

AValiação da aplicação do inoculante no sulco de semeadura do MILHO

ADAME, Karina Sanderson
BALBINO, Lucas Alan
FORNARI, Gabriel Salvatti

RESUMO

A adubação nitrogenada é responsável pelo acréscimo de produtividade, mas também é o nutriente com maiores índices de perdas, principalmente quando aplicado em superfície. O milho é uma das culturas que mais consome adubação nitrogenada na forma mineral. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação do inoculante *Azospirillum* no sulco de semeadura do milho. O experimento foi implantado na Fazenda Escola do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel - PR, nos meses de agosto a outubro de 2023. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco blocos, sendo eles: T1: sem inoculação; T2: 50 ml ha⁻¹ de *Azospirillum*; T3: 100 ml ha⁻¹ de *Azospirillum* e T4: 200 ml ha⁻¹ de *Azospirillum*. A cultivar utilizada foi a K9606 VIP 3 e os parâmetros avaliados foram comprimento de raiz e da parte aérea (cm), peso da parte aérea e da raiz (g). Foi realizado a análise de variância dos dados por meio do teste F e quando detectadas diferenças significativas, empregou-se o método de estudo de regressão. Concluiu-se que os parâmetros avaliados apresentaram diferenças significativas e ajustaram-se a regressão quadrática. Para o comprimento de raiz a dose de 98,93 ml ha⁻¹ apresentou o melhor desempenho, aproximadamente 87,80 cm. Para o comprimento da parte aérea, a dose de 100,23 ml ha⁻¹ teve resultado mais expressivo, com 75,01 cm. Para o peso da parte aérea a dose de 110,75 ml ha⁻¹ apresentou 17,49 g. Já a dose com melhor desempenho para o peso de raiz foi de 99,38 ml ha⁻¹ obtendo 12,40 g.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação, Milho, *Azospirillum*, Inoculante.

1. INTRODUÇÃO

O milho apresenta significativa importância econômica no mundo, pois possui variadas formas de utilização, como no consumo humano, alimentação animal, matéria prima para indústria, e diversas outras utilidades que passam tanto pela indústria alimentícia quanto pela indústria agropecuária.

Muitos produtores utilizam o milho para fazer rotação de culturas, para melhorar o solo e diminuir a incidência de doenças em outras culturas. Para a alimentação animal, os produtores utilizam não apenas os grãos como também a biomassa vegetal, matéria prima para a silagem dado seu valor nutritivo e da boa produção de massa por unidade de área plantada, assim suplementando a alimentação, para a produção de carne e leite (GARCIA *et al.*, 2006).

No Brasil várias regiões apresentam condições de solo e clima favoráveis para o cultivo do milho. Suas formas de utilização são variadas, o que a torna uma cultura de grande importância econômica para o país (MAGALHÃES *et al.*, 2002). No quesito adubação o milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, principalmente os fertilizantes nitrogenados (OHLAND *et al.*, 2005).

Segundo Andrade *et al.* (2003) o nitrogênio (N) é um elemento importante dentro do metabolismo vegetal do milho pois atua diretamente na biossíntese de proteínas e clorofilas.

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação do inoculante *Azospirillum brasilense* no sulco de semeadura do milho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O milho (*Zea mays* L.), é membro da família Gramineae/Poaceae, por ser uma cultura altamente adaptável permite seu cultivo desde o Equador até o limite de terras temperadas e do nível do mar até altas altitudes, sendo encontrado em climas tropicais, subtropicais e temperados (BARROS e CALADO, 2014).

O milho é o cereal mais cultivado no Brasil, de acordo com a Conab (2022), a previsão de produção de milho para safra 2022/2023, é de 12,5% em relação à safra 2021/2022. Os maiores produtores mundiais de milho são os EUA, seguido de China e Brasil. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial do grão, um dos mais importantes produtos no conjunto da agricultura brasileira, uma vez que é produzido em praticamente todas as grandes regiões, e representa cerca de 40% do atual volume produzido de grãos e 28% da área plantada (CONAB, 2016).

Além da sua importância econômica como principal componente na alimentação de aves, suínos e bovinos, o milho é importante para a viabilidade de outras culturas, como a soja e o algodão, por meio da rotação de culturas, minimizando possíveis problemas relativos ao processo do plantio, bem como dando sustentabilidade para diferentes sistemas de produção em muitas regiões agrícolas do Brasil e do mundo (CIB, 2010).

2.1 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

O nutriente de maior exigência para a produção do milho é o nitrogênio. Para se produzir 9,20 t de grãos ha⁻¹, a cultura do milho absorve um total de 185 kg ha⁻¹ de N, onde 138 kg ha⁻¹ são exportados para os grãos e 47 kg ha⁻¹ que se encontram na palhada (COELHO, 2006).

O nitrogênio (N) tem diversas funções importantes no metabolismo vegetal, sendo este elemento responsável pela construção de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, citocromos,

ácidos nucleicos e pela integração da molécula de clorofila, que é uma das principais moléculas agregadoras de crescimento. nutrientes na produção de milho (CECCON *et al.*, 2010).

A maior parte do nitrogênio presente no solo está na forma orgânica, e para as plantas o principal estado de absorção é o nitrogênio inorgânico, tanto nitrito quanto nitrato. No entanto, a presença deste elemento comestível no milho dependerá de diversos fatores, como atividade da microflora, umidade do solo, temperatura, pH do solo, etc., que são um dos principais fatores causadores de danos ao sistema de produção e ao meio ambiente. volatilização (NH_3 , NH_2 e N_2O) ou lixiviação (NO_3), (CECCON *et al.*, 2010).

Diante deste cenário, buscam-se novas tecnologias para diminuir os custos de produção, tais como o uso de inoculantes microbianos à base de bactérias fixadoras de nitrogênio. Dentre eles, destacam-se bactérias do gênero *Azospirillum*. Essas bactérias quebram a tripla ligação que existe entre os dois átomos de N, transformando-o em amônia, forma utilizável de nitrogênio. Percebe-se a possibilidade do uso da fixação biológica de nitrogênio para maior contribuição deste elemento, também na cultura de milho, assim como já realizado em outras culturas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O *Azospirillum brasilense* é uma bactéria que apresenta mecanismo que influenciam no desenvolvimento da planta além da fixação biológica e um maior desenvolvimento radicular proveniente da produção de hormônios pela planta. Essa bactéria vem sendo muito utilizado nos dias de hoje, devido aos resultados positivos que ele vem trazendo quando é associado a gramíneas, tais como milho, arroz e trigo (EMBRAPA, 2011).

Bactérias do gênero *Azospirillum* são diazotróficas, que fixam o nitrogênio atmosférico e associadas a rizosfera, podem promover a fixação de nitrogênio pela planta. O impacto desta bactéria nas gramíneas tem sido estudado não só em termos de rendimento das culturas, mas também em relação as causas fisiológicas que melhoram o rendimento. Se tem indícios de que a aplicação de *Azospirillum* nas sementes de milho pode ser responsável pelo aumento da taxa de acúmulo de matéria seca, que está associado com o aumento da atividade das enzimas fotossintéticas e de assimilação de nitrogênio. Além disso, a *Azospirillum brasilense* apresenta várias outras vantagens como: a bactéria e endofítica penetra na raiz das plantas, apresenta antagonismo a agentes patogênicos, produz fitormônios (FIORI *et al.*, 2010).

3. METODOLOGIA

O experimento foi implantado na Fazenda Escola do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, Cascavel - PR, nos meses de agosto a outubro de 2023. O clima é do tipo subtropical mesotérmico super úmido, apresentando temperatura média anual de 19° C, precipitação anual média de 2000 mm e umidade relativa média anual do ar entre 75 a 81%, em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, o qual caracteriza o solo da região (EMBRAPA, 2009). O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco blocos, foi utilizado o inoculante líquido concentrado com a bactéria *Azospirillum brasilense*: T1: sem inoculação; T2: 50 ml ha⁻¹ de *Azospirillum*; T3: 100 ml ha⁻¹ de *Azospirillum* e T4: 200 ml ha⁻¹ de *Azospirillum*.

Foi realizado a semeadura das sementes em agosto de forma manual, em vasos, sem adubação de base, os quais foram dispersos com a utilização de sorteio para a casualização. Em cada vaso foi semeado 8 sementes de milho dispostas aleatoriamente, apresentando um total de 40 sementes por tratamento. A irrigação das plantas foi realizada com o regador de acordo com a necessidade. A experimentação foi conduzida com a cultivar de milho híbrido K9606 VIP 3 que é referência em estabilidade produtiva, amplitude de plantio e biotecnologia mais eficiente para controle da lagarta-do-cartucho. Os parâmetros avaliados foram comprimento de raiz (cm), comprimento da parte aérea (cm), peso da parte aérea (g) e peso de raiz (g).

Em outubro foi feita a retirada das plantas dos vasos, realizando a lavagem das raízes e separação da parte aérea das raízes para avaliação individual.

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas de acordo com o modelo matemático apropriado para o delineamento adotado. Foi utilizado o programa computacional SISVAR, versão 5.8, Build 92, desenvolvido por Ferreira (2000), realizando a análise de variância dos dados por meio do teste F. Quando foram detectadas diferenças significativas, empregou-se o método de estudo de regressão.

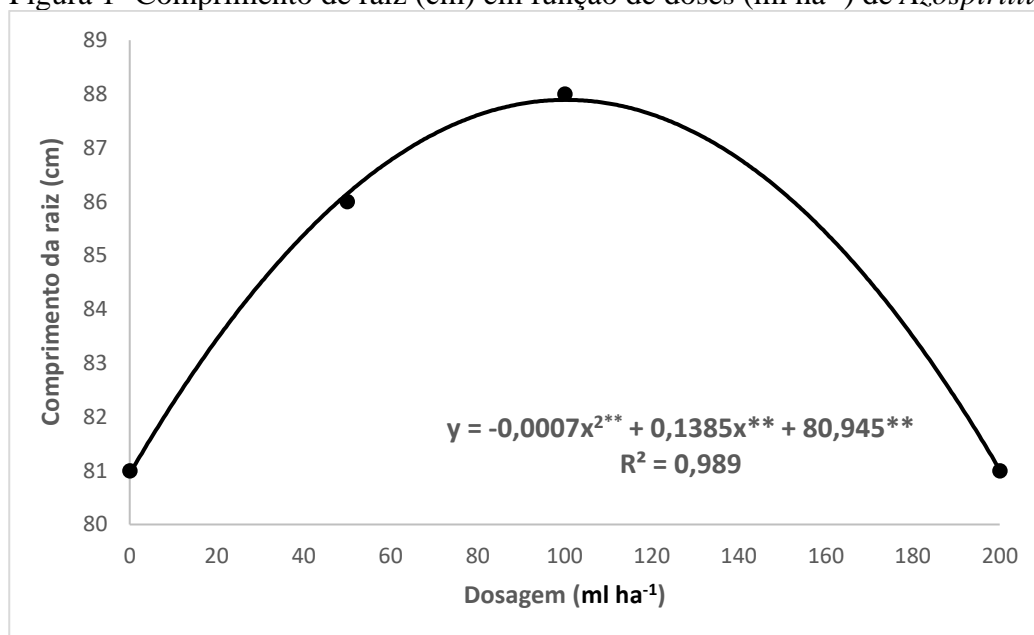
4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Foi observado que o p-valores a 5% de significância, em relação análise de variância dos dados por meio do teste F para os parâmetros comprimento de raiz, comprimento da parte aérea, peso da

raiz e peso da parte aérea apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo afetado pela interação entre doses de *A. brasilense*.

Quando se aplicou o inoculante no sulco de semeadura, o comprimento de raiz aumentou até a dose estimada pelo modelo quadrático de $98,93 \text{ ml ha}^{-1}$, correspondendo a um comprimento máximo de 87,80 cm. A partir dessa dose houve redução no comprimento de raiz, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1- Comprimento de raiz (cm) em função de doses (ml ha^{-1}) de *Azospirillum brasilense*



** : significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F

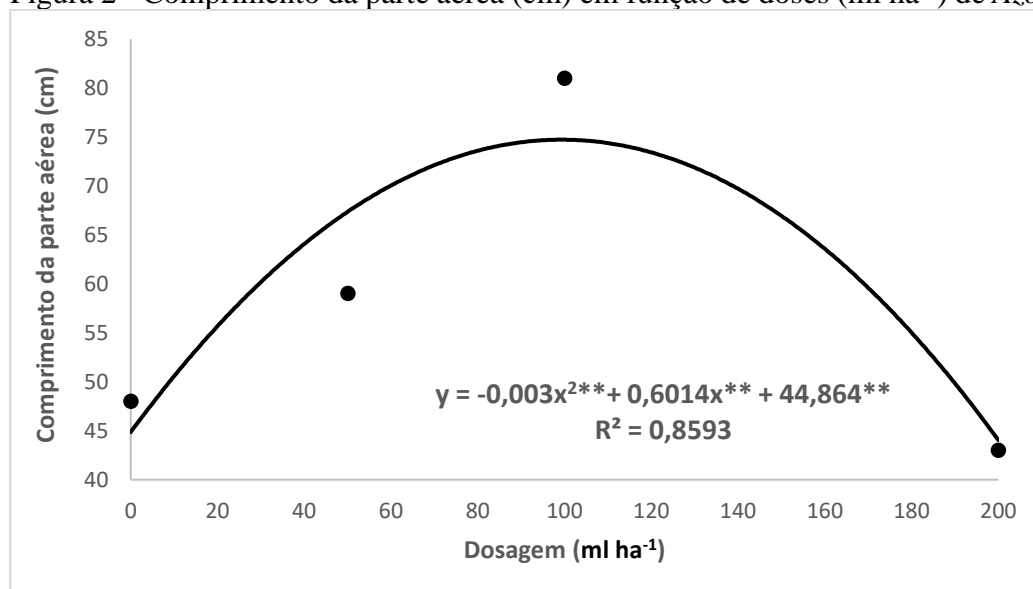
Ceccato Junior, Guimarães e Suss (2016) verificaram efeito significativo da inoculação com *A. brasilense* no comprimento de raiz, sendo o valor médio de comprimento de raiz de plantas inoculadas 56,07 cm e 38,39 cm para não inoculadas.

Resultados encontrados por Conceição *et al.* (2008) revelam que o uso do tratamento com *A. brasilense* aumentou o comprimento radicular em 44% em relação a testemunha. Já para Cotrim, Alvarez e Seron (2016), o comprimento de raiz da inoculação com *A. brasilense* não diferiu estatisticamente com a testemunha, atingindo comprimentos médios de 12,71 cm para a testemunha e 12,27 cm para o tratamento com *A. brasilense*.

O conteúdo acumulado de doses de *Azospirillum brasilense* influenciou no comprimento da parte aérea. O modelo de regressão que mais se adequou aos dados foi o quadrático, obtendo-se na

dose de 100,23 ml ha⁻¹ um comprimento máximo de 75,01 cm. A partir dessa dose houve redução do comprimento da parte aérea, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Comprimento da parte aérea (cm) em função de doses (ml ha⁻¹) de *Azospirillum brasilense*

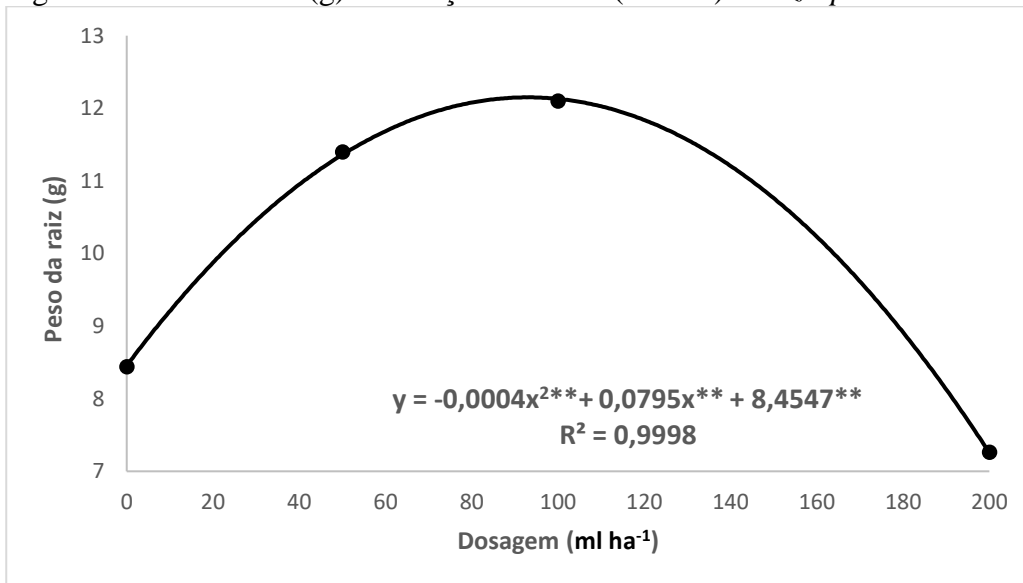


** : significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F

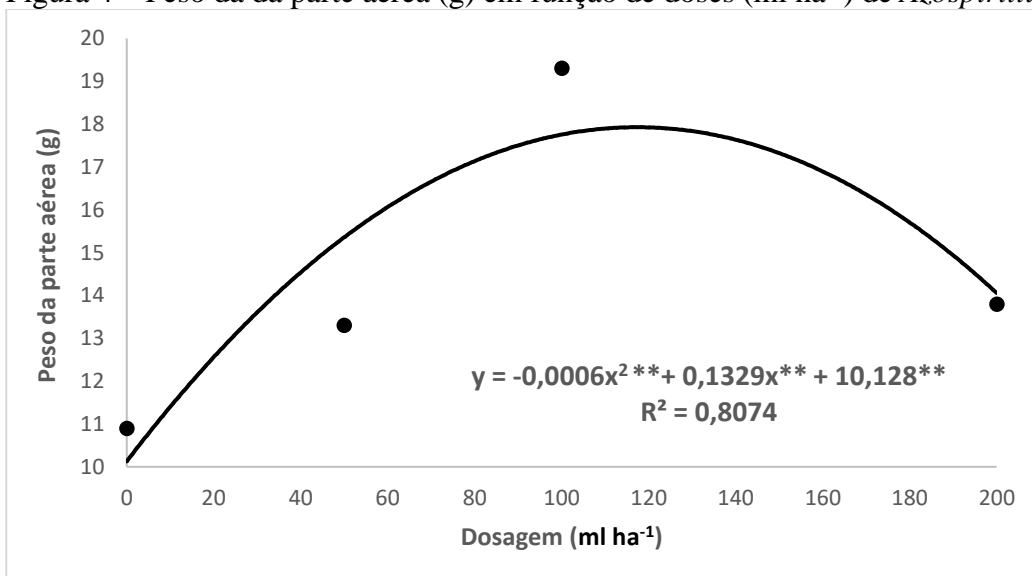
Bueno, Soares e Arisi (2015) não observaram crescimento significativo em altura de parte aérea quando utilizou-se tratamento com bactérias diazotróficas. Resultados diferentes foram encontrados por Brzezinski *et al.* (2017), onde as médias de comprimento da parte aérea inoculadas com *A. brasilense* diferiram estatisticamente em relação a testemunha, com valor médio de 4,46 cm de incremento para o tratamento inoculado e 4,34 cm para a testemunha.

Conceição *et al.* (2008) observaram que o desenvolvimento da parte aérea das plantas, quando inoculadas, aumentou, apresentando um valor médio de 606,7 mg, enquanto a média referente a testemunha apresentou 431,4 mg em comprimento de parte aérea. Nos trabalhos de Rodrigues *et al.* (2015), o comprimento de parte aérea foi influenciado pelas doses do bioestimulante Stimulate, proporcionando um incremento de 5,07 cm no comprimento de parte aérea.

O peso da raiz (g) teve comportamento quadrático em relação às doses de *Azospirillum brasilense*, havendo aumento máximo no peso de 12,40 g na dose de 99,38 ml ha⁻¹ (Figura 3). As doses de *Azospirillum brasilense* também afetaram de forma quadrática o peso da parte aérea, sendo que a dose de 110,75 ml ha⁻¹, ocasionou um aumento máximo no peso de 17,49 g (Figura 4).

Figura 3 – Peso da raiz (g) em função de doses (ml ha⁻¹) de *Azospirillum brasilense*

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F

Figura 4 – Peso da da parte aérea (g) em função de doses (ml ha⁻¹) de *Azospirillum brasilense*

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F

Morais *et al.* (2015) relatam que o acúmulo de massas de matéria fresca e seca do sistema radicular e seu volume não foram afetados pelas doses de inoculante. Já para o tratamento onde foi atribuído apenas adição de fertilizante nitrogenado ao solo, a dose equivalente a 100 kg ha⁻¹ de N promoveu maior crescimento de parte aérea resultando em maiores médias de altura (30,01 cm), diâmetro do colmo (14,76 mm) e massa fresca e seca (78,80 g e 7,46 g, respectivamente).

Della Libera (2010) não encontrou diferença significativa para o uso de bioestimulante em relação à testemunha na variável massa seca da raiz, com médias de 39,6 g para o tratamento onde foi utilizado bioestimulante e 50,1 g para a testemunha.

Verifica-se, que o inoculante aplicado no sulco de semeadura estimula o crescimento das plantas do milho. Isso porque as bactérias do gênero *Azospirillum* possuem elevada capacidade de produção de ácido indolilacético, o qual desempenha papel importante na promoção de crescimento de plantas (RADWAN *et al.*, 2004).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os parâmetros avaliados apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), sendo afetados pela interação entre doses de *A. brasilense*. E se ajustaram-se a uma da regressão quadrática. Para o comprimento de raiz a dose de 98,93 ml ha⁻¹ apresentou o melhor desempenho, aproximadamente 87,80 cm. Para o comprimento da parte aérea, a dose de 100,23 ml ha⁻¹ teve resultado mais expressivo, com 75,01 cm. Para o peso da parte aérea a dose de 110,75 ml ha⁻¹ apresentou 17,49 g. Já a dose com melhor desempenho para o peso de raiz foi de 99,38 ml ha⁻¹ obtendo 12,40 g.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. C., FONSECA, D. D., QUEIROZ, D. S., SALGADO, L. T., & CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1643-1651, 2003.

BARROS, J. F. C., CALADO, J. G. **A Cultura Do Milho**. 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso: 21. Nov. 2023.

BRZEZINSKI, C. R. *et al.* **Doses de nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo**. Universidade Estadual de Londrina. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114615/1/Doses-de-nitrogenio-e-inoculacao-com-azospirillum-na-qualidade-fisiologica->. Acesso em: 21. Nov. 2023.

BUENO, J. C. F.; SOARES, C. R. F. S.; ARISI, A. C. M. **Interação entre a bactéria diazotrófica *Herbaspirillum seropedicae* cepa SmR1 e o milho (*Zea mays* L.) cultivar DKB 390 nos estádios iniciais do desenvolvimento vegetal**. Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

CECCATO JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V.F.; SUSS, A.D. Fertilização com sulfato de magnésio na cultura do milho submetido á inoculação de *Azospirillum brasilense*. **Encontro anual de iniciação científica, tecnológica e inovação**, 2, Marechal Cândido Rondon. Cascavel: Unioeste, 5 p., 2016.

CECCON, G.; MATOSO, A. O.; NETO NETO, A. L.; PALOMBO, L. Uso de herbicidas no consórcio milho safrinha com *Brachiaria ruziziensis*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 359–364, 2010.

CIB - CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do milho: tecnologia do campo a mesa**. 2010. Disponível em: <<http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/GuiaMilhoSet2010.pdf>>. Acesso em: 21. Nov. 2023.

COELHO, A.M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas: Editora Eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa, 10 p., 2006.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Análise dos custos de produção e rentabilidade da cultura do milho**. Compêndio de Estudos Conab / Companhia Nacional de Abastecimento. v. 1. 2016. Brasília: Conab, 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da safra de Grãos**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 1, n. 1, p. 1-76, 2022.

CONCEIÇÃO, P. M. et al. Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Campos dos Goytacazes, RJ, v.43, p.545- 548. 2008.

COTRIM, M. F.; ALVAREZ, R. C. F.; SERON, A. C. C.. Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta a aplicação de *Azospirillum brasilense* e ácido húmico. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**. Chapadão do Sul, p. 349-357, 2016.

DELLA LIBERA, A. M. Efeito de bioestimulantes em caracteres fisiológicos e de importância agrônômica em milho (*Zea mays L.*). 2010. 61 f. **TCC (Graduação) - Curso de Agronomia**, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2010.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de Classificação do Solo**. Brasília, EMBRAPA produção de informações, 2009.

EMBRAPA. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29676/1/Inoculacao-com-azospirillum.pdf>. Acesso em: 21. Nov. 2023.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: **Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, p. 255- 258, 2000.

FIORI, C. C. L., BARTCHECHEN, A., WATANABI, S. H., GUARIDO, R. C. **Efeito da Inoculação de *Azospirillum Brasiliense* na Produtividade da Cultura do Milho (*Zea mays L.*)**. 2010. Disponível em: <https://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/982>. Acesso em: 21. Nov. 2023.

GARCIA, J. C., *et al.* **Aspectos Econômicos da Produção e Utilização do Milho**. Sete Lagoas: Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa, 12 p. 2006.

MAGALHÃES, P. A.; DURÃES F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PALVA, E. Fisiologia do Milho. **Circular Técnico 22**. Embrapa. Circ22c. p65. 2002.

MORAIS, T. P. *et al.* Aspectos morfofisiológicos de plantas de milho e bioquímico do solo em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 6, p.589-596, 2015.

MOREIRA, F.M.S; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora Ufla, p. 449-465, 2006.

OHLAND, R. A. A., SOUZA, L. C. F. D., HERNANI, L. C., MARCHETTI, M. E., & GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 10, p. 987-994, 2004.

RODRIGUES, L. A. *et al.* Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Nucleus**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.207-214. Fundação Educacional de Ituverava. 2015.