

Altura de plantas de milho em diferentes métodos de inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense*

Marlo Markus Lopes⁽¹⁾; Luciano Zucuni Pes⁽²⁾; Lúcio de Paula Amaral⁽³⁾; Biane de Castro⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP); Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Santa Maria, Rio Grande do Sul; marlomarkus@hotmail.com; ⁽²⁾ Professor; PPGAP - Colégio Politécnico da UFSM; lucianopes@politecnico.ufsm.br; ⁽³⁾ Professor; Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais da UFSM; amaralufsm@gmail.com; ⁽⁴⁾ Extensionista rural; Associação Rio-grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural/Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural (Emater/RS-Ascar); bianedecastro@gmail.com.

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do emprego de diferentes métodos de inoculação de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) *Azospirillum brasilense* na altura das plantas de milho na fase de maturação dos grãos em diferentes zonas de relevo. O experimento foi conduzido em Cruzeiro do Sul – RS com a semeadura mecanizada do híbrido Velox TL[®] de ciclo superprecoce, na safra 2015/2016, mediante a inoculação direta das sementes e aplicação de nitrogênio (T1); inoculação dirigida no sulco e aplicação de nitrogênio (T2); controle com aplicação de nitrogênio e sem inoculação (T3). O delineamento experimental foi em fatorial (3x3), considerando métodos de inoculação (inoculação de sementes, sem inoculação e aplicação dirigida no sulco) e distintas zonas de relevo, com três repetições. Os dados experimentais foram submetidos ao teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro. A inoculação dirigida no sulco e o tratamento de sementes proporcionaram, alturas médias de plantas de 236,06 cm e 229,00 cm respectivamente, superiores às plantas do tratamento controle, que obtiveram apenas 207,56 cm de altura. Não houve influência do tipo de inoculação na quantidade de grãos por planta, nem o relevo para a altura final das plantas de milho. A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense*, tanto por meio do método de aplicação dirigida no sulco, como pelo tratamento de sementes, favorece a altura média final das plantas.

Termos de indexação: bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP); nitrogênio; pulverizador de inoculação dirigida.

A produção de milho (*Zea mays* L., Poaceae) durante a safra 2000/2001 no RS foi de 6.134.207 t em 1.672.923 ha, com rendimento médio de 3,67 t ha⁻¹. Na safra 2013/2014, foram colhidas 5.389.520 t de milho, em uma área de somente 924.363 ha, evidenciando a redução da área plantada e o aumento da produtividade, alcançando o rendimento médio da ordem de 5,83 t ha⁻¹ (IBGE, 2016).

O milho é uma espécie diplóide e alógama, sendo um dos vegetais superiores mais estudados (GUIMARÃES, 2007). Devido ao alto custo dos fertilizantes industrializados e a uma conscientização em prol de uma agricultura sustentável e menos poluente, existe um interesse crescente pelo uso de inoculantes contendo bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), as quais também podem incrementar a produtividade. As BPCP *Azospirillum brasilense* são endofíticas facultativas (HUERGO et al., 2008), denominadas diazotróficas ou fixadoras de N₂ por aportarem nitrogênio às plantas via fixação biológica e aumentarem a eficiência de utilização dos fertilizantes. Associam-se em diferentes graus de especificidade às espécies de Poaceae e Fabaceae, como ocorre, respectivamente, com o milho e a soja, o que representa uma estratégia viável economicamente para essas culturas, além dos benefícios ambientais associados à redução do uso de fertilizantes (HUNGRIA et al., 2015).

Além da concentração de microrganismos no inoculante, a forma de inoculação também pode interferir na resposta destes tipos de bactérias benéficas. As BPCP necessitam de um acondicionamento ideal para a sobrevivência das colônias, de modo a garantir um número de microrganismos viáveis e propiciar que ocorra de forma satisfatória a colonização nos tecidos das

INTRODUÇÃO

plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Desse modo, a utilização de pulverizadores de inoculação dirigida é uma ferramenta mecanizada para esse processo, que proporciona um acondicionamento favorável para a manutenção da viabilidade dos insumos biológicos e a dinamização dos processos de aplicação destes insumos (DENARDIN, 2006; PINHEIRO et al., 2013). Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do emprego de diferentes métodos de inoculação de BPCP *A. brasilense* na altura final das plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma lavoura comercial de milho de 2,5 ha no município de Cruzeiro do Sul – RS, na safra 2015/2016. O solo predominante da região é classificado como Chernossolo Háplico Órtico típico (STRECK et al., 2008).

A variedade híbrida de milho Velox TL® (Syngenta) de ciclo superprecoce foi semeada, em sistema de plantio direto, no dia 09 de agosto de 2015, com espaçamento de 0,80 m x 0,21 m, totalizando uma densidade de 75.000 plantas ha⁻¹. Os tratamentos foram constituídos por inoculação direta das sementes e aplicação de nitrogênio (T1), controle com a aplicação de nitrogênio e sem a realização de inoculação, (T2); e inoculação dirigida no sulco e aplicação de nitrogênio, (T3).

A fertilização da área foi realizada de acordo com as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004). Foram aplicados 280 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 9-25-15 na adubação de base e 350 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N) na adubação de cobertura do milho, durante o estágio fenológico vegetativo de seis folhas desenvolvidas (V6).

Foi utilizado o inoculante comercial da marca Simbiose®, composto pelas cepas Ab-V5 e Ab-V6 de BPCP *A. brasilense*, produto apresentado na concentração de 5x10⁸ células por mL e inoculado na mesma data da semeadura. Para a inoculação direta das sementes (T1), foram aplicados 100 ml ha⁻¹ do inoculante comercial, distribuídos de maneira uniforme às sementes. Para a realização da inoculação dirigida no sulco (T3), foi utilizada uma concentração quatro vezes maior do que a concentração empregada na inoculação direta das sementes (T1), correspondendo a 400 ml ha⁻¹ aplicados diretamente no sulco de semeadura. O equipamento utilizado para realizar a inoculação dirigida no sulco (T3) foi o pulverizador de inoculação H₃M KSP 250®, que contém um tanque com capacidade para 250 l de volume de calda. A

aplicação da calda foi fracionada à dose de 20 l ha⁻¹ em oito linhas de semeadura.

Foram coletados 27 pontos amostrais no centro de cada repetição dos respectivos tratamentos e aferidos com trena métrica a altura das plantas, compreendida pela medida entre a superfície do solo e a inserção da panícula superior, na fase de maturação dos grãos, em 29 de dezembro de 2015. Nesses pontos também foram registradas as coordenadas geográficas, através do aplicativo CR Campeiro - C7 GPS Dados, sendo classificadas as zonas de relevo em: (Z1), de 87 m a 102 m de altitude; (Z2), com valores entre 86 m e 101 m de altitude; e (Z3), compreendida entre 82 m a 98 m de altitude. Com os pontos coletados em cada amostra conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Pontos coletados em cada amostragem das plantas de milho, com coordenadas geográficas de latitude sul e coordenadas geográficas de longitude oeste, com seus respectivos tratamentos.

O delineamento experimental foi em fatorial (3x3), considerando métodos de inoculação (inoculação das sementes, sem inoculação e aplicação dirigida no sulco) e distintas zonas de relevo (Z1, Z2 e Z3), com três repetições. Os dados experimentais foram submetidos ao teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, no caso de diferença significativa. As análises estatísticas, precedidas dos testes de homogeneidade de variâncias de Bartlett e de normalidade de Shapiro-Wilk, aos quais os dados atenderam, foram realizadas com o uso do programa estatístico Assistat 7.7 Beta® (SILVA e AZEVEDO, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação dirigida no sulco (T2) e o tratamento de sementes (T1) proporcionaram, respectivamente, alturas médias de 229,00 cm e 236,06 cm (Tabela 1), superiores às plantas testemunha (T3) que obtiveram apenas 207,56 cm de altura (dms de 11,82 cm). Não houve influência significativa das zonas de relevo, bem como da interação entre os fatores avaliados na estatura final das plantas. Santos (2013) não detectou diferença no estande final das plantas de milho semeadas manualmente em Vitória da Conquista – BA, após a inoculação com outras bactérias diazotróficas (*Herbaspirillum seropedicae*, estirpe ZAE94) e isolados nativos, porém este parâmetro foi beneficiado pela adubação nitrogenada. Ao realizar semeadura manual, Mello (2012) também não verificou influência da inoculação de *A. brasilense* na altura de plantas de milho na fase de maturação dos grãos em cultivo em Passo Fundo - RS, sendo influenciada apenas pelas doses de nitrogênio. O presente trabalho realizou a semeadura mecanizada, condição experimental que favorece a celeridade do processo de implantação, bem como pode ter propiciado condições térmicas mais favoráveis e de proteção das BPCP contra os raios ultravioletas, sendo indiferente se as sementes foram inoculadas pelo método tradicional ou dirigido no sulco.

Tabela 1. Altura das plantas de milho da cultivar Velox TL® semeadas em diferentes relevos e sistemas de inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*.

Tratamento	Altura das Plantas de Milho (cm)	
	Método de Inoculação	Zonas de Relevo
T1 - inoculação da	236,05 a	228,28 ^{ns}

Tratamentos	Latitude(S)	Longitude(W)
T ₁ Z ₁ R ₁	29°29'45,39"	52°07'50,35"
T ₁ Z ₁ R ₂	29°29'46,68"	52°07'50,18"
T ₁ Z ₁ R ₃	29°29'52,68"	52°07'50,35"
T ₁ Z ₂ R ₁	29°29'53,32"	52°07'50,37"
T ₁ Z ₂ R ₂	29°29'53,90"	52°07'50,30"
T ₁ Z ₂ R ₃	29°29'62,03"	52°07'49,84"
T ₁ Z ₃ R ₁	29°29'62,66"	52°07'49,85"
T ₁ Z ₃ R ₂	29°29'62,67"	52°07'49,86"
T ₁ Z ₃ R ₃	29°49'63,35"	52°07'50,33"
T ₂ Z ₁ R ₁	29°49'45,18"	52°07'48,50"
T ₂ Z ₁ R ₂	29°49'46,30"	52°07'48,32"
T ₂ Z ₁ R ₃	29°49'47,43"	52°07'48,46"
T ₂ Z ₂ R ₁	29°49'54,62"	52°07'48,57"
T ₂ Z ₂ R ₂	29°49'56,44"	52°07'48,48"
T ₂ Z ₂ R ₃	29°49'57,51"	52°07'48,40"
T ₂ Z ₃ R ₁	29°49'63,34"	52°07'47,90"
T ₂ Z ₃ R ₂	29°49'65,14"	52°07'47,83"
T ₂ Z ₃ R ₃	29°49'66,20"	52°07'47,94"
T ₃ Z ₁ R ₁	29°49'45,86"	52°07'46,85"
T ₃ Z ₁ R ₂	29°49'46,37"	52°07'46,89"
T ₃ Z ₁ R ₃	29°49'47,41"	52°07'46,86"
T ₃ Z ₂ R ₁	29°49'53,95"	52°07'46,93"
T ₃ Z ₂ R ₂	29°49'54,11"	52°07'46,78"
T ₃ Z ₂ R ₃	29°49'55,43"	52°07'46,71"
T ₃ Z ₃ R ₁	29°49'62,96"	52°07'46,73"
T ₃ Z ₃ R ₂	29°49'63,48"	52°07'46,24"
T ₃ Z ₃ R ₃	29°49'63,65"	52°07'46,29"

semente

T2 - inoculação dirigida no sulco	229,00 a	225,61
T3 - testemunha	207,55 b	218,72

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo Teste de Tukey.

^{ns} Não significativo na coluna.

Por outro lado, Quadros et al. (2014) inocularam com as BPCP *A. brasilense* e realizaram semeadura manual em Eldorado do Sul – RS, porém com o emprego do “saraquá”. Os autores detectaram que a inoculação aumentou o teor relativo de clorofila e o rendimento da matéria seca da parte aérea dos híbridos AS 1575 e SHS 5050, o peso de 1000 grãos do híbrido P32R48 e a estatura de planta do híbrido AS 1575. Foi sugerido que o

genótipo da planta desempenha papel importante na colonização pelas bactérias, sendo necessário o estudo de híbridos de milho que tenham boa resposta agrônômica à inoculação e que sejam feitas mais comparações em diferentes regiões edafoclimáticas, fatores que também afetam a relação entre a planta e as BPCP.

Dados mundiais acumulados indicam que o *Azospirillum* é capaz de promover o rendimento de culturas agronomicamente importantes, em diferentes solos e regiões climáticas. Hormônios vegetais sintetizados por *Azospirillum* influenciam a planta na taxa de respiração, no metabolismo e na proliferação da raiz e, portanto, melhoram a absorção de minerais e de água em plantas inoculadas, contribuindo para uma maior estatura das plantas (OKON & ITZIGSOHN, 1995).

Experimentos comprovam a eficiência da inoculação com *A. brasilense*, como observado no trabalho conduzido por Barros Neto (2008) no qual a inoculação proporcionou aumento significativo no rendimento de grãos de milho de 9.021 kg ha⁻¹ para 9.814 kg ha⁻¹, ou seja, aumento médio de 9%.

Para a variável número de grãos por planta, o teste de Bartlett mostrou haver homogeneidade de variância, $\chi^2_{calculado} (21,61410) < \chi^2_{tabulado} (15,50731; p. 0,05; gl 26)$, e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk mostrou que os dados não possuem normalidade, $W = 0,81519 (p.0,00025)$. Para esta variável não houve significância.

A semeadura mecanizada do híbrido Velox TL[®] de ciclo superprecoce submetido às condições edafoclimáticas de Cruzeiro do Sul e mediante a inoculação das sementes com *A. brasilense*, tanto por meio do método de aplicação dirigida no sulco como pelo tratamento de sementes, propiciaram maior altura das plantas na fase de maturação dos grãos, do que nas plantas em que não se adotou a inoculação.

CONCLUSÕES

A inoculação com *A. brasilense* dirigida no sulco e no tratamento das sementes de milho híbrido superprecoce Velox TL[®], após semeadura mecanizada, proporcionou maior altura média final das plantas, quando comparadas ao manejo tradicional, sem a utilização de inoculação das sementes. Não houve significância estatística para a variável número de grão por planta.

REFERÊNCIAS

BARROS NETO, C. R. de. **Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no rendimento de grãos de milho.**

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná. 29p. 2008.

DENARDIN, N. D. Aplicação de inoculantes define sucesso da nodulação. **Visão Agrícola**, Piracicaba, USP/ESALQ, v. 5, p. 35-37, 2006.

GUIMARÃES, P.S. **Desempenho de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.) e correlação entre heterose e divergência genética entre as linhagens parentais.** 2007. 111 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2007.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L. M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G. ***Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina.** Córdoba, Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.17-28.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M.; 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**, Irvine, v. 6, p. 811-817, 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Contém informações sobre a produção de milho brasileira.** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/> >. Acesso em: 26 jun. 2016.

MELLO, N. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* nas culturas de milho e trigo.** 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

OKON, Y.; ITZIGSOHN, R. The development of *Azospirillum* as a commercial inoculant for improving crop yields. **Biotechnology Advances**, v.13, n.3 p.415- 424, 1995

PINHEIRO, M. S.; SOUZA, J. B.; FEITOZA, R. M.; MARTINS, S. C. S.; MARTINS, C. M. Resistência de estirpes de rizóbios isoladas do Semiárido a elevadas temperaturas. In: Congresso Brasileiro do Feijão-caupi. 3., 2013. **Anais...** Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2013. Disponível em: <<http://www.conac2012.org/resumos/pdf/216b.pdf>>. Acesso em 30 de abril de 2016.

QUADROS, P. D.; ROESCH, L. F. W.; SILVA, R. F.; VIEIRA, P. M.; ROEHRS, V. D.; CAMARGO, D. O.; ANASTÁCIO, F. Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

SANTOS, J. S. **Isolamento e inoculação de bactérias diazotróficas na cultura do milho cultivados em Vitória da Conquista – BA.** 2013. 97 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2013.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. A new version of the assistat-statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, 2006. **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p. 393-396.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 394 p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

“Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar”
