



Aporte de Ca, Mg e S ao Solo, por meio de Resíduos de Sorgo Granífero consorciado com Capim

Deyvison de Asevedo Soares⁽¹⁾; Marcelo Andreotti⁽¹⁾; Diego Coleta^(2*); Eduardo Augusto Pontes Pechoto⁽¹⁾; Mariana Gaioto Ziolkowski Ludkiewicz⁽¹⁾; Leandro Alves Freitas⁽³⁾; Allan Hisaki Nakao⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000.

⁽²⁾ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena, SP, Brasil, 17900-000. (*apresentador, e-mail: dcoleta.agro@gmail.com).

⁽³⁾ Universidade Tecnológica federal do Paraná - Dois Vizinhos, PR, Brasil, 85670-000.

RESUMO: A produção de palha é um dos pilares do sistema plantio direto, para cobertura do solo, reserva e ciclagem de nutrientes. Objetivou-se avaliar os acúmulos de N, P e K na matéria seca vegetativa de sorgo granífero com e sem inoculação com *Azospirillum brasilense*, consorciado ou não com capim, sob manejos da adubação nitrogenada. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x3, sendo: Sorgo cultivado solteiro ou em consórcio com capim-Paiaguás; Sorgo inoculado nas sementes ou não com *Azospirillum brasilense*; e aplicação total da recomendação de nitrogênio na semeadura ou aplicação total apenas em cobertura ou parcelada (30% na semeadura e 70% em cobertura). Foram avaliados os macronutrientes Ca, Mg e S acumulados na palha remanescente das plantas de sorgo. As modalidades de semeadura influenciaram significativamente os acúmulos de Ca e Mg. O manejo da adubação e a inoculação influenciaram significativamente o acúmulo de S. A aplicação do N total apenas na semeadura ou na cobertura promove maiores acúmulos de Ca e Mg na palha do sorgo inoculado. A adubação nitrogenada parcelada proporciona o maior acúmulo de Ca e Mg no sorgo quando não inoculado.

Termos de indexação: Acúmulo de nutrientes, capim Paiaguás, *Urochloa brizantha*.

INTRODUÇÃO

O Sistema Plantio Direto (SPD) é uma tecnologia que foi introduzida no Cerrado brasileiro, a princípio,

com o objetivo principal de conter processos erosivos do solo, no entanto, é de conhecimento da comunidade científica, técnica e acadêmica, os inúmeros efeitos positivos que esta prática promove ao solo e ao ambiente (MATHEW et al., 2012; DUBOVA et al., 2016; SANTOS et al. 2017; ZHANG et al., 2018.)

No Cerrado, outra prática que vem se consolidando é a adoção dos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs). Os SIPAs consistem num conjunto de técnicas empregadas numa mesma área visando otimização do espaço e tempo para intensificar a produção agropecuária.

Dessa forma, os SIPAs trazem resultados positivos em vários aspectos, tais como: ambiental, econômico, técnicos e outros (TRACY; ZHANG 2008; HENDRICKSON et al., 2008; CERRI et al., 2010; LOSS et al., 2012; MORAES et al., 2014; SALTON et al. 2014). Porém são necessários estudos que avaliem os componentes destes sistemas, como cultivares de gramíneas mais adequados para consórcio, manejo das adubações ou o efeito de bactérias promotoras de crescimento de plantas, sobretudo nas condições do Cerrado, na segunda safra.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da inoculação, com *Azospirillum brasilense*, no sorgo granífero consorciado ou não com capim, e o efeito de manejos da adubação nitrogenada sobre os acúmulos de Ca, Mg e S na matéria seca vegetativa do sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2016 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão,



da Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (FE/UNESP), área de Produção Vegetal, localizada no município de Selvíria/MS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com parcelas de 6 m de comprimento e 3,15 m de largura, em esquema fatorial 2x2x3, com 4 repetições, sendo: 2 - Sorgo cultivado solteiro ou em consórcio com capim-Paiaguás; 2 - Sorgo inoculado nas sementes ou não, com *Azospirillum brasilense*; e 3 - aplicação de 100% da recomendação de nitrogênio (N) na sementeira; 100% apenas em cobertura, ou parcelada, sendo 30% na sementeira e 70% no início do estágio EC2 (iniciação da panícula), na dose de 120 kg ha⁻¹ de N, utilizando-se ureia como fonte. Nos tratamentos em consórcio utilizou-se a forrageira *Urochloa brizantha*, BRS Paiaguás. A bactéria diazotrófica foi fornecida pelo inoculante AZO Total na dose de 100 mL/20 kg de sementes. A inoculação foi efetuada momentos antes da sementeira, à sombra, e nas sementes de sorgo.

O experimento foi implantado numa área que vem sendo cultivada com culturas anuais em sistema plantio direto há 10 anos, sendo a cultura anterior milho. Antes da implantação, analisou-se a fertilidade do solo na camada de 0 a 0,20 m (RAIJ et al., 2001). Realizou-se uma dessecação da flora daninha da área, com uso do herbicida Glyphosate (1,44 kg ha⁻¹ do i. a.), em seguida foi realizado a trituração dos resíduos vegetais empregando um triturador horizontal (Triton).

O sorgo foi semeado mecanicamente em 06/04/2016 em SPD. Utilizou-se o híbrido Rancheiro, em espaçamento de 0,45 m entrelinhas. A adubação de sementeira constou de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fontes superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A sementeira do capim-Paiaguás foi realizada simultaneamente à do sorgo, efetuada com uma semeadora-adubadora própria para SPD. Foi semeada uma linha da forrageira em cada entrelinha do sorgo. As sementes foram acondicionadas no compartimento do fertilizante da semeadora e depositadas na profundidade de 0,06 m, espaçadas em 0,45 m, utilizando-se aproximadamente 10 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (Valor cultural = 60%). O N foi aplicado conforme os tratamentos de momentos de adubação, em que nos tratamentos com aplicação em cobertura, realizou-se a adubação quando as plantas apresentavam aproximadamente 0,30 m de altura (13/05/2016), a lançar na parcela experimental.

No momento da colheita do sorgo (26/07/2016) determinou-se a produtividade de palhada, a partir da

coleta das plantas contidas nas três linhas centrais desprezando-se 1,5 m em cada extremidade. Posteriormente, a fração colmos+folhas foram separadas e pesadas, das quais também foram separadas sub amostras de cada componente (colmo e folha) e colocadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir a massa constante para determinação da quantidade de matéria seca que ficou como palhada na área. Da matéria seca produzida, após pesada e moída foram avaliados os teores de Ca, Mg e S (MALAVOLTA et al., 1997), para cálculo do acúmulo de nutrientes na fração colmos+folhas do sorgo.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F (P<0,05) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05) com o auxílio do programa computacional SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As modalidades de sementeira influenciaram nos acúmulos de Ca e Mg. O consórcio do sorgo com o capim proporcionou redução nos acúmulos de Ca e Mg na matéria seca das plantas de sorgo (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Acúmulo de macronutrientes na matéria seca de plantas de sorgo granífero cultivado com manejos da adubação nitrogenada, com e sem inoculação de *A. brasilense*, consorciado ou não com capim-paiaguás, Selvíria/MS, 2016⁽¹⁾.

Tratamentos	Ca ⁽²⁾	Mg ⁽²⁾	S
Adubação (A)*			
(kg ha ⁻¹)			
0% - 100%	19,5	32,0	6,9ab
30% - 70%	19,7	29,8	6,2b
100% - 0%	20,2	33,3	7,2a
Sementeira (S)			
Consórcio	18,5b	28,4b	6,6
Solteiro	21,1a	35,0a	6,9
Inoculação (I)			
Com	19,3	31,2	6,3b
Sem	20,3	32,2	7,2a
CV%	16	15	17

⁽¹⁾ Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). ⁽²⁾ Interação entre os fatores adubação e inoculação. *Sementeira e em cobertura, respectivamente.

Esses valores representam cerca de 14,1 e 23,2% de Ca e Mg, respectivamente, a menos ciclados no sistema, em relação ao tratamento com cultivo solteiro. Entretanto, neste caso, vale ressaltar que esses aportes podem ser compensados pelos



acúmulos obtidos pela matéria seca remanescente do capim que vai ficar na área como palha para a continuidade do SPD.

Tanto o manejo da adubação nitrogenada quanto a inoculação influenciaram no acúmulo de S na matéria seca das plantas. A adubação nitrogenada realizada com o N total apenas na semeadura proporcionou o maior acúmulo de S, sendo superior ao acúmulo observado no tratamento com o parcelamento do N. O acúmulo de S no tratamento com a adubação do N total apenas na cobertura não diferiu dos demais manejos (**Tabela 1**).

O desdobramento entre adubação e inoculação indicou o mesmo comportamento para os acúmulos de Ca e Mg, ou seja, as maiores quantidades desses nutrientes nas plantas inoculadas, ocorreram quando as plantas foram adubadas com o N total apenas na semeadura, enquanto que a adubação parcelada (30% - 70%) proporcionou os menores acúmulos desses nutrientes, não diferindo, no entanto, do tratamento com o N total aplicado apenas na cobertura (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Desdobramento da interação entre adubação e inoculação para acúmulo de Ca e Mg na matéria seca de plantas de sorgo granífero cultivado com manejos da adubação nitrogenada, com e sem inoculação de *A. brasilense* consorciado ou não com capim-paiaguás, Selvíria/MS, 2016⁽¹⁾.

Adubação	Inoculação	
	Com	Sem
	----- Ca (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	18,1AB	20,9
30%-70%	17,9Bb	21,6a
100%-0%	21,8Aa	18,5b
	----- Mg (kg ha ⁻¹) -----	
0%-100%	31,1AB	33,0
30%-70%	27,1Bb	32,4a
100%-0%	35,4A	31,3

⁽¹⁾Letras maiúsculas diferentes na coluna e letras minúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); *Semeadura e em cobertura, respectivamente.

Quando às plantas não inoculadas, os diferentes manejos da adubação nitrogenada não influenciaram nos acúmulos de Ca e Mg (Tabela 2).

Em geral, as extrações de Ca e Mg aumentam com o acréscimo da produtividade (PITTA et al., 2001; SÁ et al., 2011). A quantidade de nutrientes extraídos dependerá da produtividade obtida e do

acúmulo de nutrientes nos grãos e em outras partes da planta (POLLMER et al., 1979). No que se refere à exportação dos nutrientes, o P e N são quase todo translocados para os grãos, seguindo-se do Mg, K e Ca (COELHO, 2002; PRADO, 2008).

No presente estudo, observou-se que o tratamento com inoculação, em geral, apresentou os menores acúmulos dos macronutrientes na MS das partes vegetativas. Este estudo não contemplou o acúmulo dos macronutrientes nos grãos, no entanto, em vista dos resultados apresentados, sugere-se que o menor acúmulo de nutrientes na matéria seca das partes vegetativas das plantas inoculadas foi devido à maior intensidade na remobilização desses nutrientes das partes vegetativas para os grãos, uma vez que neste tratamento a produtividade de grãos foi superior.

No caso do Ca, no tratamento com adubação 100% - 0, houve efeito contrário aos observados, até então, para os demais nutrientes, ou seja, houve maior acúmulo do nutriente nas plantas inoculadas em relação às não inoculadas. Segundo Borges et al. (2016), a redistribuição do Ca pela cultura do sorgo granífero é relativamente baixa pela sua imobilidade na translocação para os grãos. Assim tal resultado justifica o maior acúmulo do nutriente na matéria seca das partes vegetativas das plantas inoculadas.

CONCLUSÕES

A aplicação do N total apenas na semeadura ou na cobertura promove maiores acúmulos de Ca e Mg na palha do sorgo inoculado.

A adubação nitrogenada parcelada proporciona o maior acúmulo de Ca e Mg no sorgo quando este não é inoculado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à UNESP/FEIS, em especial aos funcionários da fazenda experimental e ao grupo de pesquisa em SIPAS, coordenado pelo Prof. Dr. Marcelo Andreotti.

REFERÊNCIAS

BORGES, I.D. et al. Acúmulo de macronutrientes na cultura do sorgo granífero na safrinha. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. 15: 294-304, 2016.

CERRI, C.C. et al. Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture.



Scientia Agricola, 67: 102-116, 2010.

COELHO, A.M. et al. Seja o doutor do seu sorgo. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 24p. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 14).

DUBOVA, L.; RUŽA, A.; ALSIŇA, I. Soil microbiological activity depending on tillage system and crop rotation. *Agronomy Research*. 14: 1274–1284, 2016

FERREIRA, D.F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Científica Symposium*, 6: .36-41, 2008.

HENDRICKSON, J.R. et al. Principles of integrated agricultural systems: Introduction to processes and definition. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23: 265–271. 2008.

LOSS, A. et al. Densidade e fertilidade do solo sob sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Revista de Ciências Agrárias*, 55: 260-268, 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MATHEW, R.P. et al. Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. 2 *Applied and Environmental Soil Science*. 10 pg, 2012.

MORAES, S.A. et al. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy*, 57: 4–9, 2014.

PITTA, G.V.E.; VASCONCELLOS, C.A.; ALVES, V.M.C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (Ed.). *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2001. cap. 9, p. 243-262.

POLLMER, W.G. et al. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. *Crop Science*, Madison, 19: 82-86, 1979.

RAIJ, B. Van. et al *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

PRADO, R. de M. *Manual de nutrição de plantas forrageiras*. Jaboticabal: Funep, 2008. 500p.

SÁ, J.C. de M. et al. Extração de nutrientes e produtividade de genótipos de milho afetados por níveis de palha. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33: 715-722, 2011.

SALTON, J.C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190: 70-79, 2014.

SANTOS, L.H. dos. et al. Chemical properties in macroaggregates of a humic dystropept cultivated with onion under no-till and conventional tillage systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41: e0160419, 2017.

TRACY, B.F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated croplivestock system in Illinois. *Crop Science*, 48: 1211-1218, 2008.

Zheng, H. et al. Effect of long-term tillage on soil aggregates and aggregate-associated carbon in black soil of Northeast. *PLOS ONE* 13: e0199523, 2018.