

## Diâmetro do colmo de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* em distintas zonas de relevo

**Marlo Markus Lopes<sup>(1)</sup>; Luciano Zucuni Pes<sup>(2)</sup>; Lúcio de Paula Amaral<sup>(3)</sup>; Biane de Castro<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> 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; <sup>(2)</sup> Professor; PPGAP - Colégio Politécnico da UFSM; lucianopes@politecnico.ufsm.br; <sup>(3)</sup> Professor; Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais da UFSM; amaralufsm@gmail.com; <sup>(4)</sup> 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:** A agricultura de precisão tem por objetivo a gestão dos cultivos e a busca do máximo de rendimento das culturas com o menor consumo de insumos possível. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a inoculação mecanizada e manual das bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) *Azospirillum brasilense* em milho cultivado 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 manual das sementes e aplicação de nitrogênio (T1); controle, mediante a aplicação de nitrogênio e sem a realização de inoculação (T2); e inoculação mecanizada dirigida no sulco e aplicação de nitrogênio (T3). O delineamento experimental foi em fatorial (3x3), considerando métodos de inoculação (tratamento de sementes, controle e aplicação dirigida no sulco) e zonas de relevo (alta, média e baixa), 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. Não houve influência significativa da inoculação de *A. brasilense*, independente do método de aplicação, no diâmetro médio final do colmo das plantas. Contudo, a inoculação manual e mecanizada ocasionaram o desenvolvimento de plantas com maior diâmetro de colmo nas distintas zonas de relevo, quando comparadas às plantas oriundas de semeadura sem o emprego das BPCP.

**Termos de indexação:** bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP); agricultura de precisão; 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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

A mecanização e automação se tornaram importantes à medida que o aumento da escala de produção dificultou a percepção do agricultor sobre o campo e os tratamentos agrônômicos passaram a demandar alto rendimento operacional (MOLIN, 1997). O uso da automação e controle da pulverização ocorre a partir da utilização da eletrônica embarcada e viabiliza a aplicação localizada de insumos em quantidades variáveis e em tempos específicos, otimizando custos de produção e insumos, colaborando para que níveis de produtividade pré-estabelecidos para uma determinada cultura sejam obtidos (MOLIN, 2015). A automação e instrumentação a cada dia são mais necessárias devido à escassez e ao custo da mão de obra no campo, ao mesmo tempo em que se busca sustentabilidade econômica, social e ambiental (NAIME et al., 2014).

As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) *Azospirillum brasilense* são endófitas facultativas (HUERGO et al., 2008), denominadas diazotróficas ou fixadoras de N<sub>2</sub> 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

### INTRODUÇÃO

economicamente para essas culturas, além dos benefícios ambientais associados à redução do uso de fertilizantes (HUNGRIA et al., 2015). A agricultura de precisão pode contribuir para o desenvolvimento de equipamentos específicos para a aplicação de insumos biológicos (microrganismos vivos), sendo que esses insumos necessitam um acondicionamento e um meio propício para a sobrevivência das colônias, de modo a garantir uma maior eficiência do produto inoculado, garantindo um número satisfatório de microrganismos no processo da inoculação (CÂMARA, 2014). Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes métodos de aplicação do inoculante das BPCP *A. brasilense*, composto pelas cepas Ab-V5 e Ab-V6, no diâmetro médio final do colmo do milho em distintas zonas de relevo.

## 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 Háptico 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<sup>-1</sup>. Os tratamentos foram constituídos de inoculação manual das sementes e aplicação de nitrogênio (T1); controle, mediante a aplicação de nitrogênio e sem a realização de inoculação (T2); e inoculação mecanizada 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<sup>-1</sup> da fórmula NPK 9-25-15 na adubação de base e 350 kg ha<sup>-1</sup> 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 5x10<sup>8</sup> células por mL e inoculado na mesma data da semeadura. Para a inoculação direta das sementes (T1), foram aplicados 100 ml ha<sup>-1</sup> do inoculante comercial, distribuídos manualmente de maneira uniforme nas sementes. Para a realização da inoculação mecanizada 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<sup>-1</sup> aplicados diretamente no sulco de semeadura. O equipamento utilizado para realizar a inoculação dirigida no sulco (T3) foi o pulverizador de inoculação H<sub>3</sub>M 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<sup>-1</sup> em oito linhas de semeadura.

Foram coletados 27 pontos amostrais no centro de cada repetição dos respectivos tratamentos e aferidos com trena métrica o diâmetro do colmo a 10 cm de altura do solo, 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: alta (Z3), compreendida entre 82 m a 98 m de altitude; média (Z1), de 87 m a 102 m de altitude; e baixa (Z2), com valores entre 86 m e 101 m de altitude.

O delineamento experimental foi em fatorial (3x3), considerando métodos de inoculação (inoculação das sementes, sem inoculação e aplicação dirigida no sulco) e zonas de relevo (alta, média e baixa), 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

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 plantas (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). A utilização de pulverizadores de inoculação dirigida é uma ferramenta 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).

No entanto, independente do método de aplicação do inoculante nas sementes de milho, não houve influência significativa de *A. brasilense* no diâmetro médio final das plantas (Tabela 1). Nakao et al. (2014) também não verificaram influência da

aplicação de *A. brasilense* no diâmetro do colmo do sorgo granífero em diferentes estádios de desenvolvimento, porém a concentração de inoculante afetou esse parâmetro, bem como, houve interação significativa entre os estádios de aplicação e as concentrações.

Tabela 1. Diâmetro médio final do colmo do milho, cultivar Velox TL<sup>®</sup>, semeado em diferentes relevos e sistemas de inoculação com *Azospirillum brasilense*.

| Tratamento                        | Diâmetro do colmo (cm) |                 |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------|
|                                   | Método de Inoculação   | Zonas de Relevo |
| T1 - inoculação da semente        | 8,17 <sup>ns</sup>     | 8,17 a          |
| T2 - testemunha                   | 7,84                   | 7,79 b          |
| T3 - inoculação dirigida no sulco | 8,42                   | 8,58 a          |

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

<sup>ns</sup> Não significativo.

As bactérias diazotróficas *Azospirillum* spp. têm a capacidade de colonizar, além do sistema radicular, também o colmo das gramíneas (SIQUEIRA e FRANCO, 1988). Mendonça et al. (2006) observaram que as bactérias se localizam mais frequentemente nas raízes, seguida pelos colmos e folhas de milho. Possivelmente, nas condições experimentais do presente trabalho, não tenha ocorrido a colonização dos colmos das plantas em níveis suficientes para alterar significativamente a morfologia. No entanto, o diâmetro do colmo não está necessariamente relacionado à produção final de grãos, como evidenciado no trabalho de Nakao et al. (2014), em que as BPCP proporcionaram o aumento da produtividade de grãos sem, contudo, alterarem o diâmetro do colmo do sorgo granífero.

Houve interação significativa ( $dms = 0,81$  cm) entre a realização da inoculação e as zonas de relevo (alta, média e baixa). De um modo geral, a inoculação manual e mecanizada ocasionaram o desenvolvimento de plantas com maior diâmetro de colmo nas distintas zonas de relevo, quando comparadas às plantas oriundas de semeadura sem o emprego das BPCP.

Esse maior desenvolvimento do colmo pela aplicação das BPCP pode ter ocorrido em virtude da fixação de N<sub>2</sub> ter suprido à demanda das plantas em diferentes zonas de fertilidade, situação que não ocorreu sem o emprego do inoculante. Além da correção e adubação a taxas variáveis, a agricultura de precisão pode contribuir, de forma integrada, a outros aspectos relacionados à racionalização do

uso de insumos (SANTI et al., 2009; RESENDE, 2010), a exemplo da inoculação com *A. brasilense*.

## CONCLUSÕES

A inoculação de *A. brasilense*, independente do método de aplicação, não interfere no diâmetro médio final do colmo das plantas de milho híbrido superprecoce Velox TL<sup>®</sup>. Contudo, a inoculação manual e mecanizada ocasionam o desenvolvimento de plantas com maior diâmetro de colmo em distintas zonas de relevo, quando comparadas às plantas oriundas de semeadura sem o emprego das BPCP.

## REFERÊNCIAS

CÂMARA, G. M. S. Fixação biológica de nitrogênio Em soja. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 147, p. 1-9, 2014.

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

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.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p.

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.

MENDONÇA, M. M.; URQUIAGA, S. S.; REIS, V. M. Variabilidade genotípica de milho para acumulação de nitrogênio e contribuição da fixação biológica de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1681-1685, 2006.

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão. Parte I: o que é o estado da arte em sensoriamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.2, p.97-107, 1997.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238p.

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

NAIME, J. M.; MATTOSO, L. H. C.; SILVA, W. T. L.; CRUVINEL, P. E.; MARTIN-NETO, L.; CRESTANA, S. **Conceitos e aplicações da instrumentação para o avanço da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2014. 412p.

NAKAO, A. H.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; RODRIGUES, R. A. F. Resposta do sorgo granífero à aplicação de diferentes doses e épocas de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via foliar. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2702-2714, 2014.

RESENDE, Á. V.; SHIRATSUCHI, L. S.; COELHO, A. M. CORAZZA, E. J.; VILELA, M. F.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. C.; BASSOI, L. H.; NAIME, J. M. Agricultura de precisão no Brasil: avanços, dificuldades e impactos no manejo e conservação do solo, segurança alimentar e sustentabilidade. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Anais...** Disponível em: <<https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/publicacoes/publicacoes-da-rede-ap/2010/rbmcsa-2010/agricultura-de-precisao-no-brasil-avancos-dificuldades-e-impactos-no-manejo-e-conservacao-do-solo-seguranca-alimentar-e-sustentabilidade/view>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; FLORA, L. P. D.; SMANIOTTO, R. F. F. Agricultura de precisão: é chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 105, p. 24-30, 2009.

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.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: ESAL, FAEPE, 1988. 236p.

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.

