

# EFICIÊNCIA DA INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* NA CULTURA DO MILHO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Alexandre Aosani<sup>1</sup>  
Eduardo Degasper<sup>2</sup>  
Michel Markus<sup>3</sup>  
Claudia Klein<sup>4</sup>  
Alexandre Léo Berwanger<sup>5</sup>

## RESUMO

Com o aumento do rendimento das culturas agrícolas, a nutrição vegetal busca otimizar a eficiência dos fertilizantes e seu aproveitamento, visando ao aumento do rendimento e à diminuição de custos. O nutriente requisitado em maior quantidade pelos vegetais é o nitrogênio, que também sofre diversas perdas no sistema de produção. O trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da utilização de bactérias promotoras de crescimento de plantas, usando inoculante à base da espécie *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada de cobertura, no Município de São José do Cedro, SC, em cambissolo háplico eutrófico, de média à alta fertilidade. O experimento foi conduzido em arranjo fatorial 2x2, em delineamento de blocos casualizados (DBC) e utilizado um híbrido de milho comercial. Foram testadas a ausência e a presença dos fatores inoculação e adubação nitrogenada em cobertura, simultaneamente, avaliando o diâmetro basal do colmo, estatura de plantas, massa seca da parte aérea, rendimento de grãos e análise econômica. A cultura do milho submetida à inoculação não apresentou resultados significativos para diâmetro basal do colmo, estatura de plantas e rendimento de grãos, porém, apresentou resultados significativos para massa seca da parte aérea. Para o fator adubação nitrogenada em cobertura, todas as variáveis obtiveram resultados significativos. O máximo rendimento e o retorno econômico foram observados com o uso combinado de *A. brasilense* e adubação nitrogenada em cobertura. Palavras-chave: Fixação biológica de nitrogênio. Bactérias promotoras de crescimento. Rendimento de grãos.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é um dos produtos agrícolas mais importante no Brasil, especialmente para o mercado interno (VALADARES et al., 2017).

O consumo de milho, de modo geral, vem aumentando gradativamente, assim como o rendimento por área, sendo necessárias mais tecnologias, produtos de qualidade e qualificação de profissionais ligados a essa cultura.

É sabido que, para conseguir maiores produtividades, faz-se necessária uma boa análise de solo da área, assim como uma correção dela. A partir disso se pode adequar as doses de fertilizantes e fazer uso de melhores híbridos comerciais presentes no mercado.

Conforme Döbereiner (1992), o interesse na fixação biológica em gramíneas se deve ao aproveitamento de água em relação às leguminosas, em razão da maior efetividade fotossintética. As gramíneas apresentam sistema radicular fasciculado, tendo vantagens sobre o sistema pivotante das leguminosas para extrair água e nutrientes do solo. Isso pode

<sup>1</sup> Graduado em Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São José do Cedro; Engenheiro Agrônomo; xandre-2@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduado em Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São José do Cedro; Engenheiro Agrônomo; eduardo\_degasper@hotmail.com

<sup>3</sup> Graduado em Agronomia pela Universidade do Oeste de Santa Catarina de São José do Cedro; Engenheiro Agrônomo; michel\_markus@hotmail.com

<sup>4</sup> Doutora em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo; Professora no Curso de Agronomia da Universidade do Oeste de Santa Catarina de São José do Cedro; klein811@hotmail.com

<sup>5</sup> Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria; Engenheiro Agrônomo; alexandreagro@yahoo.com.br

melhorar a absorção de água e nutrientes pela planta, contribuindo para o desenvolvimento, especialmente em períodos de escassez de chuvas (QUADROS et al., 2014).

O uso de bactérias do gênero *Azospirillum* vem sendo estudado por vários pesquisadores, apresentando resultado de incrementos médio de 26% na produção de grãos de milho (KENNEDY et al., 2004). Em experimentos realizados por Hungria et al. (2010), com inoculação de estirpes selecionadas de *Azospirillum* obtiveram incrementos de 26% na produção de grãos de milho.

Mesmo sendo de eficiência inferior à fixação biológica de nitrogênio das leguminosas, essas bactérias podem ajudar a suprir parte do N demandado pelo milho e melhorar o crescimento radicial e da parte aérea pela liberação de hormônios de crescimento, podendo aumentar a produtividade delas.

Técnicas sustentáveis de manejo na cultura do milho são imprescindíveis, visando ao aumento de produtividade e minimizando custos e impactos ambientais (PORTUGAL et al., 2017). Nesse sentido, o estudo de bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com a cultura do milho faz-se necessário em decorrência de haver estirpes específicas para essa cultura.

Dessa forma, o objetivo do estudo foi avaliar a eficiência agrônômica e econômica da cultura do milho submetido à inoculação com *A. brasilense* e à adubação nitrogenada.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Distrito de Mariflor, zona rural do Município de São José do Cedro, SC, a 26°30' 11.95"S 53°38'19.20"W e altitude média de 584 metros (GOOGLE EARTH, 2015).

O clima, segundo a Classificação de Köppen, é do tipo Cfa, clima subtropical, temperatura média nos meses mais frios inferior a 18 °C e temperatura média nos meses mais quentes acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas no verão, contudo, sem estação seca definida. O solo da área experimental é classificado como cambissolo háplico eutrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013). O solo da área apresentou os seguintes resultados: argila (m/v) 35%; pH água 5,4; índice SMP 5,9; fósforo 13,2 mg dm<sup>3</sup>; potássio 192 mg dm<sup>3</sup>; alumínio 0,00 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; cálcio 7,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; magnésio 2,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; saturação de bases 68,28%; CTC pH 7 15,41 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e H + Al 4,89 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

O experimento foi conduzido em arranjo fatorial 2x2 (inoculação e nitrogênio), e o delineamento experimental utilizado foi o delineamento de blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo parcelas de 28,8 m<sup>2</sup>, com área útil da parcela de 10,8 m<sup>2</sup>, sendo eles:

- a) Tratamento 01 (T1): sem inoculação das sementes e sem nenhuma aplicação de nitrogênio em cobertura;
- b) Tratamento 02 (T2): com inoculação das sementes e sem nenhuma aplicação de nitrogênio em cobertura;
- c) Tratamento 03 (T3): sem inoculação das sementes e com nitrogênio em cobertura;
- d) Tratamento 04 (T4): com inoculação das sementes e com nitrogênio em cobertura.

A área escolhida manejada sob plantio direto consolidado e a cultura antecessora foi aveia preta (*Avena strigosa* Scherb), dessecada no dia três de outubro de 2015, no estádio de grão leitoso. Foi utilizado um híbrido da Agroeste Sementes, um material com características como ciclo semiprecoce, boa sanidade foliar, estabilidade produtiva, com transgenia Bt (*Bacillus thuringiensis*) e RR (*Randou Ready*), conferindo resistência às principais lagartas da cultura e a herbicidas à base de glifosato, respectivamente.

As sementes dos tratamentos que receberam a inoculação com *A. brasilense* foram inoculadas no dia da semeadura com o inoculante Azototal Milho e Trigo. A dose utilizada foi 100 mL de produto comercial para cada 60.000 sementes, dosagem recomendada pelo fabricante do produto, nos tratamentos T2 e T4. O inoculante tem garantia de 2,0x10<sup>8</sup> Ufc/mL e consiste nas estirpes AbV5 e AbV6 da bactéria *A. brasilense*. As sementes utilizadas para os tratamentos sem a bactéria não foram inoculadas.

As sementes eram tratadas industrialmente (TSI), com fungicidas à base de fludioxonil e metalaxil-M, e inseticidas à base de clotianidina e thiamethoxam. Também possuía cobertura de polímero para melhor adesão do tratamento de semente às sementes. Por fim, foi adicionado grafite em pó para lubrificação das sementes, melhorando a distribuição e diminuindo possíveis danos mecânicos.

A semeadura foi realizada no dia primeiro de novembro de 2015, com semeadora tratorizada de plantio direto, com espaçamento de 0,45 metros entrelinhas, oito linhas por parcela e comprimento de oito metros. A população foi calculada para alcançar 65.000 plantas emergidas por hectare. A emergência da cultura ocorreu no dia seis de novembro de 2015.

A adubação foi realizada conforme laudo de análise de solo e recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), sendo utilizados 1.400 Kg/ha de calcário dolomítico (PRNT 75%) em superfície, aplicados 40 dias antes da semeadura, 363 Kg/ha de fertilizante mineral de fórmula 9-33-12 (NPK) na adubação de base (em todos os tratamentos) e 113 Kg/ha de ureia em cobertura nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada de cobertura. A adubação foi calculada para expectativa de rendimento de 9 t/ha de grãos.

Na semeadura foram aplicados cerca de 33 Kg/ha de N, pelo fertilizante mineral 9-33-12. Na adubação de cobertura foram aplicadas as diferentes doses de nitrogênio em cobertura, sendo 0 Kg/ha (tratamentos T1 e T2) e 113 Kg/ha de nitrogênio (tratamentos T3 e T4), usando a ureia (amídica) como fonte do nutriente, a 45% N e com expectativa de rendimento de 9 t/ha de grãos (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada em cobertura, esta foi parcelada em duas aplicações, a primeira no estágio V4, e a segunda em V8, da escala fenológica de Ritchie, Hanway e Benson (1993). Sendo a ureia fonte de nitrogênio, foram aplicados cerca de 250 Kg/ha de ureia em duas aplicações, totalizando 125 Kg/ha da fonte a cada aplicação.

Na emergência da cultura foi realizado o controle do percevejo barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) com inseticida não seletivo de ação sistêmica do grupo químico neonicotinoide e piretroide, na dose de 200 mL/ha de produto comercial.

No estágio V2 da escala de Ritchie, Hanway e Benson (1993), em decorrência da alta incidência de plantas infestantes, foi realizado o controle, utilizando herbicida à base de Atrazina e Simazina, ambos herbicidas pré e pós-emergentes, seletivos para a cultura, do grupo das triazinas, na dose de 6 L/ha de produto comercial, combinado com outro produto à base de Nicosulfuron, herbicida pós-emergente, seletivo para a cultura, do grupo químico das sulfonilureias, na dosagem de 60 g/ha de produto comercial. No estágio V8 foi realizada uma aplicação de fungicida sistêmico dos grupos triazol e estrobirulina, na dose de 0,5 L/ha de produto comercial por hectare, pois ocorriam frequentes precipitações pluviais, aumentando o molhamento foliar e a ocorrência de moléstias como a cercosporiose (*Cercospora zea-maydis*).

Todas as aplicações de defensivos foram realizadas em todos os tratamentos, com equipamento de pulverização costal e com volume de calda de 150 L/ha em todas as aplicações.

A coleta das plantas ocorreu quando elas se encontravam no estágio R1. Para a coleta dos dados, consideraram-se 15 plantas por parcela, dentro da área útil de cada parcela, sendo medidas com fita métrica, da altura do solo até a extremidade da inflorescência masculina.

A coleta de dados do diâmetro basal do colmo foi realizada em R1. Foram consideradas 15 plantas por parcela, dentro da área útil dela e usado um paquímetro como instrumento de medição, no segundo entrenó a partir da superfície do solo. O milho possui o colmo de formato elíptico, assim, considerou-se o diâmetro maior (DM) e o diâmetro menor (dm), obtendo o diâmetro médio (D. Médio).

Para a definição da massa seca da parte aérea foram cortadas 10 plantas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela, no estágio R4, que ocorreu na data de 22 de fevereiro de 2016. Todas foram cortadas a 15 cm de altura da superfície do solo, trituradas, pesadas com balança semianalítica, e coletou-se uma amostra de cada parcela, que foi posteriormente secada em estufa até atingir massa constante. O valor de massa verde foi corrigido para 0% de umidade pelo teor de massa seca da amostra. O valor obtido das plantas foi extrapolado para 65.000 plantas/ha, resultando em Kg/ha de massa seca.

Para a definição de rendimento de grãos por hectare, foram colhidas aleatoriamente 20 plantas por parcela. As espigas foram debulhadas e pesadas separadamente por parcela com balança semianalítica, e delas coletadas amostras de

200 gramas para a obtenção do teor de umidade (%), sendo estas secadas em estufa até atingirem massa constante. Após a obtenção dos valores de umidade, esta foi corrigida para uma umidade padrão de 13%, valor de comércio, resultando em Kg/ha de rendimento.

A análise de viabilidade econômica dos tratamentos foi realizada apenas com os valores obtidos de rendimento de grãos, ao preço de comércio no momento da colheita. Para o cálculo da viabilidade econômica dos tratamentos, foram somados os custos fixos dos tratamentos, que compreendem o valor de sementes, defensivos agrícolas, análise de solo, corretivo e adubação de base, que foram executados em todos os tratamentos, com a/o mesma/o dose/valor. Para a diferenciação de custos, foram considerados custos variáveis o inoculante, a adubação de cobertura e as horas-máquina, pois cada tratamento apresentou um custo distinto. Como a adubação de cobertura exigiu duas aplicações, foi considerado esse valor operacional nos tratamentos que a receberam, e no caso dos tratamentos com inoculante não foi adicionado nenhum valor operacional, pois não exigem operações adicionais. Os valores dos produtos foram baseados no valor de compra deles (ano 2015). Quanto aos custos de horas de trator foram considerados R\$ 90,00 por hora, e o custo de colheita foi calculado com base em 10% do rendimento de cada tratamento. Todos os números são apresentados em unidade de hectare. Para o cálculo das receitas, foi multiplicado o rendimento em sacas/ha por R\$ 41,00 (60,00 Kg).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as diferenças entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância para os fatores *A. brasilense* e adubação nitrogenada, sobre as variáveis diâmetro basal do colmo, estatura de plantas, massa seca da parte aérea e rendimento de grãos. Para a análise foi utilizado o software Sisvar (FERREIRA, 2014). Os dados obtidos foram avaliados pelo software, que calculou estatisticamente e de forma separada a influência dos fatores sobre as variáveis analisadas e também a interação entre eles, por ser um experimento fatorial. Na análise as médias foram agrupadas por ausência e presença dos fatores, e depois comparadas, para a obtenção da significância do fator. A interação entre *A. brasilense* e a adubação nitrogenada de cobertura foi apresentada separadamente.

## 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* apresentou efeito significativo para o fator adubação nitrogenada, porém, *não apresentou efeito significativo sobre a variável diâmetro basal do colmo*, conforme dados apresentados na Tabela 1.

Como observado na Tabela 1, os tratamentos com adubação nitrogenada foram significativamente superiores aos que não a receberam, enquanto a inoculação não diferiu significativamente. Alguns aspectos interferem nesse fator, como a diferente resposta da inoculação de híbrido para outro e a menor eficiência da simbiose, comparada à família Fabaceae com o gênero *Rizhobium spp.* (HUNGRIA, 2011). Isso também se deve à alta demanda de nitrogênio pela cultura, muito responsiva à adubação nitrogenada, dificilmente suprida na totalidade pela MO do solo, agindo, dessa forma, positivamente sobre muitos fatores quando utilizada, pois é o macronutriente de maior necessidade para os vegetais (WORDELL FILHO; ELIAS, 2012).

Tabela 1 – Efeito da inoculação de *A. brasilense* e adubação nitrogenada (N) na cultura do milho (*Zea mays* L.), na variável diâmetro basal do colmo ( $\emptyset$ ) e estatura de plantas (E) (São José do Cedro, SC, safra 2015/2016)

Trat.	$\emptyset$ (mm)	E (m)
T1	19,85 b	2,77 b
T2	20,70 b	2,81 b
T3	21,89 a	2,95 a
T4	24,94 a	2,96 a
Média	21,84	2,87
CV (%)	10,87	2,62

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Gomes et al. (2010), avaliando genótipos e locais de cultivo de milho sobre o quebramento de colmo e tombamento, constataram interação significativa do material genético (híbrido ou linhagem) com o local, no acamamento de plantas e apenas do material genético sobre quebramento de colmo. O estudo realizado por Moraes e Brito (2011) revelou que não houve correlação entre diâmetro do colmo e espessura da parede do colmo sobre o acamamento de plantas, sendo este regulado por outros fatores.

Dartora et al. (2013) observaram que a inoculação da cultura do milho com *A. brasilense* aumentou significativamente o diâmetro basal do colmo, tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva, atribuindo esse resultado aos hormônios de crescimento excretados da bactéria para a planta. Dotto, Lana e Steiner (2010) testaram a bactéria associativa *Herbaspirillum seropedicae*, semelhante ao gênero *Azospirillum spp.*, obtendo diferentes respostas da inoculação, que foram positivas ou nulas de acordo com o híbrido utilizado, atribuindo o resultado com a afinidade do material com a bactéria, ou seja, a capacidade dele em promover a simbiose.

Conforme Schiavinatti et al. (2011), as fontes de nitrogênio não mostraram respostas no diâmetro basal do colmo, atribuindo o resultado à disponibilidade de água após a aplicação, diminuindo a volatilização principalmente da ureia, fazendo com que todas as fontes fornecessem nitrogênio adequadamente às plantas. Entretanto, maiores doses de N resultaram em colmos mais finos, sendo contrário aos resultados obtido neste trabalho, em que houve aumento no diâmetro.

Na variável estatura a análise de variância (ANOVA) revelou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para o fator adubação nitrogenada, e o fator inoculação com *A. brasilense* não apresentou efeito significativo ( $P > 0,05$ ) sobre estatura de plantas (Tabela 1). Como observado na Tabela 1, não ocorreu efeito da inoculação, mas houve adubação nitrogenada sobre a estatura de plantas.

Quadros et al. (2014) estudaram três híbridos comerciais, ambos submetidos à ausência e à presença de inoculação com espécies de *Azospirillum spp.* (EL-S + LG1-R + M-S + L-S). Na variável estatura de plantas, verificaram diferença significativa em dois deles, e não significativa no outro híbrido, o que foi relacionado com a capacidade de resposta de cada material à associação entre organismo e planta. No experimento a resposta foi positiva, dessa forma, a pequena resposta obtida da inoculação pode ser em razão da reação do híbrido, que aumentou a estatura da planta, porém sem atingir a distância mínima significativa (DMS) de 0,073 metros, sendo estatisticamente insignificante, enquanto que para o fator nitrogênio esta foi significativa.

Considera-se importante a menor estatura de plantas para melhor translocação de nutrientes e menor chance de ocorrer acamamento, sendo, assim, um resultado positivo do ponto de vista técnico. Porém, plantas maiores são interessantes para a colheita mecanizada, abafamento de plantas daninhas e a maior quantidade de palha produzida para o plantio direto (WORDELL FILHO; ELIAS, 2012).

A análise de variância (ANOVA) revelou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) para o fator adubações nitrogenadas e também significativa ( $P \leq 0,05$ ) para o fator *A. brasilense*, sobre a variável massa seca da parte aérea (Tabela 2).

Tabela 2 – Efeito da inoculação de *A. brasilense* e adubação nitrogenada (N) na cultura do milho (*Zea mays L.*), na variável massa seca (MS) da parte aérea e rendimento de grãos (RG) (São José do Cedro, SC, safra 2015/2016)

Trat.	MS (Kg/ha <sup>-1</sup> )	RG (Kg/ha <sup>-1</sup> )
T1	18.357,53 c	7.572,56 b
T2	19.935,53 c	8.781,23 b
T3	23.847,71 b	10.753,01 a
T4	27.917,55 a	11.084,03 a
Média	22.514,58	9.547,20
CV (%)	10,33	11,62

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

O DMS do experimento para a variável massa seca da parte aérea foi de 2226,87 Kg/ha, desse modo, os tratamentos 1 e 2 são iguais entre si por não alcançarem o valor de distância mínima significativa. Já o tratamento 3 é diferente estatisticamente dos tratamentos 1, 2 e 4, sendo inferior ao tratamento 4 e superior aos tratamentos 1 e 2 por

ultrapassar o valor da DMS. Desse modo, o fator adubação nitrogenada diferiu significativamente, e o uso da inoculação com *A. brasilense*, associado à adubação nitrogenada, também aumentou a produtividade de massa seca da parte aérea. Porém, o uso de inoculação sem a adubação nitrogenada não trouxe aumento significativo por ser pequena a oferta de nitrogênio da bactéria para a planta. O aumento significativo no tratamento 4 ocorreu pela combinação de adubação e inoculação aos hormônios de crescimento excretados pelo *A. brasilense* e à disponibilidade adequada de nitrogênio no solo, atuando como uma relação de sinergismo, levando a maiores tetos produtivos (HUNGRIA, 2011).

No trabalho de Quadros et al. (2014) também foi observado aumento significativo de massa seca da parte aérea, do híbrido SHS 5050, enquanto outros dois híbridos não diferiram. O resultado foi associado à produção de fito-hormônios e relacionado a relatos por outros autores de aumento do número de raízes, que poderia estar aumentando a absorção de água e nutrientes do solo. Para Mumbach et al. (2017) a associação da inoculação com adubação com N mineral aumentou a produtividade e a produção de matéria seca.

Nota-se extrema diferença nas médias dos tratamentos com nitrogênio (25,88 t/ha) comparada à ausência da adubação (19,14 t/ha), sendo a diferença maior de 6,7 t/ha, provando a grande importância de se realizar a adubação nitrogenada de cobertura. Como foi utilizado nitrogênio na adubação de base em todos os tratamentos, a diferença poderia ser maior.

Outro fator a se observar é que o experimento foi implantado sobre grande volume de palha de aveia preta, dessecada cerca de 30 dias antes da semeadura. Como a aveia possui relação C/N maior que 30/1, respectivamente, logo após o manejo ocorre a imobilização de nitrogênio; mas após esse período começa a transformação do N-orgânico em formas minerais, fornecendo-o para a cultura nas formas de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), assimiláveis pelas plantas (WORDELL FILHO; ELIAS, 2012).

Esse processo pode ter fornecido nitrogênio às plantas, pois ocorreram altas temperaturas, acelerando a decomposição da palha e minimizando de certa forma a deficiência de adubação nitrogenada, assim, poderia ter ocorrido produtividades ainda menores de biomassa nos tratamentos sem a adubação.

A análise de variância (ANOVA) revelou efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) do fator adubação nitrogenada e não significativa ( $P > 0,05$ ) para o fator *A. brasilense*, sobre a variável rendimento de grãos da cultura do milho (Tabela 2).

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram os mesmos efeitos observados nas variáveis diâmetro basal do colmo e estatura de plantas, pois apenas o fator adubação nitrogenada diferiu significativamente, apesar da inoculação de *A. brasilense* mostrar incrementos no rendimento de grãos. Novamente se comprova a eficiência que a adubação nitrogenada traz à cultura do milho, sendo viável tecnicamente e economicamente (Tabela 3).

O rendimento médio dos tratamentos 1 e 2 foi de 8.176,90 Kg/ha, e a média dos tratamentos 3 e 4 foi de 10.918,52 Kg/ha, estatisticamente maior. Nota-se o aumento do rendimento com o uso de *A. brasilense* (Tabela 2), porém não sendo estatisticamente significativo. Resultados semelhantes foram obtidos por Hungria (2011), relatando, com base em experimentos conduzidos na Embrapa Soja (Londrina – PR), aumentos de rendimento em tratamentos com inoculação e 0 Kg/ha de nitrogênio em cobertura, porém, com desempenho inferior quando comparado ao uso de nitrogênio e inoculação. A autora cita a seleção e o desenvolvimento de estirpes de fundamental importância para a busca de resultados ainda melhores futuramente.

Repke et al. (2013) mostram resultados extremamente parecidos com os obtidos neste trabalho, em que o emprego de *A. brasilense* não alterou o rendimento, enquanto o fornecimento crescente de nitrogênio o aumentou linearmente. Quadros et al. (2014) verificaram aumento de rendimento do híbrido P 32R48, enquanto outros dois híbridos não responderam à inoculação. Foi citado anteriormente que houve aumento de matéria seca da parte aérea do híbrido SHS 5050, enquanto o outro híbrido testado (AS 1575) não mostrou diferença em nenhuma dessas variáveis, comprovando a hipótese de que cada material responde de forma diferente à inoculação.

Dartora et al. (2013) também obtiveram incrementos de rendimento com o aumento da dose de nitrogênio, e não obtiveram resultados positivos da inoculação nessa variável, porém, no trabalho outras variáveis foram afetadas por *A. brasilense*, tendo melhor desenvolvimento.

Sangoi et al. (2015) observaram que o rendimento de grãos do milho aumentou com o incremento nas doses de nitrogênio mineral em sistemas de alto manejo, independentemente da inoculação das sementes com *Azospirillum*. Da Silva Libório et al. (2015) observaram efeito positivo na prática de inoculação das sementes com *A. brasilense* associada à

redução da adubação nitrogenada recomendada em 50% para biomassa foliar, massa e rendimento de grãos em híbridos de milho.

No desenvolvimento do experimento ocorreram altas temperaturas e restrição hídrica no mês de janeiro, influenciado negativamente o resultado final da produção, pois nesse período a cultura se encontrava no início do estágio R2 e se estendeu até o final do estágio R3 da escala fenológica de Ritchie, Hanway e Benson (1993).

Salienta-se que o rendimento apresentado neste trabalho não se deve apenas à adubação, mas a um conjunto de fatores que determinam a produção, como manejo de pragas, invasores e doenças, época de semeadura, física e química do solo, híbrido, entre outros.

Os dados da viabilidade econômica dos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 03. Nas condições do experimento o máximo rendimento de grãos e o máximo retorno econômico foram ambos, em que foi aplicado o inoculante à base de *A. brasilense* e nitrogênio em cobertura (T4). Nesse mesmo tratamento ocorreu o maior custo de produção (R\$ 3.120,83) em decorrência da aplicação dos dois fatores analisados e do maior custo de colheita (10% do rendimento). Porém, o maior rendimento (184,73 sc/ha) cobriu os custos de produção maiores, resultando no maior lucro/ha (R\$ 4.453,26), seguido do tratamento 3, que teve o segundo melhor desempenho agrônômico (179,22 sc/ha) e econômico (R\$ 4.261,72).

Tabela 3 – Análise econômica dos diferentes tratamentos do experimento eficiência agrônômica e econômica do uso de inoculação com *A. brasilense* na cultura do milho (*Zea mays* L.) e adubação nitrogenada (São José do Cedro, SC, safra 2015/2016)

Trat.	Rendimento (sc/ha)	Custos totais (R\$/ha)	Receita (R\$/ha)	Lucro (R\$/ha)
T1	126,00	2465,65	5174,58	2708,93
T2	126,35	2565,08	6000,51	3435,43
T3	179,22	3014,09	7347,89	4243,80
T4	184,73	3139,26	7574,09	4434,83
Média	159,07	2818,52	6534,27	3705,75

Fonte: os autores.

A adubação em cobertura otimizou a produção por hectare, diluindo custos como sementes, agrotóxicos, horas-máquina, mão de obra, análise de solo, corretivo e adubação de base, trazendo maior sustentabilidade econômica, maior eficiência técnica e preservação ambiental, pois se produziu mais por hectare, sem aplicações maiores insumos industrializados e também se reduziu a expansão da agricultura sobre áreas de preservação.

### 3 CONCLUSÃO

Houve influência de *A. brasilense* na variável massa seca da parte aérea, porém apenas quando combinada com adubação nitrogenada em cobertura.

Não houve influência da inoculação da cultura do milho com *A. brasilense* nas variáveis diâmetro basal do colmo, estatura de plantas e rendimento de grãos.

A adubação nitrogenada de cobertura influenciou positivamente todas as variáveis analisadas.

O máximo rendimento de grãos proporcionou o maior retorno econômico.

#### ***Agronomic and economic efficiency of the inoculation with *Azospirillum brasilense* in maize and nitrogen fertilization***

##### *Abstract*

*With increasing crop yields comes the plant nutrition that seeks to optimize the efficiency of fertilizers and their use to rise yields and reduce costs. The nitrogen is the most required nutrient by plants and it also suffers several losses in the production system. So the study pointed to measure the efficiency of the growth-promoting bacteria, using inoculant made of *A. brasilense* and nitrogen topdressing, in the Municipality of São Jose do Cedro, SC, cambissolo háplico eutrófico with high fertility average. The experiment was conducted in a 2x2 factorial arrangement in a randomized complete block design (RBD) using a commercial hybrid corn. We tested the absence and presence of inoculation factors and nitrogen fertilization simultaneously. The variables found were: basal diameter of the stem; plant height; dry*

mass of shoots; grain yield and economic analysis. The culture of corn submitted to inoculation showed no significant results for basal stem diameter, plant height and grain yield, but showed significant results for dry matter of shoot. All variables obtained significant results for nitrogen fertilization factor in coverage. The maximum yield and maximum economic return were observed with the combined use of *A. brasilense* and nitrogen fertilization.

**Keywords:** Biological nitrogen fixation. Growth-promoting bacteria. Grain yield.

## REFERÊNCIAS

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

DARTORA, J. et al. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **R.B. de Eng. Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1023–1029, 2013.

DA SILVA LIBÓRIO, P. H. et al. Avaliação de híbridos de milho quanto à inoculação e adubação nitrogenada. **Ciência & Tecnologia**, v. 7, 2015. Edição Especial.

DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas: SBCS, 1992.

DOTTO, A. P.; LANA, M. C.; STEINER, F. et al. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 376–382, jul./set. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 3. ed. Brasília, DF: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. Agrotec.**, v. 38, n. 2, p. 109–112, 2014.

GOMES, L. S. et al. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo em milho tropical. **R. P. Agrop. Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 2, p. 140–145, fev. 2010.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 24 out. 2015.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, p. 413–425, 2010.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2015.

KENNEDY, I. R. et al. Nonsymbiotic bacterial diazotrophs in crop–farming systems: can their potential for plant growth promotion be better explored. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 1229–1244, 2004.

MORAES, D. F.; BRITO, C. H. **Análise de possível correlação entre as características morfológicas do colmo do milho e o acamamento**. 2011. Disponível em: Acesso em: 14 dez. 2018.

MUMBACH, G. L. et al. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safriinha. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97–103, 2017.

PORTUGAL, J. R. et al. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 639, 2017.

QUADROS, P. D. de et al. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **R. Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209–218, mar./abr. 2014.

REPKE, R. A. et al. Eficiência de *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **R. B. de Milho e Sorgo**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 214–226, 2013.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Ames, Iowa: Universidade Estadual de Iowa, 1993. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/DE02520B8765B8D683257AA0003C46A6/\\$FILE/Encarte103.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/DE02520B8765B8D683257AA0003C46A6/$FILE/Encarte103.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2015.

SANGOI, L. et al. Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com azospirillum sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, 2015.

SCHIAVINATTI, A. F. et al. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **R. Solos e Nutrição de Plantas**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 925-930, ago. 2011.

VALADARES, F. V. et al. Desempenho agronômico de irmãos completos de milho. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 460, 2017.

WORDELL FILHO, J. A.; ELIAS, H. T. (Org.). **A cultura do milho em Santa Catarina**. 2. ed. Florianópolis: Epagri, 2012. 478 p.

