

SISTEMAS DE PREPARO COM A SUCESSÃO TRIGO/SOJA E OS MICRORGANISMOS DO SOLO, EM LONDRINA⁽¹⁾

A. J. CATTELAN⁽²⁾, E. TORRES⁽²⁾ & C. L. SPOLADORI⁽³⁾

RESUMO

Estudaram-se os efeitos de sete sistemas de preparo do solo, a saber: (1) cruzador; (2) plantio direto/cruzador; (3) plantio direto; (4) arado de discos; (5) arado de aiveca; (6) grade pesada e (7) escarificador/grade pesada/arado de discos/arado de aiveca/subsolador) sobre o rendimento de grãos de soja, a biomassa e a população microbiana em um latossolo roxo distrófico, cultivado com a sucessão trigo/soja. O ensaio foi instalado na fazenda experimental da EMBRAPA-CNPSO, em Londrina (PR), na safra de verão de 1988/89 e, as avaliações, feitas nas safras de 1991/92 a 1993/94. As amostras de solo foram coletadas antes do preparo do solo para a semeadura da soja, nas profundidades de 0-8 e 8-20 cm. O rendimento de grãos de soja foi pouco afetado pelos diferentes sistemas de preparo do solo, mas em duas safras o plantio direto apresentou desempenho superior aos demais sistemas. Por outro lado, o rendimento de grãos de soja correlacionou-se, positivamente, com a diminuição da acidez do solo (pH_{CaCl_2} variando de 4,47 a 5,65). Essa variação no pH ocorreu, principalmente, devido à diferença no grau de revolvimento do solo e, conseqüentemente, na incorporação de resíduos e fertilizantes pelos diferentes sistemas. A biomassa microbiana foi pouco afetada pelos diferentes preparos, observando-se uma tendência de ser favorecida por aqueles com pouca movimentação do solo, sobretudo na camada de 8-20 cm. Fungos, bactérias e actinomicetos foram afetados, diferencialmente, entre si. Maiores valores de biomassa e população microbiana não se correlacionaram, positivamente, com o rendimento de grãos de soja e, em alguns casos (população), houve correlação negativa.

Termos de indexação: biomassa microbiana, latossolo roxo distrófico, *Glycine max*, *Triticum aestivum*.

SUMMARY: SOIL TILLAGE SYSTEMS WITH WHEAT/SOYBEAN ROTATION AND SOIL MICROORGANISMS, IN LONDRINA, BRAZIL

The effects of seven soil tillage systems, namely: (1) field cultivator model cruzador, (2) no-till / cruzador, (3) no-till, (4) disc plough, (5) mouldboard plough, (6) heavy-disc harrow, and (7) field cultivator / heavy-disc harrow / disc plough / mouldboard plough / subsoiler - on soybean yield, and soil microbial biomass and population count were studied in a Haplorthox (American Soil Taxonomy) cultivated with wheat/soybean succession. The field experiment was conducted at the "Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro Nacional de Pesquisa de Soja" (EMBRAPA-CNPSO) experimental station, in Londrina

⁽¹⁾ Recebido para publicação em outubro de 1994 e aprovado em maio de 1997.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Centro Nacional de Pesquisa de Soja (EMBRAPA-CNPSO). Caixa Postal 1061, CEP 86001-970 Londrina (PR).

⁽³⁾ Estudante do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Caixa Postal 6001, CEP 86051-970 Londrina (PR). Com bolsa de pesquisa de iniciação científica do CNPq.

(Paraná State), Brazil, during the 1988/89 growing season. Evaluations were made during the 1991/92, 1992/93, and 1993/94 growing seasons. Soil samples were collected from soybean plots prior to soil preparation for sowing at 0-8 and 8-20 cm deep. Soybean yield was relatively unaffected by the different soil tillages; however, for two years the no-till system presented higher yields. On the other hand, soybean yield increased with higher soil pH (pH_{CaCl_2} from 4.47 to 5.65). This variation in pH was attributed principally to differences in soil movement and, consequently, in the incorporation of residues and fertilizers by the different soil tillage systems. Soil tillage had little effect on microbial biomass, though treatments involving limited soil movement showed biomass enhancement, mainly at the 8-20 cm layer. Fungi, bacteria and actinomycetes were affected differently by soil tillages. Higher biomass content and microbial counts were not positively correlated with soybean yield and, in some cases (e.g., microbial counts) the correlation was negative.

Index terms: microbial biomass, *Haplorthox*, *Glycine max*, *Triticum aestivum*.

INTRODUÇÃO

O tipo de preparo a que o solo é submetido afeta suas condições físico-químicas e reflete-se, de maneira marcante, sobre o desenvolvimento dos microrganismos e das propriedades biológicas do solo como um todo. Os preparos conservacionistas (que movimentam pouco o solo) permitem a permanência dos resíduos vegetais na superfície, resultando em aumento na concentração de nutrientes, matéria orgânica, agrotóxicos e disponibilidade de água. Ademais, o solo fica protegido mais tempo contra erosão, elevação exagerada de temperatura e perda de umidade (Gaur & Mukherjee, 1980, Bragagnolo & Mielniczuk, 1990). Em consequência, a biomassa, a população e a atividade microbianas são, geralmente, maiores na sua camada superficial, quando comparadas com aqueles submetidos a preparos não conservacionistas, caracterizados pela maior movimentação do solo e inversão da camada arável (Lynch & Panting, 1980a, b; Doran, 1980; Carter & Rennie, 1982; Cattelan & Vidor, 1990a, b). Granatstein et al. (1987), estudando três rotações de cultura sob dois tipos de preparo do solo, no Leste dos EUA, observaram que a biomassa microbiana foi influenciada pelas rotações e, mais ainda, pelo tipo de preparo. As maiores diferenças ocorreram na camada superficial (0-5 cm), onde as parcelas sob plantio direto apresentaram, em média, 32% mais biomassa microbiana do que aquelas sob preparo convencional (arado de aiveca + grade).

Angers et al. (1992), no Canadá, observaram que a aração diminuiu o carbono orgânico e a biomassa microbiana em torno de 40 a 50% na camada superficial (0-6 cm) em um solo cultivado com milho e cevada. No entanto, não houve diferença quando o horizonte superficial (0-24 cm) foi considerado no todo. Os autores observaram, também, que a biomassa microbiana não foi mais sensível a essas alterações do que o carbono orgânico do solo.

O preparo do solo também afeta a ecologia dos fungos micorrízicos e sua associação com as plantas, embora os efeitos sejam menos pronunciados do que os devidos à rotação de culturas e à adubação do solo, principalmente com fósforo. Segundo Siqueira & Franco (1988), as arações pouco profundas e as adu-

bações mais leves favorecem as micorrizas, enquanto as adubações pesadas, a monocultura com espécies anuais e o uso indiscriminado de agrotóxicos, prejudicam seu desenvolvimento.

O objetivo principal do presente trabalho foi avaliar, no Norte do Paraná, a biomassa microbiana total e a composição da população microbiana (bactérias, fungos e actinomicetos) em latossolo roxo distrófico submetido a diferentes preparos e verificar se o desenvolvimento microbiano estava correlacionado com a capacidade produtiva desse solo, principalmente em relação à soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de campo foi instalado na safra de verão de 1988/89, em latossolo roxo distrófico, na fazenda experimental do CNPSo, em Londrina (PR); (23°12'S, 51°11' W e 585 m de altitude). Os tratamentos consistiram em sete tipos de preparo do solo com a sucessão trigo/soja, a saber: (1) cruzador; (2) plantio direto/cruzador (inverno de 1992)/plantio direto; (3) plantio direto contínuo; (4) arado de discos; (5) arado de aiveca; (6) grade pesada, e (7) alternado (verão/88, escarificador; inverno/89, grade pesada; verão/89, grade pesada; inverno/90, grade pesada; verão/90, arado de discos; inverno/91, grade pesada; verão/91, arado de aiveca; inverno/92, grade pesada; verão/92, subsolador; inverno/93, grade pesada e verão/93, arado de discos). Os diferentes sistemas de preparo podem ser vistos em maior detalhe no quadro 1. As parcelas mediam 7,5 x 30,0 m. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. Por ocasião do plantio de cada safra, a soja recebeu uma adubação, por hectare, de 150 a 170 kg da fórmula 0-30-15 e, o trigo, de 150 a 170 kg da fórmula 8-30-15, e 100 kg de sulfato de amônio em cobertura, para todos os tratamentos. A soja foi inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* (estirpes SEMIA 587 e 5019), na dose de 500 g de inoculante por 50 kg de semente, a cada dois anos. A aplicação de herbicidas e inseticidas foi feita de acordo com as recomendações técnicas e a necessidade de cada cultura (EMBRAPA, 1989).

As amostragens de solo foram feitas na safra de verão de 1991/92, quando a soja se encontrava em estádio V3 (Fehr & Caviness, 1977), e nas safras de 1992/93 e 1993/94, após a colheita do trigo e antes do preparo para sua semeadura. Para cada parcela, uma amostra constituída de 16 subamostras foi coletada com trado holandês, nas entrelinhas da cultura anterior (trigo), nas profundidades de 0-8 cm e de 8-20 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) até o processamento. Sua umidade gravimétrica foi determinada por diferença de massa após secagem em estufa a 105°C até massa constante em subamostras de 30 g, logo após a coleta, e em subamostras de 10 g, após passadas em peneira de 2 mm de malha.

As avaliações microbianas foram iniciadas no mesmo dia da coleta ou nos dias subsequentes. A biomassa microbiana foi estimada pelo método da fumigação-incubação (Jenkinson & Powlson, 1976). A população microbiana, representada pelos grupos de fungos, actinomicetos e bactérias, foi avaliada nas safras de 1992/93 e 1993/94, pela contagem do número de unidades formadoras de colônias, em placas de Petri. Maiores detalhes do método encontram-se em Cattelan et al. (1997).

O restante do solo de cada amostra foi utilizado para as análises químicas de rotina: pH em CaCl_2 ; Ca,

Mg, Al, K e H + Al, em $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$ de solo; P, em mg kg^{-1} e C orgânico, em g kg^{-1} (Vettori, 1969). Os resultados da análise química do solo, na instalação do experimento, podem ser vistos no quadro 2.

Para o rendimento de grãos, foi colhida uma área útil de 110 m^2 ($5,5 \times 20 \text{ m}$) para cada parcela. Os dados foram expressos com a umidade dos grãos corrigida para 13%.

Os dados foram submetidos à análise da variância e, as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5%. Também foram feitas análises de regressão entre os resultados do rendimento de grãos e das avaliações microbianas (resultados de cada repetição), e as demais variáveis determinadas (Anderson et al., 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A influência dos diferentes preparos do solo sobre o rendimento de grãos de soja (Quadro 3) foi variável entre si, de acordo com o ano. Na safra 1991/92, nenhum tratamento proporcionou efeito significativo sobre o rendimento. Já na safra 1992/93, os maiores rendimentos de grãos foram observados no tratamento 3 (plantio direto contínuo), enquanto os piores ocorreram

Quadro 1. Discriminação dos tipos de preparo do solo para cada sistema estudado, de 1988/89 a 1993

Sistemas de preparo do solo	1988		1989		1990		1991		1992		1993	
	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	
1. Cruzador	Cruzador	Plantio direto	Cruzador	Plantio direto	Cruzador	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Cruzador	Plantio direto	Cruzador	Plantio direto
2. Plantio direto/cruzador	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Cruzador	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto
3. Plantio direto contínuo	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto	Plantio direto
4. Arado de discos	Arado discos	Grade	Arado discos	Grade	Arado discos	Grade	Arado discos	Grade	Grade	Arado discos	Grade	Arado discos
5. Arado de aiveca	Arado aiveca	Grade	Arado aiveca	Grade	Arado aiveca	Grade	Arado aiveca	Grade	Grade	Arado aiveca	Grade	Arado aiveca
6. Grade pesada	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade	Grade
7. Preparo alternado	Escarificador	Grade	Grade	Grade	Arado discos	Grade	Arado aiveca	Grade	Subsolador	Grade	Arado discos	Arado discos

Quadro 2. Análise química inicial do solo na instalação do ensaio

Profundidade	pH CaCl_2	Al	K	Ca	Mg	H + Al	C orgânico	P	
cm		mmol _c kg ⁻¹						g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
0-8	5.43	0,0	7,8	55,2	27,2	33,6	17,6	15,34	
8-16	5.34	0,0	4,8	58,8	28,6	37,8	16,3	7,74	
16-24	5.12	0,3	2,6	42,1	21,9	36,2	11,7	4,16	

no 5 (arado de aiveca) e no 7 (preparo alternado, com o uso do subsolador antes da soja). Nessa safra, a distribuição de chuvas em relação ao ciclo da soja foi melhor que nas outras duas, não havendo déficit hídrico nas fases de florescimento e enchimento de grãos, conforme balanço hídrico calculado pelo método de Thornthwaite & Mather (1957) (dados apresentados em Cattelan et al., 1997).

Na safra 1993/94, novamente o tratamento 3 proporcionou os maiores rendimentos, juntamente com o 1, cujo preparo era feito com cruzador, ou seja,

Quadro 3. Rendimento de grãos de soja em um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes sistemas de preparo do solo, avaliado nas safras de 1991/92, 1992/93 e 1993/94, em Londrina (PR)

Sistemas de preparo do solo	Rendimento de grãos		
	1991/92	1992/93	1993/94
	t ha ⁻¹		
1. Cruzador	2,40a	2,89ab	3,06a
2. Plantio direto/cruzador	2,06a	2,77abc	3,01ab
3. Plantio direto contínuo	2,21a	2,98a	3,14a
4. Arado de discos	2,40a	2,65abc	2,81ab
5. Arado de aiveca	2,24a	2,49bc	2,57b
6. Grade pesada	2,34a	2,62abc	2,61ab
7. Preparo alternado	2,43a	2,37c	2,70ab

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

dois tratamentos onde não havia inversão da camada arável. O menor rendimento foi observado no tratamento 5 (arado de aiveca).

Não se observaram efeitos significativos do preparo do solo sobre a biomassa microbiana na safra 1991/92 (Quadro 4). No entanto, seus valores foram superiores aos encontrados nas duas safras subsequentes, provavelmente porque, nestas, a avaliação tenha sido feita quando a soja não havia sido implantada e naquela, quando a soja já estava estabelecida, tendo, com isso, estimulado o desenvolvimento microbiano através do seu sistema radicular (Rovira & Davey, 1974, Kolb & Martin, 1988).

Na safra de verão 1992/93, os diferentes preparos influenciaram a biomassa na camada de 8-20 cm, com os maiores valores nos tratamentos 1, 2 e 3, cuja movimentação do solo é mínima e sem inversão da camada arável e, os menores, nos tratamentos 4, 5 e 6, nos quais ocorre maior movimentação do solo. Na safra 1993/94, novamente não houve efeitos significativos sobre a biomassa microbiana. Carter (1992), no Canadá, em um ensaio com diferentes preparos do solo, observou que o plantio direto e o preparo mínimo aumentaram o carbono orgânico e a atividade microbiana, na camada de 0-5 cm, em comparação com o preparo com arado de aiveca.

Na avaliação da população microbiana na safra de 1992/93, as bactérias tiveram sua contagem diminuída pelo preparo com grade pesada (tratamento 6), nas duas profundidades (Quadro 5). Os fungos não foram afetados pelos preparos. Os actinomicetos apresentaram contagem um pouco menor nos tratamentos 3 (plantio direto), 4 (arado de discos) e 5 (arado de aiveca), em relação aos outros, na camada de 0-8 cm, embora só tenham diferido estatisticamente em

Quadro 4. Biomassa microbiana em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes preparos do solo, avaliada durante a cultura da soja em estágio V3 na safra 1991/92 e antes do preparo do solo para a semeadura da soja nas safras 1992/93 e 1993/94, em Londrina (PR)

Sistemas de preparo do solo	Biomassa microbiana					
	1991/92		1992/93		1993/94	
	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm
	mg de C-CO ₂ 100 g ⁻¹ de solo seco					
1. Cruzador	167,57a	187,11a	33,44a	35,17abc	32,73a	27,45a
2. Plantio direto/cruzador	37,98a	38,57ab	33,30a	27,00a
3. Plantio direto contínuo	173,32a	157,94a	35,02a	40,73a	38,29a	17,51a
4. Arado de discos	170,38a	184,66a	28,14a	17,32c	24,16a	26,17a
5. Arado de aiveca	152,49a	137,22a	23,96a	19,74bc	20,09a	26,74a
6. Grade pesada	160,56a	186,39a	38,17a	17,28c	38,92a	21,53a
7. Preparo alternado	140,80a	171,01a	24,51a	21,09abc	28,04a	38,09a

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

relação ao tratamento 6. Na camada inferior, a maior contagem foi observada no tratamento 1 (preparo com cruzador), não diferindo estatisticamente dos tratamentos 2, 5, 6 e 7 e, a menor, novamente no 4 (arado de discos), não diferindo dos tratamentos 2, 3, 5 e 7.

Na avaliação na safra 1993/94, as bactérias apresentaram as maiores contagens nos tratamentos 5 (arado de aiveca), 6 (grade pesada) e 7 (preparo alternado, com arado de disco nesta ocasião), nas duas profundidades (Quadro 6). O número de propágulos de fungos não foi afetado na camada de 0 a 8cm e apresentou os menores valores no tratamento 2 (plantio direto/cruzador), na camada inferior, não diferindo

estatisticamente dos tratamentos 1, 3, 6 e 7. Os actinomicetos tiveram as menores contagens nos preparos com menor movimentação do solo, tratamentos 1 a 3, e no preparo com arado de discos, tratamento 4, nas duas profundidades.

O fósforo foi o elemento mais afetado pelos diferentes tipos de preparo do solo (Quadro 7). Nas safras 1991/92 e 1992/93, revela-se clara tendência de os preparos com pouca movimentação do solo (tratamentos 1 a 3) proporcionarem maiores teores de P na camada de 0-8 cm do que aqueles com maior movimentação/revolvimento do solo. Essa tendência, embora menos acentuada, também foi observada na

Quadro 5. População microbiana em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes preparos do solo, avaliada antes do seu preparo para semeadura da soja na safra 1992/93, em Londrina (PR)

Sistemas de preparo do solo	Bactérias		Fungos		Actinomicetos	
	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm
	n.º de propágulos g ⁻¹ de solo seco					
	x 10 ⁴		x 10 ³		x 10 ⁴	
1. Cruzador	147a	91ab	37,09a	18,76a	88ab	87a
2. Plantio direto/cruzador	150a	103a	36,44a	29,58a	68ab	68abc
3. Plantio direto contínuo	109ab	121a	38,85a	25,38a	55b	47bc
4. Arado de discos	128a	95ab	30,57a	21,26a	49b	42c
5. Arado de aiveca	100ab	86ab	32,47a	22,56a	54b	55abc
6. Grade pesada	54b	40c	30,10a	21,10a	101a	77ab
7. Preparo alternado	99ab	71bc	20,69a	16,83a	77ab	59abc

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Quadro 6. População microbiana em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja, sob diferentes preparos do solo, avaliada antes do seu preparo para semeadura da soja na safra 1993/94, em Londrina (PR)

Sistemas de preparo do solo	Bactérias		Fungos		Actinomicetos	
	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm
	n.º de propágulos g ⁻¹ de solo seco					
	x 10 ⁵		x 10 ³		x 10 ⁴	
1. Cruzador	19,75b	16,50c	30,82a	22,60ab	29,82c	26,47c
2. Plantio direto/cruzador	19,32b	17,65c	23,65a	15,50b	24,85c	17,90c
3. Plantio direto contínuo	17,32b	18,25bc	25,75a	18,32ab	25,97c	22,57c
4. Arado de discos	24,17b	24,85ab	33,67a	27,25a	58,89bc	30,90c
5. Arado de aiveca	44,42a	31,52a	42,90a	28,65a	108,35a	99,50a
6. Grade pesada	45,75a	32,67a	31,67a	24,05ab	93,35ab	88,26ab
7. Preparo alternado	46,62a	36,82a	33,50a	26,67ab	85,75ab	74,72b

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

camada de 8-20 cm, na safra de 1991/92. É importante ressaltar que, em nenhuma das safras, os três tratamentos com menor revolvimento do solo proporcionaram menores teores de P na camada de 8-20 cm. Nos preparos sem revolvimento do solo, o fósforo foi aplicado na linha de semeadura e, nos outros, a lancha e incorporado. Isso deve ter influenciado no seu comportamento.

Na maioria das vezes, embora não se tenha feito análise estatística, tanto a biomassa quanto a conta-

gem da população microbiana foram pouco afetadas pela profundidade. Era de esperar que os preparos sem inversão do solo apresentassem maior desenvolvimento microbiano na camada superficial, conforme observado em trabalhos de Cattelan & Vidor (1990a, b); Granatstein et al. (1987), e Wardle et al. (1993). No entanto, Cattelan et al. (1997), avaliando diferentes rotações de culturas, sob plantio direto, nesse mesmo tipo de solo, também verificaram comportamento muito semelhante nas camadas de 0-8 e 8-20 cm. É

Quadro 7. Teor de fósforo disponível em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes preparos do solo, avaliado na soja em estágio V3 na safra 1991/92 e antes do preparo do solo para a semeadura da soja nas safras 1992/93 e 1993/94, em Londrina (PR)

Sistemas de preparo do solo	Teor de fósforo disponível					
	1991/92		1992/93		1993/94	
	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm	0-8 cm	8-20 cm
	mg kg ⁻¹					
1. Cruzador	27,3a	20,7a	32,2a	8,8a	33,0a	12,9a
2. Plantio direto/cruzador	22,7ab	18,5ab	27,4a	10,2a	28,7a	10,7a
3. Plantio direto contínuo	23,4ab	16,7abc	26,4a	9,6a	19,3a	9,2a
4. Arado de discos	18,4b	13,0c	12,8b	6,9a	16,1a	10,1a
5. Arado de aiveca	13,5b	14,1bc	14,8b	8,9a	16,7a	11,5a
6. Grade pesada	20,5ab	15,4abc	16,5b	8,1a	20,7a	9,6a
7. Preparo alternado	4,7b	15,5abc	12,5b	9,4a	15,1a	10,0a

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Quadro 8. Coeficientes de correlação linear (r) entre o rendimento de grãos de soja e a biomassa microbiana e os diversos parâmetros avaliados em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes preparos do solo, avaliados antes do seu preparo para a semeadura da soja na safra 1991/92, em Londrina (PR)

Rendimento/Biomassa microbiana	Biomassa	Umidade gravimétrica	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	C orgânico	P
	mg C-CO ₂ 100 g ⁻¹	g kg ⁻¹		mmolc kg ⁻¹				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Camada de 0-8 cm									
Rendimento de grãos de soja (t ha ⁻¹) (1,91) (2,84) ⁽¹⁾	+0,3009ns	+0,0490ns	+0,4072*	+0,2094ns	+0,4368*	+0,1677ns	-0,4052*	+0,1588ns	+0,0810ns
Biomassa	-	-0,1898ns	+0,6999*	+0,4484*	+0,5881*	+0,6073*	-0,6370*	+0,3216ns	+0,2194ns
	(44,78)	(261,6)	(4,64)	(3,6)	(39,3)	(14,2)	(34,8)	(12,5)	(10,9)
	(253,16)	(352,6)	(5,44)	(9,6)	(72,3)	(19,5)	(52,5)	(19,2)	(58,2)
Camada de 8-20 cm									
Rendimento de grãos de soja	+0,1736ns	-0,2733ns	+0,4025*	+0,3433ns	+0,3632ns	+0,0827ns	-0,4410*	-0,0743ns	+0,0289ns
Biomassa	-	+0,1542ns	+0,2760ns	+0,2333ns	+0,2970ns	+0,3865ns	-0,2924ns	-0,2671ns	+0,2923ns
	(49,91)	(239,2)	(4,56)	(2,4)	(38,0)	(14,1)	(34,3)	(14,2)	(10,40)
	(235,39)	(327,4)	(5,51)	(8,3)	(69,8)	(21,4)	(53,3)	(18,1)	(21,90)

⁽¹⁾ Valores entre parênteses constituem a amplitude de variação do parâmetro considerado para determinada profundidade; ns : não significativo ao nível de 5%; * : significativo ao nível de 5%.

provável que, se no lugar da sucessão trigo/soja, o solo fosse cultivado com rotações de culturas com alta produção de massa verde, houvesse maior diferenciação entre os tratamentos e as interações dos tratamentos com a profundidade. Também o tipo de solo pode ter influenciado, em certo grau, esse comportamento, já que o latossolo se caracteriza por uma transição gradual dos seus horizontes, principalmente na superfície (EMBRAPA, 1984). Outro fator importante que pode estar envolvido é o clima. O clima tropical de Londrina favorece, provavelmente, a degradação mais rápida dos resíduos culturais do que em condições de clima temperado, como nos estudos citados.

Mediante as análises de regressão, feitas entre o rendimento de grãos de soja e as avaliações microbianas com os diversos parâmetros determinados para as duas profundidades (Quadros 8, 9 e 10), o rendimento de grãos foi afetado, principalmente, pelo complexo acidez do solo, aumentando com a diminuição da acidez. Em nenhuma das safras avaliadas, no entanto, houve diferenças estatisticamente significativas entre o $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ dos solos dos diferentes tratamentos (dados não apresentados). O rendimento de grãos não se correlacionou com a biomassa microbiana em nenhuma das três safras, mas correlacionou-se,

negativamente, com a contagem de bactérias, fungos e actinomicetos, na safra 1993/94 (Quadro 10). Na mesma safra, a produção foi afetada, positivamente, pelo teor de potássio na camada de 0-8 cm. A biomassa microbiana esteve, também, relacionada ao complexo acidez do solo, porém em grau menor do que o rendimento de grãos. O teor de potássio do solo afetou, positivamente, a biomassa microbiana, assim como os teores de carbono orgânico e de fósforo (este apenas na safra 1992/93) também o fizeram. É interessante ressaltar que, para os teores de K e carbono orgânico, não se notaram diferenças significativas entre os tratamentos, a um nível de 5% (dados não apresentados). Cattelan et al. (1997), estudando diferentes rotações de cultura em um ensaio no Norte do Paraná, também observaram que a biomassa microbiana foi estimulada pela diminuição da acidez do solo. A correção da acidez favorece muito a atividade microbiana, principalmente, para as bactérias (Ivarson, 1977, MacDonald, 1979). A contagem da população de bactérias, fungos e actinomicetos não se correlacionou com nenhum parâmetro químico do solo, com exceção das bactérias, que foram estimuladas pelo teor de P na safra de 1992/93, e dos actinomicetos, que foram afetados, negativamente, pelo teor de P na safra 1993/94, na camada de 0-8 cm.

Quadro 9. Coeficientes de correlação linear (r) entre o rendimento de grãos de soja e as avaliações microbianas e os parâmetros avaliados em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes preparos do solo, avaliados antes do seu preparo para a semeadura da soja na safra 1992/93, em Londrina (PR)

Rendimento/ Avaliações microbianas	Bio- massa	Bacté- rias	Fun- gos	Acti- nomi- cetos	Umi- dade gravi- métrica	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H + Al	C orgâ- nico	P
Camada de 0-8 cm												
Rendimento de grãos de soja (t ha ⁻¹) (2,07) (3,36) ⁽¹⁾	+0,3468ns	+0,2055ns	+0,1806ns	-0,1107ns	+0,0023ns	+0,7053*	+0,6204*	+0,6497*	+0,4478*	-0,6474*	+0,2362ns	+0,3744ns
Biomassa	-	-0,0465ns	+0,3383ns	+0,4058*	-0,1569ns	+0,4458*	+0,5485*	+0,4716*	+0,3924ns	-0,3707ns	+0,5278*	+0,5308*
Bactérias	-	-	+0,4075*	-0,0712ns	-0,0846ns	-0,0028ns	+0,1526ns	-0,1669ns	+0,0904ns	+0,0309ns	+0,0631ns	+0,4264*
Fungos	-	-	-	+0,2653ns	+0,0925ns	+0,0996ns	+0,2199ns	+0,0317ns	+0,0932ns	-0,1419ns	+0,0789ns	+0,2685ns
Actinomicetos	-	-	-	-	-0,1169ns	-0,0812ns	-0,0812ns	-0,1459ns	-0,1151ns	+0,0922ns	+0,1331ns	+0,2604ns
	(16,23)	(31,59)	(9,96)	(15,15)	(149,8)	(4,67)	(3,3)	(48,0)	(13,8)	(37,1)	(14,4)	(10,20)
	(50,69)	(194,65)	(53,04)	(125,62)	(331,5)	(5,63)	(8,0)	(107,2)	(23,5)	(53,8)	(20,6)	(38,60)
Camada de 8-20 cm												
Rendimento de grãos de soja	+0,2154ns	+0,3463ns	+0,0967ns	+0,1340ns	-0,1824ns	+0,7190*	+0,4665*	+0,5567*	+0,3423ns	-0,7197*	-0,0293ns	+0,1151ns
Biomassa	-	+0,0459ns	+0,1776ns	+0,1362ns	+0,0744ns	+0,3053ns	+0,4249*	+0,3922*	+0,2718ns	-0,2580ns	+0,2736ns	+0,3737ns
Bactérias	-	-	+0,4561*	-0,0926ns	-0,1170ns	+0,1833ns	+0,1858ns	+0,0097ns	-0,0129ns	-0,1392ns	-0,1381ns	+0,1260ns
Fungos	-	-	-	+0,1756ns	-0,0129ns	-0,0218ns	+0,3350ns	+0,1058ns	+0,1012ns	+0,0821ns	+0,1107ns	+0,2686ns
Actinomicetos	-	-	-	-	+0,1722ns	+0,1691ns	+0,3457ns	+0,2544ns	+0,1963ns	-0,1532ns	+0,1776ns	+0,3383ns
	(11,37)	(28,28)	(8,40)	(42,46)	(309,1)	(4,71)	(2,2)	(54,0)	(14,7)	(36,5)	(15,2)	(6,10)
	(53,37)	(153,54)	(36,13)	(99,53)	(340,2)	(5,65)	(6,7)	(110,1)	(21,4)	(63,9)	(20,2)	(16,20)

(1) Valores entre parênteses constituem a amplitude de variação do parâmetro considerado para determinada profundidade; ns: não significativo ao nível de 5%; *: significativo ao nível de 5%.

Quadro 10. Coeficientes de correlação linear (r) entre o rendimento de grãos de soja e as avaliações microbianas e os parâmetros avaliados em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes preparos do solo, avaliados antes do seu preparo para a semeadura da soja na safra 1993/94, em Londrina (PR)

Rendimento/ Avaliações microbianas	Bio- massa	Bacté- rias	Fun- gos	Acti- nomi- cetos	Umi- dade gravi- métrica	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H + Al	C orgâ- nico	P
	mg C-CO ₂ 100 g ⁻¹	x 10 ⁵	x 10 ³	x 10 ⁴	g kg ⁻¹		mmolc kg ⁻¹				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Camada de 0-8 cm												
Rendimento de grãos de soja (t ha ⁻¹) (2,27) (3,38) ⁽¹⁾	+0,3327ns	-0,5789*	-0,4226*	-0,6535*	+0,1795ns	+0,4615*	+0,4621*	+0,6524*	+0,4448*	-0,3054ns	+0,3642ns	+0,3639ns
Biomassa	-	-0,1848ns	-0,1248ns	-0,2914ns	+0,2830ns	+0,2670ns	+0,2031ns	+0,3965*	+0,2857ns	-0,4453*	+0,4824*	+0,1003ns
Bactérias	-	-	+0,5895*	+0,8810*	-0,3096ns	+0,0656ns	-0,0243ns	-0,0632ns	-0,2424ns	-0,1648ns	-0,2639ns	-0,3090ns
Fungos	-	-	-	+0,6441*	-0,2741ns	+0,1336ns	-0,1777ns	-0,0470ns	-0,0905ns	-0,1635ns	-0,1241ns	-0,3679ns
Actinomicetos	-	-	-	-	-0,4246*	-0,0063ns	-0,1495ns	-0,2562ns	-0,3423ns	-0,0890ns	-0,2322ns	-0,4803*
	(6,71)	(9,70)	(16,00)	(18,00)	(263,6)	(4,47)	(3,3)	(36,6)	(12,9)	(36,0)	(9,2)	(12,00)
	(53,54)	(60,30)	(50,30)	(125,00)	(314,1)	(5,57)	(8,0)	(75,7)	(21,3)	(57,1)	(22,6)	(42,80)
Camada de 8-20 cm												
Rendimento de grãos de soja	+0,0464ns	-0,6357*	-0,3623ns	-0,5482*	+0,2502ns	+0,4917*	+0,3039ns	+0,3330ns	+0,1867ns	-0,3220ns	+0,0408ns	+0,2031ns
Biomassa	-	-0,0475ns	-0,0091ns	+0,2034ns	-0,0217ns	+0,0401ns	-0,2147ns	+0,0080ns	-0,1413ns	-0,1496ns	-0,1133ns	+0,2233ns
Bactérias	-	-	+0,6275*	+0,6789*	-0,2864ns	-0,2039ns	-0,0938ns	-0,0377ns	-0,0486ns	+0,0556ns	+0,0267ns	-0,2646ns
Fungos	-	-	-	+0,4491*	-0,3648ns	-0,0827ns	-0,0196ns	-0,0138ns	-0,0667ns	+0,1033ns	+0,0148ns	+0,0873ns
Actinomicetos	-	-	-	-	-0,3735ns	-0,0947ns	-0,0565ns	+0,1338ns	-0,1102ns	-0,0212ns	+0,0821ns	-0,0093ns
	(3,87)	(11,00)	(12,30)	(10,30)	(273,5)	(4,72)	(2,2)	(38,0)	(13,3)	(31,7)	(17,1)	(7,10)
	(60,37)	(46,70)	(39,00)	(110,30)	(319,7)	(5,58)	(7,1)	(71,8)	(20,3)	(53,4)	(22,4)	(19,90)

⁽¹⁾ Valores entre parênteses constituem a amplitude de variação do parâmetro considerado para determinada profundidade; ns: não significativo ao nível de 5%; *: significativo ao nível de 5%.

O fato de o rendimento de grãos não se ter correlacionado com a biomassa microbiana, em nenhuma das três safras, e ter-se correlacionado negativamente com a contagem de bactérias, fungos e actinomicetos, na safra de 1993/94, pode ser devido a que a sucessão trigo/soja (monocultura no inverno/monocultura no verão), tenha selecionado microrganismos indesejáveis, ocorrência normal em situações de monocultura (Marenkov, 1980; Johnson et al., 1992) e, normalmente, potencializado pela permanência dos restos culturais sobre o solo. As técnicas utilizadas no presente estudo e de uso generalizado em estudos semelhantes não permitem a identificação das espécies microbianas e, portanto, a diferenciação entre organismos benéficos e deletérios às culturas. Sugere-se que, em pesquisas futuras, leve-se em consideração outras técnicas que permitam tal identificação.

CONCLUSÕES

1. O rendimento de grãos de soja foi pouco afetado pelos diferentes sistemas de preparo do solo, mas em duas safras o plantio direto apresentou desempenho superior aos demais sistemas.

2. O rendimento de grãos de soja correlacionou-se, positivamente, com a diminuição da acidez do solo na camada arável, ocasionada pelo diferente grau de revolvimento do solo e pela conseqüente diferença na incorporação de resíduos e fertilizantes, pelos diferentes sistemas de preparo.

3. A biomassa microbiana foi pouco afetada pelos diferentes sistemas de preparo do solo. Houve uma tendência de a biomassa ser favorecida em solos submetidos a preparos com pouca movimentação, principalmente, na camada de 8-20 cm. Fungos, bactérias e actinomicetos foram afetados, diferenciadamente, entre si.

4. O desenvolvimento microbiano (biomassa e população) não se correlacionou, positivamente, com o rendimento de grãos de soja e, em alguns casos, houve correlação negativa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Maria Cristina N. de Oliveira e Moisés de Aquino, o auxílio prestado nas análises estatísticas; a Leny M. Miura e Emerson S.

Quadro 10. Coeficientes de correlação linear (r) entre o rendimento de grãos de soja e as avaliações microbianas e os parâmetros avaliados em duas profundidades de um latossolo roxo com sucessão trigo/soja sob diferentes preparos do solo, avaliados antes do seu preparo para a semeadura da soja na safra 1993/94, em Londrina (PR)

Rendimento/ Avaliações microbianas	Bio- massa	Bacté- rias	Fun- gos	Acti- nomi- cetos	Umi- dade gravi- métrica	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H + Al	C orgâ- nico	P
	mg C-CO ₂ 100 g ⁻¹	x 10 ⁵	x 10 ³	x 10 ⁴	g kg ⁻¹		mmolc kg ⁻¹				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Camada de 0-8 cm												
Rendimento de grãos de soja (t ha ⁻¹) (2,27) (3,38) ⁽¹⁾	+0,3327ns	-0,5789*	-0,4226*	-0,6535*	+0,1795ns	+0,4615*	+0,4621*	+0,6524*	+0,4448*	-0,3054ns	+0,3642ns	+0,3639ns
Biomassa	-	-0,1848ns	-0,1248ns	-0,2914ns	+0,2830ns	+0,2670ns	+0,2031ns	+0,3965*	+0,2857ns	-0,4453*	+0,4824*	+0,1003ns
Bactérias	-	-	+0,5895*	+0,8810*	-0,3096ns	+0,0656ns	-0,0243ns	-0,0632ns	-0,2424ns	-0,1648ns	-0,2639ns	-0,3090ns
Fungos	-	-	-	+0,6441*	-0,2741ns	+0,1336ns	-0,1777ns	-0,0470ns	-0,0905ns	-0,1635ns	-0,1241ns	-0,3679ns
Actinomicetos	-	-	-	-	-0,4246*	-0,0063ns	-0,1495ns	-0,2562ns	-0,3423ns	-0,0890ns	-0,2322ns	-0,4803*
	(6,71)	(9,70)	(16,00)	(18,00)	(263,6)	(4,47)	(3,3)	(36,6)	(12,9)	(36,0)	(9,2)	(12,00)
	(53,54)	(60,30)	(50,30)	(125,00)	(314,1)	(5,57)	(8,0)	(75,7)	(21,3)	(57,1)	(22,6)	(42,80)
Camada de 8-20 cm												
Rendimento de grãos de soja	+0,0464ns	-0,6357*	-0,3623ns	-0,5482*	+0,2502ns	+0,4917*	+0,3039ns	+0,3330ns	+0,1867ns	-0,3220ns	+0,0408ns	+0,2031ns
Biomassa	-	-0,0475ns	-0,0091ns	+0,2034ns	-0,0217ns	+0,0401ns	-0,2147ns	+0,0080ns	-0,1413ns	-0,1496ns	-0,1133ns	+0,2233ns
Bactérias	-	-	+0,6275*	+0,6789*	-0,2864ns	-0,2039ns	-0,0938ns	-0,0377ns	-0,0486ns	+0,0556ns	+0,0267ns	-0,2646ns
Fungos	-	-	-	+0,4491*	-0,3648ns	-0,0827ns	-0,0196ns	-0,0138ns	-0,0667ns	+0,1033ns	+0,0148ns	+0,0873ns
Actinomicetos	-	-	-	-	-0,3735ns	-0,0947ns	-0,0565ns	+0,1338ns	-0,1102ns	-0,0212ns	+0,0821ns	-0,0093ns
	(3,87)	(11,00)	(12,30)	(10,30)	(273,5)	(4,72)	(2,2)	(38,0)	(13,3)	(31,7)	(17,1)	(7,10)
	(60,37)	(46,70)	(39,00)	(110,30)	(319,7)	(5,58)	(7,1)	(71,8)	(20,3)	(53,4)	(22,4)	(19,90)

⁽¹⁾ Valores entre parênteses constituem a amplitude de variação do parâmetro considerado para determinada profundidade; ns: não significativo ao nível de 5%; *: significativo ao nível de 5%.

O fato de o rendimento de grãos não se ter correlacionado com a biomassa microbiana, em nenhuma das três safras, e ter-se correlacionado negativamente com a contagem de bactérias, fungos e actinomicetos, na safra de 1993/94, pode ser devido a que a sucessão trigo/soja (monocultura no inverno/monocultura no verão), tenha selecionado microrganismos indesejáveis, ocorrência normal em situações de monocultura (Marenkov, 1980; Johnson et al., 1992) e, normalmente, potencializado pela permanência dos restos culturais sobre o solo. As técnicas utilizadas no presente estudo e de uso generalizado em estudos semelhantes não permitem a identificação das espécies microbianas e, portanto, a diferenciação entre organismos benéficos e deletérios às culturas. Sugere-se que, em pesquisas futuras, leve-se em consideração outras técnicas que permitam tal identificação.

CONCLUSÕES

1. O rendimento de grãos de soja foi pouco afetado pelos diferentes sistemas de preparo do solo, mas em duas safras o plantio direto apresentou desempenho superior aos demais sistemas.

2. O rendimento de grãos de soja correlacionou-se, positivamente, com a diminuição da acidez do solo na camada arável, ocasionada pelo diferente grau de revolvimento do solo e pela conseqüente diferença na incorporação de resíduos e fertilizantes, pelos diferentes sistemas de preparo.

3. A biomassa microbiana foi pouco afetada pelos diferentes sistemas de preparo do solo. Houve uma tendência de a biomassa ser favorecida em solos submetidos a preparos com pouca movimentação, principalmente, na camada de 8-20 cm. Fungos, bactérias e actinomicetos foram afetados, diferenciadamente, entre si.

4. O desenvolvimento microbiano (biomassa e população) não se correlacionou, positivamente, com o rendimento de grãos de soja e, em alguns casos, houve correlação negativa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Maria Cristina N. de Oliveira e Moisés de Aquino, o auxílio prestado nas análises estatísticas; a Leny M. Miura e Emerson S.

Cioffi, os trabalhos de laboratório; a José Zucca Moraes e Rubson N. Sibaldelli, a coleta das amostras; a José Renato B. Farias, os dados meteorológicos, e a todo o pessoal de apoio da EMBRAPA-CNPSo.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, D.R.; SWEENEY, D.J. & WILLIAMS, T.A. Introduction to statistics: concepts and applications. 3.ed. West Publishing Company, St. Paul, Minnesota, 1991. 903p.
- ANGERS, D.A.; PESANT, A. & VIGNEUX, J. Early cropping-induced changes in soil aggregation, organic matter, and microbial biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 56(1):115-119, 1992.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *R. bras. Ci Solo*, Campinas, 14(1):91-98, 1990.
- CARTER, M.R. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. *Soil Till. Res.*, Amsterdam, 23(4):361-372, 1992.
- CARTER, M.R. & RENNIE, D.A. Changes in soil quality under zero tillage farming systems: distribution of microbial biomass and mineralizable C and N potentials. *Can. J. Soil. Sci.*, Ottawa, 62(4):587-597, 1982.
- CATTELAN, A.J.; GAUDÊNCIO, C.A. & SILVA, T.A. Sistemas de rotação de culturas em plantio direto e os microrganismos do solo, na cultura da soja, em Londrina. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 21:293-301, 1997.
- CATTELAN, A.J. & VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 14(2):125-132, 1990a.
- CATTELAN, A.J. & VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 14(2):133-142, 1990b.
- DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 44(4):765-771, 1980.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1988/89. Cascavel, OCEPAR - Embrapa/CNPSo, 1988. 100p. (OCEPAR, Boletim técnico, 23; EMBRAPA/CNPSo, Documento, 34)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. 2t. 791p. (EMBRAPA-SNLCS, Boletim de pesquisa, 27; IAPAR, Boletim técnico, 16)
- FEHR, W.R. & CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. *Iowa Coop. Ext. Serv. Spec. Rep.* 80, 1977.
- GAUR, A.C. & MUKHERJEE, D. Recycling of organic matter through mulch in relation to chemical and microbiological properties of soil and crop yields. *Plant Soil*, The Hague, 56(2):273-281, 1980.
- GRANATSTEIN, D.M.; BEZDICEK, D.F.; COCHRAN, V.L.; ELLIOTT, L.F. & HAMMEL, J. Long-term tillage and rotation effects on soil microbial biomass, carbon and nitrogen. *Biol. Fert. Soils*, Berlin, 5(3):265-270, 1987.
- IVARSON, K.C. Changes in decomposition rate, microbial population and carbohydrate content of an acid peat bog after liming and reclamation. *Can. J. Soil. Sci.*, Ottawa, 57(2):129-137, 1977.
- JENKINSON, D.S. & POWLSON, P.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil - V: A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 8(3):209-213, 1976.
- JOHNSON, N.C.; COPELAND, P.J.; CROOKSTON, R.K. & PFLEGER, F.L. Mycorrhizae: possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. *Agron. J.*, 84(3):387-390, 1992.
- KOLB, W. & MARTIN, P. Influence of nitrogen on the number of N₂ fixing and total bacteria in the rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 20(2):221-225, 1988.
- LYNCH, J.M. & PANTING, L.M. Cultivation and the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 12(1):29-33, 1980a.
- LYNCH, J.M. & PANTING, L.M. Variations in the size of the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 12(6):547-550, 1980b.
- MACDONALD, R.M. Liming and the growth of a mixed population of soil bacteria. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 11(6):633-636, 1979.
- MARENKOV, N.L. Biological activity of soil under fodder beets in a monoculture and in crop rotations. *Sov. Soil Sci.*, Silver Spring, 12(6):635-641, 1980.
- ROVIRA, A.D. & DAVEY, C.B. Biology of the rhizosphere. In: CARSON, E.W., ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p.153-194.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. São Paulo, Nagy, 1988. 236p.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publ. Climatol.*, Centerton, 10(3):181-311, 1957.
- VETTORI, L. Métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7)
- WARDLE, D.A.; YEATES, G.W.; WATSON, R.N. & NICHOLSON, K.S. Response of soil microbial biomass and plant litter decomposition to weed management strategies in maize and asparagus cropping systems. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 25(7):857-868, 1993.