



Teores de C e Diversidade metabólica da comunidade microbiana do solo de sistemas de produção de soja⁽¹⁾

Andreia de Oliveira Vieira⁽²⁾; Flávia C. R. Locatelli⁽³⁾; Thayllon V. da Silva⁽³⁾; Sebastião Carneiro Guimarães⁽⁴⁾; Daniela T. da S. Campos⁽⁴⁾; Claudinei Kappes⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e (CNPq) e Fundação Agrisus. ⁽²⁾ Estudante de Doutorado em Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso; Cuiabá, MT; andrea.vieira@cnp.ifmt.edu.br; ⁽³⁾ Estudantes de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso; ⁽⁴⁾ Professores Drs de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso e ⁽⁵⁾ Doutor Pesquisador da Fundação de Mato Grosso.

RESUMO: O objetivo nesse trabalho foi verificar a influência de diferentes sistemas de produção para a cultura da soja sobre os teores de carbono, nitrogênio e diversidade metabólica da comunidade microbiana do solo. Os sistemas estudados tinham seis anos de implantados e foram constituídos por: soja/pousio, soja/milheto, soja/milho e duas sequências de rotação de culturas envolvendo soja, milho, milho, crotalária e braquiária. Anteriormente a área tinha sido explorada por 25 anos com a sucessão soja/milho. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm, durante o ciclo da soja, no florescimento e na maturação fisiológica dos grãos. A inclusão de milho ou milho no sistema, em sucessão à soja, após cinco anos, não aumentou os teores de carbono e nitrogênio do solo e nem a diversidade metabólica da comunidade microbiana. Nesse mesmo período, sistemas mais complexos envolvendo rotação de culturas também não melhoraram essas variáveis em relação à monocultura da soja.

Termos de indexação: Rotação de culturas, semeadura direta, micro-organismos, *Glycine max*, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa ruziziensis*.

INTRODUÇÃO

A qualidade e quantidade da biomassa vegetal adicionada ao solo influenciam a riqueza e abundância de micro-organismos; assim, o cultivo em sistemas de produção que envolva a rotação de culturas pode influenciar positivamente a microfauna do solo (Franchini et al., 2011), em razão da possibilidade da adição de carbono ao solo, que é fonte de energia e recurso para síntese de novas células microbianas. Ambientes com baixa entrada de carbono, como o pousio, são mencionados como de menor diversidade metabólica da comunidade microbiana, conforme verificado por Gupta et al. (2010). Esses autores sugeriram que a redução da disponibilidade de carbono prontamente disponível aos micro-organismos poderia ser a causa destes resultados.

Os micro-organismos são os principais responsáveis pela decomposição de resíduos vegetais e na mineralização e disponibilidade dos nutrientes para as plantas (Lavelle, 2000), e as atividades químicas por eles realizadas denominam-se metabolismo microbiano.

A diversidade funcional ou metabólica da comunidade microbiana representa a capacidade metabólica dos micro-organismos de determinado ecossistema ou agrossistema e são consequências da diversidade genética, dos efeitos ambientais e da interação destes (Zamora, Malaver e Ramos, 2012).

Os cerrados do Brasil Central, embora maior produtor de grãos do país, é de uso agrícola relativamente recente, e com características edáficas e climáticas próprias, que lhes conferem peculiaridades nos arranjos produtivos, na dinâmica da matéria orgânica e nas atividades microbianas. Neste trabalho buscou-se verificar a hipótese que, em ambiente de cerrado, o cultivo de soja envolvendo rotação de culturas também aumentaria os teores de carbono e conseqüentemente a diversidade metabólica da comunidade microbiana do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida com amostras de solos coletadas em um experimento de longa duração da Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso (Fundação MT), na Estação Experimental Cachoeira, localizada no município de Itiquira, MT (17° 09' S, 54° 45' W) a 490 m de altitude. A região está localizada no bioma Cerrado, cujo clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é o do tipo Aw, com precipitação média anual de 1.200 a 1.800 mm e temperatura média anual entre 22 e 23°C. Os dados de precipitação e temperatura verificados da área experimental, de março de 2013 a fevereiro 2014, estão apresentados na Figura 1.

O solo do ambiente experimental é um Latossolo Vermelho distrófico de textura muito argilosa (Embrapa, 2006), que foi cultivado por mais de vinte cinco anos no sistema de sucessão soja/milho.



A partir do ano agrícola de 2008/2009 foram implantados os sistemas em sucessão soja/pousio, soja/milheto e soja/milho, e dois sistemas com rotação de culturas envolvendo soja, milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum glaucum*), crotalária (*Crotalaria juncea*) e capim-braquiária (*Urochloa ruziziensis*).

As amostras de solo foram coletadas nos mesmos períodos para todos os sistemas, no ano agrícola 2013/2014, sexto ano de condução do experimento. Foram realizadas em duas épocas, tendo como referência o florescimento e a maturação da cultura da soja. No sistema de rotação de culturas denominado Rot1, a primeira coleta de solo ocorreu no dia posterior à semeadura da cultura do milho em consórcio com braquiária e a segunda quando a cultura do milho estava no estágio de grão pastoso; no sistema, na primeira e segunda coletas a braquiária apresentava-se no estágio de desenvolvimento vegetativo.

As características químicas dos solos em cada sistema de produção estão apresentadas na Tabela 2. A amostragem para caracterização química do solo foi realizada no mês de setembro de 2012.

Os tratamentos estão distribuídos segundo o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em parcelas de 20 m x 45 m. A semeadura é mecanizada e a adubação realizada de acordo com Souza & Lobato (2006). Nos sistemas de soja/pousio, soja/milheto e soja/crotalária, a adubação é realizada somente na cultura principal (soja). O milho cultivado na safra principal no sistema Rot1 é denominado milho verão e o milho cultivado após a maturação da soja denomina-se milho safrinha.

Retirou-se 18 subamostras simples (1 kg de solo) em cada parcela, na camada de 0-10 cm, formando três amostras compostas. As amostras compostas foram formadas pelas misturas e homogeneização das subamostras por local da coleta (linha, 10 cm e 20 cm da linha). Após a retirada da camada de resíduos da superfície do solo foi utilizado trado holandês para a coleta do solo.

O solo coletado foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente identificados, acondicionados em caixas térmicas contendo gelo, e transportados para ao Laboratório de Microbiologia do Solo da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso.

Após homogeneização e a retirada de raízes e outros resíduos vegetais com o uso de peneira com malha de 4 mm, as amostras foram armazenadas em câmara fria à 4°C até a execução das análises laboratoriais, que foram realizadas em triplicatas.

Tratamentos e amostragens

Os teores de C e N total no solo foram analisados por combustão a seco (LECO CNH-628, LECO Corporation, EUA).

Para a determinação da diversidade funcional ou perfil metabólico da comunidade bacteriana foi utilizada a técnica descrita por Di Salvo & Garcia de Salamone (2012). As microplacas foram compostas por 20 fontes de carbono mais um controle, dispostos em triplicata. Os valores de absorvância foram diminuídos do controle, e os valores negativos considerados como zero.

Para minimizar possíveis efeitos de diferença de inóculo entre as amostras, os dados obtidos de cada placa foram normalizados pela divisão dos valores brutos de absorvância de cada poço (Garland & Mills, 1991). Esses dados foram utilizados para calcular a riqueza de substratos (S) e o índice de diversidade de Shannon (H), de acordo com Zak et al. (1994).

O valor S refere-se ao número de diferentes substratos que foram utilizados pela comunidade microbiana, enquanto H compreende tanto a riqueza de substratos como a intensidade com que as fontes de C foram utilizadas pela microbiota do solo.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância segundo o modelo de parcelas divididas, com os sistemas nas parcelas e as épocas nas subparcelas. Quando necessárias, as comparações de médias foram realizadas pelo teste de Scott-Knott com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de produção não influenciaram os teores de C e N total do solo (Tabela 2). Alterações nos teores de nitrogênio total no solo ocorreram entre épocas de amostragens, havendo redução média de aproximadamente 37 % nesse nutriente na segunda avaliação.

Quanto à metabolização de substratos e a diversidade metabólica da comunidade microbiana, verificou-se que estas não foram modificadas pelos sistemas de produção, havendo, contudo, aumento em todos os sistemas na segunda época, período que tinha como referência o estágio de maturação de grãos na cultura da soja (Tabela 3). Ressalta-se



que a metabolização das fontes ácido benzóico e histidina ocorreram apenas nessa fase.

Constatou-se que os sistemas de produção de soja em rotação de culturas avaliados não estão contribuindo para aumentar os teores de matéria orgânica do solo em relação aos sistemas em pousio e em sucessão, visto que o teor de carbono foi semelhante em todos os sistemas. Como matéria orgânica é composta, em média, por 58 % de carbono e 5 % de nitrogênio, e verificou-se redução nos teores de N, sugere-se que os sistemas de rotação de culturas utilizados não estão sendo eficientes em reduzir as perdas via imobilização por micro-organismos. Esses resultados não corroboram aqueles encontrados em outras pesquisas, como a de Amado et al. (1999), e acredita-se que esse fato pode estar relacionado a causas já mencionadas como o tipo e qualidade dos resíduos e a sequência de culturas adotada (Mengel, 1996) e do tempo de adoção das rotações.

Não houve diferença entre os sistemas de produção quanto ao número de substratos metabolizados pela comunidade microbiana, provavelmente pela semelhança entre seus teores de carbono. Independente do sistema, verificou-se maior número de substratos metabolizados na segunda época de avaliação, e essa maior diversidade funcional pode estar ligada ao período de tempo com condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento dos micro-organismos, principalmente a umidade do solo: o total de precipitações, após a semeadura, totalizou 184 mm e 760 mm até a primeira e segunda avaliações, respectivamente. Estes resultados estão coerentes com Gama Rodrigues (2005) que afirma que a precipitação pluvial é um componente que controla, em escala regional, o processo de decomposição da matéria orgânica e consequentemente a atividade dos micro-organismos.

CONCLUSÕES

Os sistemas de produção de soja envolvendo sucessão e rotação de culturas após cinco anos, não aumentou teores de C e N e nem a diversidade metabólica da comunidade microbiana.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e (CNPq), pela concessão de recursos para aquisição de equipamentos; à Fundação Agrisus, pela concessão de bolsa e recursos para reagentes; à Fundação MT, pela infraestrutura e apoio técnico.

REFERÊNCIAS

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B.V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio

total no solo e produtividade do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 1999; 23: 679-686.

DI SALVO, L.P.; GARCIA de SALAMONE, I.E. Laboratory standardization of economical and reliable technique to evaluate physiological profiles of soil microbial communities (CLPP). *Ecology Austral*, 2012; 22: 129-136.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. *Embrapa Soja*. Documento 327, 47p., 2011.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; SANTOS, G.A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 393-901, 2005.

GARLAND, J.L.; MILLS, A.L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source utilization. *Applied and Environmental Microbiology*, 57: 2351-2359, 1991.

GUPTA V.V.S.R.; MARCUS HICKS, A.; STASIA KROKER A.; DAVOREN, B.; ROGET, D. Crop rotation and fallowing can affect the functional resilience of microbial communities in a rainfed cropping system in southern Australia. In: *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 19th*, Brisbane, Australia, 2010.

LAVELLE, P. Ecological challenges for soil science. *Soil Science*, v.165, p.73-86, 2000.

MENDEL, K. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant Soil*, 181: 83-93, 1996.

SOUZA, D.M.G. & LOBATO, E. Adubação com micronutriente. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.129-145.

ZAMORA, A., MALAVER, N. & RAMOS, J. Análisis funcional de microorganismos: un estimador de diversidad y estructura comunitaria. *Revista Acta Biológica Venezolana*, 32 (1): 57-86, 2012.

ZAK, J.C.; WILLING, M.R.; MOORHEAD, D.L.; WILDMAN, H.G. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. *Soil Biology & Biochemistry*, 1994; 26: 1101-1108.

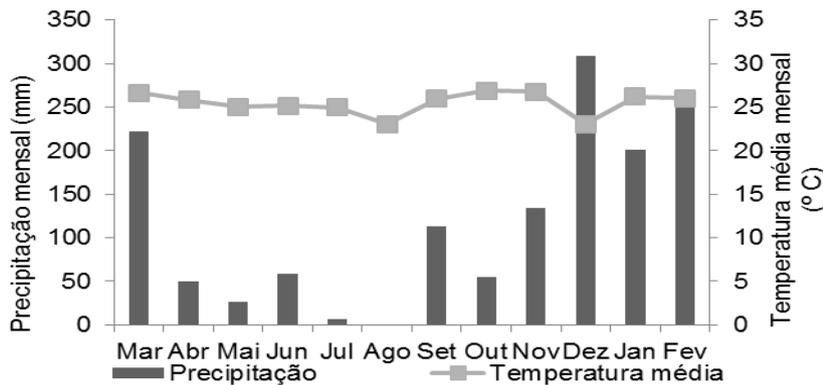


Figura 1. Precipitação e temperatura do período de março de 2013 a fevereiro 2014, Faz. Cachoeira, Itiquira, MT.

Tabela 1. Resultados da análise química de amostras de solo, coletadas na profundidade de 0-20 cm, nas parcelas dos sistemas de produção de soja, no ano de 2012. Faz. Cachoeira, Itiquira, MT.

Sistemas de produção	pH em								
	CaCl ₂	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	V	CTC
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	%				
S/P	4,92	43,47	11,63	91,5	2,92	1,02	5,10	42,06	9,90
S/Mi	5,07	39,97	11,42	68,5	3,07	1,10	4,92	46,82	9,27
S/M	4,97	40,55	11,85	64,5	2,83	1,05	5,32	43,29	9,36
Rot1	4,77	36,70	11,95	63,7	2,70	0,98	4,90	44,18	8,74
Rot2	4,98	40,87	8,63	62,5	2,75	1,00	5,45	43,75	9,73

pH em solução de cloreto de cálcio 0,01M, relação 1:2,5; M.O.: matéria orgânica do solo, oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica; P e K, extraídos por Mehlich 1; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos por KCl 1 mol L⁻¹; H+Al: (pH em S.M.P.); V: saturação de bases e CTC: capacidade de troca de cátions. SP=soja/pousio; SMi=Soja/milheto; SM=soja/milho; Rot1=(soja/milheto)/(soja/crotalária)/(milho + braquiária); Rot2=(soja/crotalária)/(soja/milho + braquiária)/(braquiária).

Tabela 2. Teores de C total, N total no solo em sistemas de produção de soja, após cinco anos, nas fases de florescimento (época 1) e enchimento de grãos (época 2) da soja na Faz. Cachoeira, Itiquira, MT.

Sistemas	C total		N Total	
	(mg C dm ⁻³ solo)		(g N dm ⁻³ solo)	
	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2
SP	23,36 a	23,69 a	1,29 a	0,80 a
SMi	22,67 a	23,53 a	1,20 a	0,77 a
SM	23,85 a	23,87 a	1,31 a	0,84 a
Rot1	23,63 a	23,31 a	1,31 a	0,81 a
Rot2	24,38 a	24,55 a	1,29 a	0,80 a
Média	23,58 A	23,79 A	1,28 A	0,80 B
CV (%)	4,86%	4,99%	16,47%	13,38%

Dentro de cada variável, médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem significativamente pelo teste Scott-Knott (p ≤ 0,05). SP=soja/pousio; SMi=soja/milheto; SM=soja/milho; Rot1=(soja/milheto)/(soja/crotalária)/(milho + braquiária); Rot2=(soja/crotalária)/(soja/milho + braquiária)/(braquiária).

Tabela 3. Diversidade funcional da comunidade microbiana do solo nos sistemas de produção de soja, após cinco anos, nas fases de florescimento (época 1) e enchimento de grãos (época 2) da soja na Faz. Cachoeira, Itiquira, MT.

Sistemas	Riqueza de substratos			Índice de diversidade (H)		
	Época 1	Época 2	Média	Época 1	Época 2	Média
SP	12,75	17,50	15,12 a	2,25	2,75	2,50 a
SMi	12,50	18,50	15,50 a	1,91	2,84	2,38 a
SM	14,25	18,75	16,50 a	2,37	2,84	2,61 a
Rot1	12,25	18,00	15,13 a	2,15	2,83	2,49 a
Rot2	14,50	18,75	16,63 a	2,42	2,13	2,28 a
Média	13,25 B	18,30 A	-	2,21 B	2,68 A	-
CV (%)	28,31	21,87	-	33,73	24,33	-

Dentro de cada variável, médias seguidas por letras distintas, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem significativamente pelo teste Scott-Knott (p ≤ 0,05). SP=soja/pousio; SMi=soja/milheto; SM=soja/milho; Rot1=(soja/milheto)/(soja/crotalária)/(milho + braquiária); Rot2=(soja/crotalária)/(soja/milho + braquiária)/(braquiária).