

Inoculação com *Azospirillum brasilense* e redução da adubação nitrogenada em arroz de terras altas

Inoculation with *Azospirillum brasilense* and fertilizer reduction in upland rice

Inoculación con *Azospirillum brasilense* y reducción de la fertilización con nitrógeno en arroz de secano

Recebido: 20/05/2021 | Revisado: 29/05/2021 | Aceito: 01/06/2021 | Publicado: 14/06/2021

Letícia Zylmennith de Souza Sales

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7498-3853>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: l.zylmennith@gmail.com

Nayara Fernanda Siviero Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3806-9698>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: nayaragarcia.agro@gmail.com

Juliana Trindade Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5391-0118>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: juliana29martins@gmail.com

Fernando de Souza Buzo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4103-8171>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: fsbuzo@gmail.com

Lucas Martins Garé

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6331-2499>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: lucasmgare@gmail.com

Ricardo Antônio Ferreira Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8222-3851>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: ricardo.rodrigues@unesp.br

Orivaldo Arf

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8468-0773>

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Brasil

E-mail: o.arf@unesp.br

Resumo

O arroz é um cereal presente na alimentação básica diária brasileira, cuja demanda tem sido maior à medida do aumento populacional. Também é uma cultura que, no regime de terras altas, ganhou espaço por possibilitar aproveitamento e recuperação de áreas. Portanto, pode garantir rentabilidade ao produtor e complementar a demanda pelo grão no mercado. Tendo em vista sistemas de produção sustentáveis e que impulsionam a produtividade do arroz, a inoculação de sementes com *Azospirillum* pode ser uma alternativa visto que aumenta a superfície de absorção hídrica, nutricional e fornecimento de N via fixação biológica de nitrogênio, além de gerar economia ao produtor pela redução do uso de insumos minerais. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de sementes de arroz com *Azospirillum brasilense* associada a doses de adubação nitrogenada em semeadura e cobertura recomendadas (0, 50 e 100%). Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco repetições. O estudo foi desenvolvido no ano agrícola de 2012/13 em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, em Selvíria – MS. A presença de 100% da dose de N reduziu a massa hectolétrica de grãos. A inoculação com *A. brasilense* + 50% da dose de N e, ausência de inoculação + 100% da dose de N proporcionaram incremento no número de panículas m⁻². A inoculação com *A. brasilense* associada ou não à adubação com 50% da dose de N incrementou a produtividade do arroz de terras altas.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; Bactérias diazotróficas; Nitrogênio; Produtividade.

Abstract

The rice is a cereal present in the daily Brazilian basic nutrition which, the demand grows as population increases. Upland rice is a kind of agricultural crop that it has gained space because it is able to use and to recover soils of areas while to ensure income to producers and it supply the demand for the grain. Therefore, technologies are

necessary to increase the yield in upland rice, which are more sustainable and which can reduce the cost of production in agricultural areas. The objective of work was to evaluate the seed inoculation of rice with *Azospirillum brasilense* associated with doses of recommended nitrogen fertilization doses in sowing and topdressing (0, 50 e 100%). The experimental design was randomized blocks with four replications. The study was developed in the 2013/14 season in a typical dystrophic Red Latosol (Oxisol), in Selvíria - MS. The presence of 100% of the recommended N dose reduced the hectolitic mass of grains. The inoculation with *A. brasilense* + 50% of the recommended N dose and, absence of inoculation + 100% of the recommended N dose provided increase in the number of panicles m⁻². The inoculation with *A. brasilense* associated or not to the fertilization with 50% of the recommended N dose fostered gains in yield of upland rice.

Keywords: *Oryza sativa* L.; Diazotrophic bacteria; Nitrogen; Yield.

Resumen

El arroz es un cereal presente en la alimentación básica diaria brasileña, cuya demanda ha sido mayor a medida que aumenta la población. También es una cultura que, en el régimen de secano, ganó espacio para el aprovechamiento y recuperación de espacios. Por lo tanto, puede garantizar la rentabilidad al productor y complementar la demanda del grano en el mercado. En vista de los sistemas de producción sustentables que impulsan la productividad del arroz, la inoculación de semillas con *Azospirillum* puede ser una alternativa ya que aumenta la superficie de agua, la absorción nutricional y el aporte de N vía fijación biológica de nitrógeno, además de generar ahorros para el productor al reducir el uso de insumos minerales. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación de semillas de arroz con *Azospirillum brasilense* asociado a dosis de fertilización nitrogenada en siembra y cobertura recomendada (0, 50 y 100%). Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. El estudio se realizó en el año agrícola 2012/13 en un típico RED LATOSOL arcilloso distrófico, en Selvíria - MS. La presencia del 100% de la dosis de N redujo la masa hectolitrica de granos. La inoculación con *A. brasilense* + 50% de la dosis de N y la ausencia de inoculación + 100% de la dosis de N proporcionaron un aumento en el número de panículas m⁻². La inoculación con *A. brasilense* asociada o no a la fertilización con 50% de la dosis de N aumentó la productividad del arroz de secano.

Palabras clave: *Oryza sativa* L.; Bacterias diazotróficas; Nitrógeno; Productividad.

1. Introdução

O arroz é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo, sendo o Brasil o nono maior produtor e oitavo maior exportador a nível mundial (Mattos et al., 2017). Assim como no Brasil, o arroz é a base alimentar da população de outros países que estão em constante crescimento, gerando aumento da demanda pelo grão e, conseqüentemente, por tecnologias e práticas que viabilizem o aumento de produtividade nos campos de produção.

No Brasil, cerca de 80% do total produzido, concentra-se na região sul, destacando-se os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina como líderes em produtividade, onde é conduzido em sistema irrigado por inundação, condições consideradas ótimas quanto à disponibilidade hídrica (CONAB, 2019). Entretanto, o cultivo de arroz de terras altas ganhou maior visibilidade em virtude do interesse de pequenos produtores para consumo próprio e comercialização do excedente (Parizotto et al., 2018), da adoção do Sistema Barreirão para recuperação/renovação de pastagens degradadas (Torres et al., 2018) e consórcio e rotação de culturas (CONAB, 2019).

Para as culturas de forma geral, o nitrogênio (N) se destaca como um dos fatores limitantes para seu desenvolvimento, uma vez que é constituinte de moléculas orgânicas que desempenham papéis fundamentais no metabolismo vegetal, tais como clorofilas que, por sua vez incrementam em área foliar das plantas e, conseqüentemente na eficiência da interceptação de raios solares, taxa fotossintética e, portanto, na produtividade de grãos. (Fageria e Stone, 2003)

Segundo Fageria e Barbosa Filho (2001) na cultura do arroz, o N reproduz efeitos sobre número de panículas por área e espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, peso dos grãos e comprimento de panículas. Entretanto, o N é o nutriente de maior custo dentre os fertilizantes e, quando manejado inadequadamente, é iminente a ocorrência de contaminação de solos e águas (Campos et al., 2003). Também, na cultura do arroz, o excesso de N proporciona maior altura de plantas, aumentando o risco de acamamento (Alvarez et al., 2007), fato que provoca grandes perdas na colheita.

Diante disso, busca-se práticas que fomentem o aumento da eficiência do uso de insumos agrícolas e aporte de N em doses adequadas, destacando-se a fixação biológica de nitrogênio (FBN) que, por sua vez é baseada no uso de bactérias capazes de captar o N_2 atmosférico e disponibilizar às plantas, possibilitando a redução do uso de insumos e melhor aproveitamento destes (Guimarães et al., 2003).

O *Azospirillum brasilense* é uma espécie de bactérias fixadoras de N que promove maior crescimento de parte aérea e de raízes devido à produção de fitormônios (Radwan et al., 2004). Diversos trabalhos já foram realizados com espécies do gênero *Azospirillum* visando incremento de produtividade e redução de doses de N, isso porque plantas com sistema radicular mais desenvolvido têm maior capacidade de absorção hídrica e nutricional (Campos et al., 2003; Gitti et al., 2013; Rodrigues et al., 2015).

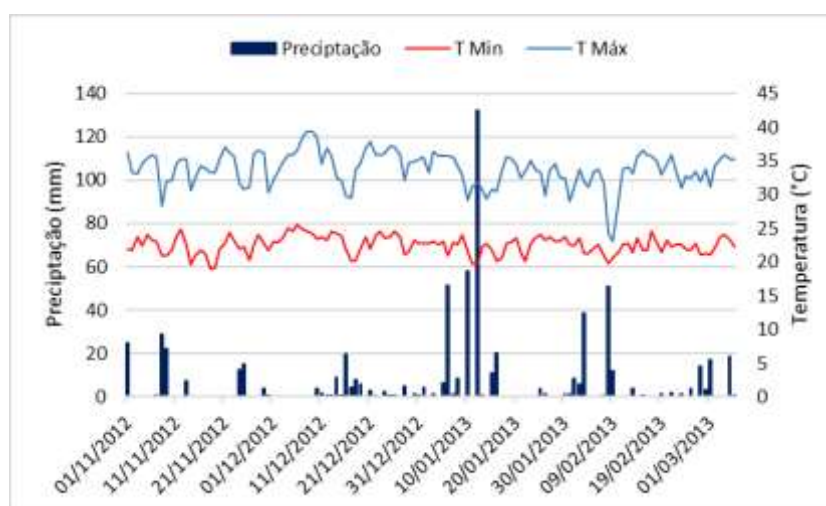
O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento, produtividade e qualidade industrial do arroz de terras altas, sob diferentes formas de fornecimento de N, cujas incluem inoculação de *A. brasilense* nas sementes associado a doses de nitrogênio na forma de ureia em solos de cerrado.

2. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS (20°22' S; 51°22' O e altitude de 335 m) em 2012.

O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (Santos, 2018). A média anual de precipitação é 1.370 mm, temperatura média anual é 23.5 °C e a umidade relativa média anual é entre 70 e 80%. As condições climáticas durante a condução do experimento são demonstradas na Figura 1.

Figura 1. Valores de precipitação e temperaturas máxima e mínima na área experimental entre o período de semeadura e colheita de arroz de terras altas safra 2012/2013.



Fonte: Autores.

As características químicas do solo foram determinadas antes da instalação do experimento seguindo a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001), apresentando os seguintes valores: P (resina) = 11 mg dm^{-3} ; M.O. = 21 g dm^{-3} ; pH (CaCl₂) = 5,2; K = 3,0 mmol_c dm^{-3} , Ca = 15,0 mmol_c dm^{-3} , Mg = 10 mmol_c dm^{-3} , H+Al = 19 mmol_c dm^{-3} , CTC = 47 mmol_c dm^{-3} e V = 59%.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos, constituídos por doses de N e inoculação com *Azospirillum brasilense* sendo T₁: testemunha absoluta (ausência de inoculação com *A. brasilense* + ausência de N mineral), T₂: 100% da dose recomendada de N (20 kg ha⁻¹ de N em semente + 80 kg ha⁻¹ de N em cobertura); T₃: Inoculação com *A. brasilense* e sem N mineral; T₄: Inoculação com *A. brasilense* e 50% da dose de N mineral (10+40 kg ha⁻¹ de N); T₅: Inoculação com *A. brasilense* e 100% da dose de N mineral (20+80 kg ha⁻¹ de N)], com 5 repetições. A adubação nitrogenada seguiu a recomendação de Cantarella et al. (1997).

A inoculação das sementes foi realizada à sombra, após o tratamento fitossanitário com piraclostrobina, tiofanato metílico e fipronil, nas doses de 5, 45 e 50 g do ingrediente ativo (i.a.) para cada 100 kg de semente, respectivamente, e pouco antes da sementeira, com as estirpes AbV₅ e AbV₆ de *Azospirillum brasilense*. O inoculante utilizado apresentava 2 x 10⁸ unidades formadoras de colônia (UFC)/mL do produto comercial, utilizando-se a dose de 100 mL por 25 kg de sementes.

A sementeira foi realizada em 06/11/2012, utilizou-se o cultivar IAC 202. As parcelas experimentais foram constituídas por cinco linhas de 6 m de comprimento com espaçamento de 0,35 m entrelinhas e densidade de 60 sementes viáveis por metro. A adubação mineral de base, em todos os tratamentos, foi realizada levando-se em consideração as características químicas do solo e as recomendações de Raij et al, (1997), consistindo em 10 ou 20 kg ha⁻¹ de N (de acordo com o tratamento adotado), 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O nas formas de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada de acordo com o tratamento adotado aos 29 dias após a emergência (DAE), tendo como fonte a ureia (46% N), seguido de uma lâmina de irrigação de 10 mm, para evitar perdas por volatilização da amônia.

A necessidade hídrica do arroz foi baseada em três coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em quatro períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva foram dois valores de Kc, o inicial de 0,7 e o final de 1,0 e para a fase de maturação estes valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,0 e o final de 0,7 (Rodrigues et al., 2004).

O controle de plantas daninhas foi realizado aos 8 DAE do arroz com o herbicida pós-emergente metsulfurometílico (3,3 g ha⁻¹ do i.a.), visando o controle de plantas daninhas de folhas largas. As plantas daninhas não controladas com o herbicida foram controladas com capinas manuais. Aos 36 e 48 DAE foram realizadas aplicações de trifloxistrobina + tebuconazol (100+200 g ha⁻¹), fungicidas visando manejo preventivo de brusone. A colheita foi realizada manualmente em 01/03/2013, aos 108 DAE. A trilha foi realizada mecanicamente e os grãos foram secos à sombra.

As avaliações realizadas, por parcela, foram:

Florescimento - dias transcorridos entre a emergência e a floração de 50% das plantas; **Altura de plantas** - média das distâncias da superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta, determinada em 10 plantas ao acaso; **Nitrogênio nas folhas** - coletados 30 folhas bandeira, no início do florescimento, que após secagem em estufa, foram moídos e submetidos à digestão sulfúrica (Malavolta et al., 1997); **Número de panículas por metro quadrado** - contagem de panículas em 1,0 m de fileira de plantas e posteriormente convertido em panículas por metro quadrado; **Número total de grãos por panícula** - contagem dos grãos de 20 panículas coletadas no momento da colheita; **Número de grãos cheios e chochos por panícula** - contagem de grãos cheios e chochos após separação dos mesmos por fluxo de ar, obtidos com as amostras utilizadas para a determinação do número total de grãos; **Massa de cem grãos** - média da massa obtida de duas amostras de cem grãos; **Massa hectolétrica** - determinada em balança especial para massa hectolétrica, utilizando-se duas amostras; produtividade de grãos - massa dos grãos provenientes da área útil colhida, convertida em kg ha⁻¹ e com padronização de 13% de umidade (base úmida); **Qualidade industrial** - foi coletada uma amostra de 100 g de grãos de arroz em casca de cada parcela, a qual foi processada em engenho de prova, por 1 minuto. Posteriormente, os grãos polidos foram colocados no "Trieur" nº. 0 e a

separação dos grãos processada por 30 segundos; os grãos que permaneceram no “Trieur” foram pesados, obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados, ambos expressos em porcentagem.

Os resultados foram submetidos ao teste F da análise de variância. Constatado resultado significativo pelo teste F, foi realizada a comparação de médias pelo teste de Skott-Knott adotando-se o nível de 5% de probabilidade, de acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002).

Os dados foram submetidos a análise de componentes principais (PCA), sendo utilizada para descrever a relação entre as variáveis analisadas e sua associação com os tratamentos, utilizando o software RBio.

3. Resultados e Discussão

Para o florescimento não houve diferenças significativas entre os tratamentos, na qual ocorreu por volta dos 83 dias após emergência (DAE). Estes dados são condizentes com as especificações do cultivar que indicam uma expectativa entre 78-90 DAE, podendo variar de acordo com a época de semeadura. É possível que, como se trata de um experimento irrigado e, por isso boa disponibilidade hídrica, estabeleceu-se próximo ao limite mínimo esperado (Goes et al., 2016).

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos para teor de N foliar e altura de plantas (Tabela 1). Portanto a inoculação com *A. brasilense* associado ou não às doses de adubação nitrogenadas supriu a demanda de N das plantas equivalendo-se ao tratamento submetido à 100% da dose de N recomendada.

Quanto ao desempenho da testemunha, pode estar relacionado à maior umidade do solo nas presentes condições experimentais que, por sua vez, influenciou no aumento da taxa de absorção de N da solução do solo, visto que este nutriente é absorvido por fluxo de massa bem como reportado por Fageria (2006) e Goes et al (2016).

Os dados apresentados opõem-se a Gitti et al. (2013) que, avaliando coberturas vegetais, doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N) e inoculação com *A. brasilense* em arroz, constataram aumento linear positivo no teor de N do tecido vegetal e altura de plantas correspondentes à adubação de 80 e 120 kg ha⁻¹ de N.

Rodrigues et al. (2015) também avaliaram cultivares (ANa 5011 e IAC 202), inoculação com *A. brasilense* e doses de N (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹) e reportaram diferenças significativas para altura de plantas no cultivar IAC 202 quando na presença de inoculação com *A. brasilense*, porém, não foi observado o mesmo efeito para o teor de N foliar, assemelhando-se aos dados obtidos no presente experimento.

É importante destacar que as médias referentes aos teores de N foliar obtidos são considerados adequados para a cultura de acordo com Raij et al. (2001), estando entre 27 e 35 g kg⁻¹.

Foi detectado efeito significativo dos tratamentos T₂ e T₄ para panículas m², cujos incrementos foram na escala de 18,17 e 19,86%, respectivamente, comparados à testemunha T₁. O efeito positivo da adubação nitrogenada no desenvolvimento dos perfilhos também foi constatado por Cazetta et al. (2008) que utilizaram doses de 0 a 125 kg ha⁻¹ de N e obtiveram valores que variaram entre 178 panículas m² na testemunha até 205 panículas m² na dose 125 kg ha⁻¹.

De acordo com Fageria (1984) o aumento no número de perfilhos é um dos efeitos esperados pela aplicação de N na cultura e que contribuem para incremento na produtividade final. Nesse mesmo sentido Goes et al. (2016) afirmam que o fornecimento de N é fundamental a fim de aumentar o número de colmos m², visto que este nutriente tem funções estruturais como diferenciação e multiplicação celular e, por consequência, aumenta-se o número de panículas por unidade de área.

A testemunha, por sua vez, também apresentou diferenças estatísticas para massa hectolétrica, porém menor número de panículas m². Nessa condição onde não houve manejo no fornecimento de N para as plantas, pode ter ocorrido maior partição de fotoassimilados à produção de grãos em função da menor quantidade destes. De acordo com Venske et al. (2016) o

maior número de panículas m² equivale a um maior número de sementes por planta, reduzindo a quantidade de fotoassimilados que venham a ser depositados por sementes.

Tabela 1. Dias para florescimento (DAF), massa hectolétrica (MH), Teor de N foliar (TNF), Altura (ALT), Panículas por metro (Pan m⁻²) quadrado de arroz de terras altas em função da adubação e inoculação com *Azospirillum brasilense*, Selvíria – MS, 2012.

Tratamento	DAF (dias)	TNF (g kg ⁻¹)	ALT (cm)	Pan m ⁻²
T ₁	83	29,6	96,6	177 b
T ₂	83	31,5	98,0	212a
T ₃	83	29,8	96,6	191ab
T ₄	83	30,5	97,0	209a
T ₅	84	30,4	97,0	177 b
Teste F	1,29 ^{ns}	2,64 ^{ns}	0,07 ^{ns}	5,32 ^{**}
CV (%)	0,70	3,00	5,12	8,49
Média	83,36	30,37	97,04	193,44

Nota: *: ns: significativo à 5% e não significativo pelo Teste F, respectivamente;

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$);

Nota: T₁: testemunha absoluta, T₂: 100% da dose de N mineral recomendada (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N); T₃: Inoculação com *A. brasilense* e sem N mineral; T₄: Inoculação com *A. brasilense* e 50% da dose de N mineral recomendada (10 na semeadura + 40 em cobertura kg ha⁻¹ de N); T₅: Inoculação com *A. brasilense* e 100% da dose de N mineral recomendada (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N).

Fonte: Autores.

A massa hectolétrica (MH) (Tabela 2), além de ser influenciada por fatores intrínsecos ao grão, pode sofrer influência pela presença de palha e corpos estranhos como sujidades. Arf et al. (2015) reportaram efeito negativo de doses de N mineral sobre a massa hectolétrica em arroz de terras altas, no qual foram avaliados espaçamento e doses de N (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹) e, houve acamamento em função do aumento das doses.

No presente trabalho, a MH do tratamento T₄ foi superior aos tratamentos T₂ e T₅, de igual modo se deu com o tratamento T₃. É possível que o *A. brasilense* na presença de menor quantidade de N mineral tenha viabilizado melhor eficiência no aproveitamento do nutriente pela planta. De acordo com Suman et al. (2008), o gênero *Azospirillum* tem maior potencial à fixação biológica de nitrogênio quando aplicada metade da dose recomendada para a cultura da cana-de-açúcar.

Por outro lado, Goes et al. (2016) não constataram diferenças estatísticas entre presença e ausência de inoculação com *A. brasilense* e nem entre as doses de N aplicadas (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹). Também discordam de Mendes et al. (2011) que observaram aumento na MH dos grãos de trigo na presença de 20+90 kg ha⁻¹ de N + inoculação com *A. brasilense*.

Não houve diferenças significativas para grãos cheios, chochos e totais (Tabela 2). Na literatura encontra-se trabalhos que reportam que o aumento das doses de N mineral proporciona efeito linear positivo nos grãos totais e cheios (Moura, 2011). Entretanto, no presente experimento, foi verificado que a presença de N mineral não foi capaz de reproduzir o mesmo efeito.

É possível perceber que, os tratamentos T₂, T₄ e T₅ apresentaram médias inferiores quando comparados aqueles com ausência de adubação nitrogenada (T₁ e T₃) para grãos cheios e totais, ao mesmo tempo que as maiores médias de grãos chochos foram observadas nos tratamentos que foram submetidos à 100% da dose de N recomendada. Goes et al. (2016) sugerem que o estímulo à formação de novas folhas promovido pelo fornecimento de altas dose de N mineral cause

autosombreamento e, por consequência, redução da área fotossinteticamente ativa das plantas, por isso não há carboidratos suficientes para enchimento dos grãos, além disso pode ocasionar redução da produtividade.

Este comportamento quanto à adubação nitrogenada também foi verificado por Fonseca et al. (2012) ao comparar preparos de solo e doses de N (0, 25, 50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹), na qual o aumento das doses de N proporcionou incremento no número de grãos chochos panícula⁻¹ até a dose estimada de 63 kg ha⁻¹.

À vista disso, mesmo os tratamentos não tendo diferido entre si, obtiveram boa granação com uma média entre 84 e 87% de grãos cheios, portanto a inoculação com *A. brasilense* propiciou uma eficiente partição de carboidratos.

Tabela 2. Grãos cheios (GC), Grãos chochos (GCH), Grãos totais (GT), Massa de cem grãos (M100), Produção (Prod) de arroz de terras altas em função da adubação e inoculação com *Azospirillum brasilense*, Selvíria – MS, 2012.

Tratamento	MH (kg 100L ⁻¹)	GC (g)	GCH (g)	GT (g)	MCG (g)	Prod (kg ha ⁻¹)
T ₁	48,66a	159	20	185	2,59	3.717b
T ₂	47,90b	144	25	168	2,59	4.035b
T ₃	46,78b	164	22	192	2,58	4.551a
T ₄	49,64a	135	20	156	3,09	4.581a
T ₅	46,74b	150	24	179	2,54	3.671b
Teste F	3,29*	0,99 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,43 ^{ns}	6,99**
CV (%)	3,20	17,53	25,07	13,56	15,99	9,02
Média	47,94	150,6	22,34	175,99	2,68	4.111

Nota: *: ns: significativo à 5% e não significativo pelo Teste F, respectivamente;

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$);

Nota: T₁: testemunha absoluta, T₂: 100% da dose de N mineral recomendada (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N); T₃: Inoculação com *A. brasilense* e sem N mineral; T₄: Inoculação com *A. brasilense* e 50% da dose de N mineral recomendada (10 na semeadura + 40 em cobertura kg ha⁻¹ de N); T₅: Inoculação com *A. brasilense* e 100% da dose de N mineral recomendada (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N).

Fonte: Autores.

A massa de cem grãos (MCG) não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 3), porém para o cultivar IAC 202, espera-se uma média de 2,5 g (Bastos et al., 2000), logo os dados foram coerentes com o esperado, corroborando Gitti (2012) e Moura (2011) na qual não verificaram influência do fornecimento de N sobre a massa de cem grãos.

Para a produtividade, houve aumento significativo nos tratamentos T₃ e T₄ que, comparado à testemunha (T₁), proporcionaram incremento de 22,4 e 23,2% respectivamente, que representam um ganho de 16,7 sc ha⁻¹ (T₃) e 17,3 sc ha⁻¹ (T₄). Estes dados sugerem que a inoculação nas sementes com *A. brasilense* tem efeito promissor para incrementar a produtividade no arroz de terras altas de pequenos produtores cuja exploração de insumos agrícolas é limitada.

Comparando os tratamentos T₃ e T₄ com o tratamento T₂, houve incremento de 12,8 e 13,5%, respectivamente, equivalente a um ganho de 10,3 e 10,9 sc ha⁻¹. Isto é, a inoculação com *A. brasilense* além de ser mais sustentável e mais barato, comparado ao uso do fertilizante mineral nitrogenado por unidade de área, nas condições experimentais do presente experimento, foi mais produtivo.

Rodrigues et al. (2015) reportaram efeitos positivos de produtividade utilizando o cultivar IAC 202, com a inoculação com *Azospirillum brasilense* e interação entre estes fatores, sugerindo boas respostas do cultivar IAC 202 associada ao uso de bactérias do gênero *Azospirillum* superando em 22% o cultivar Ana 5011.

Não foram verificadas diferenças estatísticas quanto ao rendimento de benefício, grãos inteiros e grãos quebrados (Tabela 3), sendo que, essa característica pode ser influenciada pelo manejo e condições ambientais. Quanto maior o número de grãos quebrados em um lote, maior a desvalorização comercial do produto.

Os valores obtidos são considerados adequados de acordo com a legislação nacional, pois dos 68% atribuídos para rendimento de grãos, atribui-se 40% aos inteiros e 28% aos quebrados (Fornasieri Filho; Fornasieri, 2006). No presente trabalho, os valores variam entre 57,92 e 62,28% de grãos inteiros. Posto isso, considera-se os tratamentos adotados na condução do experimento são adequados à média nacional, obteve-se um pequeno percentual de grãos quebrados e pode contribuir na melhoria da qualidade do arroz.

Tabela 3. Grãos inteiros (GI), Grãos quebrados (GQ), Rendimento de benefício (RB) de arroz de terras altas em função da adubação e inoculação com *Azospirillum brasilense*, Selvíria – MS, 2012

Tratamento	Benefício (%)	Inteiros (%)	Quebrados (%)
T ₁	71,3	62,3	9,1
T ₂	71,3	60,2	10,8
T ₃	71,5	61,8	9,5
T ₄	70,5	57,9	10,9
T ₅	71,1	60,9	10,2
Teste F	0,15 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,93 ^{ns}
CV (%)	3,12	5,85	12,82
Média	71,14	60,62	10,10

Nota: *, ns: significativo à 5% e não significativo pelo Teste F, respectivamente;

Nota: médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si de acordo com o teste Scott - Knott ($p \leq 0,05$);

Nota: T₁: testemunha absoluta, T₂: 100% da dose de N mineral recomendada (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N); T₃: Inoculação com *A. brasilense* e sem N mineral; T₄: Inoculação com *A. brasilense* e 50% da dose de N mineral recomendada (10 na semeadura + 40 em cobertura kg ha⁻¹ de N); T₅: Inoculação com *A. brasilense* e 100% da dose de N mineral recomendada (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N).

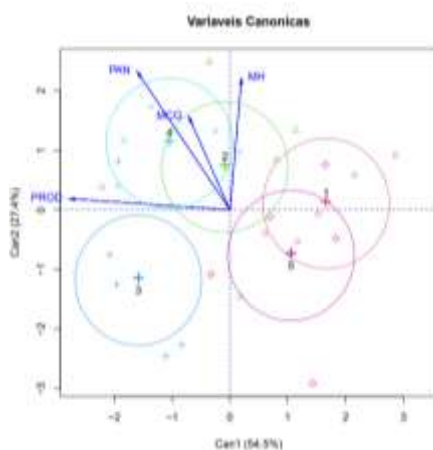
Fonte: Autores.

Todas as variáveis avaliadas responderam ao tratamento T₂ (Figura 2), comportamento esperado dado que 100% da dose de N recomendada foi fornecida às plantas e, por isso estiveram sob disponibilidade nutricional adequada para o desenvolvimento e produção. Também os componentes de produção responderam ao tratamento T₄, tal comportamento demonstra que o *Azospirillum brasilense* incrementou a eficiência de uso de N.

Se considerarmos os vetores, plantas que apresentaram o maior número de panículas m⁻² também apresentaram grãos mais pesados, comportamento esperado se for considerado que o aporte de N tenha sido eficiente e as plantas estejam nutricionalmente supridas.

Portanto, quando utilizado 100% da dose recomendada ou apenas 50% + inoculação com *A. brasilense* é possível obter incrementos nos componentes de produção, com a ressalva de que a aquisição do inoculante comercial é mais barata que o fertilizante nitrogenado, além de mais sustentável.

Figura 2. Biplot de discriminante canônica das características dos componentes de produção de acordo com os tratamentos aplicados. 1: testemunha absoluta, 2: dose total de N (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N); 3: Inoculação com *A. brasilense* e sem N mineral; 4: Inoculação com *A. brasilense* e 50% dose de N mineral (10 na semeadura + 40 em cobertura kg ha⁻¹ de N); 5: Inoculação com *A. brasilense* e dose total de N mineral (20 na semeadura + 80 em cobertura kg ha⁻¹ de N).



Fonte: Autores.

4. Conclusão

A inoculação das sementes de arroz de terras altas com *A. brasilense* + 50% da dose de N recomendada (10 na semeadura + 40 kg ha⁻¹ em cobertura) proporciona incremento na altura de plantas, massa hectolétrica e no número de panículas m⁻².

A inoculação das sementes com *A. brasilense*, com ou sem 50% da dose de N recomendada (10 na semeadura + 40 kg ha⁻¹ em cobertura) recomendada, promove aumento na produtividade de grãos.

A adubação mineral nitrogenada pode ser substituída parcialmente ou completamente pela inoculação com *A. brasilense*.

Agradecimentos

Agradecemos a Azototal[®] pelo fornecimento do inoculante utilizado no experimento.

Referências

- Alvarez, R. De C. F.; Crusciol, C. A. C.; Trivelin, P. C. O.; Rodrigues, J. D. & Alvarez, A. C. C. (2007). Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (15N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(6), 1487-1496.
- Arf, O.; Rodrigues, R. A. F.; Nascente, A. S. & Lacerda, M. C. (2015) Espaçamento e adubação nitrogenada afetando o desenvolvimento do arroz de terras altas sob plantio direto. *Revista Ceres*, 62(5), 475-482.
- Bastos, C. R. Do; Tisselli Filho, O.; Azzini, L. E.; Martins, A. L. M.; Pettinelli Filho, A.; Paulo, M. P.; Soave, J.; Pereira, J. C. V. N. A.; Castro, L. H. S. M.; Razera, L. F.; Carvalho, L. H. & Bortoletto, N.; Gallo, P. B. (2000) IAC 202: arroz de alta produtividade e qualidade para cultura de sequeiro. Campinas: O Agrônomo, 52(1).
- Campos, D. B.; Resende, A. S.; Alvez, B. J.; Boddey, R. M. & Urquiaga, S. (2003) Contribuição da fixação biológica de nitrogênio para a cultura de arroz sob inundação. *Agronomia*, 37(2), 41-46.
- Cantarella, H.; Van Raij, B. & Camargo, C. E. O. (1997) Cereais. In: Van Raij, B.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. & Furlani, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*, Boletim Técnico 100. 2. ed. Campinas: IAC, 43-49.
- Cazetta, D. A.; Arf, O.; Buzetti, S.; Sá, M. E. & Ferreira Rodrigues, R. A. (2008) Desempenho do arroz de terras altas com a aplicação de doses de nitrogênio e em sucessão às culturas de cobertura do solo em sistema de plantio direto. *Bragantia*, 67(2), 471-479.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento – (2019). Acompanhamento da safra brasileira, 7(2), safra 2019/20- Segundo levantamento. Novembro 2019. <www.conab.gov.br>.

Fageria, N. K. (1984) Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro: Embrapa.

Fageria, N. K.; Barbosa Filho, M. P. (2001) Nitrogen use efficiency in lowland rice genotypes. *Communication Soil Science Plant Analysis*, 32, 2079-2089.

Fageria, N. K.; Stone, L. F.; Santos, A. B. (2003). *Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado*. Embrapa Arroz e Feijão.

Fageria, N.K. (2006) Nutrição mineral. In: Santos, A. B.; Stone, L. F.; Vieira, N. R. A. (Org). *A cultura do arroz no Brasil*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 387-424.

Fonseca, A. E., Arf, O., Orioli Júnior, V., Buzetti, S. & Rodrigues, R. A. F. (2012). Preparo do solo e doses de nitrogênio em cobertura em arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42(3), 246-253.

Fornasieri Filho, D. & Fornasieri, J. L. (2006) *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: FUNEP, 589.

Gitti, D. C. (2012) Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto

Gitti, D. C.; Arf, O., Portugal, J. R.; Corsini, D. C. D. C.; Rodrigues, R. A. F. & Kaneko, F. H. (2013) Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em arroz de terras altas no sistema plantio direto. *Bragantia*, Campinas 71 (4), 509-517.

Goes, R. J., Rodrigues, R. A. F., Takasu, A. T. & Arf, O. (2016). Inoculação com *Azospirillum brasilense*, manejo de água e adubação nitrogenada no arroz de terras altas. *Agrarian*, 9 (33), 254-262.

Goes, R. J.; Rodrigues, R. A. F.; Takasu, A. T. & Arf, O. (2016). Manejo do nitrogênio em cobertura no arroz de terras altas em plantio direto. *Agrarian*, 9 (31), 11-18.

Guimarães, S. L.; Baldani, J. I. & Baldani, V. L. D. (2003) Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em arroz de sequeiro. *Revista Agronomia*, 37 (2), 25-30.

Malavolta, E.; Vitti, G. C. & Oliveira, S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 319.

Mattos, V. S.; Soares, M. R. S.; Gomes, A. C. M. M.; Arieira, C. R. D.; Gomes, C. B. & Carneiro, R. M. D. G. (2017) Caracterização de um Complexo de Espécies do Nematóide das Galhas Parasitando Arroz Irrigado na Região Sul do Brasil. *Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

Mendes, M. C., do Rosário, J. G., Faria, M. V., Zocche, J. C. & Walter, A. L. B. (2011) Avaliação da eficiência agrônômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade de farinha. *Applied Research & Agrotechnology*, 4 (3), 95-110.

Moura, R. D. S. (2011). Lâminas de água, inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio em arroz terras altas.

Parizotto, C.; Schmidt, F. & Bortoli, J. R. G. (2018) Produtividade de Arroz de Terras Altas em Função de Diferentes Doses e Épocas de Aplicação de Cama de Aviário, sob Sistema Orgânico de Produção. *Cadernos de Agroecologia*, 13(2), 10-10.

Pimentel Gomes, F. & Garcia, C. H. (2002). *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais*. Piracicaba: Fealq.

Radwan, T. E. E.; Mohamed, Z. K. & Reis, V. M. (2004) Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(10), 987-994.

Raij, B. Van; Andrade, J. C.; Cantarella, H. & Quaggio, J. A. (2001) *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 284.

Raij, B. Van; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. & Furlani, A. M. C. (1997) *Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo* (2.ed. rev. atual.). Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 285. (Boletim Técnico, 100)

Rodrigues R. A. F., Soratto R. P. & Arf O. (2004) Manejo de água em arroz de terras altas no sistema de plantio direto, usando o tanque classe A. *Engenharia Agrícola*, 24(3), 546-556.

Rodrigues, M., Arf, O., Garcia, N. F. S., Portugal, J. R. & Barbieri, M. K. F. (2015). Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas irrigados por aspersão. *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 1234-1241.

Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araújo, J. C. F., Oliveira, J. B. & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de solos*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Suman, A.; Shrivastava, A. K.; Gaur, A.; Singh, P. Singh, J. & Yadav, R. L. (2008) Nitrogen use efficiency of sugar cane in relation to its BNF potential and population of endophytic diazotrophs at different N level. *Plant Growth Regulation*, 54(1), 1-11.

Torres, J. L. R., de Assis, R. L., & Loss, A. (2018). Evolução entre os sistemas de produção agropecuária no Cerrado: convencional, Barreirão, Santa Fé e Integração Lavoura-Pecuária. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, 39(302), 7-17.

Venske, E., Schaedler, C. E., Ritter, R., Fin, S. S. I., Bahry, C. A., Avila, L. A., & Zimmer, P. D. (2016). Seletividade de herbicidas sobre arroz irrigado em resposta à época de semeadura e redução da luminosidade em fases do desenvolvimento. *Revista Ceres*, 63(2), 165-173.