



MANEJO DO SOLO E RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA O ESTADO DO ACRE

Editor técnico
Paulo Guilherme Salvador Wadt

Embrapa

Capítulo 4

A Biota do Solo e Processos Relevantes num Novo Contexto da Agricultura

Adriana Maria de Aquino
Eliane Maria Ribeiro da Silva
Orivaldo Saggin Junior
Norma Rumjanek
Helvécio De-Polli
Veronica Massena Reis

Introdução

A biota do solo compreende os microrganismos (bactérias, fungos, actinomicetos) e todos os invertebrados (insetos, minhocas, etc.) que são componentes permanentes do solo, junto com aqueles que regularmente passam uma ou mais fase ativa do seu ciclo de vida no solo ou na serapilheira. O papel desses organismos em sistemas agrícolas está relacionado com a decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos, transformação de nutrientes inorgânicos, destoxicação e degradação de agrotóxicos, estruturação do solo, supressão de pragas e doenças, produção de substâncias estimuladoras do crescimento e estabelecimento de relações simbióticas.

O grau em que a biota do solo opera na agricultura depende da intensidade das práticas agrícolas. Quanto mais simplificado o sistema, menos diverso, maior a entrada de insumos externos e maior a dependência pelos processos biológicos específicos, como por exemplo, a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN). Nesse caso, interessa otimizar as relações entre o organismo específico e determinada planta para aumentar a eficiência do processo e, conseqüentemente, a produtividade. É muito comum entre os cientistas discussões relacionadas com biodiversidade e estabilidade, mas que na realidade não se aplicam a esses sistemas e sim aos sistemas naturais e agrícolas mais complexos.

Entende-se por sistemas agrícolas mais complexos, os sistemas agroflorestais e os agroecológicos, incluindo aqui o manejo orgânico e o plantio direto, que se caracterizam pela menor perturbação física do ambiente solo, pela maior biodiversidade, por meio da rotação de culturas, pela menor entrada de insumos externos e, principalmente, pelo incremento da matéria orgânica no solo. Essas mudanças no cenário da agricultura alteram a comunidade dos organismos que vivem no solo, criando melhores condições para o seu estabelecimento e desenvolvimento, o que é muito importante, pois os sistemas mais complexos são mais dependentes dos processos biológicos.

Nesse novo cenário da agricultura, além dos desafios que antes existiam relacionados com a eficiência simbiótica tanto de fungos micorrízicos, quanto de bactérias fixadoras de nitrogênio, existe o desafio de realizar estudos multidisciplinares para entendimento dos processos mais complexos, e que agora ocorrem em nível de comunidade e não somente de indivíduos específicos. Um dos exemplos bem característicos refere-se ao controle de pragas e doenças em sistemas de produção orgânica, em que esse controle não pode ser relacionado somente ao organismo alvo e sim ao manejo que determinou o desequilíbrio das comunidades acarretando o declínio dos predadores e o desequilíbrio nutricional das plantas, tornando-as mais vulneráveis.

Os novos modelos de produção agrícola mais complexos são fonte de inspiração para uma

agricultura sustentável, mas, ainda são necessários muitos estudos para entender o funcionamento desses sistemas e o melhor aproveitamento dos serviços ecológicos prestados pelos organismos do solo.

Procurou-se neste capítulo realizar uma abordagem ampla de alguns componentes da biota do solo, processos associados e aplicação prática, sem contudo esgotar o assunto.

A Biomassa Microbiana e sua Implicação no Manejo do Solo

Os microrganismos que habitam o solo são relevantes em vários aspectos e estão relacionados à formação do solo, ciclagem de nutrientes e de gases do efeito estufa, biorremediação, ao controle biológico da proteção vegetal, à produção de substâncias que favorecem o desenvolvimento vegetal (fatores de crescimento) e de substâncias com aplicação industrial como os antibióticos.

O solo abriga um número imenso de microrganismos, podendo ser encontrados 3×10^8 bactérias e 200 m de hifas de fungos por grama de solo, por exemplo. A diversidade desses microrganismos é muito grande e mais recentemente os métodos moleculares aplicados à ecologia microbiana têm ajudado a compreender as dimensões dessa grandeza, pois indicam que somente 1%-3% dos microrganismos do solo são conhecidos, ou seja, já foram isolados em meio de cultura e classificados, estando passível de manipulação em cultura pura.

No grupo das bactérias estão incluídas as cianobactérias (algas verde-azuladas) e os actinomicetos. Esses organismos são procarióticos, ou seja, possuem célula sem núcleo organizado, o material nuclear (cromossomo) encontra-se difuso no citoplasma e ausência de membrana nuclear. Todos os demais grupos possuem célula eucariótica, ou seja, com núcleo contendo membrana nuclear. As bactérias, fungos, algas e protozoários pertencem ao reino protistas.

Embora os métodos clássicos pautem pelo aspecto do isolamento do microrganismo em meio de cultura, parte da aplicação do estudo da microbiologia do solo pode ser realizada por meio do entendimento da atividade bioquímica desses microrganismos e interpretações a partir dos produtos do metabolismo. Nesse contexto, a microbiologia do solo pode ser vista como o estudo dos organismos dos processos a eles relacionados e suas aplicações agroindustriais e ambientais.

Uma abordagem para medições dos microrganismos do solo é o seu estudo em uma forma agregada, ou seja, considerando-se todo o conjunto como uma “caixa preta” que é chamada de biomassa microbiana do solo (BMS). Esta biomassa é a parte viva da matéria orgânica do solo com dimensão individual de aproximadamente $5 \cdot 10^3 \mu\text{m}^3$. Em princípio estão excluídas as raízes, parte da microfauna, a meso e a macrofauna. A BMS é um compartimento importante na transformação da matéria orgânica, no ciclo de nutrientes e no fluxo

de energia (Jenkinson & Powlson, 1976; De-Polli et al., 2000). A quantificação da biomassa microbiana é uma metodologia auxiliar para estudos da dinâmica dos microrganismos e ciclagem de nutrientes. A diversidade microbiana encontrada na vida do solo estaria supergeneralizada nesse componente e naturalmente deve ser estudada por outras metodologias.

Carbono e vários dos nutrientes importantes para a produção vegetal como N, P, S, Fe participam de transformações mediadas por microrganismos do solo. A matéria orgânica do solo tem sua constituição e durabilidade governadas fortemente por processos da microbiota. São três as situações que ilustram a entrada ou saída de nutrientes, com as caixas simbolizando a biomassa microbiana (Fig. 1).

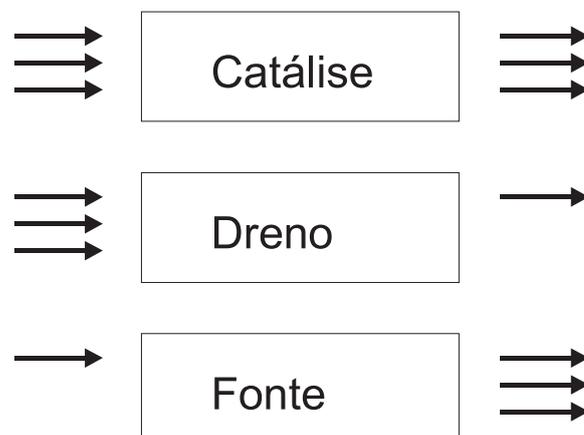


Fig. 1. Representação esquemática dos processos de transformação da matéria orgânica pela biomassa microbiana.

Na situação de catálise a biomassa microbiana transforma o material que recebe e libera substâncias transformadas, porém a quantidade de massa total recebida é igual a liberada, não havendo imobilização de nutrientes e substâncias na biomassa microbiana, ou seja, a biomassa microbiana não ganha nem perde massa nesse caso. Quando a BMS atua como dreno recebe mais massa do que fornece ao ambiente, assim ela aumenta, imobilizando nutrientes. Quando atua como fonte, parte do material acumulado no corpo microbiano é liberada ao ambiente, sendo o caso típico desse evento a mineralização de nutrientes que é benéfica ao crescimento vegetal. Além do acúmulo de nutrientes no corpo dos microrganismos vivos, a matéria orgânica morta é um grande reservatório de nutrientes sobre o qual atua a BMS e outros componentes da biota do solo no sentido da imobilização ou mineralização (Fig. 2).

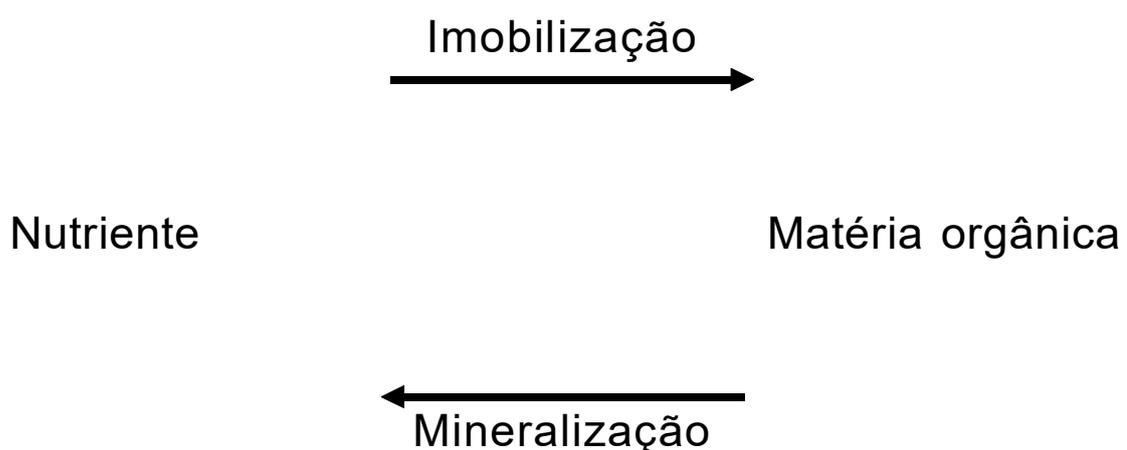


Fig. 2. Ciclagem de nutrientes a partir da matéria orgânica.

Os resultados desses processos interessam à produção agrícola, à conservação do solo e ao controle dos principais gases do efeito estufa (CO_2 , N_2O , CH_4) responsáveis pelo aquecimento da atmosfera. A agricultura tem potencial no processo de mitigação do efeito estufa, se boas práticas de manejo forem empregadas, caso contrário se mantém como fonte de gases promotores do aquecimento global.

A BMS não é uma estimativa da atividade dos microrganismos, mas sim da massa microbiana viva total do solo, com base na concentração de algum elemento ou de alguma substância celular ou diretamente por mensurações microscópicas (De-Polli & Guerra, 1999). Naturalmente, essa biomassa pode ser medida e expressa em diferentes formas, sendo a respiração microbiana a atividade da biomassa mais comumente mensurada. A BMS tem sido largamente referenciada em termos do conteúdo de carbono da biomassa microbiana (C_{BMS}) por massa de solo (Jenkinson & Powlson, 1976; Tate et al., 1988; Vance et al., 1987). Embora sejam comuns valores de BMS correlacionando-se bem com valores de C orgânico total do solo, a vantagem de se medir também a BMS é decorrente de sua maior sensibilidade às mudanças no conteúdo de matéria orgânica do solo em curto prazo do que a determinação de C orgânico total (C_{org}) (Jenkinson & Rayner, 1977; Powlson et al., 1987). Uma relação simples de ser obtida é a relação $C_{\text{BMS}}/C_{\text{org}}$, em geral expressa em porcentagem, que pode indicar alterações em ecossistemas com interferência

antrópica (Insam & Domsch, 1988) e quanto maior essa relação dentro de um mesmo solo, mais intensa é a dinâmica da matéria orgânica (Garcia et al., 1997). A relação $C_{\text{BMS}}/C_{\text{org}}$ também pode ser maior em solos com maiores teores de N total (Gama-Rodrigues, 1992), mesmo em solos sob diferentes práticas de cultivo (cultivos sucessivos e pousios de diferentes idades). A relação C/N da própria biomassa microbiana também pode ser um indicativo da eficiência dessa biomassa em imobilizar C ou N.

O solo tem um largo número de enzimas relacionadas ou não a sua microbiota. As enzimas livres que ocorrem no solo estão freqüentemente imobilizadas às partículas orgânicas e inorgânicas do solo, sendo incerta a correlação dos valores da atividade enzimática com a biota total do solo (Paul & Clark, 1996). A atividade enzimática mostra a dinâmica de uma enzima específica, porém oferece uma visão em mais detalhe do que a respiração do solo, que é abrangente para todos os microrganismos. As enzimas mais utilizadas como indicadores têm sido a urease, fosfatase, desidrogenase e a celulase. A atividade da desidrogenase e a respiração microbiana mostram boa correlação quando fontes externas de C são adicionadas ao solo (Tabatabai, 1994). A perda de massa de celulose adicionada (papel de filtro, algodão) é uma técnica extremamente simples indicativa de atividade celulolítica que pode ser usada para monitoramento de manejo do solo (Bezerra, 2002). Devido a sua alta variabilidade, um maior número de repetições deve ser utilizado.

Medidas da respiração têm ganho maior atenção devido à importância das trocas de CO₂ do solo com a atmosfera nos estudos de mudança climática. A respiração do solo pode ser medida tanto em condição de campo (Ferreira, 2000) como em amostras de solo incubadas em laboratório (Gonçalves et al., 2002; Stoyan et al., 2000). Embora menos padronizada entre os diferentes laboratórios, a determinação da respiração do solo *in situ* é possível com metodologia relativamente simples, oferecendo informações importantes para avaliar a atividade geral da biomassa microbiana do solo e o efeito do clima e manejo. As medidas de respiração do solo caracterizam-se por serem rapidamente responsivas a alterações no ambiente, porém, devido à alta variabilidade espacial (Stoyan et al., 2000) e dificuldades de interpretação, têm sido menos usadas em estudo relacionado com manejo. Quando relacionadas à biomassa microbiana e ao tempo de incubação, denominando-se respiração específica ou quociente metabólico qCO₂ (Anderson, J. P. E. & Domsch, 1985; Anderson, T. H. & Domsch, 1990), apresentam interpretação mais tangível com situações de manejo agrícola.

$qCO_2 = \text{respiração} / \text{biomassa microbiana} \cdot \text{tempo}$

ou

$qCO_2 = \frac{C - CO_2}{C_{BMS}} \cdot \text{tempo}$

Muitas dessas medidas objetivam compreender os processos de formação e mineralização dos vários compartimentos da matéria orgânica do solo,

possibilitando um melhor entendimento da sua dinâmica (Parkinson & Coleman, 1991). O qCO_2 diminui com a proximidade do estado de equilíbrio do ambiente solo, podendo ser usado para definir e quantificar mais claramente a atividade microbiana (Insam & Domsch, 1988) e para caracterizar os riscos de empobrecimento dos solos em termos de matéria orgânica. Assim, à medida que uma determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos C é perdido como CO_2 pela respiração e uma fração significativa é incorporada ao tecido microbiano. Dessa forma, uma biomassa microbiana “eficiente” teria menor taxa de respiração em relação a uma biomassa “ineficiente” e, de um modo geral, solos com qCO_2 baixo ($qCO_2 = 4 \text{ mgC-CO}_2/\text{gC}_{\text{BMS}}\cdot\text{h}$ para Argissolo Vermelho-Amarelo, por exemplo) estão próximos do estado de equilíbrio (Gama-Rodrigues & De-Polli, 2000). Os cálculos do qCO_2 associados aos de biomassa microbiana, C orgânico, N mineral e qualidade da serrapilheira mostram ser indicadores sensíveis para aferir a dinâmica do C e N em diferentes coberturas (Gama-Rodrigues et al., 1997), embora outros autores (Anderson & Domsch, 1993; Wardle, 1993) proponham a utilização do qCO_2 como um índice metabólico para avaliar o efeito das condições de estresse (diminuição da quantidade de matéria orgânica, redução dos níveis de nutrientes e aumento nos teores de C orgânico recalcitrante) sobre a atividade e biomassa microbiana.

O qCO_2 oferece uma possibilidade de interpretação atual do estado do uso de substrato pela BMS e

eventual prognóstico sobre o destino da conservação da matéria orgânica do solo. Esse é um aspecto que interessa muito ao manejo conservacionista do solo, principalmente com a possibilidade, em tese, de prognóstico. Embora a comunidade científica ainda não tenha estabelecido qual seria a calibração para essa variável, com base na experiência e extrapolando dados de Pimentel (2001), pode-se entender essa relação na seguinte escala de referência para um Argissolo Vermelho-Amarelo da região centro-sul brasileira, em condição de equilíbrio (cobertura floresta nativa ou solo agrícola com manejo orgânico):

Respiração = 1 mgC-CO₂/kg solo.h

BMS = 250 mgC/kg solo

qCO₂ = 4 mgC-CO₂/gC_{BMS}.h

Esse mesmo solo em processo inicial de degradação devido ao manejo agrícola pode ter valores de respiração mais elevados, menor biomassa e, conseqüentemente, maior qCO₂, ocasionando desequilíbrio com perda de matéria² orgânica:

Respiração = 3 mgC-CO₂/kg solo.h

BMS = 150 mgC/kg solo

qCO₂ = 20 mgC-CO₂/gC_{BMS}.h

Propõem-se valores de $q\text{CO}_2 = 4 \text{ mgC-CO}_2/\text{gC}_{\text{BMS}}\cdot\text{h}$, para uma situação considerada sustentável, e $q\text{CO}_2 = 20 \text{ mgC-CO}_2/\text{gC}_{\text{BMS}}\cdot\text{h}$, para uma situação de solo em início de degradação, como uma referência ou balizador na comparação com dados de futuras investigações em condições diversas.

Micorrizas

A elevada acidez associada à alta saturação de alumínio, baixa disponibilidade de nutrientes e elevada capacidade de adsorção de fósforo são limitações que ocorrem em muitos dos solos tropicais. Assim, quantidades relativamente elevadas de fertilizantes fosfáticos são requeridas para o cultivo desses solos.

Devido à baixa fertilidade natural dos solos e aos altos preços dos fertilizantes industrializados, tem se dado ênfase ao estudo das associações de plantas com microrganismos que favoreçam o aproveitamento de nutrientes em meio com baixa disponibilidade dos mesmos. Pesquisas agrônômicas na última década têm mostrado que as limitações à produção na região tropical são melhor evitadas por meio de tecnologias baseadas em processos biológicos (Sieverding, 1991). Nesse contexto, serão evidenciadas as associações simbióticas mutualistas denominadas micorrizas.

Micorrizas, palavra composta pelos radicais gregos “mykes”, fungo, e “rhizae”, raízes, designa associações simbióticas mutualistas entre fungos do solo e raízes de plantas, que surgiram com plantas terrestres há cerca de 400 milhões de anos.

Essas associações ocorrem praticamente em todos os ecossistemas terrestres e a condição de raiz não associada é exceção na natureza (Harley, 1989). A ausência dessa simbiose é considerada um evento de evolução recente entre os vegetais, pois está restrito a poucas famílias ou divisões taxonômicas de nível inferior à família (Trappe, 1987). Entre essas exceções estão as famílias Brassicaceae, Caryophyllaceae e Chenopodiaceae e alguns representantes das famílias Commelinaceae, Juncaceae, Proteaceae, Cupressaceae, Cyperaceae, Polygonaceae, Resedaceae, Urticaceae, Amaranthaceae e Portulacaceae (Harley & Smith, 1983).

A maioria das angiospermas, gymnospermas e pteridófitas e numerosas briófitas formam micorrizas, entretanto, as micorrizas formadas por combinações de diferentes filos de fungos com diferentes grupos de plantas hospedeiras são distinguíveis morfologicamente, originando tipos anatômicos e funcionais de micorrizas conhecidas como micorrizas arbusculares, ectomicorrizas, ectendomicorrizas, micorrizas arbutóides, micorrizas ericóides e micorrizas orquidóides. Neste capítulo, serão consideradas apenas as micorrizas arbusculares, pertencentes ao filo Glomeromycota (Schübler et al., 2001) devido a sua grande importância para os ecossistemas tropicais, nos quais são as mais comuns, e também por serem as mais comuns entre as plantas com uso agrícola ou entre as plantas de forma geral.

Os efeitos dos fungos que formam as micorrizas arbusculares (MAs) na utilização de fósforo e crescimento das plantas têm sido avaliados em algumas culturas de interesse econômico, visando minimizar os seus custos e maximizar a eficiência de utilização dos fosfatos.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aumentam a área explorada pelo sistema radicular, favorecendo o melhor uso do fósforo presente no solo. Plantas não micorrizadas ou mesmo colonizadas por FMAs ineficientes, crescendo em condições de baixa disponibilidade de fósforo, em geral, necessitam de mais fertilizante fosfático do que plantas eficientemente micorrizadas.

As leguminosas associam-se com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, e estes, ao favorecerem um melhor aproveitamento de fósforo do sistema, indiretamente contribuem para aumentar a eficiência na fixação de nitrogênio pelas bactérias (Moreira & Siqueira, 2002).

A aplicação de MA, em larga escala, na agricultura é ainda restrita, por esses microrganismos serem biotróficos obrigatórios, o que limita a produção de inóculo. Porém, sua utilização em culturas que passam pela fase de viveiros é viável. Nas culturas que não possuem essa característica, é importante conhecer a influência das diversas práticas agrícolas na população de fungos nativos, visando manejá-los adequadamente.

A Embrapa Agrobiologia tem utilizado a técnica de recuperação de áreas degradadas com leguminosas noduladas com rizóbio e colonizadas com fungos micorrízicos. A técnica consiste em produzir mudas bem noduladas e micorrizadas que são transplantadas para o campo com altura entre 20 e 30 cm. A inoculação com rizóbio é feita com estirpes previamente selecionadas e com inoculante à base de turfa; para fungos MAs, as mudas recebem um grama de inóculo misto contendo substrato, esporos, micélio e raízes colonizadas. As etapas para a formação dessas mudas são mostradas em Franco et al. (1992). Em geral, em áreas a serem recuperadas, a população de fungos micorrízicos nativos é baixa devido à remoção dos horizontes superficiais, o que facilita o estabelecimento do fungo inoculado na fase de formação das mudas, favorecendo a fase inicial das plantas no campo. Vários aspectos estão envolvidos na inoculação de fungos micorrízicos em espécies usadas para a recuperação de áreas degradadas, destacando o efeito benéfico da associação micorrízica na fixação biológica de nitrogênio em espécies de leguminosas arbóreas (Souza & Silva, 1996).

Outra área de aplicação de MA é a que envolve a micropropagação de plantas que constitui importante componente da biotecnologia agrícola. As espécies micropropagadas têm usos diversos, variando de flores a porta-enxerto de fruteiras, ou como espécies florestais. Tem-se verificado maior crescimento de porta-enxertos de videira inoculados na fase pós-

vitro (Ravolanirina et al., 1989), mesmo sendo a porcentagem de colonização equivalente à inoculação precoce realizada in vitro.

A inoculação com MA no início da fase de enraizamento tem sido válida para grande número de plantas de importância econômica como a macieira (Branzanti et al., 1992), a pereira (Gianinazzi et al., 1985) e a bananeira (Declerck et al., 1995). O efeito benéfico da colonização com MA foi observado no campo com abacaxizeiro (Matos & Silva, 1996), videira (Ravolanirina et al., 1989) e morangueiro (Vestberg, 1992).

O conhecimento e a experiência acumulados demonstraram que a associação micorrízica deve ser usada na produção de plantas micropropagadas saudáveis que sejam capazes de superar estresses e que assegurem crescimento adequado mesmo diante de condições adversas (Lovato et al., 1996).

Um exemplo de sucesso da inoculação com MAs, viável em solos de baixa fertilidade, refere-se ao cafeeiro (Saggin-Júnior & Siqueira, 1996). Mudas dessa cultura devem ser inoculadas com isolados regionais de *Glomus etunicatum* selecionados ou com *Gigaspora margarita* que também ocorre em cafeeiros da região de Lavras-MG, cuja eficiência simbiótica foi demonstrada para essa cultura (Lopes, 1980).

A inoculação de mudas de cafeeiro resultou em aumento médio de produtividade de 60% nos três primeiros anos em diversos estudos de campo em áreas de cerrado em Minas Gerais, o que equivale a

7 sacas de 60 kg de café beneficiado ha⁻¹ ano⁻¹. Embora não se conheçam os custos exatos da inoculação nas condições brasileiras, o processo é economicamente viável (Moreira & Siqueira, 2002), pois considerando custos da ordem de US\$ 5,00 para cada mil mudas, as despesas com a inoculação representariam cerca de US\$ 12,50 ha⁻¹, no caso do cafeeiro no Brasil. Saggin-Júnior & Siqueira (1996) fornecem maiores informações sobre MAs em cafeeiro.

Independente da planta ser inoculada, o desempenho de diversos isolados fúngicos selecionados para inoculação deve ser avaliado sob diferentes níveis de fósforo porque quanto mais ampla for a faixa de fósforo no solo em que o fungo mantém a simbiose mutualista, maior é sua eficiência e seu potencial de uso. Essa eficiência pode ser estimada relacionando-se o benefício que o isolado promove à planta (benefício micorrízico) com o benefício que a planta não inoculada obtém da adição de fósforo (benefício do P). Os valores desses benefícios podem ser estimados pelo cálculo diferencial entre a curva de resposta ao P da planta com e sem o fungo (Saggin-Júnior & Siqueira, 1996).

Para culturas que não passam pelo viveiro, é importante considerar as práticas de consorciação de espécies (Osonubi et al., 1995) e rotação de culturas, nas quais espécies que não formam associações com FMA não devem preceder culturas altamente dependentes da associação e que não passam pela fase de viveiro, necessitando portanto dos propágulos nativos do solo para a colonização e produção.

Fixação Biológica de Nitrogênio em Leguminosas

Bactérias do grupo rizóbio são capazes de induzir a formação de nódulos nas raízes ou nos caules de grande parte das leguminosas nas quais se encontram colonizando as células dessas estruturas. Essa simbiose é resultado de uma intensa troca de sinais moleculares entre os dois parceiros caracterizando diferentes níveis de especificidade, ou seja, algumas leguminosas são noduladas por uma gama ampla de grupos de rizóbio e outras por poucos grupos (Schultze, 1994). O rizóbio possui um complexo enzimático, a nitrogenase, que é capaz de fixar o nitrogênio atmosférico (FBN). Normalmente só está plenamente ativo quando a bactéria se encontra dentro das células do nódulo, onde recebe esqueletos de carbono provenientes da fotossíntese. Em contrapartida, parte do nitrogênio fixado que se encontra sob a forma de amônia é disponibilizada para a planta, sendo inicialmente assimilada pela glutamina sintetase. Existem outras vias de assimilação da amônia, mas a maioria dos estudos tem mostrado que essa é a via mais freqüente.

Por causa da atividade de FBN efetuada pelo rizóbio, os tecidos da leguminosa costumam apresentar um maior teor de N em compostos do tipo aminoácidos e proteínas do que os de outras espécies vegetais (Watanabe et al., 1990). Graças a isso, as leguminosas configuram um recurso importante para a alimentação humana e animal. A produção de

grãos, como soja e feijão, é capaz de fornecer uma dieta adequada em proteínas para uma parte significativa da população mundial, em especial para aqueles que não têm acesso à proteína animal. As leguminosas representam um recurso importante também para os agroecossistemas, quer sob a forma de adubo verde e cobertura vegetal quer na forma de consórcios, para o enriquecimento de pastagens, por exemplo.

Nos ambientes tropicais, as perdas constantes de N por lixiviação tornam a FBN um processo cada vez mais importante. Talvez como estratégia para otimizar a atividade de FBN nessas regiões, as leguminosas se tornaram menos específicas em relação ao grupo/espécie de rizóbio, formando nódulos com uma grande variedade dessas bactérias e, como consequência, encontra-se nos solos tropicais uma alta diversidade de rizóbio. Nessas condições, nas áreas com solos férteis, regimes hídricos regulares, sem extremos de temperaturas, as populações nativas de rizóbio são geralmente capazes de garantir uma boa nodulação em que os níveis de FBN são suficientes para garantir o bom desenvolvimento vegetal.

Entretanto, existem condições de cultivo nas quais o uso de inoculantes rizobianos pode otimizar a contribuição da FBN para o crescimento vegetal, garantindo o estabelecimento de uma nodulação eficiente.

Espécies exóticas: a seleção de estirpes eficientes adaptadas às condições edafoclimáticas é essencial quando do cultivo de uma espécie exótica para a qual não existe população de rizóbio nativa capaz de garantir uma boa nodulação. Esse foi o caso da soja que ao ser introduzida no Brasil, na década de 50, apresentava uma nodulação pobre, resultando num fraco desempenho da cultura sob condições de FBN. Graças ao empenho dos pesquisadores, naquela época, foram selecionadas estirpes inoculantes da espécie *Bradyrhizobium elkani*, que garantiram um rendimento elevado da cultura independente da adição de fertilizantes nitrogenados. Desde então, o inoculante rizobiano para a soja é amplamente utilizado no Brasil e, como consequência, as estirpes utilizadas estabeleceram-se nos solos brasileiros e passaram a ser dominantes nas áreas da cultura. Posteriormente, foram identificadas em condições experimentais estirpes de *B. japonicum* que eram mais eficientes do que as de *B. elkani*, sendo capazes de proporcionar um desenvolvimento ainda melhor da cultura (Evans et al., 1985; Hungria et al., 1989; Neves et al., 1985). Porém, as estirpes eficientes de *B. japonicum*, quando utilizadas em experimentos de campo, não eram capazes de ocupar os sítios de nodulação nas raízes. Observou-se então que as estirpes previamente estabelecidas de *B. elkani*, que agora estavam bem adaptadas às condições edafoclimáticas, eram fortes competidoras por esses sítios. Novos estudos foram realizados e resultaram na seleção de estirpes competitivas do mesmo sorogrupo daquelas identificadas como mais

eficientes. A formação de nódulos com essas estirpes tem garantido um aumento de produtividade para a cultura. Porém, para que isso seja mantido, torna-se necessário que a cada ano seja aplicado inoculante às sementes, de forma a aumentar a chance de sucesso de formação de nódulos pelas estirpes mais eficientes.

Áreas com baixa população de rizóbio: uma outra situação em que a inoculação anual é fundamental para aumentar os níveis de contribuição da FBN é aquela encontrada em áreas submetidas a períodos longos de estresse hídrico e altas temperaturas. Dentro do grupo do rizóbio tropical, tem sido relatada uma grande variabilidade quanto à habilidade de sobrevivência e crescimento frente a temperaturas adversamente altas (Martins et al., 1997; Hartel & Alexander, 1984; Boonkerd & Weaver, 1982). Ensaio em meio de cultura têm sido comumente utilizados na seleção de estirpes tolerantes a temperaturas elevadas. Em meio de cultura, 25% dos isolados de rizóbio de nódulos de caupi cultivado em solos do Nordeste foram capazes de crescer em temperaturas de até 42°C, o que sugere a adaptação dessas estirpes às condições de estresse térmico características da região (Xavier et al., 1997). Durante esses períodos, a população nativa de rizóbio costuma ser drasticamente reduzida. Esse é o caso do caupi ou feijão-de-corda que é cultivado em áreas de sequeiro de pequenos produtores e em áreas de agricultura de subsistência da região do Semi-Árido brasileiro. Nestas áreas são observados períodos de estiagem de cerca de 9 meses, sendo o

caupi cultivado logo após o início das primeiras chuvas que ocorrem durante os meses de dezembro a fevereiro. Foi observado que nessas condições a inoculação com rizóbios selecionados é capaz de promover aumento na produção de grãos de até 30% em relação aos tratamentos não inoculados (Martins et al., 1999a; 1999b). A inoculação do caupi está sendo testada com sucesso em áreas de pequeno produtor da Região Nordeste, contribuindo para o aumento da produção de grãos e melhoria nutricional da população de baixa renda.

Fixação Biológica de Nitrogênio em Gramíneas

Diferente da associação do rizóbio citado acima, as espécies de bactérias diazotróficas ditas associativas podem interagir de forma benéfica com diversas plantas. Os estudos começaram com a identificação de espécies associadas às plantas da família das gramíneas, especialmente cereais (Döbereiner & Day, 1975; Patriquin et al., 1978). Nessa interação de organismos não ocorre a formação dos nódulos citados anteriormente que são visíveis a olho nu. Essa associação planta/bactéria é considerada uma interação menos evoluída e pode se dar desde a rizosfera da planta até suas folhas. O maior número populacional encontra-se normalmente nas raízes, mas a superfície do tecido vegetal e interior da planta são colonizados por microrganismos que habitam os espaços intercelulares. Nesse caso a sua localização é feita pelo uso de técnicas de microscopia ótica e eletrônica.

Entre outros mecanismos celulares capazes de beneficiar a planta, esse grupo de bactérias também produz uma grande variedade de hormônios de crescimento vegetal e é capaz de aumentar a superfície de absorção das raízes, não só em comprimento mas também no número de pêlos radiculares, responsáveis pela absorção de nutrientes e água (Okon et al., 1988).

Em 1992, a presença desses organismos em amostras de colmos de cana-de-açúcar e sua contagem em números maiores de 10 mil células de tecido coletado deram início aos estudos em que o ponto alvo era a localização interna nas plantas avaliadas. A partir daí foi usado o termo endófito, isto é, bactéria localizada dentro do tecido vegetal. Esse termo baseou-se em trabalhos de outros grupos que não incluem bactérias diazotróficas. Döbereiner foi a primeira a usar esse termo para o caso desses microrganismos. Diversas espécies de bactérias diazotróficas possuem esse caráter. É o caso por exemplo do *Gluconacetobacter diazotrophicus*, do *Herbaspirillum* spp., e alguns isolados de *Azospirillum*, algumas espécies de *Burkholderia* spp. entre outros gêneros como *Azoarcus* spp., *Klebsiella* spp. etc. (maiores detalhes Baldani et al., 1997; Reis et al., 2000). Este grupo de organismos habita o tecido vegetal sem que a planta acione os seus genes de resistência, isto é, não causa sintomas de doenças bacterianas (Reis, 1994; Olivares et al., 1997; James et al., 1997). As principais vantagens que as bactérias diazotróficas teriam ao se beneficiar dessa localização nos espaços intercelulares seriam:

a) menor competitividade que no ambiente rizosférico; b) proteção contra o oxigênio que inativa a enzima responsável pelo processo de redução do N₂ atmosférico; c) íntimo contato com a célula vegetal que se beneficiaria diretamente do N fixado e dos hormônios excretados; d) menor amplitude dos efeitos ditos ambientais tais como estresses hídricos, químicos ou de temperatura.

Nessa interação, embora a diversidade populacional seja maior, a especificidade é menor ou nula. Isso significa que essas bactérias estão distribuídas nos vários ecossistemas. O desafio da pesquisa é buscar entender essa diversidade para obter bactérias mais eficientes e competitivas, visando ao caráter agrícola no qual se buscam alternativas de redução de custos com insumos sem a perda da produtividade. Com base nessa interação planta/bactéria, vários estudos mostraram efeitos positivos resultantes de uma inoculação de isolados de diversas espécies ou estes em mistura de bactérias diazotróficas associativas com fungos micorrízicos e mesmo com o rizóbio (Ferreira et al., 1987; Fallik et al., 1988; Fallik & Okon, 1996; Okon & Labandera-Gonzalez, 1994; Sumner, 1990; Didonet et al., 1996).

Invertebrados do Solo

Por muitos anos, na agricultura, os invertebrados do solo foram indesejáveis pelos efeitos danosos às culturas e pelos prejuízos econômicos que sua presença causava. Assim, eliminá-los era um dos principais objetivos do manejo do solo. Entretanto,

com a necessidade de preservação do meio ambiente e com a demanda da sociedade por alimentos mais saudáveis, os sistemas agrícolas “alternativos” com manejo integrado, como o sistema orgânico, plantio direto, agroflorestal, com baixo subsídio energético e grande enfoque no aumento da matéria orgânica do solo, cada vez mais dependem dos processos naturais e protegem a vida no solo e sua diversidade. Com o grande aporte de matéria orgânica vários grupos de invertebrados encontraram fonte de alimento e abrigo.

Em função disso, mais recentemente tem ocorrido considerável avanço dos estudos enfocando o papel de toda a comunidade de invertebrados no funcionamento do solo (Lavelle, 1996). Esses estudos têm demonstrado que a biodiversidade e a atividade biológica estão diretamente relacionadas às funções e características essenciais para a manutenção da capacidade produtiva dos solos. Assim, a fauna deve ser vista como um “recurso” a ser manejado (Lavelle et al., 1997), sendo necessário conhecer a comunidade de invertebrados do solo, avaliar suas funções e finalmente identificar as opções de manejo que possam otimizar suas atividades.

Microfauna

A microfauna compreende invertebrados de diâmetro do corpo inferior a 100 μm , incluindo os protozoários e nematóides que representam os mais abundantes entre os invertebrados do solo.

Os protozoários são unicelulares eucarióticos e são comumente e caracteristicamente associados com a camada superficial do solo, particularmente com a matéria orgânica em decomposição, sendo os principais consumidores de bactérias no solo (Lousier & Bamforth, 1990).

Os nematóides são organismos multicelulares. Aproximadamente 48% são parasitas de plantas e animais, assim são consumidores primários (fitófagos: herbívoros) e dependem das raízes das plantas de milho, soja e outras para nutrição e reprodução. Alguns trabalhos indicam que os adubos verdes têm ação supressora sobre os nematóides parasitas (Macguidwin & Layne, 1995; Crow et al., 1996). Outros de vida livre se alimentam de bactérias e fungos e são consumidores primários. Os predadores e onívoros são os consumidores terciários. Os microbívoros influenciam importantes processos mediados pelos fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico pelo hábito fungívoro e bacterívoro, respectivamente (Freckman & Baldwin, 1990).

Mesofauna

A mesofauna compreende, principalmente, os microartrópodos ácaros e colêmbolos, que apresentam o diâmetro do corpo menor que 2 mm.

Os ácaros são considerados os mais diversos artrópodos do solo, o que reflete na diversidade de habitat alimentar do grupo (Norton, 1990), e

despertam várias áreas de conhecimento do homem: saúde, agricultura, produtos armazenados, controle biológico e estética. Os ácaros do solo compreendem vários grupos: gamasina é um grupo de ácaros carnívoros, que captura pequenos artrópodos e nematóides; oribatida alimenta-se da matéria orgânica em decomposição e outros se alimentam de bactérias e fungo (Larink, 1998).

Os colêmbolos são predominantemente fungívoros, o que os torna abundantes em sistemas orgânicos, porque os resíduos de plantas e material orgânico são habitados por grandes quantidades de fungos, e também na rizosfera das plantas pela presença dos fungos micorrízicos e pela maior umidade e exudados das plantas (Larink, 1998). Vários autores têm demonstrado o maior aumento da população de colêmbolos em sistemas orgânicos (El Titi & Ipachu, 1989; Bettioli et al., 2002; Badejo et al., 1998).

Uma forma de expressar a dimensão dos invertebrados do solo, que não são facilmente visíveis a olho nu, é dada pela relação entre a cabeça de um alfinete e o esboço desses invertebrados (Fig. 3).

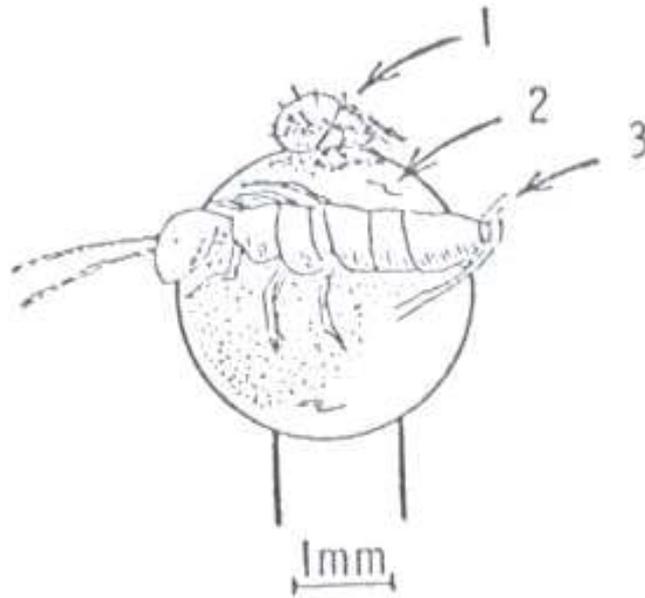


Fig. 3. Esboço de membros da micro e mesofauna do solo: 1) ácaro, 2) nematóide e 3) colêmbolo na cabeça de um alfinete.

Fonte: Adaptada de Hole (1981).

Macrofauna

A macrofauna do solo apresenta o diâmetro do corpo maior que 2 mm, inclui insetos, outros artrópodos e as minhocas (*Oligochaeta*). Os ácaros e colêmbolos, as formigas (*Hymenoptera*) e os cupins (*Isoptera*) estão entre os mais abundantes artrópodos dos trópicos úmidos, sendo importantes componentes detritívoros da cadeia trófica (Martius, 1997).

O desmatamento altera muito a diversidade tanto dos cupins, quanto das formigas: algumas espécies podem ser extintas naquele local, outras podem sequer ser afetadas e algumas podem se afetar e restabelecer suas atividades posteriormente.

Em pastagens os cupins são importantes para remoção das fezes dos animais. Entretanto, em pastagens degradadas a incidência de cupins de montículo é muito alta, principalmente nos cerrados brasileiros. As causas ainda não estão estabelecidas. Acredita-se que sejam favorecidos pela simbiose com os protozoários flagelados simbiontes em seu trato digestivo que decompõem a celulose. Além disso, têm outras estratégias de sobrevivência e assim competem eficientemente com outros e dominam a população da fauna do solo.

Também tem sido constatada, em sistemas de plantio direto (Aquino et al., 2000) e em sistemas orgânicos (Merlin et al., 2001), a explosão de cupins e formigas entre os componentes da macrofauna. Em sistemas orgânicos, além das formigas cortadeiras, tem sido verificada a ocorrência de outros grupos, mas muitos estudos ainda são necessários para entender a dinâmica desse grupo nesse sistema. Atualmente, as formigas são a única exceção para controle químico em sistema orgânico, o que reforça ainda mais a necessidade de estudar esses grupos.

Os insetos conhecidos como corós ou escarabeídeos da superfamília Scarabaeoidea, especialmente os melolontídeos, constituem um grupo com numerosas espécies, cuja biologia e identificação são pouco conhecidas na América do Sul (Gassen, 2000). Esse é um dos grupos cuja presença causa imediata apreensão aos agricultores, em função da ameaça de danos econômicos, quando ataca as raízes das plantas. A identificação é fundamental, pois esses insetos exercem diversos outros papéis funcionais,

com efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, em função de sua movimentação vertical e horizontal, produção de bioagregados, galerias, bioporos, atuação na decomposição de matéria orgânica, consumo de material vegetal, etc.

Exemplo disso é o coró-da-palha, caracterizado como verdadeiro símbolo do plantio direto, pela adaptação às condições de lavouras, pela frequência elevada em que ocorre, pela ampla distribuição geográfica desde o Sul do Brasil até a Região Amazônica. Esse inseto, sem causar danos às plantas cultivadas, incorpora grande quantidade de palha ao mesmo tempo que deposita excrementos em galerias profundas, que podem variar entre 0,4 e 1,0 m (Gassen, 2002).

Outros artrópodos estão representados pelos Gastropoda (lesmas e caracóis), Chilopoda (centopéias), Isopoda (tatuzinho-de-jardim) e Diplopoda (gongolos), Arachnida (aranhas). Esses artrópodos são pouco abundantes em sistemas agrícolas convencionais e, provavelmente por isso, representam o grupo mais negligenciado da cadeia trófica dos decompositores. Os Gastropodas são herbívoros generalistas, alguns podem consumir fungos e matéria orgânica em decomposição. Os Isopodas são onívoros, mas exibem preferência por matéria vegetal em decomposição que já sofreu alguma degradação microbiana. A maioria dos Diplopodas se alimenta da matéria orgânica em decomposição. Os Chilopodas são predadores e se alimentam de pequenos artrópodos, nematóides, caracóis e minhocas. Esses artrópodos são muito suscetíveis e respondem rapidamente às práticas

agrícolas devido à grande mobilidade. Acredita-se que com o crescente aumento do uso das práticas agrícolas menos impactantes e mais sustentáveis, o conhecimento sobre esses grupos também aumente.

Já as minhocas (Oligochaeta) são os animais edáficos mais bem estudados por serem filogeneticamente muito antigos, pela sua ampla ocorrência e por estarem relacionados à fertilidade do solo. As minhocas são animais saprófagos e, de acordo com a sua estratégia alimentar, podem ser diferenciadas em dois grupos: detritófagas ou geófagas (Makeschin, 1998). As detritófagas podem ser epigeicas ou anécicas e se alimentam na ou próximo da superfície do solo. As geófagas são endogeicas, se alimentando de material mineral relativamente rico em matéria orgânica e de raízes em decomposição.

Em sistemas orgânicos as minhocas são os animais mais abundantes, provavelmente pela melhor qualidade e maior oferta de matéria orgânica (Lee, 1985; Edwards & Lofty, 1977; Barros et al., 2002). Entretanto, a espécie mais comumente encontrada tem sido a *Pontoscolex corethrurus*, conhecida como minhoca mansa (Aquino et al., 1998). Essa espécie, mais comum no Brasil de maneira geral, é geófaga e vive preferencialmente nos 15-20 cm superficiais, podendo ser encontrada a até 100 cm de profundidade na época seca (Righi, 1997).

Embora o aumento da densidade das minhocas seja desejável pela influência positiva sobre as

propriedades do solo, existem relatos de que a atividade exclusiva de *P. corethrurus* pode provocar severa compactação, em decorrência do acúmulo de suas fezes com poros de 10^2 a 10^4 nm em diâmetro na superfície do solo (Alegre et al., 1996), devendo o manejo voltar-se para o aumento da diversidade de todos os grupos da fauna do solo.

Papéis Ecológicos Desempenhados pelos Invertebrados do Solo

Decomposição da matéria orgânica: a função dos invertebrados é a fragmentação e o catabolismo primário dos resíduos orgânicos, além de representar também fonte de matéria orgânica secundária, por meio da defecação. As atividades de fragmentação, ingestão e defecação promovem o aumento da área superficial da matéria orgânica, normalmente mais de 15 vezes. A principal adaptação para esse papel parece ser morfológica, fisiológica e características comportamentais da alimentação e sistema digestivo, o que está muito relacionado com o tamanho.

Em contraste aos microrganismos, os animais se alimentam pela ingestão do alimento e por digestão extracelular, mas internamente em seu trato digestivo (Swift, 1979). Muitos invertebrados requerem que os resíduos sejam preparados para ingestão por meio da redução física. Há que considerar a fragmentação como a base para a atividade catabólica dos animais decompositores (Swift, 1979).

A matéria orgânica disponível para os saprófagos é considerada de baixo valor nutritivo, o que é compensado pela alta taxa de consumo (Brussard & Juma, 1996). Como a produção de fezes ocorre na mesma proporção que o consumo, porque a taxa de assimilação é muito baixa, a defecação é considerada quantitativamente a via de maior contribuição direta dos invertebrados no “turnover” da matéria orgânica no solo (Martin & Marinissen, 1993) (Fig. 4).

Considerando que as fezes dos invertebrados do solo têm importante papel na estabilidade da fração leve da matéria orgânica, que representa a matéria orgânica que está entrando no solo, uma hipótese seria a de que o manejo o qual favorece a sua atividade poderia ter uma ação mitigadora do efeito estufa.

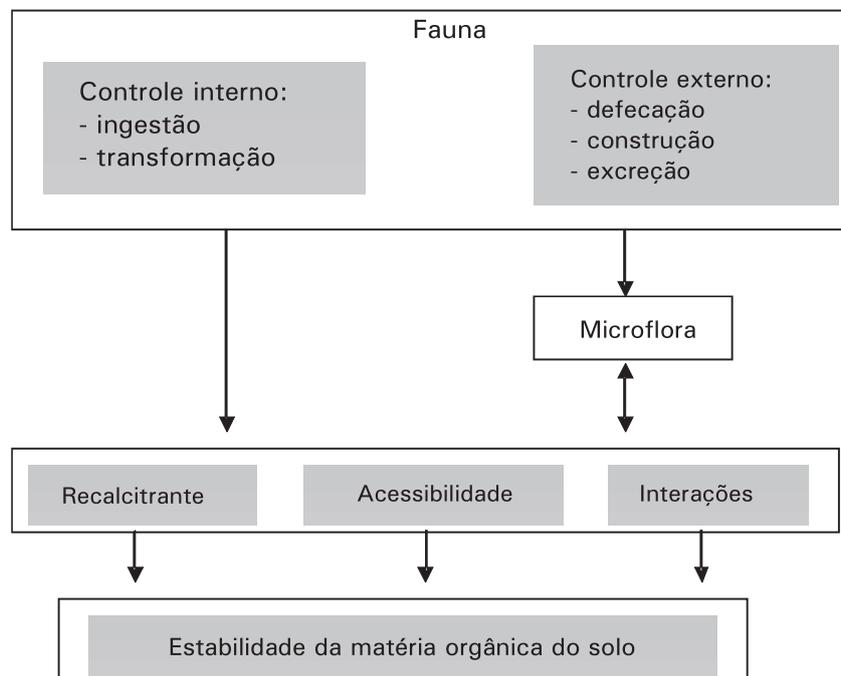


Fig. 4. Representação esquemática do controle direto e indireto da estabilidade da matéria orgânica pelos invertebrados do solo.

Fonte: Adaptada de Wolters (2000).

Predação: consiste na interação entre espécies em que uma população (o predador) afeta adversamente a outra população (a presa) por meio de um ataque direto. Esse processo é fundamental no contexto da agricultura agroecológica em que a ação da fauna predadora regula a biomassa dos organismos do solo e mantém a biodiversidade, prevenindo a dominância de determinados grupos. Participam desse processo: a) os micropredadores, protozoários e nematóides que utilizam as bactérias e fungos como fonte de alimento e assim podem controlar indiretamente o processo de decomposição; b) os macropredadores: aranhas, coleópteros, díptera, formigas e outros que ajudam a manter os insetos herbívoros a uma baixa densidade, de forma que não destroem o seu próprio suprimento de alimentos e habitat.

Bioturbação: esse processo é muito influenciado pelos componentes da macrofauna do solo como as minhocas, cupins e algumas formigas, que são conhecidos como “engenheiros do ecossistema”. As minhocas, por exemplo, podem revirar de 300 kg a 1 t.ha⁻¹ por ano de terra (Lee, 1985). Esses animais criam canais, poros, agregados e montículos, que afetam substancialmente o ambiente para os outros organismos, e influenciam o transporte de água e gases no solo.

Bioindicação: até recentemente existiam poucos relatos sobre o uso de bioindicadores de qualidade do solo (Linden et al., 1999), mas o crescente interesse por agricultura e desenvolvimento sustentáveis tem resultado em recentes estudos da

fauna do solo como bioindicadora. Devido a diferentes funções dos grupos da micro, meso e macrofauna, cada um desses grupos ou organismos dentro de cada grupo pode servir como indicador da qualidade do solo, dependendo do papel funcional de interesse. A importância da fauna do solo como bioindicadora é uma sugestão que ainda está sendo construída. Muito ainda é necessário conhecer para sua efetiva utilização com esse objetivo.

Referências Bibliográficas

ALEGRE, J.; PASHANASI, B.; LAVELLE, P. Dynamics of soil physical properties in a low input agricultural system inoculated with the earthworm *Pontoscolex corethurus* in Peruvian Amazonia. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, p. 1522-1529, 1996.

ANDERSON, J. P. E. Soil respiration. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.). **Method of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, 1982. p. 831-871.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. **Biology and Fertility of Soils**, v. 1, p. 81-89, 1985.

ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p. 393-395, 1993.

ANDERSON, T. -H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 251-255, 1990.

AQUINO, A. M.; MERLIM, A. O.; CORREIA, M. E. F.; MERCANTE, F. M. Diversidade da macrofauna do solo como indicadora de sistemas de plantio direto para a região Oeste do Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Biodinâmica do solo: resumos...** Santa Maria: SBCS, SBM, 2000. CD-ROM. FERTBIO 2000.

AQUINO, A. M. de; DE-POLLI, H.; RICCI, M. S. F. Estudos preliminares sobre a população de minhocas (Oligochaeta) e biomassa microbiana do solo na transição de café sob manejo convencional para orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: UFLA; SBCS; SBM, 1998. p. 403. FERTBIO 98.

BADEJO, M. A.; AQUINO, A. M. de; ALMEIDA, D. L. de; CORREIA, M. E. F. Preliminary investigations on microarthropods in different agroecosystems under organic management. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras: UFLA / SBCS / SBM, 1998. p. 401. FERTBIO 98.

BALDANI, J. I.; CARUSO, L. V.; BALDANI, V. L. D.; GOI, S. R.; DOBEREINER, J. Recent advances in BNF with non-legume plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 911-922, 1997.

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility and Soils**, v. 35, p. 338-347, 2002.

BETTIOL, W.; GHINI, R.; GALVÃO, J. A. H.; LIGO, M. A. V.; MINEIRO, L. de C. Soil organismos in organic and conventional cropping systems. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 565-572, 2002.

BEZERRA, F. E. A. Biomassa microbiana, atividade celulolítica e alguns atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob cobertura viva de leguminosa herbáceas perenes. Seropédica: UFRRJ, 2002. 98 p. Tese de Mestrado.

BOONKERD, N.; WEAVER, R. W. Survival of cowpea rhizobia in soil as affected by soil temperature and moisture. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 43, p. 585-589, 1982.

BRANZANTI, B.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; GIANINAZZI, S. Influence of phosphate fertilization on the growth and nutrient status of micropropagated apple infected with endomycorrhizal fungi during the weaning stage. **Agronomie**, Paris, v. 12, p. 841-845, 1992.

BRUSSARD, L. Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil. **Ambio**, v. 26, n. 8, p. 563-570, 1997.

BRUSSARD, L.; JUMA, N. G. Organisms and humus in soils. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Humic substances in terrestrial ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 329-359.

CROW, W. T.; GUERTAL, .A.; RODRIGUEZ-KABANA, R. Responses of *Meloydogine arenaria* and *M. incognita* to green manures and supplementatl urea in glasshouse culture. **Journal of Nematology**, v. 28, p. 648-654, 1996.

DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D. C. G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acumiata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, v. 176, n. 2, p. 183-87, 1995.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 389-411.

DE-POLLI, H.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GUERRA, J. G. M. Determinação da biomassa microbiana do solo: avanços e limitações. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERRTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Biodinâmica do solo...** Santa Maria: SBCS; SBM, 2000. 14 p. FERTBIO 2000.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. H. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 645-651, 1996.

DÖBEREINER, J. History and new perspective of diazotrophs in association with non-leguminous plants. **Symbiosis**, v. 13, p. 1-13, 1992a.

DÖBEREINER, J. The genera *Azospirillum* and *Herbaspirillum*. In: BALOWS, A.; TRUPER, H. G.; DWORKIN, M.; HARDER, W.; SCHLEIFER, K. H. (Ed.). **The prokaryotes**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1992b. v. 3. p. 2236-2253.

DÖBEREINER, J. M.; DAY, J. M. Nitrogen fixation in the rhizosphere of tropical grasses. In: STEWART, W. D. P. (Ed). Nitrogen fixation by free-living microorganisms. Cambridge: Cambridge University, 1975. p. 39-56. (International Biological Programme, 6).

EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R. **Biology of Earthworms**. New York: John Wiley, 1977. 333 p.

EL TITI, A.; IPACH, U. Soil fauna in sustainable agriculture: results of an integrated farming system at Lautenbach, F. R. G. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 27, p. 561-572, 1989.

EVANS, H. J.; HANUS, F. J.; HAUGLAND, R. A.; CANTRELL, M. A.; XU, L. S.; RUSSEL, F. J.; LAMBERT, G. R.; HARKER, A. R. Hydrogen recycling in nodules affects nitrogen fixation and growth of soybeans. In: SHIBLES, R. (Ed.). **World Soybean Research Conference III**. Boulder: Westview, 1985. p. 935-942.

FALLIK, E.; OKON, Y.; FISHER, M. Growth response of maize roots to *Azospirillum* inoculation: effect of organic matter content, number of rhizosphere bacteria and timing of inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 1, p. 45-49, 1988.

FALLIK, J.; OKON, Y. The response of maize (*Zea mays*) to *Azospirillum* inoculation in various types of soils in the field. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 12, p. 511-515, 1996.

FERREIRA, E. P. B. Impactos de manejo de solo e de rotação de culturas sobre a funcionalidade e a diversidade da microbiota do solo. Seropédica: UFRRJ, 2000. 119 p. Tese de Mestrado.

FERREIRA, M. C. B.; FERNANDES, M. S.; DOBEREINER, J. Role of *Azospirillum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. **Biology and Fertility of Soils**, v. 4, n. 1, p. 47-53, 1987.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R. da ; FARIA, S. M. de. Revegetação de solos degradados. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, 1992. 8 p. (EMBRAPA-CNPBS. Comunicado Técnico, 9).

FRECKMAN, D.; BALDWIN, J. G. Nematoda. In: DINDAL, D., ed. **Soil biology guide**. New York: John Wiley, 1990. p. 155-200.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da. Biomassa-C microbiana de solos de Itaguaí: comparação entre os métodos da fumigação-incubação e fumigação-extração. Seropédica: UFRRJ, 1992. 108 p. Dissertação de Mestrado.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; DE-POLLI, H. Biomassa na ciclagem de nutrientes. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Biodinâmica do solo...** Santa Maria: SBCS, SBM, 2000. 14 p. FERTBIO 2000.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F. de. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. Revista Brasileira de **Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 361-365, 1997.

GARCIA, C.; ROLDAN, A.; HERNANDEZ, T. Changes in microbial activity after abandonment of cultivation in a semiarid Mediterranean environment. **Journal of Environmental Quality**, v. 26, p. 285-291, 1997.

GASSEN, D. N. **Identificação de larvas de corós encontradas em plantio direto**. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/pragas/coro.htm>. Acesso em: 17 dez. 2002.

GASSEN, D. N. Os escarabeídeos na fertilidade de solo sob plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Biodinâmica do solo: palestra...** Santa Maria: SBCS, SBM, 2000. 1 CD-ROM. FERTBIO 2000.

GIANINAZZI, S.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; TROUVELOT, A. Que peut on attendre des mycorhizes dans la production des arbres fruitiers. **Fruits**, v. 41, p. 553-556, 1985.

GONÇALVES, A. S.; MONTEIRO, M. T.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana em amostras de solos secadas ao ar e reumedecidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 651-658, 2002.

GUERRA, J. G. M.; FONSECA, M. C. da; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; FERNANDES, M. S. Conteúdo de fósforo da biomassa microbiana de um solo cultivado com *Brachiaria decumbens* Stapf. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 543-551, 1995.

HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. **Mycorrhizal symbiosis**. London: Academic, 1983. 483 p.

HARLEY, J. L. The significance of mycorrhiza. **Mycologia**, v. 92, n. 2, p. 129-139, 1989.

HARTEL, P. G.; ALEXANDER, M. Temperature and desiccation tolerance of cowpea rhizobia. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 30, p. 820-823, 1984.

HOLE, F. D. Effects of animals on soil. **Geoderma**, v. 25, p. 75-112, 1981.

HUNGRIA, M.; NEVES, M. C. P.; DÖBEREINER, J. Relative efficiency, ureide transport and harvest index in soybeans inoculated with isogenic HUP mutants of *Bradyrhizobium japonicum*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 7, n. 4, p. 325-329, 1989.

INSAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. **Microbial Ecology**, v. 15, p. 177-188, 1988.

JAMES, E. K.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. *Herbaspirillum*, an endophytic diazotroph colonizing vascular tissue in leaves of *Sorghum bicolor* L. Moench. **Journal of Experimental Botany**, v. 48, n. 308, p. 785-797, 1997.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: Measurement and Turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N., ed. **Soil Biochemistry**, Marcel Dekker, 1981. v. 5, p. 415-471.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. Method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 8, p. 209-213, 1976.

JENKINSON, D. S.; RAYNER, J. H. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. **Soil Science**, v. 123, n. 4, p. 298-305, 1977.

LARINK, O. Springtails and Mites: important knots in the food web of soils. In: BENCKISER, G. (Ed.). **Fauna in soil Ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agriculture production**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 225-263.

LAVELLE, P. Diversity of soil fauna and ecosystem function. **Biology International**, v. 33, p. 3-16, 1996.

LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, n. 4, p. 159-193, 1997.

LEE, K. E. **Earthworms their ecology and relationships with soils and land use**. Canberra: Academic, 1985. 411 p.

LINDEN, D.; HENDRIX, P. F.; COLEMNA, D. C.; VAN VLIET, P. C. J. Faunal Indicators of Soil Quality. **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**, 1999.

LOPES, E. S. **Eficiência e especificidade das associações micorrízicas do tipo vesicular-arbuscular em gramíneas e leguminosas forrageiras e no cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Piracicaba: ESALQ, USP, 1980. 111 p. Tese de Doutorado.

LOUSIER, J. D.; BAMFORTH, S. S. Soil Protozoa. In: DINDAL, D. (Ed.). **Soil Biology Guide**. New York: John Wiley, 1990. p. 97-136.

LOVATO, P. E.; TROUVELOT, A.; GIANINAZZI-PEARSON, V.; GIANINAZZI, S. Micorrização de plantas micropropagadas. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1996. p. 175-201.

MACGUIDWIN, A. E.; LAYNE, T. L. Response of nematoda communities to sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids grown as green manure crops. **Journal of Nematology**, v. 27, p. 609-616, 1995.

MAKESCHIN, F. Earthworms (Lumbricidade: Oligochaeta): important promoters of soil development and soil fertility. In: BENCKISER, G. (Ed.). **Fauna in soil Ecosystems: Recycling Processes, Nutrient Fluxes, and Agriculture Production**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 173-223.

MARTIN, A.; MARINISSEN, J. C. Y. Biological and physico-chemical process in excrements of soil animals. **Geoderma**, v. 56, p. 331-347, 1993.

MARTINS, L. M. V.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Growth characteristics and symbiotic efficiency of rhizobia isolated from cowpea nodules of the north-east region of Brazil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 5/6, p. 1005-1010, 1997.

MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; XAVIER, G. R.; MORGADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Identificação de nódulos de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) pelo método de ELISA em área dependente de chuva do nordeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 20., 1999, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1999a. p. 301. Resumo MS-073.

MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; XAVIER, G. R.; MORGADO, L. B.; RUMJANEK, N. G. Estudo da ocupação de nódulos de caupi (*Vigna unguiculata*) inoculado com a estirpe 8-a-5 em área irrigada do sertão de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 20., 1999, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1999b. p. 304. Resumo MS-085.

MARTIUS, C. The Termites. **Ecological Studies**, v. 126, p. 362-371, 1997.

MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R. Plants of pineapple arbuscular mycorrhizal fungi in micropropagated pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) Cultivar Pérola. **Fruits**, v. 51, p. 115-119, 1996.

MERLIN, A. de O.; AQUINO, A. M. de; GUERRA, J. G. M. Fauna do solo em diferentes coberturas vivas no cultivo de figo orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Ciência do solo: fator de produtividade competitiva com sustentabilidade. Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. 1 CD-ROM.

MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 625 p.

NEVES, M. C. P.; DIDONET, A. D.; DUQUE, F. F.; DÖBEREINER, J. *Rhizobium* strain effects on nitrogen transport and distribution in soybeans. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 36, n. 169, p. 1179-1192, 1985.

NORTON, R. Acarina. In: DINDAL, D., ed. **Soil biology guide**. New York: John Wiley, 1990. p. 779-803.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, p. 1591-1601, 1994.

OKON, Y.; FALLIK, E.; SARIG, S.; YAHALOM, E.; TAL, S. Plant growth promoting effects of *Azospirillum*. In: BOTHE, H.; DE BRUIJN, F. J.; NEWTON, W. E., ed. **Nitrogen fixation: hundred years after**. Stuttgart: Gustav Fischer, 1988. p. 741-748.

OLIVARES, F. L.; JAMES, E. K.; BALDANI, J. I.; DOBEREINER, J. Infection of mottled stripe disease-susceptible and resistant varieties of sugar cane by endophytic diazotroph *Herbaspirillum*. **New Phytologist**, Oxford, v. 135, p. 723-737, 1997.

OSONUBI, O.; ATAYESE, M. O.; MULONGOY, K. The effect of vesicular- arbuscular mycorrhizal inoculation on nutrient uptake and yield of alley cropped cassava in a degraded Alfisol of Southwestern Nigeria. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 20, p. 70-76, 1995.

PARKINSON, D.; COLEMAN, D. C. Methods for assessing soil microbial populations, activity and biomass-Microbial communities, activity and biomass. *Agriculture Ecosystems and Environmental*, Amsterdam, v. 34, p. 3-33, 1991.

PATRIQUIN, D. G.; MACKINNON, J. C.; WILKE, K. I. Seasonal patterns of denitrification and leaf nitrate reductase activity in a corn field. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 58, p. 283-285, 1978.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. *Soil microbiology and biochemistry*. 2. ed. San Diego: Academic, 1996. 340 p.

PIMENTEL, M. S. Atributos microbianos e edáficos em produção orgânica de olerícolas comparado com pasto e fragmento de mata secundária. Seropédica, RJ: UFRRJ, 2001. 142 p. Dissertação de Mestrado.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 2, p. 159-164, 1987.

RAVOLANIRINA, F.; GIANINAZZI, S.; TROUVELOT, A.; CARRÉ, M. Production of endomycorrhizal explants of micropropagated grapevine rootstocks. *Agriculture Ecosystems and Environmental*, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 323-327, 1989.

REIS, V. M. Estudos de infecção e métodos de detecção da bactéria endófito *Acetobacter diazotrophicans* em associação com a cana-de-açúcar. Itaguaí, RJ: UFRRJ, 1994. 213 p. Tese de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo.

REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D.; DÖBEREINER, J. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm trees. **Critical Review in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 19, p. 227-247, 2000.

RIGHI, G. Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais: palestra**. Rio de Janeiro, RJ: 1997. 1 CD-ROM.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. In: SIQUEIRA, J. O., ed. *Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas*. Lavras, MG: UFLA/DCS/DCF, 1996. p. 203-254.

SCHULTZE, M.; KONDOROSI, E.; RATET, P.; BUIRÉ, M.; KONDOROSI, A. Cell and molecular biology of *Rhizobium* – plant interactions. **International Review Cytology**, New York, v. 156, p. 1-75, 1994.

SCHÜßLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, Cambridge, v. 105, p. 1413-1421, 2001.

SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn: GTZ, 1991. 371 p.

SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O., ed. **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 1996. p. 175-201.

STOYAN, H.; DE-POLLI, H.; BOHM, S.; ROBERTSON, G. P.; PAUL, E. A. Spatial heterogeneity of soil respiration and related properties at the plant scale. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 222, p. 203-214, 2000.

SUMNER, M. E. Crop responses to *Azospirillum* inoculation. **Advances in Soil Science**, New York, v. 12, p. 54-123, 1990.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979. 372 p. (Studies in Ecology, 5).

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A., ed. **Methods of soil analysis**: microbiological and biochemical properties. Madison: SSSA, 1994. p. 775-883. (Soil Science Society of America. Series, 5).

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 20, n. 3, p. 329-335, 1988.

TRAPPE, J. M. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In: SAFIR, G. R., ed. *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. Boca Raton: CRC, 1987. p. 6-25.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VESTBERG, M. Arbuscular mycorrhizal inoculation of micropropagated strawberry and field observations in Finland. **Agronomie**, v. 12, p. 865-867, 1992.

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 67, p. 321-358, 1992.

WARDLE, D. A. Changes in the microbial biomass and metabolic quotient during leaf litter succession in some New Zealand forest and scrubland ecosystem. **Functionally Ecology**, v. 7, n. 3, p. 346-355, 1993.

WATANABE, I.; CHIU, C.; YOSHIDA, T. Estimation of N₂ fixation in soybean and cowpea by using soil residual ¹⁵N. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 36, n. 3, p. 375-381, 1990.

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 31, p. 1-19, 2000.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. Heat tolerant strains of cowpea rhizobia isolated from the North-East region of Brazil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR, 26., 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular, 1997. p. 49.