

## Sistemas de cultivo utilizados na cultura da soja e efeito sobre a comunidade microbiana do solo



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Soja  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA  
E DESENVOLVIMENTO  
16**

**Sistemas de cultivo utilizados na cultura da soja e  
efeito sobre a comunidade microbiana do solo**

*Luann Augusto Festras Dias, Ivani de Oliveira Negrão Lopes, Alexandre José Cattelan, Henrique Debiasi, Rubson Natal Ribeiro Silbaldelli, Cristiano Luis Kosinsk, Claudine Dinali Santos Seixas, Álvaro Manuel Rodrigues Almeida.*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Soja**  
Rod. Carlos João Strass, s/n,  
acesso Orlando Amaral  
C.P. 231, CEP 86001-970  
Fone:3371-6000  
www.embrapa.br/soja  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Soja

Presidente  
*Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretária-Executiva  
*Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros  
*Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudine Dinali Santos Seixas, Fernando Augusto Henning, José Marcos Gontijo Mandarino, Liliane Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina Neves de Oliveira, Norman Neumaier e Osmar Conte*

Supervisão editorial  
*Vanessa Fuzinatto Dall' Agnol*

Normalização bibliográfica  
*Ademir Benedito Alves de Lima*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Marisa Yuri Horikawa*

Foto da capa  
*RRRufino - Arquivo Embrapa Soja*

**1ª edição**  
PDF digitalizado (2018)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
Embrapa Soja

---

Sistemas de cultivo utilizados na cultura da soja e efeito sobre a comunidade microbiana do solo/ Luan Augusto Festras Dias...[et al.] – Londrina: Embrapa Soja, 2018.  
PDF (20 p.) : il. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Soja, ISSN 2178-1680 ; n.16)

1.Soja-Rotação de cultura. I.Dias, Luan Augusto Festras. II.Lopes, Ivani de Oliveira Negrão Lopes. III.Cattellan, Alexandre José. IV.Debiasi, Henrique. V.Sibaldelli, Rubson Natal Ribeiro. VI.Kosinsk, Cristiano Luis. VII.Seixas, Claudine Dinali Santos. VIII.Almeida, Álvaro Manuel Rodrigues. IX.Título. X.Série.

CDD 633.3482

## Sumário

---

Resumo .....	5
Abstract .....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos .....	10
Resultados e Discussão .....	13
Conclusão.....	18
Agradecimentos.....	18
Referências .....	19

# Sistemas de cultivo utilizados na cultura da soja e efeito sobre a comunidade microbiana do solo

Luann Augusto Festras Dias<sup>1</sup>

Ivani de Oliveira Negrão Lopes<sup>2</sup>

Alexandre José Cattelan<sup>3</sup>

Henrique Debiasi<sup>3</sup>

Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli<sup>4</sup>

Cristiano Luis Kosinsk<sup>5</sup>

Claudine Dinali Santos Seixas<sup>3</sup>

Álvaro Manuel Rodrigues Almeida<sup>3</sup>

**Resumo** - A rotação de culturas é estratégia importante no controle de insetos-pragas e doenças. No entanto, a dimensão de sua efetividade depende da duração da rotação e/ou do histórico do solo, das culturas implantadas no sistema, bem como a sequência e a frequência das mesmas. Este trabalho relata os efeitos de diferentes sistemas de rotação utilizando soja, milho, milho safrinha, tremoço-branco, ervilha-forrageira, trigo e aveia sobre a comunidade microbiana dos solos em sistema de plantio direto. Além desses tratamentos, foram considerados dois tratamentos testemunha: monocultivo de trigo e monocultivo de aveia, em sistema de plantio convencional. As amostras de solo foram coletadas em experimento com rotação de culturas iniciado em 1985, tendo sido as avaliações realizadas no período de 2005 a 2015, por meio de duas séries de dados: a primeira foi obtida por leituras das absorbâncias da hidrólise de diacetato de fluoresceína de solos amostrados em quatro safras de inverno e cinco safras de verão, além de amostras de solo de mata nativa. A segunda foi obtida pela contagem de unidades formadoras de colônias de fungos, bactérias e actinomicetos que se desenvolveram nos meios de cultura específicos, durante três safras de verão consecutivas.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Departamento de Genética, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR

<sup>2</sup> Matemática, Dra., Pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR

<sup>4</sup> Matemático, Especialista em Estatística, Londrina, PR

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, COAMO, Cooperativa Agroindustrial, Campo Mourão, PR.

As análises mostraram que a atividade microbiana, independentemente do método de avaliação, variou significativamente entre as safras. Os tratamentos envolvendo rotação de culturas em plantio direto apresentaram atividade microbiana significativamente superior aos tratamentos de monocultura em plantio convencional. Além disso, nos dois sistemas, constatou-se que diferentes culturas forneceram diferentes resíduos orgânicos, o que pode resultar em uma base alimentar diversificada promovendo a diversidade e a atividade de microrganismos. Finalmente, as flutuações observadas nas atividades microbianas foram interpretadas de acordo com as condições de precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa (%), temperaturas máxima e mínima (°C) registradas durante as safras.

**Termos para indexação:** sistemas de plantio; soja; actinomicetos; bactérias; fungos; atividade microbiana; hidrólise de diacetato de fluoresceína

## Soybean planting systems and effects on the soil microbial community

**Abstract** - Crop rotation is an established approach in the management of insect pests and diseases. However, the scale of its effectiveness depends upon the length of the rotation and/or the soil history, the crops used in the system, as well as their sequence and frequency. This work reports the effect of different crop rotation systems using soybean, corn, corn on the second crop, white lupin, field pea, wheat and oat sown in no-till system, on the soil microbial community. The control treatments were the monoculture of wheat and oat, under tillage system. The material used to assess the microbial activity under these treatments were samples of soil collected during crop seasons spanning from 2005 to 2015, from a long-term crop rotation experiment implemented in 1985. To evaluate microbial activity, two series of data were obtained: the first consisted of measurements of the hydrolysis of fluorescein diacetate of soil samples collected in four winter and five summer crop seasons, besides soils sampled from a native forest. The latter consisted of the number of unity forming colonies of fungus, bacteria and actinomycetes, which grew in specific growth media, in three consecutive crop seasons. Under both criteria, the data analyses showed that the microbial activity varied significantly between crop seasons, although the treatments consisting of crop rotation on no-till system kept significantly higher microbial activity than the control treatments. Moreover, it was constated that different crops provided different organic residues, which may have favored the diversification and the activity of microorganisms, in both crop systems. Finally, the variation observed throughout the crop seasons were interpreted under the conditions of precipitation (mm), relative humidity (%) and maximum and minimum temperatures (°C) registered during the growing season.

**Index terms:** planting systems; soybean; actinomycetes; bacteria; fungi; microbiological activity; hydrolysis of fluorescein isothiocyanate

## Introdução

---

Entre os sistemas de cultivo da soja no Brasil os mais comuns são o sistema de plantio direto e o sistema convencional.

O sistema de plantio direto caracteriza-se pela manutenção do solo coberto durante todo o ano e o revolvimento do solo limita-se à linha de semeadura (Vargas et al., 2004). A rotação de culturas, que contribui na redução de insetos-praga e doenças, deve sempre fazer parte do sistema de plantio direto (Galerani, 1994). Com esse sistema tem-se maior controle da erosão e maior manutenção da umidade no solo.

A manutenção dos resíduos culturais na superfície altera a razão entre a radiação refletida pela superfície e a radiação incidente sobre ela. Além disso, auxilia na manutenção da umidade, diminui as perdas de solo por erosão e aumenta a proteção física da matéria orgânica no interior dos agregados (Bayer; Mielniczuk, 1997).

O sistema convencional por outro lado se caracteriza pela inversão da camada superficial e pela incorporação dos resíduos durante as operações de preparo do solo (aração e/ou gradagem). Com isso há distribuição mais uniforme da matéria orgânica e dos nutrientes no perfil do solo aumentando a diferença térmica do albedo (Alvarez et al., 1995). Mas o preparo excessivo causa destruição irreversível da estrutura do solo, favorece a compactação e pode diminuir a produtividade (Debiasi et al., 2013).

A inclusão de culturas de cobertura em sistemas de cultivo é particularmente eficaz na redução da incidência de doenças (Larkin et al., 2010). No plantio direto as plantas de cobertura de outono/inverno assumem uma importância fundamental porque promovem aumento da matéria orgânica junto à superfície do solo (Vargas et al., 2004). Como exemplo de planta de cobertura, menciona-se a aveia-preta na Região Sul do Brasil, em razão das suas características: produção elevada de fitomassa, baixo custo, facilidade de obtenção de sementes e sua rusticidade (Heinrichs et al., 2001).

A mistura de espécies vegetais pode levar à estabilidade do rendimento em diversas condições ambientais e a uma maior produtividade do que as monoculturas (Finckh et al., 2008). Esses efeitos são atribuídos às culturas que mantêm as comunidades microbianas do solo, podendo favorecer a sanidade das plantas. Rotações menos frequente de culturas, são mais susce-

tíveis a doenças e produzem menor rendimento do que rotações mais longas (Bennett et al., 2012).

O valor de um sistema de cultivo depende de uma série de fatores, incluindo o genótipo (Ellouze et al., 2013), as culturas utilizadas na rotação (Garbeva et al., 2004), a sequência e a frequência das culturas (Gan et al., 2003), a duração da rotação, o histórico de rotações adotadas (Bennett et al., 2012), e as características do solo (Bernard et al., 2012). Em geral, esses fatores afetam a comunidade microbiana do solo de diferentes maneiras. Alterações na microbiota do solo podem ser ainda determinadas especificamente, pelas condições ambientais principalmente, umidade, temperatura do solo e aeração. Também contribuem a disponibilidade de nutrientes e os substratos orgânicos (Vargas; Scholles, 2000).

Sabe-se que a atividade microbiana segue o mesmo perfil de distribuição dos resíduos e da matéria orgânica ao longo do perfil do solo (Alvarez et al., 1995). O acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes favorece o crescimento e a atividade microbiana na camada superficial do solo sob sistema de plantio direto (Vargas; Scholles, 2000).

Feng et al. (2003) avaliaram o sistema convencional (gradagem, escarificação) e o plantio direto, sobre as comunidades microbianas do solo. Em comparação com o plantio convencional, o plantio direto aumentou os níveis de carbono orgânico do solo e nitrogênio total na camada superficial em 130% e 70%, respectivamente. O teor de C de biomassa microbiana sob tratamento com plantio direto foi maior do que no tratamento convencional. Franchini et al. (2007) relataram que a biomassa microbiana correspondeu a 2,4% e 1,7% do carbono total e, 5,2% e 3,2% do nitrogênio, obtidas em amostras de solo coletadas em plantio direto e convencional, respectivamente.

Certas práticas agronômicas são projetadas para gerenciar a biodiversidade no agroecossistema, aumentando a diversidade e reprimindo insetos-praga e surtos de doenças. Entre essas práticas, a rotação de culturas é uma das maneiras mais tradicionais e efetivas de diversificar a comunidade microbiana, reduzir o impacto de doenças e plantas daninhas (Fiers et al., 2012), aumentando assim, os rendimentos. Em geral, esses fatores também afetam a comunidade microbiana do solo.

O objetivo deste estudo foi comparar o efeito do preparo do solo e da rotação e sucessão de culturas sobre a comunidade microbiana.

## Material e Métodos

---

Em 1985 foi instalado um experimento sobre sistemas de preparo do solo, envolvendo também rotação/sucessão de culturas, na Fazenda Experimental da COAMO (Campo Mourão (240 02' 45"S, 520 22'58"O, 630 m de altitude), Estado do Paraná, Brasil, em blocos casualizados completos, com quatro repetições. Desde então, diversas avaliações têm sido feitas para verificar o efeito dessas práticas sobre fatores que interferem na produtividade das culturas. Nesse trabalho são apresentados os resultados do efeito de sete tratamentos (Tabela 1), no período de 2005 a 2015 (inverno de 2005, verão e inverno de 2006, verão de 2007, inverno de 2008, verão de 2009, verão de 2010, verão de 2011, verão de 2012, verão de 2013, inverno de 2014 e verão de 2015), sobre a comunidade microbiana.

### Coleta das amostras

As amostras de solo foram coletadas nas entrelinhas da soja, acondicionadas em sacos plásticos e refrigeradas assim que chegaram ao laboratório. As amostras de cada tratamento foram retiradas com auxílio de trado holandês na profundidade de 0-10 cm. Em cada parcela, caminhando em zig-zag, retirou-se cinco amostras que originaram uma amostra composta por parcela.

### Análise quantitativa de actinomicetos, bactérias e fungos

As amostras de solo foram utilizadas para avaliação da população microbiana representada pelos grupos de actinomicetos, bactérias e fungos, por meio da contagem do número de unidades formadoras de colônias em placas de Petri. Para isso, preparou-se uma diluição decimal em série, partindo-se de 10 g de solo, dos tratamentos T4, T6, T9, T11, Plantio convencional trigo e Plantio convencional aveia. De cada suspensão, retirou-se 0,1 mL que foi depositado em placas com meio de cultura já solidificado, e espalhado com alça de Drigalsky. Foram empregados os seguintes meios de cultura: meio caseinato-dextrose-ágar para actinomicetos (Clark, 1965); meio de Thorton para bactérias (Thorton, 1922) e meio de Martin para fungos (Menzies, 1965). Para cada grupo de microrganismos, foram preparadas três placas por diluição. As placas foram incubadas a 28 °C no escuro. A contagem das colônias de bactérias e fungos foi feita depois de sete dias e a de actinomicetos após dez dias.

**Tabela 1.** Ciclo de quatro anos do sistema de rotação/sucessão estabelecido desde 1986, com os respectivos tratamentos. T4-T11 referem-se a tratamentos com sistema de plantio direto. Milho S= Milho Safrinha; Ervilha-f= Ervilha-forrageira; Tremoço-b= Tremoço-branco.

Tratamentos	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Plantio direto T4	Trigo	Soja	Tremoço	Milho	Aveia	Soja	Trigo	Soja
Plantio direto T6	Trigo	Soja	Ervilhaca	Milho	Trigo	Soja	Trigo	Soja
Plantio direto T8	Trigo	Soja	Ervilha-f	Milho	Tremoço-b	Milho	Milho S	Soja
Plantio direto T9	Milho S	Soja	Aveia + Nabo	Soja	Milho S	Soja	Milho S	Soja
Plantio direto T11	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
Plantio Convencional	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
Plantio Convencional	Aveia	Soja	Aveia	Soja	Aveia	Soja	Aveia	Soja

## Hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA)

Essa análise foi realizada seguindo o método descrito por Adam e Duncan (2001). Utilizou-se espectrofotômetro ajustado para comprimento de onda de 490 nm. Também foram analisadas amostras de solo de mata nativa, obtidas de área vizinha ao presente estudo, para servir como um parâmetro de comparação da atividade microbiana com solos cultivados, já que em solos de mata nativa geralmente se encontram as maiores densidades de microrganismos.

## Índice de diversidade de Shannon (H)

O índice de Shannon (Magurran, 1988) é comumente adotado em estudos ecológicos com o objetivo de se quantificar a diversidade de espécies. No presente estudo, esse índice pode ser interpretado como a incerteza total sobre a facilidade de se predizer que classe de microrganismos será encontrada em uma certa amostra de solo, sob cada tratamento. Essa incerteza seria nula, se em uma amostra de solo fossem detectadas unidades formadoras de colônias de apenas uma dentre as três classes consideradas. Embora não haja um limite máximo esperado para essa incerteza, no presente trabalho, em que se distinguiu apenas três classes de microrganismos, maiores valores de H indicam maior uniformidade na distribuição das espécies na amostra.

## Análise estatística

Os dados foram analisados no ambiente SAS/STAT software, Versão 9.4. Copyright© 2016 SAS Institute Inc., utilizando-se técnicas de modelos lineares generalizados mistos, disponíveis no procedimento glimmix. Para ambos os conjuntos de dados (UFC e FDA), os efeitos fixos foram: manejo, ano, interação ano x manejo e bloco, enquanto o efeito aleatório do tipo resíduo foi a interação manejo x bloco. Esse último fator permitiu que a matriz de covariâncias dos resíduos fosse modificada, de modo que as variâncias residuais dos tratamentos dentro de cada safra fossem homogêneas e que as covariâncias entre as variações residuais de safras mais próximas fossem maiores do que as de safras mais distantes. A matriz de covariâncias foi estimada pelo método auto-regressivo de ordem 1, o qual é representado na documentação do procedimento glimmix pela abreviação AR(1) para variâncias homogêneas e

ARH(1) para variâncias heterogêneas. Outras estruturas para as matrizes de covariâncias foram consideradas, dentre elas: variâncias homogêneas entre e dentro de safras e covariâncias nulas, variâncias heterogêneas entre safras e covariâncias nulas e variâncias e covariâncias não-nulas e homogêneas, tendo sido a estrutura adotada a que melhor se ajustou aos dados.

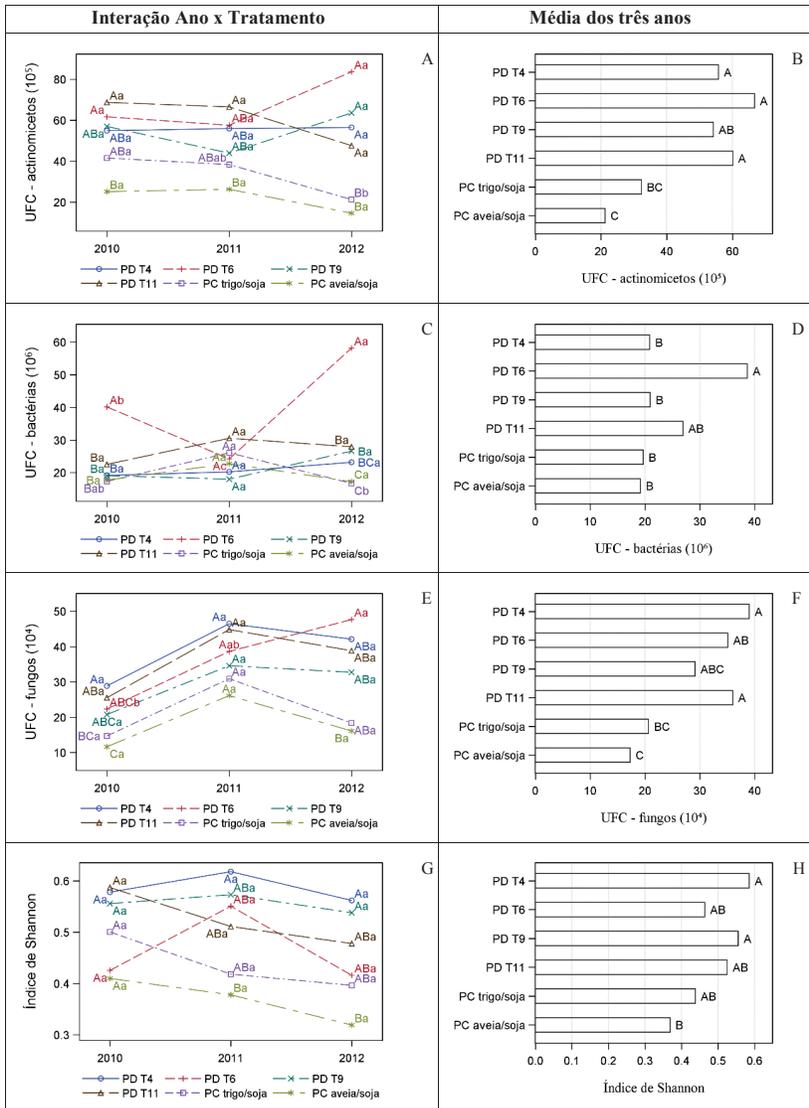
Para a comparação da qualidade de ajuste de modelos ajustados por uma mesma distribuição estatística, porém utilizando diferentes estruturas para a matriz de covariâncias, foram utilizados o critério de informação AIC (Akaike Information Criterion), a deviance, a independência, a aleatoriedade, a normalidade da distribuição dos resíduos de Pearson e os gráficos dos valores preditos versus os resíduos de Pearson. Modelos ajustados à diferentes distribuições estatísticas, porém com a mesma estrutura de variância, foram comparados em termos das suas distribuições dos resíduos de Pearson e dos seus gráficos de dispersão entre valores preditos x resíduos de Pearson. As distribuições estatísticas adotadas foram: binomial negativa (actinomicetos), gama (bactérias), Poisson (fungos), e Normal (FDA e índice de diversidade de Shannon). Para as três primeiras distribuições, foi utilizada a função de ligação logaritmo e para a distribuição Normal utilizou-se como função de ligação a função identidade. Para as comparações de médias, foi adotado o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

## Resultados e Discussão

---

As plantas de inúmeras espécies co-existem em diferentes ambientes e interagem com microrganismos benéficos ou deletérios, estabelecidos nas raízes ou na parte aérea dessas plantas. Nesse estudo, além dos fatores climáticos, as amostras coletadas estiveram sujeitas aos efeitos dos resíduos de matérias secas das espécies vegetais utilizadas à cada safra, em cada sistema de cultivo, ao longo de mais de 20 anos.

Como pode ser observado na Figura 1, as comunidades microbianas variaram nas amostras em cada ano e de acordo com a rotação ou sucessão utilizada, tendo sido os níveis de significância das interações ano x tratamento iguais a: 8,40% (actinomicetos), 0,06% (bactérias) e 84,85% (fungos).



**Figura 1.** Número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) e índice de diversidade de Shannon, por ano e tratamento (A, C, E, G) e, na média de três anos. Letras minúsculas na vertical indicam os resultados do teste de comparações múltiplas das médias obtidas nos sistemas de plantios dentro de cada ano, ou na média dos três anos, e letras maiúsculas representam os resultados das comparações entre anos, dentro de cada sistema de plantio; médias seguidas de letras iguais indicam diferenças não significativas, de acordo com o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Observa-se pelos dados da Tabela 2 que os tratamentos T4, T6, T9 e T11 apresentaram resultados semelhantes para fungos e actinomicetos. A comunidade de bactérias apresentou maior variação entre os anos. Contudo, o tratamento T6 foi o que mais favoreceu a comunidade bacteriana, nos anos 2010 e 2012, provavelmente por causa de maiores precipitação e umidade relativa do ar em combinação com uma maior diversidade de culturas e duração da rotação, ou de outros parâmetros não investigados nesse estudo. Os sistemas de plantio convencional, com trigo e aveia, antecedendo a soja, apresentaram, nos três anos analisados, os menores valores de contagem, para as três classes de microrganismos analisadas.

**Tabela 2.** Análise microbiana de amostras de solo, em sistema de plantio direto com rotação e sucessão, considerando a média dos anos de 2009 até 2012.

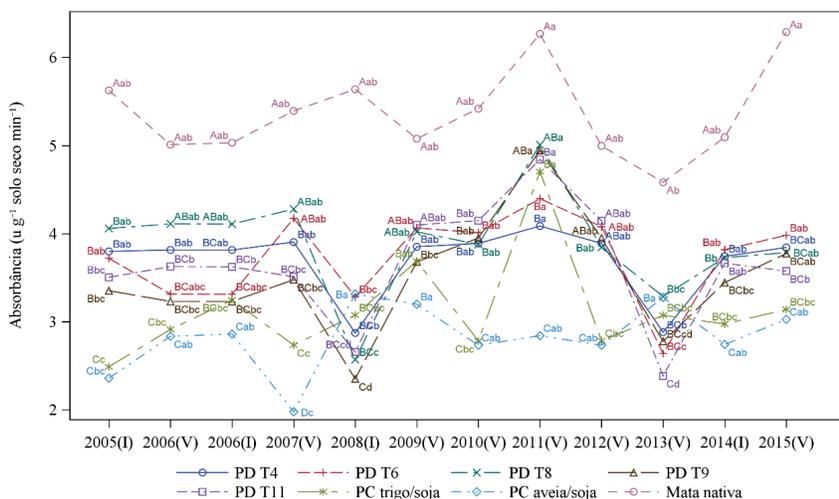
Tratamentos	Fungos (x 10 <sup>4</sup> )	Actinomicetos (x10 <sup>6</sup> )	Bactérias (x 10 <sup>5</sup> )
Plantio direto T4	39,0 a	55,7 a	20,9 b
Plantio direto T6	35,1 ab	66,7 a	38,7 a
Plantio direto T9	29,1 abc	54,2 ab	20,9 b
Plantio direto T11	36,0 a	60,2 a	26,9 ab
Convencional Trigo	20,6 bc	32,3 bc	19,7 b
Convencional Aveia	17,3 c	21,3 b	19,1 b

\* Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de comparação múltipla de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

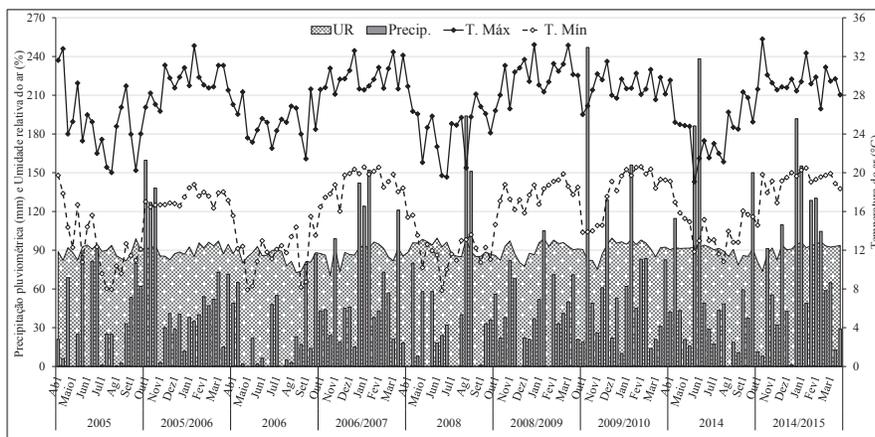
Os resultados da avaliação das comunidades microbianas realizada por medição da absorvância, também mostram que os tratamentos envolvendo rotação de culturas apresentaram atividade microbiana significativamente maior que a observada nos tratamentos com sucessão (Figura 2). Conforme esperado, os maiores valores de absorvância, foram observados em solo de mata nativa, e os menores valores continuaram sendo os tratamentos convencionais com trigo e aveia, antecedendo a cultura da soja ou do milho.

No verão, constatou-se maior atividade microbiana nos anos de 2009 e 2010. Verificou-se que as temperaturas máxima e mínima foram maiores durante os meses de outubro de 2006 e janeiro de 2007 (Figura 3) e, provavelmente, afetaram acentuadamente os resultados de absorvância na cultura de verão (soja ou milho), dos plantios convencionais nas safras seguintes

(avaliadas nesse trabalho). Nos outros anos, embora houvesse diferenças entre anos, elas foram insignificantes. Em anos com invernos mais secos e com temperaturas mínimas mais altas (2009/2010) as atividades microbianas apresentaram maiores valores de absorvância. Os tratamentos T4, T6, T8 e T9 apresentaram leve aumento nesse ano, enquanto os demais tratamentos tiveram decréscimos desses valores. O estudo de Feng et al. (2003) constatou que o plantio direto aumentou os níveis de carbono orgânico do solo e nitrogênio total na camada superficial em 130% e 70%, respectivamente. O teor de C de biomassa microbiana sob tratamento com plantio direto foi 60%, 140% e 75% maior do que no tratamento convencional em fevereiro, maio e outubro, respectivamente, demonstrando assim que práticas de manejo do solo afetam as comunidades microbianas.



**Figura 2.** Valores de absorvância obtidos em quatro safras de inverno (I) e oito safras de verão (V), entre os anos de 2005 e 2015. Letras maiúsculas indicam os resultados do teste de comparações múltiplas para os sistemas de plantios dentro de cada ano, enquanto letras minúsculas indicam os resultados das comparações entre safras, em cada sistema de plantio. Resultados de comparações de médias com letras iguais não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 3.** Dados meteorológicos de inverno e verão, correspondentes aos anos estudados (2005/2015).

Os sistemas de consórcio e as rotações de culturas oferecem oportunidades para uma melhor caracterização dos fungos presentes no solo. As características do solo também são importantes a considerar no planejamento de sequências de rotação (por exemplo, agregação das partículas solúveis em água, C orgânico do solo e composição de carboidratos da camada superficial), pois esses parâmetros também afetam a abundância, a diversidade e a distribuição das comunidades microbianas, especificamente de fungos (Vargas et al., 2004).

Na maioria dos casos, a monocultura afeta negativamente a biomassa e a diversidade microbiana (Castillo et al., 2006). Larkin e Honeycutt (2006) mencionam que a diversificação das culturas utilizadas em rotação aumenta a diversidade taxonômica e funcional das comunidades de fungos do solo. Além disso, a atividade microbiana e a utilização do substrato são significativamente afetadas pela rotação das culturas (Larkin et al., 2010). Diferentes culturas fornecem diferentes resíduos orgânicos, o que pode resultar em uma base alimentar diversificada promovendo a diversidade e a atividade de microrganismos e aumentando a biomassa fúngica do solo (Swier et al., 2011). Além disso, as monoculturas afetam negativamente a diversidade microbiana do solo, ao selecionar os agentes patogênicos virulentos. A vantagem competitiva desses agentes resulta no aumento da gravidade da doença, notadamente as doenças radiculares (Swier et al., 2011).

Os valores de absorvência obtidos pelas atividades microbianas estiveram relacionados com precipitação pluviométrica (mm), umidade relativa (UR), temperaturas máxima e mínima (Figura 3).

Adicionalmente, avaliou-se o efeito de isolados de bactérias obtidos no trabalho no desenvolvimento “in vitro” e “in vivo” de *Macrophomina phaseolina*. O isolado de *Pseudomonas fluorescens* não inibiu o desenvolvimento “in vitro” e “in vivo”, em solo sabidamente infestado por *M. phaseolina*. Os isolados de *Bacillus subtilis* e *B. amyloliquefasciens* inibiram o desenvolvimento do fungo “in vivo”, mas não conseguiram inibir o desenvolvimento “in vitro”. Todas as raízes estavam sadias, utilizando-se a escala proposta por Mengistu et al. (2013). Diferentemente dos resultados apresentados por Singh et al. (2010), onde diversas espécies de microrganismos apresentaram efeitos antagônicos para *M. phaseolina* “in vivo” e “in vitro”, nossos isolados de bactérias não foram capazes de controlar o desenvolvimento micelial desse fungo. Como todas as raízes não foram infectadas, os dados não são apresentados.

## Conclusão

---

O método da hidrólise de fluoresceína e a avaliação microbiana (contagem do número de colônias) forneceram resultados convergentes, não se esquecendo que os métodos avaliam parâmetros distintos. Os sistemas de rotação e sucessão influenciaram a atividade microbiana.

## Agradecimentos

---

Os autores expressam seus agradecimentos à Dr<sup>a</sup>. Regina Maria Villas Boas de Campos Leite pela revisão crítica e sugestões apresentadas; aos laboratoristas Luiz Carlos Benato, Nilson Valentim de Souza e Luiz Alexandre Guizzilini pelos trabalhos técnicos que originaram esses resultados.

## Referências

---

- ADAM, G.; DUNCAN, H. Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in a range of soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 943-951, 2001.
- ALVAREZ, R.; DÍAZ, R.A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO<sub>2</sub>-C production from three tillage systems. **Soil and Tillage Research**, v. 33, p. 17-28, 1995.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21 p. 105-112, 1997.
- BENNETT, A. J.; BENDING, G. D.; CHANDLER, D.; HILTON, S.; MILLS, P. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. **Biological Reviews**, v. 87, p. 52-71, 2012.
- BERNARD, E.; LARKIN, R. P.; TAVANTZIS, S.; ERICH, M. S.; ALYOKHIN, A.; SEWELL, G.; LANNAN, L.; GROSS, S. D. Compost, rapeseed rotation, and biocontrol agents significantly impact soil microbial communities in organic and conventional potato production systems. **Applied Soil Ecology**, v. 52, p. 29-41, 2012.
- CASTILLO, C. G.; RUBIO, R.; ROUANET, J. L.; BORIE, F. Early effects of tillage and crop rotation on arbuscular mycorrhizal fungal propagules in an Ultisol. **Biology and Fertility of Soils**, v. 43, p. 83-92, 2006.
- CLARK, F. E. Aerobic spore - forming bacteria. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v. 2, p. 1473-1476.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Sistemas de preparo do solo**: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2013, 72 p. (Embrapa Soja. Documentos, 342).
- ELLOUZE, W.; HAMEL, C.; VUJANOVIC, V.; GAN, Y.; BOUZID, S.; ST-ARNAUD, M. Chickpea genotypes shape the soil microbiome and affect the establishment of the subsequent durum wheat crop in the semiarid North American Great Plains. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 63, p. 129-141, 2013.
- FENG, Y.; MOTTA, A. C.; REEVES, D. W.; BURMESTER, C. H.; van SANTEN, E.; OSBORNE, J. A. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, p. 1693-1703, 2003.
- FIERS, M.; EDEL-HERMANN, V.; CHATOT, C.; LE HINGRAT, Y.; ALABOUVETTE, C.; STEINBERG, C. Potato soil-borne diseases. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, p. 93-132, 2012.
- FINCKH, M. R. Integration of breeding and technology into diversification strategies for disease control in modern agriculture. In: COLLINGE, D.B.; MUNK, L.; COOKE, B.M. (Ed.) **Sustainable disease management in a European context**. Amsterdam: Springer, 2008. p. 399-409.
- FRANCHINI J. C., CRISPINO C. C., SOUZA R. A., TORRES E., HUNGRIA M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 92, p. 18-29, 2007.
- GALERANI, P. R. Cropping systems and rotations. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Tropical soybean: improvement and production**. Rome: FAO, 1994. p.145-152. (FAO Plant Production and Protection Series, 27).

GAN, Y. T.; MILLER, P. R.; McCONKEY, B. G.; ZENTNER, R. P.; STEVENSON, F. C.; McDONALD, C. L. Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in the semiarid northern Great Plains. **Agronomy Journal**, v. 95, p. 245-252, 2003.

GARBEVA, P.; VEEN, J.A. van; ELSAS, J.D. van. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p. 243-270, 2004

HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 331-340, 2001.

LARKIN, R. P.; GRIFFIN, T. S.; HONEYCUTT, C. W. Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. **Plant Disease**, v. 94, p. 1491-1502, 2010.

LARKIN, R. P.; HONEYCUTT, C. W. Effects of different 3-year cropping systems on soil microbial communities and rhizoctonia diseases of potato. **Phytopathology**, v. 96, p. 68-79, 2006.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988.

MENGISTU, A.; RAY, J. D.; SMITH, J. R.; PARIS, R. L. Charcoal rot disease assessment of soybean genotypes using a colony-forming unit index. **Crop Science**, v. 47, n. 6, p. 2453-2461, 2007.

MENZIES, J. D. Fungi. In: BLACK, C. A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. v. 2, p. 1502-1505.

SAS Institute. **SAS/STAT**®: Versão 9.4. do sistema SAS para Windows 2016. Cary: SAS Institute Inc., 2016.

SINGH, V.; RANAWARE, A.M.; NIMBKAR, N. Bioefficacy of antagonists against root-rot fungus *Macrophomina phaseolina* of safflower. In: INTERNATIONAL SAFFLOWER CONFERENCE, 7., Wagga Wagga, Australia, 2008. **Proceedings...** 4 p.

SWER, H.; DKHAR, M. S.; KAYANG, H. Fungal population and diversity in organically amended agricultural soils of Meghalaya, India. **Journal of Organic Systems**, v. 6, p. 3-12, 2011.

THORTON, H. G. On the development of a standardized agar medium for counting soil bacteria with special regard to the repression of spreading colonies. **Annals of Applied Biology**, v. 9, p. 241-274, 1922.

VARGAS, L. K., SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. de. Alterações microbianas no solo durante o ciclo do milho nos sistemas plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 39, p. 749-755, 2004.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um solo Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 35-42, 2000.



---

*Soja*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

CGPE 14642