

## AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE MICRORGANISMOS DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE SOJA

O.M. de CASTRO; H. do PRADO

Instituto Agronômico de Campinas. C.P. 28 - CEP: 13020-970-Campinas, SP

A.C.R. SEVERO; E.J.B.N. CARDOSO

Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP - C.P. 9 - CEP: 13418-900-Piracicaba-SP

**RESUMO:** Para avaliar o efeito do manejo do solo e de culturas sobre a atividade de *Bradyrhizobium japonicum* e de outros microrganismos importantes na ciclagem de nutrientes do solo, montou-se um experimento em casa de vegetação utilizando solo de um ensaio de campo com sistemas de manejo de resíduos e preparo bem distintos, como plantio direto e preparo convencional com arado de discos e diferentes rotações de cultura. O solo é um latossolo roxo distrófico, A moderado, textura argilosa. As culturas utilizadas no ensaio de campo foram soja contínua e em rotação com milho, sempre após aveia preta e *Crotalaria juncea* no outono-inverno, perfazendo portanto oito sistemas de manejo. Como testemunha, utilizou-se o solo de uma mata localizada próxima do experimento de campo. Prepararam-se seis vasos com solo de cada tratamento, sendo que em três foi semeada soja com sementes inoculadas com *B. japonicum* e nos outros três soja sem inoculação. No início do florescimento fez-se a colheita das plantas para análise de N na parte aérea, determinação dos nódulos e micorrização. Em amostras de solo de todos os tratamentos, guardadas em geladeira, fez-se a quantificação de bactérias e fungos totais, bem como de microrganismos celulolíticos, amonificadores, nitrificadores e nitratores. Os resultados obtidos revelaram que o solo do plantio direto e o sistema de rotação levaram a significativos aumentos da nodulação. O solo do plantio direto apresentou também maiores populações de celulolíticos, não havendo diferença para outros tipos de microrganismos. Não houve diferença entre tratamentos para a micorrização, que apresentou valores muito baixos, provavelmente devido ao alto nível de fósforo no solo.

**Descritores:** manejo do solo, nodulação, microrganismos do solo, plantio direto, soja.

### EVALUATION OF NITROGEN FIXATION AND SOIL MICROORGANISMS IN SOYBEAN UNDER CONVENTIONAL AND MINIMAL CULTIVATION REGIMES

**ABSTRACT:** A greenhouse experiment was set up to evaluate the effect of different cultural practices on the activity of *Bradyrhizobium japonicum* and of other soil microorganisms involved in nutrient cycling. The soil used was from a field experiment that consisted of continuous soybean or corn-soybean rotations as summer crops, with oats or *Crotalaria juncea* as winter crops. Treatments totaled eight cropping system regimes including the conventional and minimal cultivation. Soil from a nearby natural forest was used as control. There were six replicate pots for each treatment, three of which were additionally inoculated with *B. japonicum* inoculum when soybeans were sown. Plants were harvested at flowering and shoot dry matter and nitrogen concentration were determined, as well as nodule number, nodule weight and percent mycorrhizal colonization of roots. Soil samples from each field treatment that had been kept in the refrigerator were evaluated to determine the total number of bacteria, fungi, cellulolytic microorganisms and nitrifying bacteria. Soybeans grown in soil from minimal cultivation plots and from crop rotations demonstrated significantly greater nodulation and larger cellulolytic populations. Other microbial groups were not highly affected. Percent mycorrhizal infection of roots was extremely low in all treatments, probably due to the high available phosphate levels in all soils.

**Key Words:** minimal cultivation, nodulation, soil cultivation regime, soil microorganisms, soybeans.

### INTRODUÇÃO

O solo é um ecossistema complexo e dinâmico, difícil de ser estudado. As transformações microbianas, por conta das diferentes populações que nele ocorrem, assim como suas diferentes reações químicas podem ser alteradas sempre que esse ecossistema sofre algum tipo de interferência.

Na aplicação de diferentes tipos de manejo, é de se esperar, portanto, uma modificação qualitativa e quantitativa na constituição desse solo. Diferentes tipos de manejo podem significar diferentes disponibilidades de substrato que em última instância vão determinar, favorecendo ou inibindo, o estabelecimento dos diferentes grupos microbianos (CARDOSO et al., 1992).

A inoculação de leguminosas com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* é prática comum no meio agrícola, poupando com isso o uso de adubos químicos nitrogenados. A simbiose leguminosa-bactéria permite transformar o N<sub>2</sub> atmosférico em NH<sub>3</sub> que pode ser aproveitado pela planta. Se as condições ambientais favorecem e a estirpe do rizóbio é eficiente, a planta não precisa ser adubada com fórmulas nitrogenadas.

A fixação biológica do nitrogênio (FBN), assim como outros processos biológicos, é diretamente influenciada por fatores abióticos como temperatura, umidade, presença de gases como CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, concentração de nitrogênio mineral no solo, presença de fósforo, acidez, presença de íons tóxicos como Al<sup>3+</sup> e Mn<sup>2+</sup> e presença de molibdênio assimilável no solo. As leguminosas geralmente não se adaptam a excessos de umidade. A textura do solo também contribui para com o sucesso na sobrevivência dos rizóbios no solo e seu potencial em fixar N<sub>2</sub> (MAHLER & WOLLUM, 1980).

Os fatores bióticos como adaptação da estirpe introduzida, competitividade com rizóbios nativos, presença de microrganismos competidores e/ou predadores que produzem toxinas e antibióticos podem influenciar diretamente no processo de fixação (TRINICK, 1982). Um experimento realizado no cerrado brasileiro demonstrou que a limpeza para cultivo do solo, seguida de incorporação de grande parte de resíduos vegetais, acarretou um aumento de actinomicetos chegando a perfazer 75 a 94% da comunidade microbiana total nesse solo, na fase inicial de cultivo. Actinomicetos podem ser antagonistas a *Bradyrhizobium japonicum* porque muitos podem produzir estreptomicina ou outros antibióticos. Constatou-se que apenas duas estirpes entre as testadas, 587 e 29W, foram capazes de sobreviver e efetivamente participar da FBN nesse tipo de solo (STOWERS & ELKAN, 1980).

Outros parâmetros do solo, tais como temperatura, umidade, concentração de nutrientes minerais, teor de matéria orgânica, etc, podem ainda ser profundamente afetados pelos tratamentos culturais e manejo das culturas (CASTRO, 1989; MUZILLI, 1983; CASTRO et al., 1987; LAL, 1975). Alterações provocadas pelo plantio direto e sistemas de rotação podem alterar as populações de bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> e também de outros microrganismos do solo, dada a grande variação na incorporação dos resíduos. Numa rotação o tipo de resíduo é alterado todo ano, diferente de um sistema contínuo, no qual se adiciona sempre o

mesmo material, o que pode trazer diferenças no equilíbrio dos microrganismos presentes neste solo.

Procurando avaliar os efeitos do sistema de plantio direto e de diferentes rotações de culturas na atividade da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* e de alguns microrganismos importantes na ciclagem de nutrientes do solo, montou-se um experimento em casa-de-vegetação, utilizando solo de um experimento de manejo conduzido durante oito anos no campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi montado em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-USP, em Piracicaba. O solo utilizado que se classifica como Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura argilosa, foi coletado de um experimento de sistemas de preparo do solo e rotação de culturas, conduzido durante oito anos no Centro Experimental de Campinas, do Instituto Agrônomo.

### 1. Sistemas de Manejo utilizados

Os tratamentos de campo, onde se coletaram as amostras de solo para montar o experimento na casa de vegetação, constam de dois sistemas de preparo do solo e quatro combinações de culturas de inverno/verão com soja, a saber:

Inverno	Verão	Preparo	
Aveia	rotação	Plantio Direto	PD AV-R
	c/milho	Plantio Convencional	PC AV-R
Crota-lária	rotação	Plantio Direto	PC CD-R
	c/milho	Plantio Convencional	PC CR-R
Aveia	soja	Plantio Direto	PD AV-C
	contínua	Plantio Convencional	PC AV-C
Crota-lária	soja	Plantio Direto	PD CR-C
	contínua	Plantio Convencional	PC CR-C
Mata		Plantio Convencional	Mata

Figura 1 - Quadro de tratamentos.

O solo da mata foi coletado próximo ao experimento, em área coberta com mata nativa.

As amostras de solo foram coletadas na

camada de 0-20 cm, fazendo-se uma amostra composta de 15 kg de terra de cada tratamento, após o corte da aveia preta e crotalária, sendo que nos tratamentos de plantio direto os restos de cultura que estavam na superfície foram guardados para posteriormente serem colocados sobre os vasos dos tratamentos correspondentes.

No caso do preparo convencional, os restos culturais foram incorporados ao solo.

## 2. Preparação do ensaio

Com cada uma das amostras de solo, correspondentes aos nove tratamentos, prepararam-se seis vasos de 2,0 kg de solo, sendo que nos tratamentos de plantio direto distribuíram-se 10 g de palha sobre o solo correspondente (equivalente a 4,0 t/ha de palha).

Reservou-se também de cada tratamento 1 kg de solo que foi conservado em geladeira para as determinações de microrganismos do solo e análise química. Antes da semeadura cada vaso recebeu o equivalente a 60 kg/ha de  $P_2O_5$  e 45 kg/ha de  $K_2O$  na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

No dia 12/9/90 fez-se a semeadura da soja (cultivar IAC-12) com 5 sementes por vaso. Dos seis vasos de cada tratamento, três receberam sementes inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum*, estirpe SEMIA 587.

Duas semanas após a germinação fez-se o desbaste, deixando uma planta por vaso.

## 3. Determinações na Planta

No início do florescimento, aos 35 dias após a germinação, fez-se a colheita das plantas.

Procedeu-se a coleta e contagem de nódulos que posteriormente foram secos a 65°C e pesados. Fez-se a pesagem do sistema radicular, apenas enxugando com papel toalha, pois este material seria utilizado para avaliação de colonização micorrízica.

A parte aérea foi seca em estufa a 65°C, pesada e finamente moída para determinação de nitrogênio pelo método de Kjeldahl, com digestão em ácido sulfúrico (MALAVOLTA et al., 1989).

## 4. Determinação de microrganismos do solo

A quantificação de bactérias e fungos totais foi realizada pela técnica de contagem de colônias em placa, após diluição do solo,

utilizando-se meio de Martin para fungos e meio de extrato de solo para bactérias.

Microrganismos celulolíticos amonificadores, nitrificadores e nitratores foram quantificados pela técnica do NMP (número mais provável), em tubos de cultura com cinco réplicas, fazendo-se diluição à extinção e utilizando os meios de cultura preconizados por PRAMER & SCHMIDT (1964).

A porcentagem de micorrização foi realizada pelo método de coloração de raízes (PHILLIPS & HAYMAN, 1970) e posterior determinação da colonização micorrízica (AMBLER & YOUNG, 1977).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química do solo estudado (TABELA 1) revela um acúmulo acentuado de matéria orgânica, fósforo e cátions trocáveis sob plantio direto, confirmando-se o que se observa na literatura para este sistema de preparo em relação ao convencional (MUZILLI, 1983; CASTRO et al., 1987; DE MARIA & CASTRO, 1989). A menor mobilização do solo neste sistema leva ao acúmulo de alguns nutrientes, especialmente fósforo que é menos imobilizado pelo complexo coloidal do solo.

Os dados da TABELA 1 revelam também que o teor de fósforo no sistema soja contínua é superior àquele obtido no tratamento onde se faz rotação com o milho. Isto certamente se deve ao fato de que no campo a soja recebe maior quantidade de fósforo que o milho e, na média dos anos, o tratamento com rotação soja/milho recebe menos fósforo que a soja contínua, confirmando observações já apresentadas por DE MARIA & CASTRO (1989).

Outro aspecto que chama atenção é o alto teor de matéria orgânica do solo da mata, mostrando que mesmo o sistema de plantio direto, onde há acúmulo de matéria orgânica, não consegue elevar o nível a valores que pelo menos se aproximem das condições iniciais deste solo.

### 1. Nodulação da soja

Na TABELA 2 são apresentados os dados relativos à avaliação de nodulação na soja.

Observa-se uma superioridade significativa dos tratamentos de plantio direto em rotação com o milho, considerando em conjunto os inoculados e não inoculados.

TABELA 1. Análise do solo para todos os tratamentos estudados.

Tratamento	MO	P	pH	K	Ca	Mg	H + Al	V%
	%	ppm		meq/100cc				
PD AV-R	3,1	55	5,6	0,22	4,0	1,4	1,9	74
PC AV-R	2,8	27	5,2	0,13	2,6	0,8	2,7	57
PD CR-R	3,0	44	5,3	0,13	3,1	1,1	2,4	64
PC CR-R	2,6	21	5,1	0,20	2,7	0,9	2,9	56
PD AV-C	3,3	93	6,2	0,28	6,3	1,9	1,8	82
PC AV-C	3,0	47	5,2	0,24	2,7	0,7	2,9	56
PD CR-C	3,0	39	5,9	0,23	6,6	1,7	1,7	82
PC CR-C	2,4	38	5,4	0,17	2,9	0,8	2,5	61
MATA	4,7	28	5,2	0,09	5,0	1,5	4,7	59

TABELA 2 - Número e matéria seca de nódulos por planta, matéria fresca de raízes (MF-raíz), matéria seca (MS-planta) e nitrogênio na parte aérea da soja, cultivada em vasos com solo sob diferentes sistemas de plantio. Médias de três repetições.

Tratamento	Nº de	MS-nódulos	MF-raíz	MS-planta	N planta
	nódulos		mg	g	
PD AV-R	51a*	533,7a	12,2a*	3,9a	3,76a
PD CR-R	37ab	501,2a	9,4ab	3,5ab	3,26b
PD AV-C	26bc	462,1ab	10,8ab	2,9ab	2,11b
PD CR-C	16bcd	427,7ab	9,2ab	3,1b	3,53a
PC CR-R	9cd	345,0abc	6,8bc	1,8c	4,34a
PC AV-R	5cd	206,7bcd	3,7c	1,3cd	3,92a
PC AV-C	3d	207,0bcd	3,7c	1,1cd	4,02a
PC CR-C	2d	138,0cd	3,4c	1,2cd	4,58a
MATA	1d	68,6d	3,4c	1,0d	3,76a
PD	32a	481,2a	10,4a	3,3a	3,16a
PC	5b	241,3b	3,5b	1,1b	4,07b
Rotação	25a	396,6a	6,8a	2,1a	3,29a
Contínuo	11b	308,7b	7,1a	2,4a	3,95b
Inoculado	14a	359,3a	7,1a	2,2a	3,88a
Não inoculado	19a	282,8a	6,8a	2,3a	3,51a

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (Tukey).

As diferenças ficam mais expressivas quando se compara o conjunto de tratamentos plantio direto contra o convencional e os tratamentos da rotação com o contínuo.

A nodulação e o peso total de nódulos por planta é significativamente maior no sistema de plantio direto. Isto pode ter ocorrido principalmente pelas diferenças de temperatura no solo dos vasos, observadas durante a condução do experimento. Por problemas no sistema de refrigeração da casa de vegetação, as temperaturas diurnas muito frequentemente chegaram a 48-50°C.

Determinações de temperatura nos vasos feitas com termômetro de inserção mostraram que, com a temperatura ambiente a 48°C, a 3 cm de profundidade, nos vasos de plantio direto era de 39°C, mas nos vasos de plantio convencional chegava a 48°C. Este menor aquecimento do solo no plantio direto se deve à cobertura morta que funciona como capa de proteção ao solo, efeito este já observado no campo (CASTRO, 1989).

Segundo FREIRE & KOLLING (1986), em espécies tropicais e subtropicais de leguminosas, incluindo a soja, a temperatura máxima para a FBN varia de 27-40°C, sendo essa amplitude devida a diferenças entre espécies e mesmo entre as próprias estirpes do rizóbio.

VIDOR et al. (1987) afirmam que o efeito da temperatura sobre a simbiose manifesta-se, praticamente, em todos os estádios de formação e funcionamento dos nódulos e que, de uma maneira geral, a faixa de temperatura para uma simbiose eficiente é mais estreita do que para um bom crescimento da leguminosa, quando suprida com nitrogênio combinado, acrescentando que a temperatura na zona radicular é mais importante para o processo.

O maior teor de matéria orgânica e fósforo no solo de plantio direto também pode ter favorecido esta melhor nodulação, embora os níveis no plantio convencional não sejam baixos, porém menores que no plantio direto. Estes dados estão de acordo com aqueles observados por VOSS & SIDIRAS (1984), os quais verificaram que a soja sob plantio direto, em dois locais no Paraná, apresentava até 2,5 vezes mais nódulos que a soja sob plantio convencional. Entretanto, às vezes, um número maior de nódulos é prejudicial à planta pois significa maior gasto de energia, só sendo benéfico quando corresponde a um aumento efetivo de nitrogênio na planta.

A sequência de culturas também afetou a nodulação da soja, pois a rotação com milho levou

a uma nodulação maior que a observada no solo de soja contínua.

A adição de restos de milho, com relação C/N alta, pode levar a períodos de menor disponibilidade de N no solo utilizado para decompor esta palha, o que estimularia uma melhor simbiose de *Bradyrhizobium* com a soja. É bem conhecido o efeito que o fertilizante nitrogenado tem em decrescer a nodulação e a fixação de N<sub>2</sub>. As diferentes formas de nitrogênio no solo inibem o início da fixação assim como seu desenvolvimento posterior. VALDÉS (1986) observou redução no número de nódulos de feijoeiro, especialmente na fase inicial de formação, quando cultivado em tratamentos com mais de 30 ppm de N-NO<sub>3</sub>.

Não houve efeito significativo da inoculação na produção de nódulos, mostrando que as populações de *Bradyrhizobium japonicum* do solo original deveriam estar com elevado potencial de inóculo, considerando que os solos não foram esterilizados, excetuando-se o solo de mata onde nunca fora plantada a soja. Entretanto, as condições estressantes acima descritas inibiram fortemente a nodulação em alguns dos tratamentos e provavelmente impediram o estabelecimento da estirpe inoculada.

O desenvolvimento das plantas foi superior no sistema de plantio direto (TABELA 2). Esse efeito pode ter sido devido à menor temperatura e maior homogeneidade da umidade no solo do plantio direto. Embora os vasos fossem regados diariamente, a cobertura morta no plantio direto permitiria menor evaporação de água do solo, enquanto que no convencional a variação hídrica era mais alta, refletindo em menor escala uma situação existente no campo (BLEVINS et al., 1971; CASTRO, 1989).

Com relação à umidade, VIDOR et al. (1987) mencionam que, para a simbiose, o teor ótimo de umidade situa-se em torno de 60-70% da capacidade máxima de retenção de água do solo. O excesso de umidade no solo limita o fornecimento de oxigênio para as plantas.

O suprimento de oxigênio é necessário para a formação e funcionamento dos nódulos, sendo essencial para assegurar respiração das raízes e do tecido nodular, ou seja, o fornecimento de energia. A análise de nitrogênio da parte aérea das plantas de soja (TABELA 2) mostra que, na análise individual, apenas os tratamentos crotalaria-rotação e aveia-rotação do plano direto se mostraram menores que os demais.

TABELA 3 - Populações microbianas do solo por grupos de preparo e manejo das culturas.

	Média	Rotação	Contínua	Aveia	Crotalária	Mata
Bactérias (*)	PD 1,4x10 <sup>6</sup>	2,3x10 <sup>7</sup>	5,0x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	8,0x10 <sup>6</sup>
	PC 9,0x10 <sup>6</sup>	3,0x10 <sup>6</sup>	1,5x10 <sup>7</sup>	8,0x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>	
Fungos (*)	PD 4,3x10 <sup>4</sup>	4,5x10 <sup>4</sup>	4,0x10 <sup>4</sup>	4,5x10 <sup>4</sup>	4,0x10 <sup>6</sup>	3,0x10 <sup>4</sup>
	PC 2,7x10 <sup>5</sup>	3,0x10 <sup>4</sup>	5,0x10 <sup>5</sup>	3,2x10 <sup>5</sup>	2,2x10 <sup>7</sup>	
Celulolíticos (**)	PD 2,3x10 <sup>7</sup>	2,1x10 <sup>6</sup>	2,4x10 <sup>6</sup>	2,9x10 <sup>6</sup>	1,6x10 <sup>6</sup>	7,0x10 <sup>4</sup>
	PC 1,7x10 <sup>4</sup>	1,6x10 <sup>4</sup>	1,7x10 <sup>4</sup>	1,6x10 <sup>4</sup>	1,7x10 <sup>4</sup>	
Amonificadores (**)	PD 1,5x10 <sup>7</sup>	1,4x10 <sup>7</sup>	1,7x10 <sup>7</sup>	1,6x10 <sup>7</sup>	1,5x10 <sup>7</sup>	2,5x10 <sup>6</sup>
	PC 9,0x10 <sup>6</sup>	1,1x10 <sup>7</sup>	6,0x10 <sup>6</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>	7,0x10 <sup>6</sup>	
Nitritadores (**)	PD 2,3x10 <sup>5</sup>	2,8x10 <sup>5</sup>	1,6x10 <sup>5</sup>	1,7x10 <sup>5</sup>	2,7x10 <sup>5</sup>	2,5x10 <sup>5</sup>
	PC 2,3x10 <sup>5</sup>	2,9x10 <sup>5</sup>	1,5x10 <sup>5</sup>	1,6x10 <sup>5</sup>	2,8x10 <sup>5</sup>	
Nitratadores (**)	PD 6,0x10 <sup>5</sup>	2,0x10 <sup>5</sup>	1,0x10 <sup>6</sup>	7,0x10 <sup>5</sup>	6,0x10 <sup>5</sup>	5,0x10 <sup>5</sup>
	PC 7,0x10 <sup>5</sup>	7,0x10 <sup>5</sup>	8,0x10 <sup>5</sup>	1,1x10 <sup>6</sup>	4,0x10 <sup>5</sup>	

(\*) UFC/g de solo; (\*\*) Número de microrganismos/g de solo; PD = Plantio Direto; PC = Plantio Convencional

Na análise conjunta, verificou-se que as plantas do plantio convencional apresentaram maior teor de N na parte aérea que as do plantio direto.

A nodulação da soja em solo do plantio convencional foi menor e é possível que a mais rápida decomposição dos resíduos neste sistema tivesse deixado o N mais rapidamente disponível no solo, resultando em maior absorção pela planta.

Outra causa da diferença entre preparos pode ser o menor porte das plantas no plantio convencional e mata, aumentando a concentração de N na parte aérea, caracterizando o chamado efeito diluição em plantas mais desenvolvidas. Na comparação de tratamentos rotação e contínuo, o N da soja neste último foi significativamente maior que o da rotação.

Neste caso, o efeito pode ter sido devido ao tipo de resíduo deixado no solo pelas culturas de verão, visto que os restos das culturas de inverno pouca influência devem ter causado no experimento, pois foram incorporados poucos dias antes do plantio.

A adição de restos de milho no tratamento rotação leva a um consumo de N assimilável para decompor estes restos de alta relação C/N, resultando em menor quantidade de N do solo disponível à planta. No tratamento contínuo os resíduos de soja são mais facilmente decompostos pela menor relação C/N, levando a uma maior quantidade de N no solo. O nitrogênio do solo se sobrepôs ao N fixado por *Bradyrhizobium* visto que, embora as plantas do plantio direto e sistema com rotação apresentassem maior número de nódulos, apresentaram menor porcentagem de N na planta. Calculando-se, porém, a quantidade de N total absorvido e acumulado nas plantas, destaca-se a superioridade do plantio direto.

## 2. Determinação de microrganismos do solo

No que se refere à quantificação da microbiota em solos sob diferentes tipos de manejo, pareceu conveniente, diante das condições do trabalho, uma avaliação de transformações

microbianas mais especificamente relacionadas ao ciclo do nitrogênio, de microrganismos decompositores de celulose e também de possíveis relações simbióticas da soja com fungos micorrízicos.

Nas amostras que foram guardadas em geladeira no início do experimento, determinou-se por diluição e contagem o total de microrganismos no solo, para fungos (meio de Martin) e bactérias (meio extrato de solo). Os valores obtidos (TABELA 3) para os diferentes tipos de manejo apresentam-se na mesma ordem de grandeza, próximos a  $10^7$  bactérias/g de solo, independentemente do tipo de manejo aplicado. Para fungos ocorreu até uma ligeira tendência a favor do plantio convencional. Ocorreram ainda, valores semelhantes para os dois tipos de manejo nos microrganismos amonificadores, nitrificadores e nitrificadores.

Uma comparação entre o plantio direto e convencional (TABELA 3) demonstra de maneira mais clara a não existência de diferenças acentuadas entre um e outro tipo de manejo para esses grupos.

Quanto aos microrganismos celulolíticos observaram-se diferenças expressivas (de perto de 100 até mais de 1000 vezes) quando comparando os sistemas com plantio direto e os convencionais, não se verificando diferenças dentro de cada um desses grupos.

As populações mais numerosas de microrganismos celulolíticos no plantio direto devem ser devidas a não incorporação da palha, que, mantida na superfície, se decompõe mais lentamente, mantendo esse substrato de carbono por período prolongado.

Já no plantio convencional o enterrio da planta facilita a degradação por estes mesmos microrganismos, acabando mais rapidamente com o substrato e, com isso, as populações caem a níveis mais baixos.

A porcentagem de colonização micorrízica, determinada por coloração e quantificação da colonização radicular da soja, de modo geral foi muito baixa, variando de 0 a 5%.

Há de se considerar que os solos trabalhados, independentemente do manejo, tinham concentrações elevadas de fósforo disponível, talvez suficientes para inibir o processo de micorrização.

Quando se fez a média de colonização por grupo de manejo, observou-se que o plantio direto

apresentava os valores ligeiramente mais elevados se comparada ao convencional, o que pode ser reflexo, como na nodulação, da temperatura do solo, mais baixa neste tratamento com palha na superfície.

Outra hipótese possível é que as plantas, colhidas aos 35 dias de idade, ainda estivessem no início do processo de infecção das raízes, fase esta que seria certamente seguida por uma fase logarítmica, o que não foi possível verificar.

O estudo ecológico do solo apresenta complicações ainda não solucionadas pelos pesquisadores. Ele deve abranger não só a quantificação das populações, mas também das possíveis substâncias oriundas das inúmeras transformações biológicas (por exemplo, fenóis, ácidos orgânicos, etc.) ocorridas no solo.

Nessas determinações de microrganismos devemos considerar que elas refletem a situação populacional de um dado momento, servindo para comparar os tratamentos apenas no instante da coleta destas amostras.

No caso presente isto se refere ao preparo do solo para a cultura de verão. Resultados mais abrangentes e que permitam uma correlação dos diferentes tipos de manejo de solo com a fixação biológica de nitrogênio podem ser obtidos com determinações periódicas ao longo da cultura. A temperatura ambiente, embora seja um fator externo, teve atuação decisiva nos resultados. Em ambiente de temperatura controlada ou em condições de campo, os resultados poderiam ser diferentes.

## CONCLUSÕES

- O sistema de plantio direto e a rotação com milho levaram a uma maior nodulação da soja;
- o sistema soja contínua levou a teores de N mais altos na soja que a rotação com milho;
- no sistema de plantio direto havia maiores populações de microrganismos celulolíticos no momento do preparo do solo para a cultura de verão, não havendo diferenças marcantes para os outros tipos de microrganismos estudados;
- o sistema de manejo tem, de fato, uma influência sobre o número e a atividade de alguns segmentos da microbiota do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBLER, J.R.; YOUNG, J.L. Techniques for determining root length infected by vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.41, p.551-556. 1977.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.91-98, 1990.
- BLEVINS, R.L.; COOK, D.; PHILLIPS, S.H.; PHILLIPS, R.E. Influence of no-tillage on soil moisture. *Agronomy Journal*, Madison, v.63, p.593-596, 1971.
- CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (coord.). *Microbiologia do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas. 360 p. 1992.
- CASTRO, O.M. de. **Preparo do solo para a cultura do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 41p.
- CASTRO, O.M. de.; CAMARGO, O.A. de.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F.; CANTARELLA, H. **Caraterização química e física de dois latossolos em plantio direto e convencional**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 23p. (Boletim Científico, 11).
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. de. Distribuição de fósforo e potássio no solo em diferentes sistemas de manejo do solo na cultura de milho. (Resumo). In: FANCELLI, A.L. (coord.). **Plantio direto no Estado de São Paulo**, Piracicaba, FEALQ/ESALQ/USP, 1989. p.173.
- FREIRE, J.R.J.; KOLLING, J. Alguns tópicos sobre o manejo para maximização da fixação do N<sub>2</sub> pela simbiose *Rhizobium/Leguminosas*. XII REUNIÃO LATINO-AMERICANA SOBRE *RHIZOBIUM*, 12., 1984, Campinas, *Anais...* Campinas: Instituto Agrônômico, 1986. p.461-475.
- LAL, R. **Rate of mulching techniques in tropical soil and water management**. Ibadan, IITA, 1975. 38p. (Bulletin n.1).
- MAHLER, R.L. e WOLLUM, A.G. Influence of water potential on the survival of rhizobia in agoldsboro loamy sand. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.44, p.988-992, 1980.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas - Princípios e aplicações. *Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato*. (Ed.). Piracicaba, 1989. 201p.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.
- PHILLIPS, S.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Society*, London, v.55, p.158-161, 1970.
- PRAMER, D.; SCHMIDT, E.L. *Experimental Soil Microbiology*. Burgess Publishing. Minneapolis, Minnesota. 1964. 107p.
- STOWERS, M.D.; ELKAN, G.H. Criteria for selecting infective and efficient strains of *Rhizobium* for use in tropical agriculture. Durham: North Carolina Central University, 1980, 73p. (NCARS. Technical Bulletin n. 264).
- TRINICK, M.J. Competition between shizobial strains for nodulation. In: VINCENT, J.M., ed. **Nitrogen fixation in legumes**. Sidney: Academic Press, 1982. p.229-238.
- VALDÉS, M. Factores del suelo limitantes de la fijación biológica de N<sub>2</sub>. In: REUNIÃO LATINO-AMERICANA SOBRE *RHIZOBIUM*, 12., 1986, Campinas. *Anais...* Campinas: Instituto Agrônômico, 1986. p.556-558.
- VIDOR, C.; KOLLING, J.; FREIRE, J.J.R.; SCHOLLES, D.; BROSE, E.; PEDROSO, M.M.T. Fixação biológica de nitrogênio pela simbiose entre *Rhizobium* e leguminosas. Porto Alegre: IPAGRO, 1987. 51p. (Boletim técnico, 11).
- VOSS, M.; SIDIRAS, N. O plantio direto e a nodulação da soja. Londrina: EMBRAPA/CNPSoja, 1984. 16p. (Boletim do Plantio Direto, 8).

---

Trabalho enviado para publicação em 28.08.92

Trabalho aceito para publicação em 02.02.93