

Efeito da sucessão de cultivos sobre os níveis de Ca, Mg e saturação por alumínio (%m).

Carolina Amaral Tavares-Silva⁽¹⁾; Eduardo Godoy de Souza⁽²⁾; Lúcia Helena Pereira Nóbrega⁽³⁾; Diego dos Santos⁽⁴⁾; Affonso Celso Gonçalves Júnior⁽⁵⁾; Tiago Roque Benetoli da Silva⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Professora Adjunta; Universidade Paranaense, Umuarama, Paraná; carolinaamaral@unipar.br; ⁽²⁾ Professor Associado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; ⁽³⁾ Professora Associada, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; ⁽⁴⁾ Professor, Universidade Federal da Fronteira Sul; ⁽⁵⁾ Professor Associado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná; ⁽⁶⁾ Professor Adjunto, Universidade Estadual de Maringá.

RESUMO: Sistema plantio direto é alternativa de manejo conservacionista do solo sendo associado ao sistema de sucessão de cultivos, possibilitando o aporte de nutrientes e matéria orgânica ao solo. O objetivo foi avaliar os efeitos da sucessão de cultivos na produtividade da soja e nos teores de Ca, de Mg e saturação por alumínio. O experimento foi implantado no município de Cafelândia (PR), em Latossolo Vermelho eutrófico, em área de 2 ha. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos: aveia preta; consórcio 1 (nabo forrageiro e aveia preta); consórcio 2 (nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca); trigo e pousio, e 6 repetições, por dois anos agrícolas. Foram analisados os teores dos atributos avaliados no solo, após o manejo das culturas de inverno e após a colheita da soja. As coberturas de inverno proporcionaram incremento do teor de Mg do solo na safra de 2010, entretanto, esse aumento não resultou em maior produtividade da soja.

Termos de indexação: adubação verde, plantio direto, agricultura de precisão.

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD), por ser um sistema de não revolvimento do solo, deixa resíduos vegetais na superfície, interferindo menos na taxa de decomposição da matéria orgânica, o que favorece a manutenção e até o acúmulo da mesma (Roscoe et al., 2006).

Para que o SPD tenha sucesso, é importante associá-lo a uma correta rotação e de sucessão diversificada de culturas, produzindo e mantendo grande quantidade de matéria seca na superfície do solo, por maior período. Esse é um dos motivos pelos quais as gramíneas devem compor sistemas de rotação de culturas no plantio direto. Seu uso objetivo não apenas mudança de espécies, mas sim a escolha de uma sequência apropriada e de práticas culturais que atendam às suas necessidades e características nos aspectos edafoclimáticos e de ocorrência de plantas daninhas,

pragas e doenças (Mai et al., 2003; Silva et al., 2006).

Estudos com adubos verdes têm demonstrado grande potencial na recuperação da fertilidade do solo, pois favorece sua estruturação, quantidade de nutrientes e conservação, sendo assim, é garantia da melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo (Dourado et al., 2001; Pentead, 2007). Assim, constituem melhor alternativa para produção de biomassa vegetal, podendo ser mantidos sobre o solo para recuperá-lo, protegê-lo ou ser utilizado para a produção de compostos orgânicos.

O objetivo foi o de avaliar os efeitos da sucessão de cultivos na produtividade da soja e nos atributos químicos do solo que não apresentaram dependência espacial, como cálcio (Ca), magnésio (Mg), saturação por alumínio (m%) e massa seca das coberturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados experimentais foram obtidos entre junho de 2008 e março de 2010, em área de 2,03 ha no município de Cafelândia, região Oeste do Paraná, sendo as coordenadas latitude 24° 36' 12" S, longitude de 53° 21' 09" O e altitude média de 550 metros. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (Embrapa, 2006).

A área vem sendo manejada sob SPD há 10 anos, com sucessão de cultivos de soja, milho e trigo, e periódicas correções de calcário e adubação com fertilizante orgânico (esterco de aves). Anteriormente à instalação do experimento, a área havia sido cultivada com soja, havendo restos vegetais da colheita sobre o solo. Para realizar o georreferenciamento da área foi usado o receptor GPS Trimble Geo Explorer 3, com correção pós-processada.

Foi realizada uma análise prévia do solo na profundidade de 0-20 cm para identificar as condições iniciais que o mesmo se apresentava: 32,31 mg dm⁻³ de P (extrator Mehlich 1); 37,12 g kg⁻¹ de matéria orgânica, 5,27 pH (CaCl₂); 0,82, 6,65, 2,26, 4,81 e 14,54 cmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg, H+Al e CTC, respectivamente, saturação de base de



66,20% e saturação por alumínio de 0,5%.

A área experimental possuía 153 m de largura e 133 m de comprimento, em delineamento experimental inteiramente casualizado, composto de cinco tratamentos (aveia preta solteira, consórcio 1 (nabo forrageiro e aveia preta), consórcio 2 (nabo forrageiro, aveia preta e ervilhaca comum), trigo (CD 104) e solo em pousio como testemunha) e seis repetições, totalizando 30 parcelas. No verão foi cultivada soja convencional, cultivar BRS 232, em toda a área.

A densidade de semeadura do trigo foi 65 plantas m^{-2} , e a adubação foi determinada pela análise do solo, aplicando 165 kg ha^{-1} com o formulado 8-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). O manejo das plantas de cobertura foi realizado no florescimento (aproximadamente aos 100 dias após semeadura) com rolo-faca e o trigo colhido após maturação fisiológica, aos 140 dias, na safra de 2008, e aos 110 dias na safra de 2009.

A semeadura da soja foi realizada 50 dias e 70 dias após o manejo de inverno e 15 dias e 30 dias após a colheita do trigo, nas safras de 2009 e 2010, respectivamente. A densidade de semeadura foi de 16 plantas m^{-2} , em espaçamento de 0,45 m, e realizado a adubação de 206 kg ha^{-1} com o formulado 2-24-16 (N-P₂O₅-K₂O), na linha de semeadura conforme a análise de solo e necessidade da cultura.

Foram realizadas capinas manuais das plantas invasoras e tratamentos fitossanitários na soja e nos tratamentos de inverno sempre que necessário.

Para as amostragens do solo, foram demarcados cinco pontos em cada parcela, com auxílio do GPS. As amostras compostas foram retiradas na profundidade de 0-0,20 m, totalizando 150 amostras em toda área experimental e encaminhada para o Laboratório de Química Ambiental e Industrial, na Universidade do Oeste do Paraná, campus de Marechal Cândido Rondon, seguindo metodologia de Pavan et al. (1992). Os parâmetros analisados foram matéria orgânica (MO), CTC, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), pH, acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m%). As avaliações foram realizadas em quatro épocas, após o manejo dos tratamentos de inverno (2008 e 2009) e após a colheita da soja (2009 e 2010). A determinação da massa seca das plantas de cobertura foi feita seguindo o método do quadrado inventário proposto por Braun-Blanquet (1979). O material foi levado em estufa a 50°C até atingir massa constante e posteriormente pesada.

A colheita da soja foi manual, nos cinco pontos amostrais coincidentes aos da amostragem do solo e em mais cinco pontos, a cinco metros de distância de cada ponto já demarcado, totalizando dez pontos

amostrais em cada parcela e 300 pontos em toda área. Em cada ponto amostral, as plantas foram colhidas em 1 m de comprimento em duas linhas de semeadura. As plantas foram trilhadas e pesadas, para determinação da produtividade, com teor de água corrigido para 13%.

Os dados de produtividade e propriedades químicas do solo foram avaliados quanto sua dependência espacial utilizando-se o software R, juntamente com o módulo Rspatial. Para a análise da correlação espacial, foi utilizado o índice I_{YZ} reportado por Bonham et al. (1995), através da Equação 1:

$$I_{YZ} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} y_i z_j}{W \sqrt{m_{Y2} m_{Z2}}} \quad (1)$$

em que:

w_{ij} - grau de associação espacial, ou proximidade entre as posições i e j (isto é, distância inversa entre posições i e j , ou uma variável 0-1 indicando que posições i e j estão dentro de uma certa faixa de distância entre elas);

y_i - valor observado da variável y para o plano i ($i = 1, 2, \dots, n$) transformado para ter uma média zero;

z_j - valor observado da variável z para o plano j ($j = 1, 2, \dots, n$), transformado para ter uma média zero;

W - soma de todos valores de n_2 de w_{ij} ;

m_{Y2} - variância amostral da variável y_i ; e

m_{Z2} - variância amostral da variável z_j .

O denominador da Equação 1 transforma I_{YZ} em uma estatística adimensional que pode ser interpretada como um coeficiente de correlação ponderado entre as variáveis y e z . Então é de se esperar que I_{YZ} varie no intervalo de -1 a 1, mas que pode ultrapassar estes limites para um padrão de ponderadores irregulares, w_{ij} , ou se os valores extremos estão fortemente ponderados. A estatística de correlação cruzada é utilizada para testar a hipótese nula de não-correlação espacial cruzada entre atributos analisados na área em estudo. A hipótese nula de não-correlação espacial cruzada é rejeitada quando o p -valor associado com o teste estatístico T for inferior a 0,05. Este teste é realizado para combinações bivariadas de variáveis. I de Moran, que é um caso específico da estatística de correlação cruzada I_{YZ} , é utilizado para calcular a autocorrelação associada a cada variável (Bonham et al., 1995).

Desta forma, as variáveis foram analisadas quanto à autocorrelação (ou dependência) espacial no nível de significância de 95%. Na comparação dos tratamentos para cada variável, caso um dos tratamentos apresentasse pelo menos um caso com

autocorrelação com o mínimo de 95% de probabilidade, foram feitas comparações através de mapas temáticos. Caso contrário, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e a comparação entre as médias por meio do teste de Tukey, considerando um nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, foram apresentados somente os dados que não apresentaram dependência espacial, sendo analisados por meio da análise de variância. A variável Mg não apresentou autocorrelação em nenhum tratamento de inverno nas análises realizadas após a colheita da soja nos anos de 2009 e 2010, e as variáveis Ca e m% não apresentaram autocorrelação após o manejo de inverno e colheita do trigo, amostrados no ano de 2009.

Na **Tabela 1**, são apresentados os teores de Ca e m%, após o manejo das culturas de inverno no ano de 2009, e os de Mg, após a colheita da soja em 2009 e 2010. Não foi identificada diferença significativa nos teores de Ca, m% e Mg (2009). Quando comparados os teores de Ca encontrados nesta amostragem com os teores da análise de solo inicial ($6,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), nota-se ligeira queda nos valores, mas ainda considerados como teores médios, acordo com Oliveira (2007).

Anteriormente a esta amostragem, havia sido realizada a colheita da soja, e conseqüentemente a exportação de parte do nutriente do solo, sendo possivelmente, o fator responsável pela diminuição do nutriente no solo.

Os tratamentos com aveia e consórcio 2 apresentaram os maiores teores de Mg no solo ($2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), já o trigo foi a cobertura vegetal que apresentou o menor valor. Possivelmente, o trigo foi responsável pelos menores teores de Mg após colheita da soja (2010) por causa da menor produção de palhada pela cultura e também pela exportação do nutriente pela colheita.

Os dados de m% não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Segundo Sousa et al. (2007), o m% na CTC efetiva do solo é um indicador do grau de toxidez do Al^{+3} para as plantas, e quando o solo apresenta altos teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} , a saturação por Al^{+3} será menor e, portanto, menos tóxico às plantas.

De acordo com Lima et al. (2003) o comportamento verificado no solo argiloso possivelmente se deve ao fato desse solo apresentar maior teor de matéria orgânica ($37,12 \text{ g kg}^{-1}$) e, conseqüentemente, maior ocorrência de ácidos orgânicos capazes de complexar o Al^{+3} , tornando-o menos tóxico à cultura.

Tabela 1 – Teores de Ca, Mg e m% no solo em função da cobertura vegetal.

Tratamento	Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)		m%
		2009	2010	
Pousio	4,5 a	1,8a	1,7ab	4,8a
Aveia	4,5 a	2,0a	2,0a	3,7a
Cons.1	4,2 a	1,9a	1,8ab	6,2a
Cons. 2	3,9 a	2,0a	2,0a	5,4a
Trigo	4,5 a	1,8a	1,7b	4,8a
C.V%	28,9	21,8	22,2	125,62
Teste F	n.s.	n.s.	**	n.s.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. n.s.= não significativo. Cons.1 = consórcio 1. Cons. 2= Consórcio 2.

Nos dados de massa seca (MS) (**Tabela 2**) os tratamentos apresentaram diferença significativa nos dois anos analisados, com maiores valores para o trigo no ano de 2008 e na aveia no ano de 2009. Os dados apresentados discordam dos encontrados por Aita et al. (2001), que ao avaliarem a MS da aveia preta e do solo em pousio, obtiveram valores bem inferiores, $4,417$ e $1,197 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

Bortolini et al. (2000) observaram em seu experimento que o rendimento de MS no sistema consorciado entre aveia preta e ervilhaca foi semelhante aos seus cultivos solteiros ($3,2$ e $4,0 \text{ t ha}^{-1}$), situação semelhante foi encontrada no presente trabalho, indicando que o acréscimo da leguminosa não interferiu na quantidade final de matéria seca.

No ano de 2009, a aveia preta apresentou maior produção de massa seca, quando comparada ao trigo. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que a avaliação foi realizada após a colheita dos grãos do trigo. Dessa forma, os grãos foram desconsiderados na determinação da matéria seca, além do que a aveia preta apresenta grande capacidade de produção de matéria seca (Kubo et al., 2007).

As produtividades de soja da safra 2009/2010 foram $2,048$, $2,096$, $2,108$, $2,024$ e $2,048 \text{ kg ha}^{-1}$, para os tratamentos pousio, aveia, consórcio 1, consórcio 2 e trigo, respectivamente, não apresentando diferenças significativas. Ressalta-se ainda, que os dados de MS de 2009, apesar de apresentarem diferenças entre os tratamentos, não interferiram na produtividade da soja (2009/2010), que apresentou produtividade semelhante entre os tratamentos.

Acrescenta-se que as médias da produtividade de todos os tratamentos para a safra 2009/10 foram menores que a produtividade média estadual



(3.148 kg ha⁻¹), conforme dados da CONAB (2010).

Tabela 2 - Massa seca das coberturas vegetais (kg ha⁻¹) em duas safras agrícolas

Tratamento	Massa seca (kg ha ⁻¹)	
	2008	2009
Pousio	2.128,0 b	2.687,7 c
Aveia	7.431,8 a	6.713,0 a
Consórcio 1	6.449,1 a	6.296,3 ab
Consórcio 2	7.709,6 a	6.381,3 ab
Trigo	8.161,6 a	4.687,7 b
C.V%	26,7	30,1
Teste F	**	**

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. **= significativo a 1% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

As coberturas de inverno proporcionaram incremento do teor de Mg do solo na safra de 2010, entretanto, esse aumento não resultou em maior produtividade da soja.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25: 157-165, 2001.
- BONHAM, C.D., REICH, R.M. LEADER, K. K. Spatial cross-correlation of *Bouteloua gracilis* with site factors. *Grassland Science*, 41: 196-201, 1995.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24: 897-903, 2000.
- BRAUN-BLANQUET, J. *Fitosociologia – bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Rosario: H. Blumes Ediciones, 1979. 820 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra de grãos, décimo levantamento, julho/2010. Brasília: Conab, 2010. 43p.
- DOURADO, M.C.; SILVA, T.R.B.; BOLONHEZI, A.C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. *Scientia Agrícola*, 58: 287-293, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- KUBO, C.T.; MATA, J.D.V., SILVA, M.A.G., SENGIK, E.; MUNIZ, A.S.; NEIRO, E.S. Produtividade de soja em plantio direto em sucessão ao trigo, aveia branca, aveia preta com e sem adubação nitrogenada. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29: 235-240, 2007.
- LIMA, D. V.; KLIEMANN, H. J.; FAGERIA, N. K.; MORAES, M. F.; LEANDRO, W. M.; SEVERIANO, E. C. Saturação por alumínio e relação Al/Ca para a cultura da soja em solos de cerrado. *Revista Agricultura Tropical*, 7: 106-118, 2003.
- MAI, M. E. M.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; SILVEIRA, M. J.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-preta/milho no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 125-131, 2003.
- OLIVEIRA, E.F. *Treinamento: Fertilidade do solo e nutrição de plantas*. Cascavel: Coodetec, 2007. 44p.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. Londrina: IAPAR, 1992. 40p. (IAPAR. Circular, 76).
- PENTEADO, S.R. *Adubos verdes e produção de biomassa – Melhoria e recuperação dos solos*. 1.ed. Campinas: Via Orgânica, 2007. 164p.
- ROSCOE, R.; BODDEY, R.M.; SALTON, J. C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. *Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares*. 1.ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p. 18-42.
- SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M. L.; SILVA, A. A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. *Ciência Rural*, 36: 1011-1020, 2006.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.. OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS. 2007. p. 205-274.