



## Componentes da produção de milho sob inoculação com *Azospirillum brasilense* e residual da adubação fosfatada

**Bruno Yabuki das Dores<sup>(1\*)</sup>; Marcelo Andreotti<sup>(2)</sup>; Lourdes Dickmann<sup>(1)</sup>; Marcelo Fernando Pereira Souza<sup>(3)</sup>; Viviane Cristina Modesto<sup>(1)</sup>; Allan Hisashi Nakao<sup>(4)</sup>; Deyvison de Asevedo Soares<sup>(1)</sup>.**

- (1) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira; SP, Brasil, 15385-000. (<sup>\*</sup>yabuki\_bruno@outlook.com; [lourdesdickmann@hotmail.com](mailto:lourdesdickmann@hotmail.com); [vivianemodesto@hotmail.com](mailto:vivianemodesto@hotmail.com); [deyvison\\_a.soares@hotmail.com](mailto:deyvison_a.soares@hotmail.com).)
- (2) Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000. [dreotti@agr.feis.unesp.br](mailto:dreotti@agr.feis.unesp.br)
- (3) Escola Técnica de Alta Floresta/MT e Faculdade de Alta Floresta – FAF, Alta Floresta, MT, Brasil, 78580-000. [celonando@hotmail.com](mailto:celonando@hotmail.com)
- (4) Centro Universitário de Santa Fé do Sul, Santa Fé do Sul, SP, Brasil, 15775-000. [allannakao@hotmail.com](mailto:allannakao@hotmail.com)

**RESUMO:** A adoção de práticas como a inoculação de sementes com bactérias diazotróficas, apresentam-se como alternativa para reduzir o uso de fertilizantes além de alcançar maiores produtividades sem, no entanto, causar danos ao ambiente. Conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito residual da adubação fosfatada sobre os componentes da produção e a produtividade do milho em consórcio, com e sem inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense*. Os tratamentos foram constituídos da semeadura do consórcio milho/capim-Marandu sobre a palhada da aveia preta, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2, ou seja, cinco doses residuais de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicados na cultura da aveia preta e inoculação ou não, tanto nas sementes de aveia (cultura anterior) quanto das sementes de milho. Avaliaram-se os componentes de produção e produtividade de grãos de milho. A inoculação por *A. brasilense* não alterou significativamente os componentes de produção e produtividade do milho. Verificou-se que a adubação fosfatada residual não interferiu na produtividade de grãos.

**Termos de indexação:** *Zea mays*, plantio direto, bactérias diazotróficas.

### INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais cultivados no Brasil, e o país, atualmente, é o terceiro maior produtor mundial, tendo atingido na

safrinha 2018/2019, produção aproximada de 94,5 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Com a necessidade crescente de atingir altas produtividades agrícolas de forma rentável e com menores custos, é indispensável o emprego de novas tecnologias, principalmente nos solos das regiões tropicais, que são altamente intemperizados, com baixa disponibilidade de fósforo (P) e com elevada capacidade de retenção desse nutriente (SALDANHA et al., 2017).

A inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* em sementes de gramíneas vem ganhando destaque no cenário agrícola. Correa Filho et al. (2017) e Kappes et al. (2013), citam que as bactérias diazotróficas trazem inúmeros benefícios, como auxílio na produção de fitohormônios, solubilização de fosfato inorgânico e aumento na absorção não apenas do N, mas também de outros nutrientes, como P e K, resultando em incrementos na produtividade das culturas.

Considerando o exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e da decomposição da palhada da aveia preta antecessora sobre os componentes de produção e a produtividade do milho em consórcio com capim Marandu, com e sem inoculação das sementes de milho por *Azospirillum brasilense*.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP – Campus de Ilha Solteira, localizada no município de



Selvíria/MS, cujas coordenadas geográficas são 20° 20' 05" S e 51° 24' 26" W e altitude aproximada de 335 m, com precipitação média anual de 1370 mm e temperatura de 23,5 °C (HERNANDEZ et al., 1995).

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2013), e apresenta um histórico de 10 anos sob sistema de plantio direto (SPD). Anteriormente à condução do experimento com a cultura do milho, a área foi cultivada com a cultura da aveia preta. Durante a condução do experimento a área cultivada teve suplementação hídrica via aspersão (pivô central), quando necessário.

Para caracterização química do solo, realizou-se amostragem anterior à instalação do consórcio milho/capim-Marandu, coletando-se 10 (dez) amostras simples por parcela na camada de 0 a 0,20 m, com auxílio de um trato de rosca, das quais foram geradas amostras compostas para secagem e análise química conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os resultados a seguir são baseados na média de todas as parcelas: pH em CaCl<sub>2</sub> 5,3; M.O. de 22 g dm<sup>-3</sup>, P (resina) de 25 mg dm<sup>-3</sup>, 32, 3,2 e 24 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, para cálcio, potássio e magnésio, 31 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de acidez potencial (H+Al), 90 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC, com saturação por bases de 64%.

Antes deste cultivo do milho em consórcio com capim Marandu, anterior a implantação da aveia preta, para a caracterização química foram utilizados 20 perfis de tradagem para a coleta do solo com estrutura deformada, realizados com um trato de rosca na profundidade de 0 a 0,20 m (RAIJ et al., 2001), cujos resultados foram: pH em CaCl<sub>2</sub> de 5,0; matéria orgânica de 20 g dm<sup>-3</sup>; P (resina) 16 mg dm<sup>-3</sup>; 19; 2,2 e 14 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente, para cálcio, potássio e magnésio, 36 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de acidez potencial (H+Al), 71,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC, com saturação por bases de 49%. Com base nesta, realizou-se a aplicação de calcário dolomítico (PRNT de 87%) para elevar a saturação por bases à 70%, na dose de 1,7 t ha<sup>-1</sup> (superficial sem incorporação) em abril de 2013.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2 com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de 5 (cinco) doses de adubação fosfatada (0, 30, 60, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) utilizando o MAP como fonte (52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10% N), aplicadas a lanço na semeadura da aveia preta antecessora no ano de 2013, com e sem inoculação das sementes de milho com a bactéria diazotrófica *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 com garantia de 2x10<sup>8</sup> UFC mL<sup>-1</sup>), fornecida via inoculante líquido para

gramíneas na dose comercial de 100 mL 25 kg<sup>-1</sup> de sementes. No dia da adubação de semeadura, corrigiu-se a quantidade de N pelo uso de ureia, uma vez que o MAP continha 10% de N. A inoculação das sementes foi realizada momentos antes da semeadura, à sombra, e nas sementes tratadas com fungicidas e/ou inseticidas conforme o padrão comercial da empresa fornecedora do híbrido utilizado.

Cada unidade experimental (parcela) foi constituída por 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, perfazendo 44 m<sup>2</sup>, aproveitando assim a área experimental anteriormente utilizada no cultivo da aveia preta.

O milho AG 8088 YR foi semeado em 02/12/2013, em SPD e em sucessão a aveia preta, com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e população de 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>, adubados com N e K<sub>2</sub>O seguindo as recomendações de Cantarella et al. (1997). A semeadura do capim Marandu foi realizada simultaneamente à do milho. As sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,06 m, espaçadas em 0,34 m, utilizando-se aproximadamente 7 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis (VC=76%), localizando-se, dessa forma, abaixo das sementes de milho.

Ao final do ciclo da cultura foram avaliados os componentes da produção (número de fileiras de grãos/espiga, de grãos/fileira, de grãos/espiga, número de espigas ha<sup>-1</sup>, massa de 100 grãos) e produtividade de grãos do milho, calculando-se a produtividade da parcela, extrapolada para kg ha<sup>-1</sup> e corrigida para as condições de 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (P<0,05). O efeito de inoculação ou não com *A. brasilense* foram comparados pelo teste t (Student) (P<0,05). Enquanto que o efeito da adubação fosfatada foi avaliado por análise de regressão, adotando-se nos modelos significativos, o de equação com maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) (P<0,05). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise dos dados (Tabela 1), verificou-se que a inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* não proporcionou efeito significativo para o número de fileiras de grãos por espiga (NFE), de grãos por fileira (NGF), de grãos por espiga (NGE), número de espigas (NE), massa de 100 grãos (M100) e inclusive sob a produtividade. Nesse sentido, os resultados dos componentes de produção (NFE, NGF, NGE, NE,



M100) estão diretamente atrelados a produtividade da cultura.

A ausência de efeito da inoculação sobre a M100 grãos assim como, para os demais componentes de produção foram decisivos para a não ocorrência de alterações na produtividade da cultura (**Tabela 1**). De acordo com Ohland et al. (2005), a massa de grãos é o componente de produção menos alterado pelas práticas de manejo e que, este componente é influenciado pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes, além das condições climáticas estabelecidas durante os estádios de enchimento dos grãos, que no presente trabalho foi irrigado.

Mehnaz e Lazarovits (2006), citam que os fatores que podem interferir nas respostas das culturas à inoculação estão relacionados, em sua maioria, a compatibilidade entre estirpe e genótipo da planta; número ideal de células por semente e sua viabilidade, e ainda segundo Iniguez et al. (2004), muitas vezes sua eficiência é reduzida em função destas estarem associadas livremente à planta, seja na rizosfera ou no interior dos tecidos, tornando-se muito susceptíveis ao ambiente. Sangoi et al. (2015), trabalhando com níveis de manejo, doses de N e tratamento de sementes com *Azospirillum* sp., não constataram benefícios consistentes no rendimento de grãos de milho. Enquanto que Lana et al. (2012) confirmaram os efeitos benéficos da inoculação, constatando incrementos de 7 a 15% na produtividade do milho em função da inoculação com *A. brasilense*.

Ao analisar o efeito residual das doses de  $P_2O_5$  sobre os componentes de produção e produtividade da cultura do milho em consórcio com a *U. brizantha* cv. Marandu, verifica-se que não houve ajustes significativos para os atributos avaliados (**Tabelas 1**). Uma das hipóteses para a ausência de respostas ao residual de P aplicado na cultura antecessora (aveia preta), é o médio teor inicial de P no solo de  $16 \text{ mg dm}^{-3}$  (antecessor a aveia preta), juntamente à ciclagem de nutrientes promovida pela palhada da aveia preta.

No desdobramento da interação entre inoculação e adubação fosfatada residual sobre o número de espigas de milho (**Tabela 2**) constata-se que com *A. brasilense* apenas para a dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$   $P_2O_5$  apresentou diferença significativa. Assim, as plantas cultivadas em áreas que não foram inoculadas e que, foram submetidas ao efeito residual do P apresentaram valores médios superiores às plantas inoculadas.

Todavia, a aplicação crescente de  $P_2O_5$  na aveia preta não resultou em maior número de espigas de milho, e não houve ajuste de regressão para este atributo. Um dos fatores para a ausência de

resposta ao incremento de  $P_2O_5$  e seu efeito residual pode estar relacionado ao período de 10 anos de SPD com grande quantidade de palhada acumulada, podendo ser fonte de nutrientes pela decomposição gradual dos restos vegetais. Segundo Oliveira et al. (2015), solos com elevado nível de fertilidade principalmente em fósforo, e condições à campo com altas temperaturas podem ser fatores que dificultam a associação microrganismo e planta hospedeira.

## CONCLUSÕES

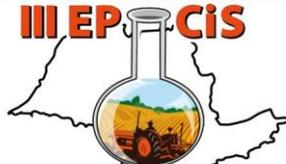
Os componentes de produção e produtividade de grãos de milho não foram influenciados pela inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Processo nº 2013/03439-3).

## REFERÊNCIAS

- Cantarella, H., Rajj, B. van., & Camargo, C. E. O. Cereais. Citado por Rajj B van., Cantarella, H., Quaggio, J. A, Furlani, A. M. C. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 43:71.
- CONAB 2018 - Análise mensal. Disponível em: <file:///C:/Users/Microsoft%20Windows/Downloads/MilhoZ-ZAnáliseZMensalZ-ZAgostoZZ2018%20(1).pdf>. Acesso em: 27 Ago. 2018.
- CORREA FILHO, D.V.B. et al. Crescimento e desenvolvimento de aveia preta em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada. Colloquium Agrariae. 13: 01-08, 2017.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2013. 353 p.
- Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia. 2011; 35: 1039-1042.
- HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS-FILHO, M.A.F.; BUZETTI, S. Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p.
- INIGUEZ, A.L. et al. Nitrogen fixation in wheat provided by *Klebsiella pneumoniae* 342. Molecular Plant-Microbe Interactions, 17: 1078-1085, 2004.
- KAPPES, C. et al. Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. Semina: Ciências Agrárias, 34: 527-538, 2013.
- LANA, M. C. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. Revista Ceres, 59: 399-405, 2012.
- MEHNAZ, S.; LAZAROVITS, G. Inoculation effects of *Azospirillum lipoferum* on corn plants growth under greenhouse conditions. Microbial Ecology, 51: 326-335, 2006.



OHLAND, R.A.A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, 29: 538-544, 2005.

OLIVEIRA, M.A. de. et al. Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agrônomico do milho. *Revista de Ciências Agrárias*, 38: 18-25, 2015.

RAIJ, B. van., Andrade, J. C., Cantarella, H., & Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomico, 2001. 284 p.

SALDANHA, et al. Adubação fosfatada na adubação do milho no nordeste paraense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 16: 441-448, 2017.

SANGOI, L. et al. 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*. 39: 1141-1150, 2015.

**Tabela 1** – Médias do número de fileiras de grãos por espiga (NFE), de grãos por fileira (NGF), de grãos por espiga (NGE), número de espiga (NE), massa de 100 grãos (M100) e produtividade do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

| Tratamentos  | NFE                | NGF                | NGE                | NE                 | M100               | PROD                |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|  |                    | nº                 |                    |                    | g                  | kg ha <sup>-1</sup> |
| Inoculação - I   |                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| Sem  | 15,5a              | 35,8a              | 559,0a             | 55.264a            | 30,83a             | 6.627a              |
| Com  | 15,0a              | 36,1a              | 539,1a             | 54.604a            | 31,23a             | 6.287a              |
| Teste F - I  | 3,31 <sup>ns</sup> | 0,22 <sup>ns</sup> | 2,89 <sup>ns</sup> | 0,40 <sup>ns</sup> | 0,39 <sup>ns</sup> | 2,19 <sup>ns</sup>  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) – D |                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| 0  | 15,3               | 35,8               | 548,3              | 53.021             | 30,14              | 6.164               |
| 30   | 15,3               | 36,0               | 551,5              | 54.253             | 30,76              | 6.369               |
| 60   | 15,0               | 36,3               | 552,9              | 54.722             | 31,40              | 6.666               |
| 120  | 15,5               | 35,7               | 552,3              | 57.708             | 31,90              | 6.638               |
| 240  | 15,1               | 35,9               | 540,4              | 54.965             | 30,95              | 6.450               |
| Teste F – D  | 0,35 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup> | 2,20 <sup>ns</sup> | 0,84 <sup>ns</sup> | 0,64 <sup>ns</sup>  |
| Modelo equação - E                                       |                    |                    |                    |                    |                    |                     |
| R <sup>2</sup> (%)                                       | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                   |
| Teste F - E  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                   |
| Teste F – I x D  | 0,74 <sup>ns</sup> | 0,56 <sup>ns</sup> | 2,26 <sup>ns</sup> | 3,47 <sup>*</sup>  | 0,72 <sup>ns</sup> | 1,14 <sup>ns</sup>  |
| CV (%)   | 5,48               | 5,76               | 6,74               | 5,98               | 6,63               | 11,26               |

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. \* e †: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Em que: DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

**Tabela 2** - Desdobramento da interação inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para número de espigas (NE). Selvíria/MS, 2014.

| Inoculação  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) |         |         |         | Equação | R <sup>2</sup> (%) |     |
|-------------|--|---------|---------|---------|---------|--------------------|-----|
|             | 0  | 30      | 60      | 120     |         |                    | 240 |
| NE (número) |  |         |         |         |         |                    |     |
| Sem         | 53.750a  | 53.333a | 58.611a | 56.111a | 54.514a | -                  | ns  |
| Com         | 53.292a  | 55.174a | 50.833b | 53.306a | 55.417a | -                  | ns  |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. \* e †: significativo a 1 e 5% respectivamente. <sup>ns</sup>: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.