



Teores de macronutrientes na palha de milho sobre inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual

Lourdes Dickmann^(1*); Marcelo Andreotti⁽²⁾; Marcelo Fernando Pereira Souza⁽³⁾; Eduardo Augusto Pontes Pechoto⁽¹⁾; Allan Hisashi Nakao⁽⁴⁾; Leandro Alves Freitas⁽⁵⁾; Isabô Melina Pascoaloto⁽⁶⁾.

- (1) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira; SP, Brasil, 15385-000 (*lourdesdickmann@hotmail.com; eppechoto@gmail.com). Pesquisa financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)⁽¹⁾.
- (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
- (3) Escola Técnica de Alta Floresta/MT e Faculdade de Alta Floresta – FAF, Alta Floresta, MT, Brasil, 78580-000. celonando@hotmail.com
- (4) Centro Universitário de Santa Fé do Sul, Santa Fé do Sul, SP, Brasil, 15775-000. allannakao@hotmail.com
- (5) Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, PR, Brasil, 85503-390. leandroalvesfreitas@gmail.com
- (6) Departamento de produção e Melhoramento Vegetal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, Brasil, 18610-307. isabomelina@gmail.com

RESUMO: A manutenção da palhada sobre o solo e a ciclagem de nutrientes é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas produtivos na rotação de culturas. Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito residual da adubação fosfatada sobre os teores de macronutrientes na palhada do milho em consórcio com capim Marandu, 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 P₂O₅ na forma de MAP (0; 30; 60; 120 e 240 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicados na cultura da aveia preta e inoculação ou não, tanto nas sementes de aveia (cultura anterior) quanto das sementes de milho. A inoculação por *A. brasilense* aumenta os teores de N na palhada de milho. Observou-se que doses crescentes de P₂O₅ proporcionam maiores teores de Ca na palhada de milho.

Termos de indexação: *Zea mays*, fósforo, bactérias diazotróficas.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) possui alta capacidade de

produção de grãos por área e produção de matéria seca (CASTRO et al., 2014), e segundo Cruz et al. (2008) é uma das gramíneas que faz parte dos sistemas de rotação, sucessão ou de consorciação de culturas na região dos Cerrados.

As exigências em fertilizantes nos solos tropicais são altas, principalmente com fósforo, devido sua baixa disponibilidade natural às plantas e altas taxas de complexação, ficando adsorvido pelos óxidos de Fe e Al. Uma pequena fração de P é aproveitada no primeiro ano de cultivo, e o restante passa a ser liberada às plantas de forma gradual, assim o componente efeito residual passa a ter elevada importância econômica (RESENDE et al., 2006).

Em decorrência da demanda por adubações e seu elevado custo, torna-se importante o uso de microrganismos do solo como inoculantes para aumentar a taxa de eficiência dos fertilizantes e promover equilíbrio ambiental (OLIVEIRA et al., 2012). Assim, as bactérias diazotróficas como *Azospirillum brasilense* atuam no crescimento vegetal em razão da maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, tanto por atuarem na solubilização de fosfato inorgânico quanto por favorecer o crescimento das raízes. Sangoi et al. (2015) citam que as bactérias também podem auxiliar na produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberelina e o etileno.



Este trabalho objetivou avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e da decomposição da palhada da aveia preta antecessora sobre os teores de macronutrientes na palhada do milho em consórcio com capim Marandu, com e sem inoculação das sementes de milho por *A. brasilense*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área que vem sendo cultivado há 10 anos sob sistema de plantio direto (SPD), na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia/UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria/MS, com 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 do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 2013). A área cultivada foi irrigada via aspersão (pivô central), sempre que apresentou necessidade.

Antes da instalação do consórcio milho/capim Marandu, coletou-se 10 (dez) amostras simples por parcela na camada de 0,0 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 CaCl₂ 5,3; matéria orgânica de 22 g dm⁻³, fósforo (resina) 25 mg dm⁻³, 32; 3,2 e 24 mmol_c dm⁻³, respectivamente, para cálcio, potássio e magnésio, 31 mmol_c dm⁻³ de acidez potencial (H+Al), 90 mmol_c dm⁻³ de CTC, com saturação por bases de 64%.

O delineamento estatístico utilizado foi o de 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⁻¹ de P₂O₅) utilizando o MAP como fonte (52% P₂O₅ e 10% N), aplicadas a lanço na semeadura da aveia preta antecessora ao consórcio milho/capim Marandu no ano de 2013, com e sem inoculação das sementes de milho com a bactéria diazotrófica *A. brasilense* (estirpes AbV5 e AbV6 (garantia de 2x10⁸ UFC mL⁻¹)), fornecida via inoculante líquido para gramíneas na dose comercial de 100 mL 25 kg⁻¹ de sementes. Devido ao MAP conter 10% de N, o mesmo foi corrigido com a ureia no momento da adubação de semeadura.

Cada unidade experimental (parcela) foi constituída por 4,4 m de largura e 10 m de comprimento, aproveitando-se área anteriormente utilizada no cultivo da aveia preta.

A semeadura (04/12/2013) do milho AG 8088 YG foi realizada com espaçamento de 0,90 m entrelinhas e população de 60 mil plantas ha⁻¹, adubados com N e K₂O, seguindo as recomendações de Cantarella et al. (1997). Realizou-se a semeadura do capim Marandu simultaneamente à do milho. As sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,06 m (abaixo das sementes de milho), espaçadas em 0,34 m. Em 06/01/2014, quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico V6 (seis folhas totalmente desenvolvidas), procedeu-se a adubação de cobertura, aplicando-se manualmente 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio.

Para avaliar a produtividade de massa seca da parte aérea do milho foram coletadas as plantas de milho presentes em 2 m de linha/parcela (1 m linear cada linha), cortadas com auxílio de foice a uma altura aproximada de 0,30 m em relação à superfície do solo. O material vegetal cortado foi pesado, em seguida separado em subamostras, colocado em estufas de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante para depois serem pesadas novamente e efetuado os cálculos da quantificação da PMS (extrapolada para kg ha⁻¹). Em seguida o material foi moído e determinado em laboratório os teores de N, P, K, Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997).

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 (R²) (P<0,05). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 1** constam os teores de nutrientes da palhada de milho, e estes podem ser considerados fonte nutricional para ciclagem de nutrientes no SPD. A inoculação das sementes por *A. brasilense* resultou em efeitos positivos apenas para o N em relação às plantas não inoculadas. Assim, pode-se dizer que a presença das bactérias diazotróficas melhorou a eficiência de absorção deste nutriente, pela provável fixação de N₂ para a planta, decorrente da relação estabelecida entre a planta e o microrganismo no sistema radicular do milho (BASHAN et al., 2004).

O efeito residual da adubação fosfatada foi linear positivo para os teores de Ca, entretanto, não houve respostas para os demais macronutrientes (**Tabela 1**). Com a adubação fosfatada residual aliada aos efeitos benéficos de P no crescimento radicular, pode-se constatar ajuste linear com respostas positivas de teores de Ca na palhada de milho em função da aplicação de P_2O_5 na semeadura da aveia preta antecessora (**Figura 1**).

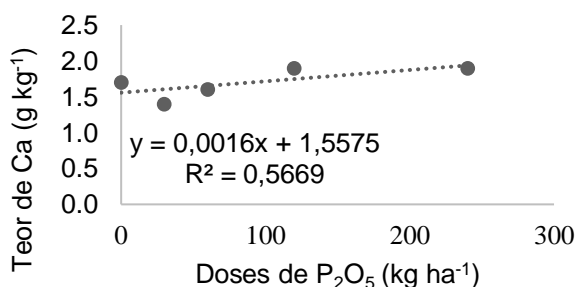


Figura 1- Teores de cálcio na palhada da cultura do milho em função do P_2O_5 residual no solo. Selvíria/MS, 2014.

Segundo Silva et al. (2014), trabalhando com doses de N e de P_2O_5 na cultura do milho, observaram que a aplicação destes influenciaram de forma positiva nos teores de N e P foliares, e aumentos na produtividade de grãos pela cultura em função de doses crescentes dos nutrientes.

No desdobramento da interação inoculação e adubação fosfatada residual para o teor de P (**Tabela 2**), verificou-se diferenças significativas nas doses de 120 e 240 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , bem como para a testemunha (sem aplicação de P_2O_5), e verifica-se que independente dos tratamentos com doses de P_2O_5 , maiores teores do nutriente foram constatados para as plantas oriundas das sementes não inoculadas. Contudo, não foi possível constatar um ajuste significativo dos resultados para as plantas não inoculadas, assim como também, para as plantas inoculadas. Pode-se inferir que o nível de fertilidade original do solo de 16 mg dm⁻³ (antecessor a aveia preta), aliado à ciclagem de nutrientes da palhada das culturas anteriores pode ter sido substancial a participação de formas orgânicas no suprimento de nutrientes à planta, o que explicaria a não resposta da inoculação com *A. brasilense*.

Para o Ca foi possível verificar que apenas a maior dose de P_2O_5 residual apresentou diferença entre os tratamentos, e com teores superiores para a palhada das plantas não inoculadas (**Tabela 2**). Nesse sentido, o valor de Ca encontrado nas plantas não inoculadas foi 37,5% superior aos resultados obtidos nas plantas inoculadas pelo *A. brasilense*.

Contudo, os teores de Ca observados nas plantas inoculadas se adequaram numa função linear positiva ao efeito residual da aplicação de P_2O_5 na semeadura da aveia preta.

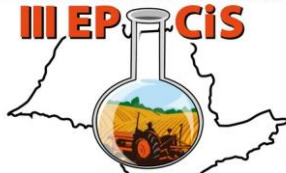
CONCLUSÕES

A inoculação das sementes de milho com *A. brasilense* não resultou em aumento dos teores de macronutrientes na palhada de milho, com exceção para o N.

O efeito da adubação fosfatada residual proporcionou maiores teores de nutrientes na palhada do milho em consórcio com capim Marandu, na ausência de inoculação.

REFERÊNCIAS

- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; BASHAN, L.E. de. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology, 50: 521-577, 2004.
- CANTARELLA, H., RAIJ, B. van., CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: Raij 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.
- CASTRO, L. H. S. et al. Avaliação do desempenho agrônomo do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 4:63-69, 2014.
- CRUZ, S.C.S. et al. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12:62-68, 2008.
- 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, 35: 1039-1042, 2011.
- HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS-FILHO, M.A.F.; BUZZETTI, S. Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP/FEIS – Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, GC.; OLIVEIRA, SA. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.
- OLIVEIRA, M.A. de. et al. Desempenho agrônomo do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes



com rizobactérias. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 16:1040-1046, 2012.

RAIJ, B van., ANDRADE, J.C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

RESENDE, A. V. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30: 453-466, 2006.

SANGOI, L. et al. Desempenho agrônomo 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.

SILVA, G.F. da. et al. Doses de nitrogênio e fósforo para produção econômica de milho na Chapada do Apodi, RN. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18: 1247-1254, 2014.

Tabela 1 - Médias dos teores de macronutrientes na palhada do milho consorciado com *U. brizantha* cv. Marandu, em função da inoculação ou não com *Azospirillum brasilense* e adubação fosfatada residual. Selvíria/MS, 2014.

Tratamentos	g kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Inoculação - I						
Sem	5,6b	0,9a	10,0a	1,8a	2,1a	1,2a
Com	6,4a	0,7b	10,7a	1,6b	2,1a	1,2a
Teste F (I)	9,25**	13,76**	1,81 ^{ns}	6,01*	0,57 ^{ns}	0,58 ^{ns}
DMS	0,5	0,1	1,0	0,2	0,2	0,1
Doses de P ₂ O ₅						
0	6,3	0,8	10,8	1,7	2,1	1,3
30	5,6	0,6	9,8	1,4	2,0	1,2
60	6,3	0,8	10,8	1,6	2,0	1,3
120	6,1	0,8	9,8	1,9	2,1	1,2
240	5,8	0,8	10,6	1,9	2,1	1,3
Teste F (D)	1,28 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,95 ^{ns}	2,79*	0,28 ^{ns}	1,54 ^{ns}
Modelo equação	-	-	-	L	-	-
R ² (%)	-	-	-	56,69	-	-
Teste F (I x D)	1,49 ^{ns}	4,56**	1,27 ^{ns}	4,13**	0,94 ^{ns}	1,22 ^{ns}
CV (%)	13,65	22,58	14,80	19,21	13,17	8,34

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo. DMS: diferença mínima significativa e CV: coeficiente de variação.

Tabela 2 - Desdobramento da interação inoculação com *A. brasilense* e adubação fosfatada residual para teores de P e Ca na palhada do milho. Selvíria/MS, 2014.

Inoculação	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)					Equação	R ² (%)
	0	30	60	120	240		
P (g kg ⁻¹)							
Sem	1,0a	0,6a	0,7a	0,9a	1,0a	-	ns
Com	0,7b	0,7a	0,8a	0,6b	0,6b	-	ns
Ca (g kg ⁻¹)							
Sem	1,8a	1,6a	1,8a	1,7a	2,4a	-	ns
Com	1,6a	1,3a	1,5a	2,1a	1,5b	Y= 1,5885+0,00271x**	64,89

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ** e *: significativo a 1 e 5% respectivamente. ^{ns}: não significativo. S: sem inoculação e C: com inoculação.