira.** 2011. Índices nutricionais de N e produtividade de milho em diferentes níveis de manejo e de adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46(3): 390-397.
- Reichemback, M.P., O.A. Arf, G. Thomazini, R.A.F. Rodrigues & D.C. Gitti.** 2011. Inoculação de *Azospirillum brasiliense* e fontes de nitrogênio mineral em arroz de terras altas irrigado por aspersão. Anais VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. v.2. p.259-262.
- Rodrigues, L.S., V.D.L. Baldani, V.M. Reis & J.I. Baldani.** 2006. Diversidade de bactérias diazotróficas endofíticas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Burkholderia* na cultura do arroz inundado. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41(2): 275-284.
- Sabino, D.C.C.** 2007. Interação planta-bactéria diazotrófica na cultura do arroz RJ: Seropédica, Tese de Doutorado em Ciências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 54pp.
- Saikia, S.P. & V. Jain.** 2007. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable target or a dogma? Current Science 92(3): 317-322.
- Silva, D.M., M.R. Fries, Z.I. Antonioli, C. Aita, M. Voss, R.J.S. Jacques, J. Seminotti & C.A. Carvalho.** 2004. Bactérias diazotróficas em solos cultivados com arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). Revista Brasileira de Agrociência 10(4): 467-474.
- Silva, D.M., Z.I. Antonioli, R.J.S. Jacques & M. Voss.** 2007. Bactérias diazotróficas nas folhas e colmos de plantas de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.). Revista Brasileira de Agrociência 13(2): 181-187.
- Streck, N.A., L.C. Bosco, S. Michelin, L.C. Walter & E. Marcolin.** 2006. Duração do ciclo de desenvolvimento de cultivares de arroz em função da emissão de folhas. Ciência Rural 36(4): 1086-1093.
- Vargas, V.P., L. Sangoi, P.R. Ernani, E. Siega, G. Carniel & M.A. Ferreira.** 2012. Os atributos nas folhas são mais eficientes que o N mineral no solo para avaliar a disponibilidade deste nutriente para o milho. Bragantia 71(2): 245-255.