

**Parâmetros Morfológicos e Produtivos
da Cultura do Milho Inoculado com
Bactérias Promotoras de Crescimento
Vegetal em Teresina, PI**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
131**

**Parâmetros Morfológicos e Produtivos
da Cultura do Milho Inoculado com
Bactérias Promotoras de Crescimento
Vegetal em Teresina, PI**

*Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara
Thaís Santiago de Sousa
Thaís de Lima Peres
Ana Karla da Silva Oliveira
Eduardo Arouche da Silva
Paula Muniz Costa*

Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2021

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte
Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires
Caixa Postal 01
CEP 64008-480, Teresina, PI
Fone: (86) 3198-0500
Fax: (86) 3198-0530
www.embrapa.br/meio-norte]
Serviço de Atendimento ao Cidadão(SAC)
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara

Secretário-Executivo
Jeudys Araújo de Oliveira

Membros
*Ligia Maria Rolim Bandeira, Edvaldo Sagrilo,
Orlane da Silva Maia, Luciana Pereira dos Santos
Fernandes, Francisco Jose de Seixas Santos, Paulo
Henrique Soares da Silva, João Avelar Magalhães,
Paulo Fernando de Melo Jorge Vieira, Alexandre
Kemenes, Ueliton Messias, Marcos Emanuel da
Costa Veloso, Jose Alves da Silva Câmara*

Supervisão editorial
Ligia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto
Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica
Orlane da Silva Maia

Tratamento das ilustrações
Jorimá Marques Ferreira

Editoração eletrônica
Jorimá Marques Ferreira

Foto da capa
Milton José Cardoso

1ª edição
1ª impressão (2021): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio-Norte

Parâmetros morfológicos e produtivos da cultura do milho inoculado com bactérias promotoras de crescimento vegetal em Teresina, PI / Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara... [et al.]. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2021.
PDF (30 p.) : il. ; 16 cm x 22 cm. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio-Norte, ISSN 1413-1455 ; 131).

1. Inoculante. 2. Bactéria. 3. Bioinsumo. 4. Biologia do solo. 5. Zea mays. I. Alcantara, Rosa Maria Cardoso Mota de. II. Embrapa Meio-Norte. III. Série.

CDD 631.46 (21. ed.)

Orlane da Silva Maia (CRB 3/915)

© Embrapa, 2021

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusões.....	24
Agradecimentos.....	24
Referências	24

Parâmetros Morfológicos e Produtivos da Cultura do Milho Inoculado com Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal em Teresina, PI

Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara¹

Thaís Santiago de Sousa²

Thaís de Lima Peres³

Ana Karla da Silva Oliveira⁴

Eduardo Arouche da Silva⁵

Paula Muniz Costa⁶

Resumo - O milho constitui-se em um dos produtos de maior versatilidade no processo de sustentabilidade alimentar. Objetivou-se neste estudo avaliar o efeito da inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) sobre os parâmetros morfológicos e produtivos da cultura do milho. O experimento foi conduzido em Teresina, PI, no delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco repetições e seis tratamentos: T1- *Azospirillum brasilense* (Ab V5); T2 - *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11417); T3 - Ab V5 + N-mineral; T4 - BR 11417 + N-mineral; T5 - N-mineral; e T6 - Testemunha. Os parâmetros avaliados foram: diâmetro basal do colmo (DC), altu-

¹Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

²Graduanda em Agronomia, Universidade Estadual do Piauí, bolsista PIBIC/CNPq da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

³Engenheira-agrônoma, Secretaria Nacional de Aprendizagem Rural-SENAR, Presidente Dutra-MA.

⁴Estudante de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA.

⁵Engenheiro agrícola, mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo/Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP

⁶Estudante de Agronomia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, MA

ra da planta (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento de raiz (CR), massa seca de raiz (MSR), altura de inserção da primeira espiga (AIPE), índice de área foliar (IAF), massa da espiga (ME), massa do sabugo (MS), massa de grãos por espiga (MGE), massa de 1.000 grãos (MMG) e rendimento médio (RM). A estirpe BR 11417 associada ao N-mineral favoreceu o desenvolvimento de DC e de MSR. O IAF apresentou desenvolvimento favorável em resposta ao N, enquanto a estirpe Ab V5 inoculada em associação ao N-mineral promoveu incrementos na ME e no RM. Conclui-se que os inoculantes avaliados incrementam a altura do milho, porém não aumentam proporcionalmente a sua produtividade.

Termos para indexação: *Zea mays*, bioinsumos, BPCV, inoculantes.

Morphological and Productive Parameters of the Inoculated Maize Culture with Plant Growth-Promoting Bacteria

Abstract - Maize is an important crop because it is one of the most versatile products in the food sustainability process. The objective of this study was to evaluate the effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) associated or not with nitrogen fertilization on morphological and productive parameters of maize culture. The experiment was conducted in Teresina, PI, in a randomized block design with 5 repetitions and 6 treatments: T1- *Azospirillum brasilense* (Ab V5); T2 - *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11417); T3 - Ab V5 + N-mineral; T4 - BR 11417 + N-mineral; T5 - N-mineral; T6 - Witness. The parameters evaluated were: basal stem diameter (SD); plant height (PH); aerial dry mass (ADM); root length (RL); dry root mass (RDM); height of insertion of the first ear (HIFE); leaf area index (LAI); ear mass (EM); cob mass (CM); grain mass per ear (GMPE); mass of 1000 grains (MTG) and; average yield (AY). The BR 11417 strain associated with N-mineral favored the development of SD and RDM. The LAI showed a favorable development in response to N, while the strain Ab V5 inoculated in association with N-mineral promoted increases in EM and AY. It was concluded that the evaluated inoculants increase the height of the maize, but do not proportionally increase its productivity.

Index terms: *Zea mays*, bio-inputs, PGPB, inoculants

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays*) é considerada de grande importância econômica no setor agrícola, com uma produção mundial estimada em mais de um bilhão de toneladas de grãos de milho na safra 2019/2020. Em nível global, o Brasil ocupa a terceira posição entre os principais países produtores de milho (Estados Unidos, 2019).

Nesse contexto, o milho é um dos produtos agrícolas mais importantes no Brasil, especialmente para o mercado interno (Valadares et al., 2016), em virtude de sua diversidade de utilização, da extensão da área cultivada e de sua elevada capacidade produtiva. Seu consumo vem aumentando gradativamente, assim como o rendimento por área, sendo necessário mais tecnologias, produtos de qualidade e qualificação de profissionais ligados a essa cultura (Aosani et al., 2018).

Conforme estimativa do Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos (2020), a produção brasileira de milho para a safra 2020/2021 será de 102,5 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 2,5% em relação à safra anterior. Para essa estimativa, foram considerados os dados da coleta da primeira safra de milho, que foi finalizada, e dados da segunda safra, cuja coleta ainda está em finalização.

O rendimento da cultura do milho é influenciado por uma série de fatores, tais como: pragas, doenças, plantas invasoras, manejo e nutrição mineral de plantas (Cecatto Júnior et al., 2019). Entre esses fatores, o manejo adequado da fertilidade é de extrema importância, haja vista que o milho é uma cultura exigente em nutrientes, principalmente o nitrogênio, que se constitui em fator decisivo para maximizar o potencial produtivo da cultura (Pereira et al., 2019), devido sua importância no metabolismo das plantas e na síntese de proteínas e clorofilas (Reznick et al., 2019).

O cultivo do milho é altamente dependente do nitrogênio, no entanto, na maioria dos solos brasileiros, há baixa disponibilidade natural desse nutriente, o que tem sido um fator limitante ao cultivo. Esse fato tem sido agravado

pela adoção de cultivos consecutivos, pela rápida decomposição da matéria orgânica nas regiões tropicais e pelas perdas gasosas ou por lixiviação (Rockenbach et al. 2017; Pereira et al., 2019). Em média, para cada tonelada de grãos colhida, são removidos 17 kg a 23 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Coelho et al., 2011).

Diante dessa constatação, os adubos químicos nitrogenados sintéticos vêm sendo utilizados em grande quantidade, no entanto a baixa eficiência de aproveitamento pelas plantas, o alto custo desse insumo e os riscos de poluição ambiental têm sido considerados nos estudos que visam encontrar alternativas que viabilizem a redução da quantidade aplicada de nitrogênio (Moreno et al., 2019). Contudo essa baixa eficiência de aproveitamento é relativa, considerando-se que o milho responde muito bem à adubação nitrogenada em condições ambientais favoráveis. A disponibilidade de N por meio de fertilizantes nitrogenados é responsável por grande parte do custo de produção, o que resulta em alto investimento, porém nem sempre com a eficiência de uso desejada. Há relatos de que as culturas de milho, de trigo e de arroz consomem aproximadamente 60% do nitrogênio total do mundo como fertilizante e que menos de 50% do nutriente aplicado é utilizado pelas plantas (Mota et al., 2015; Reznick et al., 2019).

Vários são os estudos que indicam possibilidades para viabilizar uma produção rentável, econômica e ecologicamente correta, como o uso do potencial genético das plantas, associado aos recursos biológicos do solo. O uso de insumos biológicos, como a inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) que têm a capacidade de fixar nitrogênio para as plantas, constitui boa alternativa, principalmente porque, ao favorecerem o crescimento das raízes, promovem maior absorção de nutrientes e água (Dotto et al., 2010; Hungria et al., 2010; Bhattacharyya; Jha, 2012; Araújo et al., 2016; Veronezi et al., 2018).

As bactérias promotoras de crescimento das plantas compreendem um grupo de microrganismos procariotos diazotróficos, que tem a capacidade de colonizar os tecidos e as células das plantas e estimular o seu cresci-

mento por vários mecanismos (Marques et al., 2020). As BPCV atuam por meio da síntese de fito-hormônios como a auxina, que estimula o alongamento das partes aérea e radicular das Poáceas, contribuindo para melhorar a absorção de água e de minerais, a mitigação de estresse e o controle biológico da microbiota patogênica (Bashan; Bashan, 2010). As bactérias diazotróficas, pertencentes ao gênero *Azospirillum*, associam-se à rizosfera da planta por meio de colonização externa ou associação endofítica (Besen et al., 2019)

A espécie *Azospirillum brasilense* apresenta efeitos benéficos como o estímulo ao desenvolvimento de plantas, tornando-as mais vigorosas e produtivas em consequência do fornecimento de hormônios vegetais como auxinas, giberelinas e citocininas (Dartora et al. 2016); do favorecimento de maior absorção de nutrientes como nitrogênio, potássio e fósforo (Hungria et al., 2010); e da redução dos efeitos adversos causados por condições ambientais como déficit hídrico (Bulegon et al., 2016, 2017).

Outra espécie que tem-se destacado entre as BPCV é a *Herbaspirillum seropedicae*, bactéria fixadora de nitrogênio da subclasse β -Proteobactéria, que se associa preferencialmente às plantas da família Poaceae, de grande importância econômica e alimentar, como forrageiras, trigo, milho, cana-de-açúcar, sorgo e arroz (Baldani; Baldani, 2005). Essa espécie é capaz de produzir hormônios reguladores do crescimento, solubilizar e disponibilizar fósforo inorgânico para as plantas, além de ter ação na excreção e na regulação hormonal, afetando diretamente os tecidos responsáveis pela fotossíntese e, conseqüentemente, incrementando o acúmulo de massa vegetal (Dotto et al., 2010; Battistus, 2015; Cecatto Júnior et al., 2019).

Irineu et al. (2019) citaram que o uso das BPCV tem-se destacado como insumo biológico com potencial alternativo para diminuir o impacto ambiental negativo, resultante do uso contínuo de produtos químicos. Essas bactérias existem naturalmente na maioria dos solos e apresentam ampla diversidade genética. Portanto, para sua utilização como inoculante em culturas agrícolas, faz-se necessária uma seleção de estirpes eficientes.

Os resultados dos estudos com esses microrganismos em associação às Poáceas são bastante dinâmicos, considerando-se as constituições genéticas da planta e do hospedeiro, bem como as condições ambientais. Contudo não está claro se o uso da prática de inoculação pode ser associado à redução das doses de N aplicadas ou à substituição total da adubação nitrogenada (Marques et al., 2020).

Oliveira et al. (2018) citaram que há muita inconsistência nos resultados de pesquisa sobre a inoculação de BPCV nas Poáceas. Alguns trabalhos relatam incrementos na produção ou a possibilidade da redução das doses de nitrogênio (Hungria et al., 2015; Portugal et al., 2016; Galindo et al., 2017; Acosta Aguayo; Karajallo, 2018; Moreira et al., 2019). Em outros, observa-se que a fixação biológica consegue suprir apenas parte do N necessário (Fukami et al., 2016; Matos et al., 2017), e a adubação nitrogenada é indispensável à obtenção de bons resultados.

Em rendimento médio, há relatos da não obtenção de ganhos com a inoculação de BPCV na cultura do milho (Repke et al., 2013; Sangoi et al., 2015; Besen et al., 2019). Em contraponto, há resultados em que a inoculação contribuiu para a obtenção de rendimentos satisfatórios (Cunha et al., 2014; Brum et al., 2016; Müller et al., 2016; Kaneco et al., 2019; Marques et al., 2020).

Neste estudo, objetivou-se avaliar o efeito da inoculação com estirpes de BPCV associadas ou não à adubação nitrogenada sobre os parâmetros morfológicos e produtivos da cultura do milho.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em 2019, no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, no município de Teresina, PI (05°05'S 05°05'W e altitude de 74,4 m). O clima da área experimental é caracterizado como Aw9, segundo a classificação de Koppen, ou seja, clima tropical, com inverno seco, e estação chuvosa no verão.

O solo da unidade experimental havia sido cultivado com feijão-caupi nos 6 anos anteriores e recebido calcário (2 t ha^{-1}) há 1 ano, antes da instalação deste experimento. Foi classificado como Argiloso Vermelho-Amarelo distrófico, textura franco-arenosa (Melo et al., 2014), com as seguintes características na camada de 0-20 cm: argila 130 g kg^{-1} ; pH água 6,8; pH CaCl_2 5,9; fósforo (mg/dm^3) 29,3; potássio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 0,58; sódio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 0,03; cálcio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 2,57; magnésio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 0,88; alumínio ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 0,05; H+Al ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 1,0; matéria orgânica (mg/kg) 0,82; soma de bases ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 4,05; CTC ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) 5,05; e V (%) 80.

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com cinco repetições e seis tratamentos, constituídos pela combinação de duas estirpes de BPCV utilizadas como inoculantes e de adubação nitrogenada. As estirpes utilizadas foram: *Azospirillum brasilense* (Ab V5) e *Herbaspirillum seropedicae* (BR 11417), compondo os seguintes tratamentos: T1- Ab V5; T2 - BR 11417; T3 – Ab V5 + N-mineral; T4 - BR 11417 + N-mineral; T5 – N-mineral; e T6 – Testemunha absoluta (sem adubação nitrogenada e sem inoculação).

A unidade experimental foi composta por cinco linhas de 6 metros de comprimento, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,15 m entre plantas. Foram consideradas bordaduras as duas linhas laterais e 0,5 m de cada extremidade; as linhas centrais foram definidas como área útil. A semeadura foi realizada manualmente, na proporção de duas sementes por cova, permanecendo seis plantas por metro após o desbaste. A cultivar utilizada no experimento foi Status ('Syn7205'), tipificada como híbrido simples e precoce, com alto potencial produtivo. Os inoculantes foram processados e cedidos pela Embrapa Agrobiologia e Embrapa Semiárido.

A inoculação com as estirpes Ab V5 e BR 11417 ocorreu no dia da semeadura, utilizando-se inoculante líquido na proporção de 100 mL para 25 kg de sementes, umedecidas com água açucarada a 10%. O processo foi realizado à sombra, mantendo-se a semente inoculada protegida do sol e do calor excessivo.

De acordo com os resultados da análise do solo selecionado e baseado em Ribeiro et al. (1999), foram realizadas adubações de fundação e de cobertura: em fundação foram aplicados 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ provenientes de superfosfato simples, 90 kg ha⁻¹ de K₂O do fertilizante cloreto de potássio e 2 kg ha⁻¹ de Zn de sulfato de zinco; em cobertura e apenas nos tratamentos com nitrogênio mineral, foram aplicados 32 kg ha⁻¹ e 31 kg ha⁻¹ de N, tendo como fonte ureia, nas fases V4 e V8, respectivamente.

O manejo da cultura consistiu em manter-se a área experimental livre de ervas invasoras com capinas manuais e químicas, monitorar a presença de pragas e umidade do solo. Houve a necessidade de uso de inseticida para o controle de lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), e aplicou-se o produto imidacloprido em uma dose de 75 mL para 20 L de água. O controle químico de plantas invasoras foi realizado com a aplicação do produto glyphosate em uma dose de 0,3 L ha⁻¹. Porém não foi possível manter o experimento livre das plantas invasoras, principalmente da tiririca (*Cyperus rotundus*), devido a problemas de infraestrutura do campo experimental.

Avaliaram-se os parâmetros morfológicos em duas ocasiões, a primeira na fase de desenvolvimento vegetativo V8 e a segunda na fase de desenvolvimento reprodutivo R1. Em V8 foram avaliados: diâmetro basal do colmo (DC), altura da planta (AP), massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca de raiz (MSR). No estágio R1, foram avaliados a altura de inserção da primeira espiga (AIPE) e o índice de área foliar (IAF), além dos parâmetros considerados em V8.

Os parâmetros de produção foram avaliados na fase R6 e consistiram na determinação de massa da espiga (ME), massa do sabugo (MS), massa de grãos por espiga (MGE), massa de 1.000 grãos (MMG) e rendimento médio (RM).

Para avaliação dos parâmetros morfológicos, foram selecionadas aleatoriamente cinco plantas de cada parcela, da segunda fileira da lateral esquerda. Nessas plantas, foram realizados os procedimentos de campo e de laboratório. No campo realizou-se a medição da altura da planta utilizando-se

uma trena. Foi considerada como ponto inicial da medida a base da planta na superfície do solo e como ponto final, a curvatura média da última folha totalmente expandida. Com o auxílio de uma enxada e uma pá de corte reto, retiraram-se as plantas selecionadas do solo, mantendo-se a integridade das raízes. No laboratório, foram realizadas as medições do DC com um paquímetro, tendo-se considerado como ponto de medição a altura do segundo internódio acima do colo da planta e como base a planta em toda a extensão, disposta na sua forma elíptica. Para determinação da MSPA, separou-se o sistema radicular da parte aérea, cortando-se dois centímetros acima do início da raiz, considerando-se o internódio entre o início da raiz e o primeiro nó. Após a separação do sistema radicular da parte aérea, esta foi acondicionada em estufa de ar forçado a 62 °C por um período de 72 horas, quando então realizou-se a pesagem em balança semianalítica. O comprimento de raiz foi medido com uma trena e a massa seca de raiz foi determinada em balança semianalítica.

Na fase de desenvolvimento R1, foram executados todos os procedimentos realizados em V8, seguindo a mesma metodologia, com exceção da AP que nessa fase foi considerada como ponto inicial da medição a base da planta na superfície do solo e como ponto final a extremidade da inflorescência masculina.

Na determinação da AIPE, foi utilizada uma trena, considerando-se como ponto inicial da medida a base da planta na superfície do solo e como ponto final a inserção da primeira espiga (inflorescência feminina). Para avaliação do IAF, determinou-se a área foliar (AF), separando-se as folhas do colmo de cada uma das plantas para leitura da AF no integrador de área foliar LICOR modelo LI-3010, e determinou-se o IAF pelo cálculo da relação entre a AF e a área útil de cada planta.

Para avaliação dos componentes de produção, foram coletadas cinco espigas de cinco plantas selecionadas aleatoriamente na área útil, em cada um dos tratamentos dentro de cada bloco. Foram realizadas a pesagem de cada uma das espigas (palha + grãos) e a debulha do milho, deixando-se os

grãos de cada espiga separados para posterior pesagem. Cada sabugo foi pesado separadamente para obter-se a massa do sabugo, e os grãos separados no procedimento anterior foram pesados em balança semianalítica. Os grãos obtidos das cinco espigas foram misturados nessa fase para obter-se a massa de 1.000 grãos.

O rendimento médio foi determinado após a secagem natural de todas as espigas da área útil. Estas foram trilhadas para pesagem e feita correção da pesagem, considerando-se 13% de umidade, e o resultado extrapolado para kg por hectare.

Com relação à análise dos dados do experimento, antes de se realizar a análise estatística, as variáveis coletadas foram submetidas ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e, posteriormente, à análise de variância pelo software SISVAR (Ferreira, 2014), cujas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Na fase de desenvolvimento vegetativo (V8) do milho, a análise dos dados indicou que não houve diferença significativa nas variáveis altura da planta, massa seca da parte aérea e comprimento de raiz. Com relação ao diâmetro do colmo e à massa seca de raiz, o tratamento em que houve associação do inoculante BR 11417 e da adubação nitrogenada mineral foi superior à testemunha absoluta e não diferiu dos demais tratamentos (Tabela 1).

Em relação ao diâmetro basal do colmo, resultados com a mesma tendência observada neste trabalho foram verificados por Dartora et al. (2013), que constataram incremento significativo no diâmetro da cultura do milho, quando inoculada com a estirpe AbV5 de *Azospirillum*. Esses autores atribuíram a superioridade do diâmetro em relação ao tratamento não inoculado aos hormônios de crescimento que são excretados pelas BPCV e que favorecem o desenvolvimento dos colmos.

Tabela 1. Médias de altura da planta (AP), diâmetro basal do colmo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca de raiz (MSR) na fase de desenvolvimento vegetativo V8 da cultura do milho (cultivar Status). Teresina, PI. 2019.

Tratamento	AP (cm)	DC (cm)	MSPA (g planta ⁻¹)	CR (cm)	MSR (g planta ⁻¹)
Ab V5	80,56 a ⁽¹⁾	13,67 ab	31,00 a	20,44 a	8,32 ab
BR 11417	82,04 a	13,99 ab	38,22 a	21,58 a	6,96 ab
Ab V5 + N	84,36 a	15,36 ab	46,44 a	21,75 a	13,12 ab
BR 11417 + N	79,64 a	16,12 a	37,76 a	22,54 a	17,88 a
N-mineral	83,00 a	15,46 ab	49,56 a	22,14 a	14,00 ab
Testemunha	82,24 a	13,28 b	34,48 a	22,63 a	5,72 b

⁽¹⁾Médias seguidas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dotto et al. (2010) testaram a bactéria associativa estirpe BR 11417 do gênero *Herbaspirillum* em diversos híbridos de milho e obtiveram ampla gama de resultados com relação ao DC. A variação se deu em função do material genético do macrossimbionte e não devido ao efeito do microsimbionte.

Em massa seca de raiz, resultados similares aos deste trabalho foram verificados por Andrade et al. (2019) com a inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum*, as quais promoveram o incremento do sistema radicular do milho. Costa et al. (2015), ao compararem diferentes tipos de inoculação, também verificaram o favorecimento da inoculação na biomassa da raiz. Tem-se constatado que as BPCV estimulam o desenvolvimento lateral das raízes, a área de superfície radicular, bem como o comprimento e a densidade das raízes do milho, e esse favorecimento é devido à produção de fito-hormônios (Besen et al., 2019; Lin et al., 2019).

Souza et al. (2019) observaram que altas doses de N na semeadura favoreciam a produção de massa seca das raízes, porém concluíram que, nas fases iniciais do desenvolvimento vegetativo, as perdas de nitrogênio devido à volatilização e à maior imobilização mineral do N contribuíam para reduzir a eficiência da fertilização nitrogenada.

Em relação aos dados da fase reprodutiva (R1), as variáveis altura de inserção da primeira espiga, massa seca da parte aérea e comprimento de raiz não apresentaram diferença estatística significativa entre os tratamentos. Por outro lado, em altura da planta, nos tratamentos em que os inoculantes foram aplicados de forma isolada, observaram-se valores iguais ao tratamento com N-mineral e superiores à testemunha absoluta. Comportamento semelhante foi observado no tratamento em que a estirpe BR 11417 foi associada ao N-mineral (Tabela 2).

Diferentemente deste estudo, tem-se verificado que apenas a inoculação com BPCV não tem sido suficiente para a obtenção de incrementos da altura de plantas (Lana et al., 2012; Repke et al., 2013; Rockenbach et al., 2017). Por outro lado, há registros de que a inoculação associada à adubação nitrogenada favorece a altura das plantas (Acosta Aguayo; Karajallo, 2018; Besen et al., 2019; Moreira et al., 2019).

Acosta Aguayo e Karajallo (2018) registraram aumentos na ordem de 10% em AP na cultura do milho inoculado com *Azospirillum brasilense*. Moreira et al. (2019) observaram que a aplicação da estirpe Ab V5 no sulco da semeadura estimulava o crescimento de plantas de milho. De forma similar, Besen et al. (2019) verificaram efeito favorável de 8% de incremento na altura de plantas de milho ao associarem a inoculação à adubação nitrogenada.

O favorecimento do crescimento das plantas quando inoculadas com BPCV relaciona-se à elevada capacidade que essas bactérias apresentam na produção de fito-hormônios, como o ácido indolacético, que desempenha papel importante na promoção do crescimento de plantas pela indução do alongamento e da divisão celular (Bashan; Bashan, 2010).

Tabela 2. Médias de altura da planta (AP), altura de inserção da primeira espiga (AIPE), diâmetro basal do colmo (DC), índice de área foliar (IAF), massa seca da parte aérea (MSPA), comprimento de raiz (CR) e massa seca de raiz (MSR) na fase de desenvolvimento reprodutivo R1 da cultura do milho (cultivar Status). Teresina, PI. 2019.

Tratamento	AP (cm)	AIPE (cm)	DC (cm)	IAF (cm)	MSPA (g pl ⁻¹)	CR (cm)	MSR (g pl ⁻¹)
Ab V5	141,28 a ⁽¹⁾	49,68 a	12,10 bd	1,07 b	39,32 a	24,40 a	12,80 b
BR 11417	143,92 a	49,76 a	13,51 bcd	1,10 b	42,40 a	24,82 a	12,60 b
Ab V5 + N	51,60 b	51,60 a	15,41 a	1,34 a	54,56 a	24,53 a	19,04 a
BR 11417 + N	142,09 a	54,08 a	14,02 abc	1,26 a	49,12 a	26,54 a	14,52 b
N-mineral	148,96 a	58,96 a	14,87 ab	1,47 a	59,44 a	26,13 a	19,72 a
Testemunha	50,24 b	50,24 a	12,91 cd	1,13 b	41,80 a	23,78 a	11,12 b

⁽¹⁾Médias seguidas distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desenvolvimento do diâmetro basal do colmo na fase reprodutiva foi diferente do apresentado na vegetativa, haja vista que nos tratamentos em que houve associação dos inoculantes ao N-mineral, o incremento foi significativamente superior àqueles obtidos com os inoculantes isolados e com a testemunha absoluta. Além disso, nos tratamentos com inoculante associado ao N-mineral, não houve diferença significativa em comparação àquele no qual foi utilizado apenas a adubação mineral (Tabela 2).

Os dados obtidos neste estudo sobre DC são respaldados pelos apresentados por Inagaki et al. (2015) e Cecatto Júnior et al. (2019), que mencionaram aumentos favoráveis no colmo de plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*.

Esses autores atribuíram esse incremento ao fornecimento de hormônios vegetais, resultando em maior capacidade de absorção de nutrientes e acúmulo de reservas e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento do caule, o que contribui para a redução de quebras e acamamento e aumento do armazenamento de fotoassimilados.

Em massa seca de raiz, a estirpe Ab V5 associada à adubação nitrogenada não diferiu significativamente do tratamento com N-mineral, sendo ambos superiores ($p < 0,05$) aos demais tratamentos (Tabela 2). Esses resultados foram confirmados por alguns autores, que verificaram que inoculações com *Azospirillum* aumentam efetivamente o comprimento da raiz e a área superficial (Bashan et al., 2004), sugerindo uma resposta do favorecimento da síntese de fito-hormônios realizada por BPCV (Valcheron et al., 2013).

El Zemrany et al. (2007) pesquisaram as características radiculares do milho inoculado com *Azospirillum* durante os estádios iniciais de crescimento e constataram que as plantas inoculadas tiveram aumento significativo da biomassa radicular. Calvo et al. (2017) relataram que as BPCV contribuem para o aumento do comprimento total da raiz, da área superficial e do volume radicular e comprimento total de raízes finas da cultura do milho.

Quanto aos componentes de produção da cultura do milho avaliados na fase reprodutiva (R6), observou-se em relação à massa da espiga que o

tratamento com inoculação de Ab V5 não diferiu estatisticamente dos tratamentos com a estirpe BR 11417 isolada ou associada ao N-mineral, assim como não diferiu do tratamento com N-mineral. No entanto, na associação da Ab V5 + N-mineral, houve diferença significativa ($p < 0,5$) em relação à testemunha absoluta (Tabela 3).

Constatou-se favorecimento positivo da inoculação isolada do *Azospirillum* (Ab V5), em comparação ao tratamento sem inoculação e sem adubação, porém o mesmo não ocorreu em relação ao *Herbaspirillum* (BR 11417) e à adubação nitrogenada. Lemos et al. (2013), ao avaliarem a inoculação com *Azospirillum brasilense* associado à aplicação de N-mineral obtiveram as maiores médias de massa em espiga de milho e trigo com aplicações de N associado ao inoculante.

Resultados semelhantes aos de Lemos et al. (2013) indicam que pode haver efeitos benéficos à planta, quando a inoculação ocorre associada à adubação nitrogenada, resposta que não é observada quando do uso isolado da inoculação ou do N-mineral (Hungria et al., 2015; Portugal et al., 2016; Mumbach et al., 2017). No entanto Cunha et al. (2014) observaram que a aplicação de N em cobertura influenciou significativamente a massa de espiga, com acréscimo de 35,25% em relação à testemunha.

Em MS verificou-se que, nos tratamentos onde a inoculação foi realizada com a estirpe Ab V5 isolada ou associada ao N-mineral, os valores foram superiores ao tratamento sem inoculação e sem adubação (testemunha absoluta). No entanto não diferiram dos demais tratamentos (Tabela 3), indicando que o melhor desenvolvimento do sabugo foi favorecido pela adubação mineral e pela inoculação.

Os valores obtidos de MGE seguiram a mesma tendência dos observados em MS e a estirpe Ab V5 de forma isolada e associada ao N-mineral apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,5$) em relação à testemunha absoluta. Quando comparados à estirpe BR 11417 isolada ou com N-mineral, os tratamentos nos quais foi aplicada a estirpe Ab V5, independentemente da forma empregada, não apresentaram diferença significativa. O mesmo comportamento foi verificado em relação ao tratamento com N-mineral (Tabela 3).

Tabela 3. Médias de massa da espiga (ME), massa do sabugo (MS), massa de grãos por espiga (MGE), massa de mil grãos (MMG) e rendimento médio (RM) na fase de desenvolvimento reprodutivo R6 da cultura do milho (cultivar Status). Teresina, PI. 2019.

Tratamento	ME (g)	MS (g)	MGE (g)	MMG (g)	RM (kg ha ⁻¹)
Ab V5	83,20 ab ⁽¹⁾	10,60 a	63,60 a	218,00 a	1222,00 ab
BR 11417	57,40 ab	9,12 ab	56,72 ab	217,00 a	1008,89 b
Ab V5 + N	91,80 a	10,60 a	70,40 a	234,00 a	2250,37 a
BR 11417 + N	73,60 ab	7,72 ab	59,40 ab	202,00 ab	1705,19 ab
N-mineral	66,80 ab	7,60 ab	54,60 ab	204,00 ab	1706,67 ab
Testemunha	51,80 b	6,36 b	38,65 b	172,40 b	1195,56 b

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A superioridade em MGE observada com a estirpe Ab V5, em relação à testemunha absoluta, confirma resultados positivos nos parâmetros de produção que vêm sendo obtidos em estudos realizados em diferentes condições edafoclimáticas (Hungria et al., 2010; Fukami et al., 2016). O gênero *Azospirillum* tem-se constituído uma importante estratégia na busca por sistemas agrícolas mais conservacionistas e uma importante economia na agricultura.

Considerando-se a MMG, verificou-se que tanto a estirpe Ab V5 como a BR 11417, quando utilizadas de formas isoladas, diferiram significativamente ($p < 0,05$) da testemunha absoluta, apresentando valores superiores. Quando associadas ao N-mineral, apenas a Ab V5 foi superior ao tratamento sem inoculação e sem adubação. Com relação ao tratamento com adubação nitrogenada, não houve diferença entre este e aqueles com a presença de BPCV (Tabela 3).

Nessa variável, constatou-se que a inoculação com *Azospirillum brasiliense* associada ou não ao N-mineral favoreceu a MMG e que os resultados atingiram patamares semelhantes aos obtidos com o tratamento com adubação mineral, o que respalda a importância do N para a cultura do milho devido à sua atuação na formação dos aminoácidos, os quais produzem proteínas, coenzimas, vitaminas, pigmentos e bases nitrogenadas que favorecem o desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas (Moreira et al., 2019).

Oliveira et al. (2013) citaram incrementos em MMG e aumento da produtividade de grãos na presença de *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada no manejo cultural do milho. Marques et al. (2020) constataram que em MMG a inoculação com *Azospirillum brasilense* favoreceu a cultura do milho e concluíram que o aumento da capacidade da fonte de N foi equivalente ao aumento da capacidade do dreno.

Os dados obtidos em rendimento médio foram muito abaixo do esperado até mesmo no tratamento com adubação nitrogenada mineral, provavelmente devido ao excesso de chuvas nos dois primeiros meses de desenvolvimento das plantas e à concorrência com plantas invasoras, principalmente da espécie *Cyperus rotundus*.

O tratamento com a estirpe Ab V5 + N-mineral apresentou valores superiores ao tratamento com a estirpe BR 11417 e à testemunha absoluta, porém não diferiu dos demais tratamentos. Essa evidência confirma a tendência que se observou nas variáveis dos componentes da produção de grãos de milho, ou seja, o tratamento Ab V5 + N-mineral foi notadamente superior à testemunha absoluta.

Cunha et al. (2014) concluíram em experimento de avaliação da inoculação com BPCV na cultura do milho que a produtividade esperada tendeu a ser mais facilmente alcançada, quando foi utilizada a inoculação, havendo, portanto, melhor aproveitamento dos nutrientes pela planta, o que pode ter contribuído para a melhoria do processo fotossintético devido ao incremento no conteúdo de clorofilas e conseqüentemente da produção.

Em experimentos conduzidos em Mato Grosso, Moreira et al. (2019) verificaram que a aplicação de nitrogênio em cobertura, associada ao fornecimento de *Azospirillum brasilense*, proporcionou maior produtividade de grãos de milho do que a utilização isolada do nitrogênio em maior quantidade. Esse resultado foi semelhante ao obtido por Bartchechen et al. (2010), com a avaliação da inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho, no estado do Paraná, demonstrando a eficiência da bactéria para a economia do adubo nitrogenado, que é de grande importância para essa cultura.

Dotto et al. (2010) constataram incrementos na produtividade de grãos da ordem de 21% em relação à testemunha com a inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* no híbrido BRS1010. Neste caso, o rendimento de grãos do tratamento com inoculação foi igual àquele em que foram aplicados 80 kg por hectare de N.

Em outro estudo com o mesmo tema, Novakowiski et al. (2011) constataram que a produtividade de milho em sucessão à pastagem de aveia preta (*Avena strigosa* L.) e de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) foi superior com a inoculação de *Azospirillum brasilense*. Kaneco et al. (2019) relataram benefícios da inoculação com *A. brasilense* combinada com níveis mais baixos de N do que o habitual recomendado para o milho. Outros autores encontraram respostas positivas no rendimento médio e nos componentes de produção da cultura do milho, quando inoculada com *A. brasilense* (Müller et al., 2016; Portugal et al., 2016; Galindo et al., 2017).

Os estudos com BPCV têm indicado que esses microrganismos tornam a planta mais eficiente na absorção de água e de nutrientes e, consequentemente, poderão contribuir para aumentar a produtividade (Hungria et al., 2015), além de promoverem o crescimento das plantas por meio da produção de fitorreguladores e sideróforos (Zambonin et al., 2019).

Conclusões

- a) A estirpe BR 11417 (*Herbaspirillum seropedicae*) associada ao N-mineral favorece o desenvolvimento do diâmetro basal do colmo e a biomassa da raiz da cultivar de milho Status.
- b) O índice de área foliar da cultivar de milho Status apresenta desenvolvimento favorável em resposta ao nitrogênio mineral associado ou não às estirpes Ab V5 (*Azospirillum brasilense*) e BR 11417 (*Herbaspirillum seropedicae*).
- c) A estirpe Ab V5 (*Azospirillum brasilense*) associada ao N-mineral promove incrementos na massa da espiga e no rendimento médio da cultivar de milho Status.
- d) Os inoculantes Ab V5 e BR 11417 incrementam a altura do milho, porém não aumentam proporcionalmente a produtividade.

Agradecimentos

Agradecemos ao colega Erisvaldo Bispo Cardoso pela assessoria nas atividades de condução do experimento e à Embrapa Agrobiologia e Embrapa Semiárido pelo apoio na cessão dos inoculantes.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2019/20: décimo segundo levantamento, v. 7, n. 12, p.1-68, set. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos/item/14173-12-levantamento-safra-2019-20>. Acesso em: 28 out. 2020.

ACOSTAAGUAYO, A. I.; KARAJALLO, J. C. Efecto de la aplicación de nitrógeno, e inoculación con bacterias promotoras de crecimiento sobre el cultivo de maíz. In: JORNADA DE JÓVENES INVESTIGADORES DE LA ASOCIACIÓN DE UNIVERSIDADES DEL GRUPO

MONTEVIDEO, 26., 2018, Mendoza. **A 100 años de la reforma universitaria: saber te hace libre**. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2018. Disponível em: https://tesisfcp.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13290/27-agroalimentario-acosta-alejandro-une.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

ANDRADE, A. de F.; ZOZ, T.; ZOZ, A.; OLIVEIRA, C. E. da S.; WITT, T. W. *Azospirillum brasilense* inoculation methods in corn and sorghum. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e53027, 2019.

AOSANI, A.; DEGASPERI, E.; MARKUS, M.; KLEIN, C.; BERWANGER, A. L. Eficiência da inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho e adubação nitrogenada. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 9, n. 2, p. 137-146, jul./dez. 2018.

ARAÚJO, E. de O.; VITORINO, A. C. T.; MERCANTE, F. M. Doses de nitrogênio e inoculação de *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho em condições de solo fértil. **Acta Agronômica**, v. 65, n. 1, p. 16-23, 2016.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005.

BARTCHECHEN, A.; FIORI, C. C. L.; WATANABE, S. H. GUARIDO, R. C. Efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* na produtividade da cultura do milho (*Zeamays L.*). **Campo Digital**, v. 5, n. 1, p. 56-59, 2010.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. de. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth: a critical assessment. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 77-136, 2010.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L. E. de. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, n. 8, p. 521-577, 2004.

BATTISTUS, A. G. **Inoculação via semente e foliar de *Azospirillum brasilense* associado ao tratamento de sementes com bioativador na cultura do milho**. 2015. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

BESEN, M. R.; RIBEIRO, R. H.; FIGUEROA, L. V.; PIVA, J. T. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em clima subtropical. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 257-268, 2019.

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 1327-1350, 2012.

BRUM, M. da S.; CUNHA, V. dos S.; STECCA, J. D. L.; GRANDO, L. F. T. MARTIN, T. N. Components of corn crop yield under inoculation with *Azospirillum brasilense* using integrated crop-livestock system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 38, n. 4, p. 485-492, Oct./Dec. 2016.

BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, A. M.; OF-FEMANN, L. C.; SOUZA, A. K. P. de. Enzymatic activity, gas exchange and production of soybean co-inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense*. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 7, p. 888-896, Jul. 2017.

BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; LAURETH, J. C. U. *Azospirillum brasilense* affects the antioxidant activity and leaf pigment content of *Urochloa ruziziensis* under water stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 343-349, Jul./Sep. 2016.

CALVO, P.; WATTS, D. B.; KLOEPPER, J. W.; TORBERT, H. A. Effects of microbial-based inoculants on nutrient concentrations and early root morphology of corn (*Zea mays*). **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 180, n. 1, p. 56-70, Feb. 2017.

CECATTO JÚNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; BULEGON, L. G.; SUSS, A. D.; BAZEI, G. L.; BRITO, T. S.; INIGAKI, A. M. Inoculation of maize seeds with *Azospirillum* and magnesium through foliar application to enhance productive performance. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 14, p. 225-233, 2019.

COELHO, A. M.; RESENDE, A. V. de; SANTOS, F. C. dos. Exigências nutricionais e adubação. In: CRUZ, J. C.; MAGALHAES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. (ed.). **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. cap. 6, p. 73-92. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

COSTA, R. R. G. F.; QUIRINO, G. da S. F.; NAVES, D. C. de F.; SANTOS, C. B.; ROCHA, A. F. de S. Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 3, p. 304-311, Jul./Sep. 2015.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. da; BASTOS, F. J. de C.; CARVALHO, J. J. de; MOURA, L. M. de F.; TEIXEIRA, M. B.; ROCHA, A. C. da; SOUCHIE, L. Efeito da *Azospirillum brasilense* na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1023-1029, 2013.

DARTORA, J.; MARINI, D.; GONÇALVES, E. D. V.; GUIMARÃES, V. F. Co-inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* in maize. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 6, p. 545- 550, 2016.

DOTTO, A. P.; LANA, M. do C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F. 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.

EL ZEMRANY, H.; CZARNES, S.; HALLETT, P. D.; ALAMERCERY, S.; BALLY, R.; MON-ROZIER, L. J. Early changes in root characteristics of maize (*Zea mays* L.) following seed inoculation with the PGPR *Azospirillum lipoferum* CRT1. **Plant and Soil**, v. 291, n. 1, p. 109-118, 2007.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **World agricultural production**. Washington, 2019. 31 p. (Circular Series WAP 5-19). Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar./abr. 2014.

FUKAMI, J.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*. **AMB Express**, v. 6, n. 3, p. 2-13, 2016.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; TARSITANO, M. A. A.; BUZZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ALVES, C. J.; ARF, O. Economic analysis of corn inoculated with *Azospirillum brasilense* associated with nitrogen sources and doses. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 1749-1764, jul./ago. 2017.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, Jun. 2010.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 6, p. 811-817, Apr. 2015.

INAGAKI, A. M.; GUIMARÃES, V. F.; LANA, M. do C.; KLEIN, J.; COSTA, A. C. P. R. da; RODRIGUES, L. F. O. S.; RAMPIM, L. Maize initial growth with the inoculation of plant growth-promoting bacteria (PGPB) under different soil acidity levels. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 4, p. 271-280, 2015.

IRINEU, L. E. S. da S.; BITTENCOURT, P. P.; SOARES, C. de P.; FREITAS, M. de S.; OLIVARES, F. L. Aspectos fisiológicos e moleculares da fotossíntese em plantas de milho inoculadas com *Herbaspirillum seropedicae*. In: CONGRESSO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 16., 2019, Poços de Caldas. **Justiça social e sustentabilidade medianizado pela economia verde**: anais eletrônicos. Muzambinho: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, 2019. 12 p.

KANEKO, F. H.; FERREIRA, J. P.; SABUNDJIAN, M. T.; LEAL, A. J. F.; CLEEF, E. H. C. B. van; REIS, A. R. dos; BUZZETTI, S.; ARF, M. V.; ARF, O. Biological nitrogen fixation, sources and levels of N increase the maize grain yield in cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 234-244, 2019.

- LANA, M. do C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 399-405, maio/jun. 2012.
- LEMONS, J. M.; GUIMARÃES, V. F.; VENDRUSCOLO, E. C. G.; SANTOS, M. F. dos; OFFEMANN, L. C. Resposta de cultivares de trigo à inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*, e à adubação nitrogenada em cobertura. **Científica**, v. 41, n. 2, p. 189-198, 2013.
- LIN, Y.; WATTS, D. B.; KLOPPER, J. W.; ADESEMOYE, A. O.; FENG, Y. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria at various nitrogen rates on corn growth. **Agricultural Sciences**, v. 10, n. 12, p. 1542-1565, Dec. 2019.
- MARQUES, J. B.; REZENDE, C. F. A.; BUENO, A. K. de J. Inoculação de *Azospirillum brasilense* e aplicação de doses de nitrogênio em cobertura no milho. **Global Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 66-75, jan./abr. 2020.
- MATOS, F. B.; OLIVEIRA, F. F. de; PIETROSKI, M.; MULLER, P. F.; TAKESHITA, V.; CAIONE, G. Uso de *Azospirillum brasilense* para o aumento da eficiência da adubação nitrogenada em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 1, p. 131-141, 2017.
- MELO, F. de B.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; PESSOA, B. L. de O. **Levantamento, zoneamento e mapeamento pedológico detalhado da área experimental da Embrapa Meio-Norte em Teresina, PI**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2014. 47 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 231).
- MOREIRA, R. C.; VALADÃO, F. C. de A.; VALADÃO JÚNIOR, D. D. Desempenho agrônomico do milho em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. **Revista Ciências Agrárias**, v. 62, abr. 2019. DOI: 10.22491/rca.2019.2865.
- MORENO, A. de L.; KUSDRA, J. F.; PICAZEVICZ, A. A. C. Crescimento do milho em resposta a *Azospirillum brasilense* e nitrogênio. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 287-294, ago./set. 2019.
- MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 512-522, mar./abr. 2015.
- MÜLLER, T. M.; SANDINI, I. E.; RODRIGUES, J. D.; NOVAKOWISKI, J. H.; BASI, S.; KAMINSKI, T. H. Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 210-215, fev. 2016.
- MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, É. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, É. B.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 2, p. 97-103, 2017.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A. de; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, supl. 1, p. 1687-1698, 2011.

OLIVEIRA, J. A. A. de; PEREIRA, C. S.; SANCHES, R. E.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Inoculação via foliar na cultura de milho com *Azospirillum brasilense* associado a diferentes doses de nitrogênio em cobertura. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR - EPCC, 8., 2013, Maringá. **Anais eletrônico...** Maringá: UniCesumar, 2013. 3 p. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2013/wp-content/uploads/sites/82/2016/07/Jorge_Augusto_Aparecido_de_Oliveira.pdf. Acesso em: 29 out. 2020.

OLIVEIRA, R. P.; LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. de C. F.; BALDANI, V. L. D.; OLIVEIRA, M. P.; BRASIL, M. S. *Azospirillum brasilense* inoculation and management of fertilizer nitrogen in maize. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 93, n. 3, p. 347-361, 2018.

PEREIRA, L. C.; CORREIA, L. V.; BRACCINI, A. L.; MARTELI, D. C. V.; MATERA, T. C.; PEREIRA, R. C.; SUZUKAWA, A. K. Tratamento industrial e pré-inoculação do milho com *Azospirillum* spp.: potencial fisiológico das sementes e produtividade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 2, p. 245-256, 2019.

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; PERES, A. R.; GITTI, D. de C.; RODRIGUES, R. A. F.; GARCIA, N. F. S.; GARÉ, L. M. *Azospirillum brasilense* promotes increment in corn production. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 19, p. 1688-1698, May 2016.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. da; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

REZNICK, J. P. K.; PAULETTI, V.; NASCIMENTO, D. M. do; CREMONESI, M. V. Development of corn hybrids (*Zea mays*) under inoculation of diazotrophic bacteria and nitrogen fertilization. **Ciência Agrícola**, v. 17, n. 1, p. 71-76, 2019.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª. aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROCKENBACH, M. D. A.; ALVAREZ, J. W. R.; FOIS, D. A. F.; TIECHER, T.; KARAJALLO, J. C.; TRINIDAD, S. A. Eficiência da aplicação de *Azospirillum brasilense* associado ao nitrogênio na cultura do milho. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 1, p. 33-44, 2017.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M. da; MOTA, M. R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M. de; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho agrônomico 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, p. 1141-1150, jul./ago. 2015.

SOUZA, E. M. de; GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SILVA, P. R. T. da.; SANTOS, A. C. dos.; FERNANDES, G. C. Does the nitrogen application associated with *Azospirillum brasilense* inoculation influence corn nutrition and yield?. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 53-59, jan. 2019.

VACHERON, J.; DESBROSSES, G.; BOUFFAUD, M. L.; TOURAINE, B.; MOËNNE-LOCCOZ, Y.; MULLER, D.; LEGENDRE, L.; WISNIEWSKI-DYE, F.; PRIGENTE-COMBARET, C. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, article 356, Sep. 2013.

VALADARES, F. V.; SILVA, L. O. E.; ALMEIDA, R. N. de; SOUZA NETO, J. D. de; BERILLI, A. P. C. G.; MOULIN, M. M. Desempenho agronômico de irmãos completos de milho. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 460, 2016. Edição dos resumos do XX Encontro de Iniciação Científica, São José dos Campos, 2016.

VERONEZI, S. D. F.; RIBEIRO, L. M.; CECCON, G. Uso de *Azospirillum brasilense* em milho safrinha solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12, n. 4, p. 349-360, 2018.

ZAMBONIN, G.; PACENTCHUK, F.; LIMA, F. do N.; HUZAR-NOVAKOWISKI, J.; SANDINI, I. E. Response of maize crop hybrids with different transgenic events, to inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 12, n. 1, p. 33-40, Jan./Apr. 2019.

Embrapa

Meio-Norte

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL