

Nitrogênio e formas de aplicação de *Azospirillum brasilense* em milho cultivado em solo arenoso

Nitrogen and forms of application of *Azospirillum brasilense* in corn cultivated in sandy soil

Nitrógeno y formas de aplicación de *Azospirillum brasilense* en maíz cultivado en suelo arenoso

Recebido: 26/09/2022 | Revisado: 09/10/2022 | Aceitado: 11/10/2022 | Publicado: 17/10/2022

Alexandre Alonso de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4026-0969>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: alexandre.oliveira@ifms.edu.br

Francisco Eduardo Torres

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6114-0096>
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: feduardo@uemms.br

Élcio Ferreira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1148-0527>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: elcio.santos@ifms.edu.br

Augusto Manoel Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0928-2978>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: augusto.rodrigues@ifms.edu.br

Rafael Azevedo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3629-1543>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: rafael.silva@ifms.edu.br

Gutierrez Nelson Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4272-0634>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: gutierrez.silva@ifms.edu.br

Félix Placência Garcia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4404-5369>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: felix.garcia@ifms.edu.br

Taiane Aparecida Magri

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8585-7999>
Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil
E-mail: taiane.magri@novaandradina.org

Resumo

A cadeia produtiva de alimentos deve tornar-se mais eficiente e sustentável, novas tecnologias como o uso de bactérias promotoras de crescimento associadas à adubação nitrogenada tende a elevar os patamares produtivos do milho e minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente provocado pela aplicação de nitrogênio sintético. O objetivo do trabalho foi analisar o efeito sinérgico entre a forma de aplicação de *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio, sobre a produtividade do milho em solo arenoso, localizado no município de Nova Andradina-MS. O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4×2, englobando quatro formas de aplicação de *A. brasilense* (controle; inoculação na semente; inoculação via linha de semeadura no estádio V2 e inoculação via foliar no estádio V4) e 2 doses de nitrogênio (120 e 160 kg ha⁻¹ de N, em cobertura). As variáveis analisadas foram a massa seca de raízes, nitrogênio do tecido radicular, diâmetro do colmo, altura de inserção da primeira espiga, altura de planta, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, nitrogênio do tecido foliar e produtividade de grãos de milho. A adubação nitrogenada em milho, na maior dose promove aumento das concentrações deste elemento nos tecidos radiculares e foliares. As formas de inoculação via foliar e na linha de semeadura são mais eficientes que a aplicação via tratamento de sementes, promovendo ganhos em todos os parâmetros avaliados, exceto na AIE. A aplicação de *A. brasilense* potencializa o efeito da aplicação de N no milho.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada; Bactéria promotora de crescimento em plantas; Formas de inoculação com microrganismos benéficos; *Zea mays*.

Abstract

The entire food production chain must become more efficient and sustainable, so new technologies such as the use of growth-promoting bacteria associated with nitrogen fertilization tend to raise the production levels of corn and minimize the negative effects on the environment caused by synthetic nitrogen application. The objective of this work was to analyze the synergistic effect between the form of application of *Azospirillum brasilense* and nitrogen rates on corn productivity in sandy soil, located in the municipality of Nova Andradina-MS. The experimental design was randomized blocks in a 4×2 factorial scheme, encompassing four forms of application of *A. brasilense* (control; seed inoculation; inoculation in the sowing line at stage V2 and inoculation in canopy spraying at stage V4) and 2 doses of nitrogen (120 and 160 kg ha⁻¹ of N, in coverage). The variables analyzed were root dry mass, root tissue nitrogen, stem diameter, first ear insertion height, plant height, number of grains per ear, 100-grain mass, leaf tissue nitrogen and corn grain yield. Nitrogen fertilization in corn, at the highest dose, promotes an increase in the concentrations of this element in root and leaf tissues. The ways of inoculation via foliar and in the sowing line are more efficient than the application via seed treatment, promoting gains in all parameters evaluated, except for the EIA. The application of *A. brasilense* potentiates the effect of N application on corn.

Keywords: Nitrogen fertilization; Plant growth promoting bacteria; Ways of inoculation with beneficial microorganisms; *Zea mays*.

Resumen

La cadena de producción de alimentos debe volverse más eficiente y sostenible, las nuevas tecnologías como el uso de bacterias promotoras del crecimiento asociadas a la fertilización nitrogenada tienden a elevar los niveles de producción de maíz y minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente causados por la aplicación de nitrógeno sintético. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto sinérgico entre la forma de aplicación de *Azospirillum brasilense* y las dosis de nitrógeno sobre la productividad del maíz en suelo arenoso, ubicado en el municipio de Nova Andradina-MS. El diseño experimental fue bloques al azar en esquema factorial 4×2 , abarcando cuatro formas de aplicación de *A. brasilense* (testigo; inoculación en semilla; inoculación vía línea de siembra en etapa V2 e inoculación vía foliar en etapa V4) y 2 dosis de nitrógeno (120 y 160 kg ha⁻¹ de N, en cobertura). Las variables analizadas fueron masa seca radical, nitrógeno tisular de la raíz, diámetro del tallo, altura de inserción de la primera mazorca, altura de planta, número de granos por mazorca, masa de 100 granos, nitrógeno tisular de la hoja y rendimiento de grano de maíz. La fertilización nitrogenada en maíz, en la dosis más alta, promueve el aumento de las concentraciones de este elemento en los tejidos de raíces y hojas. Las formas de inoculación vía foliar y en la línea de siembra son más eficientes que la aplicación vía tratamiento de semillas, promoviendo ganancias en todos los parámetros evaluados, excepto en el EIA. La aplicación de *A. brasilense* potencia el efecto de la aplicación de N en maíz.

Palabras clave: Fertilización nitrogenada; Bacterias promotoras del crecimiento de las plantas; Formas de inoculación con microorganismos beneficiosos; *Zea mays*.

1. Introdução

O Brasil é um dos principais produtores e consumidores de milho (*Zea mays* L.) do mundo, juntamente com Estados Unidos, China e União Europeia (Conab, 2019). Na safra 2020/2021, houve aumento de consumo industrial do cereal e também na alimentação animal, estimulando a elevação da produção de milho no mercado nacional e internacional (Conab, 2020). De acordo com 4º Levantamento para a safra 21/22 de grãos realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (janeiro 2022), a área planta com o cereal no Brasil nas duas safras será de aproximadamente 21,0 milhões ha⁻¹, com uma produção estimada de 113,0 milhões t⁻¹, e produtividade média de 5.391 kg ha⁻¹.

Quanto às demandas nutricionais, a extração da cultura do milho de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) aumentam linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência do milho refere se a nitrogênio e potássio, seguindo pelo cálcio, magnésio e fósforo (Pereira Filho, 2015).

O N é o nutriente mais limitante na produtividade do milho, além de ser um dos maiores custos de produção da cultura. É um nutriente fundamental para as plantas, sendo altamente requerido por ser constituinte das moléculas de proteínas, com atuação na produção de aminoácidos e vários outros compostos. O nitrogênio no solo sofre algumas transformações e perdas por processos de mineralização e imobilização, lixiviação e volatilização, nitrificação e desnitrificação (Portugal et al., 2017).

Broch & Ranno, (2008) enfatizam que o nutriente é disponibilizado às plantas através de fontes minerais e por algumas bactérias fixadoras de Nitrogênio atmosférico em associação ou simbiose com algumas leguminosas, que ainda realizam a reciclagem de nutrientes nos solos, com até 60% de eficiência de absorção de N em plantas de milho.

Por tratar-se de uma cultura que extrai grandes quantidades de nitrogênio, durante seu desenvolvimento, usualmente torna-se necessário o uso de adubação nitrogenada em cobertura para complementar a quantidade suprida pelo solo, quando se almeja produtividades elevadas. Resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada do milho à adubação nitrogenada (Pereira Filho, 2015).

Santini et al. (2018) afirmam que em geral, 70 a 90 % dos ensaios de adubação com milho, realizados a campo no Brasil, apresentaram respostas à aplicação de nitrogênio. Cerca de 60,0% do nitrogênio presente nos fertilizantes industriais é perdido no ambiente, não chega a ser absorvido pelas plantas, sendo lixiviado no perfil do solo, causando a poluição de rios, lagos, aquíferos e áreas costeiras por meio da eutrofização.

A utilização de microrganismos para auxiliar na disponibilização de nutrientes para plantas tem sido cada vez mais realizada nas lavouras. Nas gramíneas, as bactérias agem de forma passiva, acessando o sistema fisiológico através de raízes e estômatos das folhas (crescimento endofítico), transportando-se por meio dos tecidos em via apoplástica, realizando a colonização intercelular das células da hipoderme, córtex da raiz e parede de aerênquima. O milho é uma cultura que pode beneficiar-se da associação de bactérias fixadoras de nitrogênio (BPC), tal como a *Azospirillum brasilense*, viabilizando a disponibilidade de N (Moreno et al., 2019).

A BPC *A. brasilense* exerce uma ação que proporciona efeitos benéficos, como estimulação do crescimento do sistema radicular e a síntese de fitormônios. graças às respostas metabólicas, dentre elas o maior desenvolvimento das raízes, permitindo uma maior recuperação do N que foi utilizado na adubação. O aumento nas raízes ocorre devido a uma maior atividade hormonal, principalmente de auxina (Alvarez et al., 2019).

Até o momento ainda são incipientes as informações disponíveis na literatura sobre a influência de *A. brasilense* no milho nas diferentes formas de inoculação. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, suas formas de aplicação e o efeito da aplicação de diferentes doses de nitrogênio.

2. Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos na área de produção vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - *Câmpus* Nova Andradina; com as coordenadas geográficas 22°04'58.0"S e 53°28'12.3"W. A área experimental apresenta relevo plano a suave ondulado com declividade média de 3% e altitude média de 380 m. A região apresenta temperaturas médias entre 20 e 22° C e precipitação de 1500 a 1700 mm ano⁻¹ (Amore, 2009; Souza, 2013) e o clima (Figura 1.), segundo Köppen-Geiger é classificado como Tropical de Savana (Aw).

A área que foi originalmente ocupada por vegetação do Cerrado tem sido explorada por 5 anos por culturas anuais. A área utilizada tem como histórico o uso de sistema de plantio direto (SPD) e o solo é o Latossolo Vermelho Distrófico de textura arenosa, com 870 g de areia kg⁻¹ de solo, 104 g de argila kg⁻¹ de solo e 26 g de silte kg⁻¹ de solo (Santos, 2018).

As propriedades químicas do solo na área do experimento, foi determinada segundo métodos propostos por Raij et al., (2001), cujos resultados da análise estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado de análise química de solo na profundidade de 0-20 cm da área experimental da Unidade de produção Vegetal do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul, localizada em Nova Andradina-MS. Agosto de 2019.

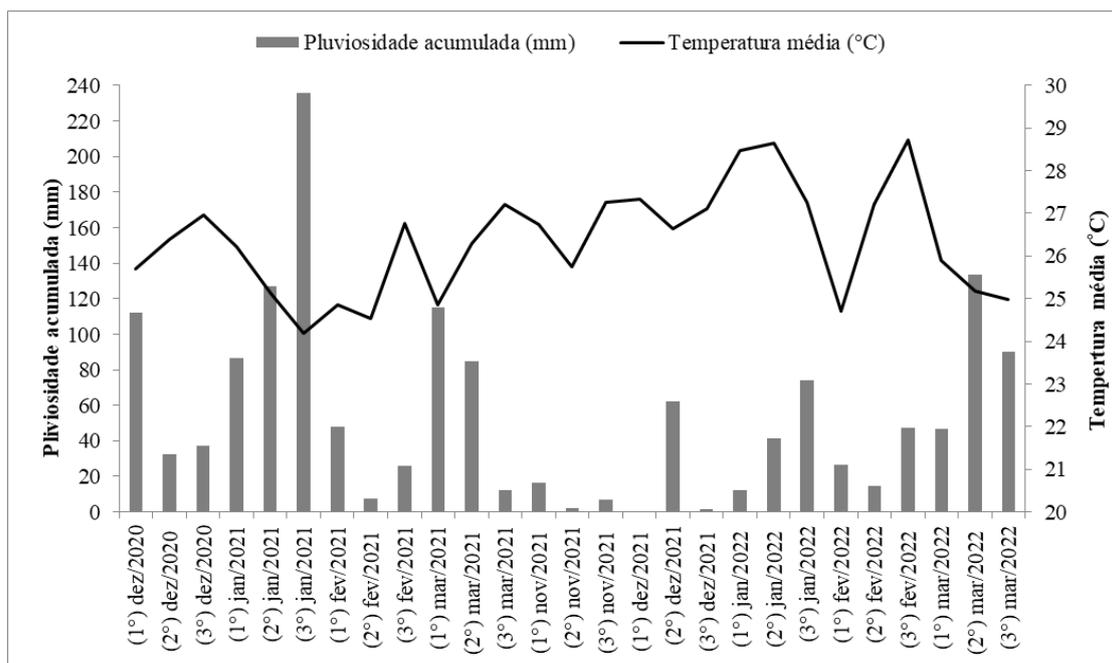
Prof	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K	H+Al ³⁺	SB	T	V	P	MOS
cm			-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹
0-20	5,6	0,7	3,0	1,4	0,15	1,8	4,5	6,3	71,6	4,1	20,0

Fonte: Autores.

A saturação por bases (V%) na Tabela 1 apresenta nível adequado para a cultura, e os nutrientes requeridos para o desenvolvimento pleno do milho foram fornecidos através da adubação de base, e em cobertura para o N e potássio (K).

Na Figura 1 estão demonstrados os dados climáticos no período do experimento, em descêndios, de dezembro de 2020 a março de 2021 (primeiro ano agrícola), e novembro de 2021 a março de 2022 (segundo ano agrícola).

Figura1. Dados de precipitação e temperaturas médias em decêndios (1º, 2º e 3º) no período experimental de condução da cultura do milho. (Estação meteorológica do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul) Nova Andradina, MS, períodos agrícolas 2020/2021 e 2021/2022.



Fonte: Autores.

No primeiro ano agrícola foram observados os maiores valores pluviométricos no terceiro descêndio do mês de janeiro (acima de 200 mm) e temperaturas médias por volta de 25°C, consideradas adequadas para a cultura. Na safra 21/22, o terceiro descêndio do mês de fevereiro de 2022 apresentou as temperaturas mais elevadas no decorrer do desenvolvimento do milho, com temperaturas médias próximas aos 30°C (Tabela 1).

O delineamento experimental empregado foi o de blocos completos casualizados (DBC) em um esquema fatorial 4 (formas de aplicação de *Azospirillum brasilense*) x 2 (doses de Nitrogênio). Foram testadas quatro formas para aplicação de *A. brasilense*: 1) sem aplicação de *A. brasilense* – controle; 2) inoculação na semente; 3) aplicação na linha de semeadura em V2; 4) aplicação foliar em V4, preconizado por Santini et al. (2018). Para fonte de *A. brasilense* foram utilizadas as estirpes Ab-V₅

e Ab-V₆, na concentração de 2×10^8 células viáveis por grama do produto comercial, sendo aplicado a dose de 100 mL ha⁻¹ do inoculante líquido (aproximadamente 20 kg de sementes ha⁻¹ do híbrido utilizado).

O tratamento com *A. brasilense* na semente ocorreu momentos antes da semeadura. Na aplicação via linha de semeadura e foliar o produto comercial foi diluído em água em um volume de mistura equivalente a 100 mL de produto comercial ha⁻¹, com volume de calda de 100 L ha⁻¹. Para esses dois tratamentos utilizou-se pulverizador costal XP-20. A inoculação via linha de semeadura ocorreu quando o milho se encontrava no estágio vegetativo V2 (duas folhas completamente expandidas), com o jato de pulverização direcionado ao solo, enquanto a inoculação via foliar ocorreu no estágio vegetativo V4 com quatro folhas completamente expandidas.

Em relação ao nitrogênio, foram utilizadas 2 doses, 120 kg ha⁻¹ (recomendada por Sousa & Lobato; 2004) e 160 kg ha⁻¹ de N (elevação de 33% em relação a dose recomendada), em cobertura. Desta forma, o experimento compreendeu 8 tratamentos. Controle sem *A. brasilense* e sem adubação de cobertura de N; controle sem *A. brasilense* com adubação de cobertura nitrogenada de 120 e 160 kg ha⁻¹; inoculação de sementes com adubação de cobertura nitrogenada de 120 e 160 kg ha⁻¹; aplicação em sulco de semeadura da bactéria com adubação de cobertura nas doses 120 e 160 kg ha⁻¹ e aplicação foliar sem adubação de cobertura, com adubação de cobertura de 120 e 160 kg ha⁻¹.

Cada parcela experimental foi composta por sete linhas, com dois metros de comprimento e espaçamento entre elas de 0,45 m, sendo a área útil constituída pelas três linhas centrais da parcela. Após a emergência e estabelecimento das plantas, aos 18 dias após emergência, as plantas foram raleadas, deixando-se um estande de 2,5 plantas m⁻¹, com uma população final aproximada de 55.500 plantas ha⁻¹.

O milho foi semeado em 15/12/2020 no primeiro ano do ensaio, e no segundo ano, em 12/11/2021, utilizando o híbrido transgênico Feroz que possui tecnologia Vip3 (Syngenta®) para resistência aos principais lepidópteros que atacam a cultura durante seu desenvolvimento, além de possuir resistência ao herbicida glifosato. As sementes empregadas nos dois anos de ensaio já possuíam tratamento industrial com inseticida Cruiser® + fungicida Maxim® (Tiametoxam 350 g kg⁻¹, na dose de 2 mL kg de semente⁻¹ + Fludioxinil 25 g L⁻¹ na dose de 5 mL kg de semente⁻¹). Na adubação de base no sulco de semeadura, utilizou-se 300 kg ha⁻¹ do formulado 04-20-20 (13 kg ha⁻¹ de N, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O). Com monitoramento embasado no manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas realizou-se o manejo sanitário durante o ciclo da cultura, de acordo com exigências técnicas requeridas.

As doses de N foram aplicadas na cultura em única aplicação, no estágio V4, seguindo o estágio fenológico proposto por Borém et al. (2017). Nesta fase vegetativa a planta de milho apresenta quatro folhas com o limbo foliar completamente expandido. O fornecimento das doses de N foi realizado com a aplicação de ureia agrícola, em uma concentração de 46% de nitrogênio. Com essa concentração, tornou-se necessário a distribuição de aproximadamente 261 e 348 kg ha⁻¹ do fertilizante para fornecer as doses de 120 e 160 kg ha⁻¹ de N respectivamente. Ainda em V4 foi realizada a aplicação de 100 kg ha⁻¹ do fertilizante KCl (60% de K₂O) em cobertura na área experimental.

A amostragem da folha diagnose do milho para a determinação de concentrações de N foliar foi realizada coletando-se o terço médio de 20 folhas, oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central, coletada por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento), caracterizado pelo estágio R1 da cultura, embasada na metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

As amostras das folhas diagnose foram acondicionadas em sacos de papel e secadas em estufa a 65°C durante 72 horas. Posteriormente, o material foi pesado, triturado em moinho tipo Wiley (malha de 1 mm) e realizadas as determinações de N nos tecidos vegetais, de acordo com metodologia do nitrogênio total (NT) proposta por Kjeldal.

Também por ocasião do florescimento (estádio fenológico R1) foi coletado uma planta por parcela, sendo coletado o sistema radicular com auxílio de uma sonda de coleta, com volume de 8000 cm³ (20x20x20 cm). As raízes foram lavadas em água corrente para a retirada de impurezas, e posteriormente receberam o mesmo processamento das folhas diagnose, para quantificação da massa seca e concentração do nitrogênio total do tecido radicular.

Aos 130 dias após a semeadura (DAS), foram determinadas a altura de plantas e diâmetro de colmo na maturação. A altura de plantas foi definida como sendo a distância (m) do nível do solo ao ápice do pendão, sendo determinada com auxílio de régua graduada. O diâmetro do colmo (cm) foi determinado no segundo internódio, utilizando-se paquímetro manual. Tanto a altura, quando o diâmetro, foram determinados em cinco plantas na área útil da parcela. Na mesma época também foi determinada a altura de inserção de espiga avaliando cinco plantas ao acaso nas três linhas centrais de cada parcela, medindo o comprimento (m) do solo até a inserção da primeira espiga (Pereira Filho, 2015).

Na colheita (135 DAS) foi determinado o número de grãos por espiga (NGE), obtido a partir da multiplicação do número de fileiras por espiga e número de grãos por fileira de cada espiga (20 espigas por parcela). A massa de 100 grãos (g) foi determinada em balança de precisão 0,01g, a 13% (base úmida) em quatro lotes por tratamento; o rendimento de grãos (kg ha⁻¹) foi determinado pela coleta das espigas das plantas contidas na área útil de cada parcela.

Os resultados foram submetidos às análises estatísticas utilizando o software R STATISTIC. Os fatores qualitativos foram submetidos ao teste de análise de variância, utilizando-se o teste F e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (doses de N), por apresentar apenas dois níveis (120 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹ de N, em cobertura), também foi tratado como qualitativo.

3. Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância, para as variáveis avaliadas não houve efeito significativo pelo teste f ($p > 0,05$) para interação dos fatores (formas de inoculação com *a. Brasilense* x doses de n) para todas as variáveis avaliadas no ensaio, demonstrando que estes fatores se comportam de forma independente. Avaliando o fator isolado formas de aplicação houve efeito significativo para as variáveis massa seca de raízes (msr), nitrogênio do tecido radicular (nr), diâmetro do colmo (dc), altura de planta (ap), número de grãos por espiga (nge), massa de 100 grãos (m100), nitrogênio do tecido foliar (nf) e produtividade de grãos (pg) de milho nas safras 2020/2021 e 2021/2022 ($p < 0,05$). Somente a altura de inserção da primeira espiga (aie) apresentou igualdade das médias nas duas safras de condução do ensaio (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Massa seca de raízes em g planta⁻¹ (MSR), nitrogênio do tecido radicular (NR), diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da primeira espiga (AIE), altura de planta (AP), número de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos (M100), nitrogênio do tecido foliar (NF) e produtividade de grãos (PG) de milho. IFMS, campus de Nova Andradina/MS, no ano agrícola 2020/2021.

FI¹	MSR g pl ⁻¹	NR g kg ⁻¹	DC ------(cm)-----	AIE	AP m	NGE	M100 g	NF g kg ⁻¹	PG kg ha ⁻¹
C¹	7,6d	2,2b	1,4b	54,3	1,7b	272,2b	19,0c	24,1b	2879b
Se¹	9,4c	2,2b	1,5b	47,5	1,8b	260,8b	21,5b	24,0b	3124b
Ls¹	15,9a	4,2a	2,1a	49,0	2,6a	408,2a	23,3ab	34,0a	5284a
F¹	13,2b	4,3a	2,1a	49,4	2,6a	447,2a	23,7a	34,3a	5887a
C.V.(%)	8,7	2,9	4,5	14,0	5,7	13,4	6,8	3,0	14,9
DN¹	MSR g pl ⁻¹	NR g kg ⁻¹	DC ------(cm)-----	AIE	AP m	NGE	M100 g	NF g kg ⁻¹	PG kg ha ⁻¹
120	11,4	3,1b	1,8	49,6	2,2	343,2	21,6	28,7b	4201
160	11,6	3,3a	1,8	50,5	2,1	351,0	22,2	29,5a	4386
C.V.(%)	8,7	2,9	4,5	14,0	5,7	13,4	6,8	3,0	14,9

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna compara os tratamentos dentro da variável analisada, e não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey 5%.

¹FI – Formas de inoculação; C – controle sem inoculação; SE – inoculação via semente; Ls – inoculação via linha de semeadura; F – inoculação via foliar, DN – doses de nitrogênio. Fonte: Autores.

Na Tabela 2 estão apresentadas as médias das variáveis avaliadas no sistema radicular do milho, bem como todos os caracteres agronômicos determinados no decorrer dos estádios fenológicos da cultura e o teor de N, nos diferentes tecidos avaliados no ano agrícola 2020/2021.

No fator doses de N, apenas NR e NF apresentaram diferença nas médias, e as maiores concentrações do nutriente nas safras 2020/2021 e 2021/2022 foram obtidas na dose de 160 kg ha⁻¹ de N para NR, com 3,3 g kg⁻¹ e 29,5 g kg⁻¹ para NF de massa seca do tecido vegetal para as duas safras, comprovando que com o aumento da dose de 120 kg ha⁻¹ para 160 kg ha⁻¹ de N, também ocorreu a elevação desse nutriente nos tecidos. Thomazini et al. (2019) observaram teores foliares de N semelhantes quando aplicadas doses de até 200 kg ha⁻¹ de N. Dessa forma, foi possível inferir, que as concentrações de N nos tecidos vegetais avaliados se elevaram, de acordo com o aumento da dose do fertilizante nitrogenado.

Thomazini et al. (2019) avaliando o efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* nos caracteres agronômicos e na produtividade de grãos de milho não observaram interação entre as doses de N e a inoculação de sementes. De forma isolada a inoculação com *A. brasilense* confere maior absorção e acúmulo de nutrientes nos grãos de milho. Isto se deve a capacidade desta bactéria ser diazotrófica (fixação biológica de N₂) e síntese hormonal, que contribuem no crescimento dos tecidos das plantas, principalmente do sistema radicular, o qual mais vigoroso possibilita maior absorção de água e nutrientes, assim como maior redistribuição de nutrientes e fotoassimilados para espiga.

Avaliando os dados de massa seca do sistema radicular de plantas de milho (MSR), estes foram maiores quando inoculadas (p<0,05) com *A. brasilense* via linha de semeadura (15,9 g planta⁻¹) na safra 20/21 e 12,3 g plantas⁻¹ no ano seguinte, não diferindo da inoculação foliar. Rampim, (2020) obteve maior desenvolvimento radicular das plântulas de milho, quando reinoculadas em safras seguidas, com *A. brasilense*, dados também encontrados neste estudo, onde todas as formas de aplicação de aplicação de *A. brasilense* apresentaram médias maiores que o tratamento controle. As maiores concentrações de nitrogênio no tecido foliar ocorreram na aplicação na linha de semeadura e foliar (4,2 e 4,3 g de N kg de tecido)

respectivamente nos dois anos de ensaio, podendo-se inferir que essas duas formas de aplicação, são as mais vantajosas nestas variáveis, pelo maior estímulo fisiológico e disponibilização de N pelas BPCP.

Moreno et al. (2019) enfatizam que respostas positivas ou negativas para as variáveis AP, DC, N acumulado na parte aérea e as massas das folhas, do colmo, da parte aérea, da raiz e total não foram verificadas quando a inoculação com a BPC *A. brasilense* foi efetuada nas sementes e/ou folhas. Embora se esperava que a rizobactéria intensificasse o crescimento das plantas, os resultados obtidos não foram conclusivos quanto a produção de efeitos significativos oriundos da utilização ou forma de aplicação desta.

Em ensaios realizado por Santini et al. (2018), não foram verificadas respostas no crescimento do milho ou no acúmulo de N em função do uso desta BPC, independentemente do método de inoculação (sementes e/ou folhas). Diferente do enfatizado pelos autores, a inoculação via linha de semeadura e foliar apresentaram as maiores médias para as variáveis NR, DC, NGE, M100, NF e PG nos dois anos do ensaio.

A espécie de rizobactéria *A. brasilense* apresenta potencial para melhorar as características agrônômicas do milho, seja pela sua ação como microrganismo diazotrófico ou atuando na solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e produção de metabólitos com propriedade fungicida e/ou bactericida (Moreno et al., 2019)

A AP teve os maiores valores com a inoculação via linha de semeadura e foliar, sem inoculação e inoculação via seminal apresentaram os menores valores (1,7 e 1,8 m) respectivamente. Moreira et al. (2019) corroboram que com a aplicação do inoculante na linha de semeadura em V2, a altura de plantas aumentou até a dose de 28,55 kg ha⁻¹ de N, correspondendo à altura máxima de 1,8 m. A partir dessa dose houve redução na altura de plantas. Por outro lado, quando foi aplicado via sementes, não se observou efeito das doses de nitrogênio. Com as doses utilizadas no ensaio (120 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹ de N) houve redução na AP com a dose mais elevada, sem diferença nesta variável.

Thomazini et al. (2019) avaliando o efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* demonstram que não ocorreu diferença significativa com a altura de inserção de espiga (AIE), também demonstrado no ensaio, para ambas as variáveis. Estas características, normalmente, estão relacionadas às características morfológicas, fisiológicas e fenológicas inerentes a cada genótipo, como o cultivar utilizado é de alta tecnologia e como os atributos do solo estavam em condições adequadas, às plantas se desenvolveram uniformemente, o que explica a não diferença entre os tratamentos.

Tabela 3. Massa seca de raízes em g planta⁻¹ (MSR), nitrogênio do tecido radicular (NR), diâmetro do colmo (DC), altura de inserção da primeira espiga (AIE), altura de planta (AP), número de grãos por espiga (NGE), massa de 100 grãos (M100), nitrogênio do tecido foliar (NF) e produtividade de grãos (PG) de milho. IFMS, campus de Nova Andradina/MS, no ano agrícola 2021/2022.

FI¹	MSR g pl ⁻¹	NR g kg ⁻¹	DC ------(cm)-----	AIE	AP m	NGE	M100 g	NF g kg ⁻¹	PG kg ha ⁻¹
C¹	5,9b	2,2b	1,2b	46,1	1,4b	231,3b	19,0c	24,1b	2447b
Se¹	7,0b	2,2b	1,3b	40,3	1,5b	221,7b	21,5b	24,0b	2655b
Ls¹	12,3a	4,2a	1,9a	40,3	2,3a	367,4a	23,3ab	34,0a	4755a
F¹	9,9a	4,3a	1,9a	45,5	2,3a	402,4a	23,7a	34,2a	5298a
C.V.(%)	21,4	2,9	4,5	14,1	5,9	13,5	6,8	3,0	15,0
DN¹	MSR g pl ⁻¹	NR g kg ⁻¹	DC ------(cm)-----	AIE	AP m	NGE	M100 g	NF g kg ⁻¹	PG kg ha ⁻¹
120	8,7	3,1b	1,6	43,4	1,9	302,3	21,6	28,7b	3707
160	8,8	3,3a	1,6	44,2	1,8	309,2	22,1	29,5a	3870
C.V.(%)	21,4	2,9	4,5	14,1	5,9	13,5	6,8	3,0	15,0

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna compara os tratamentos dentro da variável analisada, e não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey 5%.

¹FI – Formas de inoculação; C – controle sem inoculação; SE – inoculação via semente; LS – inoculação via linha de semeadura; F – inoculação via foliar, DN – doses de nitrogênio. Fonte: Autores.

A Tabela 3 expõe as médias das variáveis avaliadas no sistema radicular do milho, bem como todos os caracteres agrônômicos determinados no decorrer dos estádios fenológicos da cultura e o teor de N, nos diferentes tecidos vegetais avaliados no ano agrícola 2021/2022.

Trabalhando com inoculação com *A. brasilense* via pulverização no sulco de semeadura (kit Micron), Xavier et al., (2021) encontraram diferença significativa para a massa de 100 grãos. Nos dois anos ensaio na variável M100, as maiores médias obtidas foram apresentadas na aplicação via foliar (23,7 g) nos anos 20/21 e 21/22. As menores médias foram evidenciadas no tratamento controle (sem inoculação), sendo diferentes de todas as formas de aplicação e comprovando a influência da inoculação nesta variável. O associativo estabelecido por *A. brasilense* através da colonização endofítica, mostrou-se mais eficiente na aplicação via foliar, conferindo uma maior quantidade de N e fitormônios para planta, que garantiu um maior acúmulo de fotoassimilados nos grãos, e conseqüentemente, uma maior M100.

A produtividade (PG) em relação às diferentes formas de inoculação de *A. brasilense* evidenciaram que a inoculação via linha de semeadura e foliar se mostraram superiores. Essa duas formas de aplicação mostraram-se mais eficientes nas variáveis avaliadas no ensaio, obtendo as melhores relações de associativos.

As plantas que receberam estes tratamentos foram beneficiadas pelas BPC em plantas, com uma maior capacidade de fixação biológica de nitrogênio, aumento na atividade da redutase do nitrato pelo crescimento endofítico, produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas e etileno, solubilização de fosfato e por atuarem como agente de controle biológico de patógenos, culminado em uma maior PG.

As doses de N empregadas no ensaio não apresentaram diferença (p>0,05). Contudo, Moreno et al., (2019) enfatizam que a inoculação com *A. brasilense* tem se mostrado eficiente em potencializar o efeito da adubação nitrogenada e, contribuindo para dispensar a necessidade da aplicação de doses maiores que 90 kg ha⁻¹ de N, por ocasião da semeadura do milho.

Corroborando com os resultados obtidos nos ensaios, Vogel et al. (2015) verificaram que a inoculação com *A. brasilense*, comparada com a ausência da inoculação com a bactéria promotora de crescimento, trouxe um incremento médio no rendimento no trigo, arroz, milho e sorgo de 20 a 30%. Hungria et al. (2010) em oito ensaios conduzidos em Londrina e Ponta Grossa avaliando as estirpes Ab-V5 e AbV6 de *A. brasilense* em veículo líquido observaram um aumento médio na produtividade na cultura do trigo de 31%.

Aumentos próximos de 20% na produtividade de grãos atribuídos à inoculação com bactérias diazotróficas tem sido considerado comercialmente significativo, valores bastante inferiores ao encontrado na média dos dois anos de ensaio, com incremento de 69%. Esse aumento expressivo pode ter sido alcançado, devido às condições limitantes de cultivo, onde a bactéria promotora de crescimento evidenciou o teto produtivo do híbrido, melhorando a condição da rizosfera no ambiente de cultivo (Hungria et al., 2010).

Como apresentado em PG o aumento da dose de 120 kg ha⁻¹ para 160 kg ha⁻¹ de N não influenciaram na produtividade de grãos, tornando-se possível inferir que doses inferiores a 90 kg ha⁻¹ tornam-se mais vantajosas do ponto de vista econômico e operacional, com a associação da inoculação com *A. brasilense*, principalmente via foliar, como apresentado no trabalho, conferindo um rendimento médio de 5887 kg ha⁻¹ e 5298 kg ha⁻¹ respectivamente nas safras 20/21 e 20/22.

Portugal et al. (2017) ainda inferem que em área de sistema plantio direto estabilizada, o fornecimento de N via fertilizante sintético, possibilita aumento de produtividade até a dose de 114 kg ha⁻¹ de N. Quando comparada com as doses de N, as formas de inoculação apresentaram um incremento médio na PG de 9,9% e 10,6% respectivamente nas safras 20/21 e 21/22, podendo-se inferir, que no ano agrícola com as condições climáticas menos favoráveis à cultura, ocorreu a maior expressão dos resultados almejados com a inoculação com *A. brasilense*.

Junior et al. (2020) não observaram influência no uso de inoculante nos parâmetros número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade. Neste trabalho as formas de aplicação de *A. brasilense* influenciaram no NGE, com 447,2 e 402,4 grãos espiga⁻¹ no tratamento com inoculação via foliar nas safras 20/21 e 21/22 respectivamente, não diferindo do tratamento via linha de semeadura. O controle e inoculação por sementes apresentaram as menores médias, sendo iguais estatisticamente e distintas dos demais tratamentos.

Quanto às concentrações de N total nos tecidos radiculares (NR) e foliares (NF), essas variáveis também foram influenciadas pelas formas de inoculação das bactérias promotoras de crescimento (BPC). As maiores concentrações deste nutriente foram encontradas com a inoculação via foliar (NR– 4,3 e NF – 34,3 g kg⁻¹), e via linha de semeadura (NR– 4,2 e NF – 34,0 g kg⁻¹) na primeira safra. No ciclo 21/22 a inoculação na linha de semeadura e foliar também apresentaram as maiores médias, com as mesmas concentrações da safra anterior, sendo distintas dos outros tratamentos, incluindo a ausência de inoculação.

O híbrido utilizado no ensaio apresentou concentrações de N no tecido foliar dentro da faixa de suficiência para a cultura, podendo atingir altos rendimentos (acima de 6000 kg ha⁻¹), contudo o material genético usado foi um híbrido duplo com teto produtivo limitado Vale ainda ressaltar que a microrregião onde se localizou o campo experimental é tida como uma região marginal para o cultivo do cereal, além da irregularidade pluviométrica (déficit hídrico) ter limitado o máximo desempenho produtivo da cultura, nos estádios fenológicos de maior sensibilidade da cultura (V6 e R1).

O aumento no conteúdo de N propicia aumento na clorofila, pigmento utilizado para predizer o estado nutricional do N na planta (Booij et al., 2000). Essa relação é atribuída principalmente ao fato de que de 50% a 70% do N total das folhas é integrante de enzimas presentes nos cloroplastos. Silva et al. (2012) observaram aumento no conteúdo de N foliar até doses de aproximadamente 140 kg ha⁻¹ de N.

Dessa forma foi possível inferir que a inoculação de plantas do híbrido Feroz Vip3 via foliar e via linha de semeadura elevaram as concentrações de N nos tecidos radiculares, bem como, dos tecidos foliares, que apresentaram concentrações adequadas para altas produtividades. De acordo com Cantarella, (2017), os valores adequados para o teor de nitrogênio na cultura do milho foram obtidos a partir da dose de 69,1 kg ha⁻¹ de N, que está compreendido na faixa considerada adequada para a cultura que é de 27,0 a 35,0 g kg⁻¹ de N no tecido foliar (faixa de suficiência).

Já para Santos et al. (2013), os teores foliares de N associados à máxima produtividade e máxima eficiência econômica de grãos (acima de 12000 kg ha⁻¹) estiveram acima de 28,3 g de N kg⁻¹ de tecido foliar, no cultivo em Sistema de Plantio Direto.

Em ensaio avaliando o efeito da inoculação de *A. brasilense* em diferentes híbridos de milho, Peres et al. (2020) observaram que no híbrido Defender, esta prática resultou no incremento de 4,8% na produção de massa seca pela parte aérea, enquanto que para o Híbrido AS 1572 houve uma redução de 3,4%. Apesar desta variabilidade na resposta a inoculação, o tratamento das sementes com bactérias diazotróficas traz uma contribuição importante para o crescimento vegetativo das plantas, e que a inoculação associada ao fornecimento de nitrogênio mineral é eficiente na maioria dos casos, proporcionando melhor desenvolvimento e produtividade das plantas.

Tratando-se da discrepância verificada na inoculação com essa espécie de BPC via semente em relação às outras formas de inoculação, na contribuição das variáveis avaliadas no híbrido de milho Feroz vip3, estes resultados podem ter sido ocasionados pelo efeito antagônico dos ingredientes ativos presentes no tratamento de sementes (TS). Mohiuddin & Mohammed (2013) enfatizam que determinados ingredientes ativos, em especial fungicidas, vêm demonstrando efeitos deletérios sobre a atividade de BPCV (bactérias promotoras de crescimento vegetativo), como é o caso em *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum* spp.

Em avaliações laboratoriais Vogel et al. (2015) concluíram que a presença do ingrediente ativo Carboxina + Tiram nos tratamentos inoculados promoveram resultados estatisticamente inferiores em comparação a testemunha padrão (sem tratamento de sementes), demonstrando uma combinação antagônica entre o fungicida e a bactéria diazotrófica.

Dessa forma é possível inferir que, as outras formas de inoculação sofreram perdas menores qualitativas e quantitativas das unidades formadoras de colônias (UFC), pois foram aplicadas na cultura 8 dias após a semeadura (DAS) na linha de semeadura e 14 DAS (pulverização da parte aérea), onde o efeito residual dos ativos presentes do TS já são menos deletérios as BPCV. Campo et al. (2009) afirmam que, a compatibilidade entre o tratamento de sementes com fungicidas e inoculantes biológicos é considerada um dos grandes problemas na cultura da soja, afetando as etapas de simbiose. Já com relação a *A. brasilense*, há poucas informações acerca dos efeitos advindos da combinação do tratamento químico de sementes em conjunto com a bactéria e sua influência sobre o desenvolvimento das plantas.

Hungria et al., (2016) enfatizam que nas gramíneas o *A. brasilense* apresenta crescimento endofítico, dentro dos tecidos das plantas, em gramíneas e associativo em leguminosas. Esse hábito de crescimento pode justificar os melhores resultados nas variáveis mensuradas neste ensaio para inoculação via foliar da BPC, onde a mesma apresenta a capacidade de colonizar os tecidos da parte aérea da planta, possuindo estes, uma área superficial maior, quando comparado com o sistema radicular.

A colonização endofítica realizada por *A. brasilense* favorece a disponibilidade de nitrogênio e a síntese de fitormônios. Estes compostos produzidos por *A. brasilense* geram um maior desenvolvimento radicular, conseqüentemente gerando uma maior fixação biológica do nitrogênio (FBN). Além de um maior sistema radicular promove um maior aproveitamento dos nutrientes e água disponível do solo, gerando uma menor susceptibilidade à estresses hídricos (Hungria et al., 2016).

Neste ensaio, comprovou-se que a espécie de rizobactéria *A. brasilense* apresenta potencial para melhorar as características agrônômicas da cultura, principalmente quando inoculada via linha de semeadura em V2 e foliar em (V4), seja pela sua ação como microrganismo diazotrófico, ou atuando na solubilização de nutrientes, síntese de fitormônios e produção de metabólitos com propriedade fungicida e/ou bactericida.

Quanto a eficiência das formas de aplicação, Moreira et al. (2019) afirmam que, considerando o custo operacional de aplicação do produto biológico é recomendável que este seja aplicado nas sementes e não nas folhas. Dessa forma é possível mencionar que a literatura diverge quanto à efetividade real do uso de *A. brasilense*, e existem estudos com resultados positivos ao uso de inoculação ou sem significância.

4. Conclusões

A adubação nitrogenada em milho, na maior dose promove aumento das concentrações deste elemento nos tecidos radiculares e foliares.

Em solo arenoso, as formas de inoculação via foliar no estágio fenológico V4 e na linha de semeadura no estágio fenológico V2 são mais eficientes que a aplicação via tratamento de sementes promovendo ganhos em todos os parâmetros avaliados, exceto na AIE.

A aplicação de *A. brasilense* em áreas consideradas marginais pelo zoneamento agroclimático potencializa o efeito da aplicação de N no milho.

Ensaio para determinar a relação equilibrada de adubação nitrogenada e o emprego de inoculante em distintas condições edafoclimáticas e diferentes genótipos de milho, além do acompanhamento da mesma área para avaliar o efeito das reinoculações e seus impactos na otimização do uso de nitrogênio em diferentes culturas agrícolas, se fazem necessários para a melhor compreensão da interação entre os fatores envolvidos, e para a promoção de sistemas mais sustentáveis de produção.

Referências

- Alvarez, R. C. F., Benetão, J., Barzotto, G. R., Andrade, M. G. O. de & Lima, S. F. de. (2019). Application methods of *Azospirillum brasilense* in first- and secondcrop corn. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(11), 840–846. <https://doi.org/10.1590/1807-1929>
- Amore, L. (2009) Caracterização das Bacias Hidrográficas dos Rios Ivinhema e Pardo para a criação do Comitê da Bacia do Rio Ivinhema e do Comitê da Bacia do Rio Pardo In: Amore, L. *Cadernos sobre a Criação dos Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Ivinhema e Pardo, Estado do Mato Grosso do Sul*. [Agência Nacional das Águas, UNESCO], 31-41. <http://www.servicos.ms.gov.br/imasul/downloads/planosdebacia/PLANOIVINHEMA.pdf>
- Andrade, A. F. de, Zoz, T., Zoz, A., Oliveira, C. E. S. da. & Witt, T. W. (2019). *Azospirillum brasilense* inoculation methods in corn and sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 49 (e53027), 1-9. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v4953027>
- Booij, R., Valenzuela, J. L. & Aguilera, C. A. (2000). *Determination of crop nitrogen status using non-invasive methods*. p 72-82. In: Haverkort, A.J. and D.K.L MacKerron (eds), *Management of nitrogen and water in potato production*. Wageningen Pers.
- Borém, A., Galvão, J. C. C. & Pimentel, M. A. (2017). *Milho: do plantio à colheita*. [Universidade Federal de Viçosa], 2, 371-382. ISBN: 978-85-7269-583-1
- Broch, D. L., & Ranno, S. K. (2008). *Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho*. In: Broch, D. L. (Coord.) *Tecnologia e Produção: soja milho 2008/2009* [Fundação MS], 5, 1-29. http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BE6511459-C388-45CA-882F-FA36D76D0E71%7D_02_fertilidade_do_solo_adubacao_e_nutricao_do_milho_safrinha-1.pdf
- Campo, R.J., Araujo, R.S. & Hungria, M. (2009) Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and Bradyrhizobial inoculants. *Symbiosis* 48, 154–163. <https://doi.org/10.1007/BF03179994>
- Cantarella, H. (2017). Nitrogênio, 375-470. In: Novais, R. F., Alvarez, V., V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. [Sociedade Brasileira de Ciência do Solo], 1 (1), 1-1.017.
- Conab (2020). *Perspectivas para a Agropecuária - Safra 2020/21*. [Companhia Nacional de Abastecimento], 8 (1), 1-63.
- Conab (2022). *Acompanhamento da safra brasileira: Grãos – safra 2021/2022, Oitavo levantamento*. [Companhia Nacional de Abastecimento], 9 (9). 1-98.

- Hungria, M., Campo, R. J., Souza, E.M. & Pedrosa, O. F. (2010). Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant Soil*, 331, 413–425. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>
- Hungria, M., Nogueira, M. A. & Araujo, R. S. (2016). *Coinoculação da soja e do feijoeiro com rizóbios e Azospirillum brasilense*. In: Reunião da Rede de Laboratórios para a Recomendação, Padronização e difusão de Tecnologias de inoculantes Microbianos de Interesse Agrícola, [Embrapa Soja], 76-77. ISSN: 2176-2937
- Júnior, N. B., Alves, G. H. T., Bellettini, S. & Bellettini, N. M. T. (2020). Parcelamento de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho / Nitrogen splitting and seed inoculation with *Azospirillum brasilense* in corn culture. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 89544–89663. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-397>
- Malavolta, E., Vitti, G. C. & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. [POTAFÓS], 2, 1-319
- Mohiuddin, M. & Mohammed, M. K. (2013). Influence of fungicide (Carbendazim) and herbicides (2, 4-D and Metribuzin) on non-target beneficial soil microorganisms of Rhizospheric Soil of Tomato Crop. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology* ,[IOSR-JESTFT], 5 (1),47-50. e-ISSN: 2319-2402, p- ISSN: 2319-2399www. Iosrjournals.Org
- Moreira, R. C., Valadão, F. C. A. & Valadão Júnior, D. D. (2019). Desempenho agrônomo do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. *Revista. Ciência Agrária*, 62, 1-10. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.2865>
- Moreno, A. L. De, Kusdra, J. F. & Picazevicz, A. A. C. (2019). Crescimento do milho em resposta A *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. *Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais*, 10(5), 287-294. <https://doi.org/10.6008/Cbpc2179-6858.2019.005.0025>
- Pereira Filho, I. A. *Cultivo de milho*. (2015) [Embrapa Milho e Sorgo], 9 (1), 1-12. https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1gal1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658
- Peres, M. de S., Maia, M. da S., Valichski, R. R., de Carvalho, E. R., Xavier, L. de O., Caires, B. C., Alves, E. M., & Lellis, F. V. (2020). Qualidade nutricional e bromatológica da silagem de milho inoculado com *azospirillum* em cultivo solteiro e consorciado / Nutritional and bromatological quality of corn silage inoculated with *azospirillum* in single and consorciated crops. *Brazilian Journal of Development*, 6(11), 85974–85988. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-135>
- Portugal, J. R., Arf, O., Peres, A. R., Gitti, D. C. & Garcia, N. F. S. (2017). Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum brasilense* em milho no Cerrado. *Revista Ciência Agrônoma*, 48 (4), 639-649. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170074>
- Rampim, L., Guimarães, V. F., Salla, F. H., Costa, A. C. P. R., Inagaki, A. M., Bulegon, L. G. & França, R. (2020). Desenvolvimento inicial de plântulas de milho reinoculadas com bactérias diazotróficas. *Research, Society and Development*, 9(5), e24953109. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3109>
- Santini, J. M. K., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., Galindo, F. S., Coaguila, D. N. & Boleta, E. H. M. (2018). Doses and forms of *Azospirillum brasilense* inoculation on maize crop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(6), 373–377. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n6p373-377>
- Santos, L. P. D. dos, Aquino, L. A., Nunes, P. H. M. P. & Xavier, F. O. (2013) Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12(3), 270-279. <https://doi.org/10.158512/1980-6477/rbms.v12n3p270-279>
- Santos, H. G. dos. (2018). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. [Embrapa], 5(1), 1-356.
- Sousa, D. M. G. de & Lobato, E. (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. [Embrapa Cerrados], 2 (1), 1-416.
- Souza, E.C.A. M. de. (2013). Regime pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema-MS no período de 1977 a 2006. *Dissertação (Mestrado em Geografia)* – [Universidade Federal da Grande Dourados], 1-188. <http://200.129.209.58:8080/handle/prefix/185>
- Thomazini, G., Reicheback, M. P., Arf, O; Gerlach, G. A. X.; Buzetti, S. & Rodrigues, R. A. F. (2019). Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio mineral em milho cultivado em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 18 (3), 396-407. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v18n3p396-407>
- Vogel, G. F., Martinkoski, L., Jadoski, S. O. & Fey, R. (2015). Efeitos da combinação de *Azospirillum brasilense* com fungicida no desenvolvimento de trigo. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, 8 (3), 73-80. <https://doi.org/10.5935/PAeT.V8.N3.08>
- Xavier, L. De O., Valichski, R. R., De Carvalho, E. R., Oliveira, L. M., Peres, M. De S., Lourenço, J. L. F., Alves, E. M., & Cláudio, F. L. (2021). Sistemas de cultivo, milhos variedade e *azospirillum* - alternativas para pequenas propriedades rurais / cultivation systems, corn varietie and *azospirillum* - alternatives for small rural properties. *Brazilian Journal Of Development*, 7(1), 6707–6726. <https://doi.org/10.34117/Bjdv7n1-455>