

SAULO ALVES SANTOS DE OLIVEIRA

**INDUÇÃO DA SUPRESSIVIDADE À MURCHA-DE-
FUSÁRIO DO CAUPI PELA ADUBAÇÃO VERDE**

**RECIFE -PE
FEVEREIRO – 2008**

SAULO ALVES SANTOS DE OLIVEIRA

**INDUÇÃO DA SUPRESSIVIDADE À MURCHA-DE-
FUSÁRIO DO CAUPI PELA ADUBAÇÃO VERDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitopatologia.

**RECIFE - PE
FEVEREIRO – 2008**

INDUÇÃO DA SUPRESSIVIDADE À MURCHA-DE-FUSÁRIO DO CAUPI PELA ADUBAÇÃO VERDE

SAULO ALVES SANTOS DE OLIVEIRA

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof. Dr. Sami Jorge Michereff (UFRPE) – Orientador

Prof. Dr. Clístenes Williams Araújo do Nascimento (UFRPE) – Co-orientador

Prof. Dr. Delson Laranjeira (UFRPE) – Co-orientador

**RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2008**

INDUÇÃO DA SUPRESSIVIDADE À MURCHA-DE-FUSÁRIO DO CAUPI PELA ADUBAÇÃO VERDE

SAULO ALVES SANTOS DE OLIVEIRA

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 22/02/2008

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Sami Jorge Michereff (UFRPE)

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Delson Laranjeira (UFRPE)

Prof. Dr. Clístenes Williams Araújo do Nascimento (UFRPE)

Dra. Viviane Jurema Lopes Borges Rodrigues (MAPA-PE)

RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2008

À Deus, senhor da minha vida.

AGRADEÇO

A todos os Professores da UFRPE
e da UESB, que em muito
contribuíram para esse momento.

DEDICO

Ao meu pai Jaime e minha mãe
Ariádenes, aos meus irmãos Thiago e
Lucas e minha namorada Vanessa.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Sami Jorge Micherref pela orientação, amizade e por todo apoio que me foi dado;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo apoio institucional e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

À professora Rosa Mariano e demais professores do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade pela atenção, ensinamentos e disponibilidade;

A Giltemberg, Rosembergue, Eddy, Thiago, Waléria, Márcio e todos os demais alunos de Mestrado e Doutorado em Fitopatologia da UFRPE;

A Vanessa, Robson, Thárcio, Igor, Priscilla, Ana Paula e Mércia, que fazem parte da grande família que é o Laboratório de Epidemiologia;

Aos meus amigos David, Fábio, Anderson, Hybsen, Fabrício, Alex, Jean e todos os demais colegas e professores da UESB, especialmente ao professor Adalberto Brito;

Aos meus pais, irmãos, avós, parentes e namorada por todo apoio e incentivo;

A Deus acima de todas as coisas.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	vi
SUMÁRIO	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I – Introdução Geral	10
Referências Bibliográficas	23
CAPÍTULO II – Indução da supressividade à murcha-de-fusário do caupi pela adubação verde	33
Resumo	35
Abstract	36
Introdução	37
Material e Métodos	38
Resultados e Discussão	43
Referências Bibliográficas.....	51
CONCLUSÕES GERAIS	63

RESUMO

O caupi (*Vigna unguiculata*) é uma cultura de grande importância econômica e estratégica, principalmente para a região Nordeste do Brasil. No estado de Pernambuco, as principais áreas de produção concentram-se nas microrregiões do Agreste e Sertão. A murcha-de-fusário, causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, é uma importante doença do caupi nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Este estudo objetivou avaliar o potencial da utilização de adubos verdes na indução da supressão à doença e identificar os possíveis fatores responsáveis pela supressividade. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em solo franco arenoso, no qual não foram detectadas populações autóctones de *F. oxysporum*. Após a infestação do solo com *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, foram comparados 11 tratamentos, considerando diferentes combinações de pousio, caupi (cv. BR-17 Gurguéia) e adubos verdes (crotalária juncea, crotalária spectabilis, feijão-de-porco, guandu, labe-labe e mucuna-preta), em quatro ciclos de cultivo. As avaliações da severidade da doença e das características microbianas e químicas dos solos foram realizadas ao final do 2º e do 4º ciclo de cultivo. Nas duas avaliações, a incorporação de crotalária juncea ao solo proporcionou os menores níveis de severidade (SVD) da murcha-de-fusário em caupi, enquanto os demais adubos verdes não foram eficientes na redução da SVD. Não houve correlação entre a densidade populacional de *F. oxysporum* no solo e a SVD nas duas avaliações. Na primeira avaliação (2º ciclo), a SVD apresentou correlação negativa significativa ($r = -0,69$) com a população de *Bacillus* sp., sendo esta bactéria identificada como um fator de supressividade. Não foram constatadas correlações significativas entre SVD e as características microbiológicas dos solos ao final do 4º ciclo de cultivo, indicando que outros mecanismos podem estar envolvidos na supressividade da doença. Apesar da redução da SVD pela adubação verde com crotalária juncea tornam-se necessários mais estudos sobre os fatores responsáveis pela supressividade à murcha-de-fusário para a adoção efetiva da crotalária juncea em plantios comerciais, já que a supressão da doença na casa de vegetação ou pequenas parcelas não garante níveis similares de supressão em campos de produção sob diversas condições de solo e ambiente, bem como diversas opções de manejo.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, inóculo, ecologia do solo, crotalária juncea.

ABSTRACT

The cowpea (*Vigna unguiculata*) is a crop of great economical and strategic importance, mainly for the Northeast region of Brazil. In the state of Pernambuco, the main cowpea production areas are located in Agreste and Sertão regions. Fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, is an important cowpea disease worldwide. This work aimed to evaluate the potential of green manure in inducing suppressiveness to Fusarium wilt as well as to identify the factors related to suppressivity. The experiment was carried out in greenhouse conditions. A sandy loam soil with no native populations of *F. oxysporum* was used. Eleven treatments were compared after soil infestation with *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. Different combinations of non-cropping, cowpea (cv. BR-17 Gurguéia) and green manures (showy crotalaria, sunn hemp, mucuna, lablab, canavalia and pigeonpea), in four growing seasons, were compared. Disease severity evaluations along with microbial and chemical characteristics of soil were carried out at the end of the 2nd and 4th growing seasons. For the two evaluations, the incorporation of sunn hemp into the soil led to smallest levels of severity (SVD) of cowpea Fusarium wilt. There was no correlation between *F. oxysporum* population density in soil and SVD. For the first evaluation (2nd season), SVD was negative correlated ($r = -0.69$) with *Bacillus* sp. population. Thus, this bacteria was regarded a suppressiveness factor. For the 4th growing season, no significant correlation between SVD and soil microbiological characteristics was found. These results suggest that other mechanisms are involved in disease suppressiveness. Despite the reduction in SVD by sunn hemp incorporation, more studies are necessary to clarify the factors inducing suppressiveness to Fusarium wilt before sunn hemp is recommended for commercial plantations. It is worth considering that the disease suppression in greenhouse conditions does not guarantee similar levels of suppression in commercially cultivated areas under diverse conditions of soil, environment conditions, and management.

Key words: *Vigna unguiculata*, inoculum, soil ecology, sunn hemp.

Capítulo I

Introdução Geral

INTRODUÇÃO GERAL

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das leguminosas mais adaptadas, versáteis e nutritivas entre as espécies cultivadas. Mundialmente, a cultura ocupa 13,9 milhões de hectares, distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais da África, da Ásia e das Américas, com produção de 4,9 milhões de toneladas de grãos. A Nigéria é o principal país produtor dessa leguminosa, com área de 4,4 milhões de hectares cultivados e produção anual de 3,1 milhões de toneladas, enquanto o Níger, com 4,1 milhões de hectares cultivados e produção de 690,6 mil toneladas, ocupa a segunda posição. O Brasil é o terceiro produtor mundial, com 1,5 milhão de hectares cultivados e produção de 492,3 mil toneladas (SINGH et al., 2002; FAO, 2007).

O caupi também é conhecido como feijão-de-corda ou feijão-macassar nas regiões Nordeste e Norte, onde desempenha importante papel socioeconômico na agricultura (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005). O caupi é rico em lisina e outros aminoácidos essenciais, constitui excelente fonte de tiamina e niacina, e também contém quantidades razoáveis de outras vitaminas hidrossolúveis, como riboflavina, piridoxina e ácido fólico, e de minerais, como ferro, zinco, potássio e fósforo. O consumo desta leguminosa é considerado pela Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) como uma das melhores opções para o aumento de oferta de proteínas, em razão do baixo custo de produção. No Nordeste, maior produtor brasileiro, o caupi é preferido pela população em detrimento do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), respondendo por um consumo de 73% dos feijões comercializados na região (GRANGEIRO et al., 2005).

O caupi possui grande variabilidade genética o que o torna versátil para várias finalidades e em diversos sistemas de produção, assim como apresenta elevada plasticidade, adaptando-se a diferentes condições ambientais. Em virtude da adaptação à baixa disponibilidade hídrica, pouca exigência na fertilidade do solo, certa tolerância à salinidade e a altos níveis de alumínio trocável, além de ótima capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico através da simbiose com bactérias dos gêneros *Rhizobium* spp. e *Bradyrhizobium* spp., o caupi é a principal cultura de subsistência na região semi-árida do Nordeste, sendo cultivada praticamente durante todo o ano, seja em monocultivo ou

em consórcio com outras culturas, em sequeiro ou irrigado (FREIRE FILHO et al., 2005; MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005).

O Estado de Pernambuco se destaca como importante produtor de caupi, atingindo em 2004 uma área colhida de 167.601 ha e produção de 47.574 toneladas (IBGE, 2005), sendo que grande parte da produção se concentra nas mesoregiões do Agreste e Sertão (IBGE, 2006). Trata-se de uma das lavouras mais cultivadas no Estado, nivelando-se ao milho e à mandioca, sendo superada apenas pela cana-de-açúcar, ocupando cerca de 60% da área cultivada com feijão (BENEVENUTTI, 1996).

O potencial produtivo do caupi para o Nordeste brasileiro é indiscutível, mas a produtividade média tem apresentado declínios consideráveis, atingindo cerca de 350 kg/ha e refletindo fatores adversos como instabilidade pluviométrica, plantio em áreas que proporcionam mesoclimas menos propícios para a cultura, utilização de cultivares com potencial genético reduzido e ocorrência de doenças e pragas (ARAÚJO, 1988; CASTRO, 2000; PEREIRA et al., 2001).

As doenças constituem importantes fatores de redução da produtividade do caupi, causando perdas na quantidade e qualidade dos grãos (RIOS, 1988; RIOS, 1990; ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005). As variações ecológicas nas diversas regiões fisiográficas de cultivo do caupi influenciam na ocorrência e severidade das doenças (ALLEN, 1983). Dentre estas, a murcha-de-fusário, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (E.F. Smith) Synyder & Hansen, é uma das mais freqüentes e de maior intensidade no Nordeste brasileiro (COELHO, 2001; ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005). Na Índia, foram registradas reduções no rendimento de até 75% devido à doença (ALLEN, 1983), enquanto na Nigéria há relato de epidemia causando a morte de até 50% das plantas em um campo naturalmente infestado (OYEKAN, 1977). Em Pernambuco, foram registradas reduções de até 89,1% no rendimento de vagens (ASSUNÇÃO et al., 2003b) e 98,1% no rendimento de sementes (ELOY; MICHEREFF, 2003) devido à murcha-de-fusário, em parcelas experimentais no campo, com solo infestado artificialmente pelo patógeno.

A murcha-de-fusário do caupi foi relatada pela primeira vez nos Estados Unidos da América (KENDRIK, 1931), sendo constatada posteriormente no Canadá, Colômbia, Índia, Austrália, África Central (HOLLIDAY, 1970), Nigéria (OYEKAN, 1977) e Brasil (RIOS, 1988). Atualmente, a murcha-de-fusário ocorre na maioria das áreas onde o caupi é cultivado (CABI, 2007).

Os sintomas da murcha-de-fusário normalmente aparecem após seis semanas do plantio, caracterizados pela presença de folhas verdes pálidas e flácidas, que se tornam amarelas e caem, resultando na morte da planta. Aparentemente, a murcha é mais comum na fase reprodutiva da planta, mas plantas jovens podem apresentar um rápido murchamento que precede a morte. Os tecidos vasculares adquirem coloração castanho-escura e pode haver formação de intumescências no colo da planta (HOLLIDAY, 1970; SINGH; ALLEN, 1979; POLTRONIERI; TRINDADE; SILVA, 1994; EHLERS, 2001; ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005). A extensão da descoloração vascular tem propiciado maior precisão na mensuração da severidade da murcha-de-fusário do caupi que os sintomas foliares (SWANSON; VAN GUNDY, 1985; HARRIS; FERRIS, 1991a).

O gênero *Fusarium* foi introduzido por Link em 1809 e atualmente pertence ao filo Ascomycota, classe Ascomycetes e ordem Hypocreales (LESLIE; SUMMERELL, 2006). A identificação das espécies é tradicionalmente baseada em características morfológicas, principalmente na forma do macroconídio e da célula basal, presença ou ausência de microconídios, além de clamidósporos (SEIFERT, 2001; LESLIE; SUMMERELL, 2006). No entanto, com a introdução das técnicas moleculares, a taxonomia de *Fusarium* tornou-se uma matéria de grande controvérsia. O centro da controvérsia é o conceito de espécie, pois a combinação do conceito de espécie filogenética com dados baseados em DNA tem resultado em uma recente onda de novas espécies de *Fusarium*, incluindo várias espécies impossíveis de serem distinguidas morfolologicamente (LESLIE; SUMMERELL, 2006).

Os membros do gênero *Fusarium* podem causar doenças em plantas, humanos e animais domésticos, compreendendo espécies habitantes do solo e de substratos orgânicos, com distribuição em todo o mundo (BURGESS, 1981; BACKHOUSE; BURGESS; SUMMERELL, 2001; LESLIE; SUMMERELL, 2006). O gênero *Fusarium* tem grande número de espécies fitopatogênicas, dentre as quais *F. oxysporum* (Schlecht.) Snyder & Hansen, cuja fase teleomórfica é desconhecida. Essa espécie é heterogênea e composta de dezenas de espécies que necessitam ser claramente definidas e separadas de maneira adequada (LESLIE; SUMMERELL, 2006).

Além de importante patógeno de planta, *F. oxysporum* tem sido associado com várias doenças humanas que incluem infecções da córnea, diversos tipos de dermatites, infecções localizadas e sistêmicas (LESLIE; SUMMERELL, 2006).

Morfológicamente, *F. oxysporum* apresenta micélio delicado, de coloração branca a rosada, esparsa a abundante. Os microconídios são produzidos abundantemente em fiálides simples, apresentando formato oval a elipsóide, ligeiramente curvados e sem septos, medindo 5,5-14,5 μm x 2-3,5 μm (média 5,7 x 2,6 μm). Os macroconídios são esparsos a abundantes, produzidos em conidióforos ou na superfície de esporodóquios, apresentando formato fusóide a subulado, e pontiagudos nas extremidades, com as paredes finas e três a cinco septos, medindo 23,5-36 μm x 3,5-5,5 μm (média 31,2 x 39 μm). Os clamidósporos apresentam paredes espessas, duplas e rugosas, são abundantes e podem ser formados isolados ou nas extremidades de conidióforos ou intercalados nas hifas ou nos macroconídios, constituindo as estruturas de resistência (NELSON; TOUSSOUN; MARASAS, 1983; LESLIE; SUMMERELL, 2006).

Muitos isolados de *F. oxysporum* parecem ter especificidade hospedeira, o que tem resultado na subdivisão das espécies em *formae specialis* e raças que refletem a aparente especialização fitopatogênica, sendo que cerca de 100 *formae specialis* de *F. oxysporum* já foram descritas (LESLIE; SUMMERELL, 2006). Existem quatro diferentes raças de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (EHLERS, 2001). As raças 1 e 2 foram descritas na Carolina do Sul (EUA), sendo que a raça 1, além do caupi, causa doença em soja [*Glycine max* (L.) Merrill.] e em crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) (ARMSTRONG; ARMSTRONG, 1950; RIGERT; FOSTER, 1987). A raça 3 foi descrita no Mississippi (EUA) (HARE, 1957) e a raça 4 detectada na Califórnia (EUA) (SMITH; HELMS; TEMPLE, 1999), ambas causando doença somente em caupi.

A disseminação de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* pode ocorrer de diferentes maneiras, incluindo vento, solo, sementes e material vegetal infectado (ARMSTRONG; ARMSTRONG, 1950; HOLLIDAY, 1970). A disseminação primária ocorre através de clamidósporos e sementes contaminadas, enquanto a disseminação secundária ocorre por conídios dispersados pelo vento e água de irrigação (CABI, 2007).

A ocorrência da murcha-de-fusário em caupi é mais freqüente em regiões secas com altas temperaturas (ALLEN, 1983). Os sintomas são mais severos a altas temperaturas, em torno de 27°C (SWANSON; VAN GUNDY, 1985). A presença de nematóides, principalmente do gênero *Meloidogyne* Goeldi, aumenta a severidade da doença (THOMASON; ERWIN; GARBER, 1959; SWANSON; VAN GUNDY, 1985; HARRIS; FERRIS, 1991b; ROBERTS et al., 1995).

O controle da murcha-de-fusário em caupi é muito difícil, principalmente, devido à elevada agressividade de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, transmissibilidade pelas sementes e alta capacidade de sobrevivência no solo mesmo na ausência da planta hospedeira. Diante disso, são recomendadas várias práticas culturais integradas, como plantio em áreas livres do patógeno, escolha da época de plantio, uso de sementes certificadas, uso de variedades resistentes, rotação de culturas e tratamento de sementes (SINGH; ALLEN, 1979; RIOS, 1988; ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005). O uso de variedades resistentes constitui um dos meios mais eficazes para o controle da murcha-de-fusário do caupi, embora a variabilidade do patógeno muitas vezes reduza a sua eficiência (RIOS, 1988).

O crescimento e a sobrevivência de *F. oxysporum* são muito influenciados pelas características físicas, químicas e biológicas do solo, que atuam acelerando ou retardando o desenvolvimento da doença, pela alteração da viabilidade do inóculo, embora o patógeno possa sobreviver em condições adversas, incluindo regiões secas e com altas temperaturas (NELSON, 1981). Portanto, a eficiência das práticas de manejo sobre as murchas causadas por *F. oxysporum* pode ser influenciada por muitos fatores, dentre outros, pelo teor de matéria orgânica no solo, bem como pelo tipo e estado nutricional do solo (BURGESS, 1981; ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990).

A agricultura sustentável se baseia em quatro alicerces fundamentais: sustentabilidade (habilidade para manter o sistema em existência por um longo período de tempo quando submetido a estresse), estabilidade (obtenção consistente de rendimento a curto ou longo prazo), produtividade (capacidade de produção por área) e equidade (distribuição relativa de riqueza na sociedade). Dentre outros aspectos, a sustentabilidade agrícola implica, necessariamente, na resolução dos problemas relacionados à ocorrência de doenças de plantas, com base na conservação dos recursos naturais, aumento da diversidade biológica, redução no uso de pesticidas e maximização da produtividade (THURSTON, 1992).

A agricultura sustentável impõe certas limitações na utilização de alguns métodos de controle de doenças, devendo ser priorizadas medidas baseadas nos métodos culturais, biológicos, genéticos e físicos e, preferencialmente, excluindo métodos químicos, como o uso de agrotóxicos. A integração eficiente das práticas de controle é a base para o sucesso num programa de manejo de doenças radiculares, sendo fundamental a seleção e o uso de técnicas apropriadas. A adequação de determinada prática de controle depende de várias informações, dentre as quais se destacam o

patógeno envolvido, as características epidemiológicas do patossistema, as características do agroecossistema e a eficiência da técnica específica. Além da integração das práticas de controle, um importante questionamento no manejo de doenças radiculares relaciona-se ao nível de sustentabilidade das práticas adotadas (MICHEREFF; PERUCH; ANDRADE, 2005).

No contexto da sustentabilidade, a utilização de práticas culturais tem destacada importância no manejo de doenças de plantas. O controle cultural das doenças radiculares consiste basicamente na manipulação das condições de pré-plantio e desenvolvimento do hospedeiro em detrimento do patógeno, objetivando a indução da supressividade do solo, a supressão do aumento e/ou a destruição do inóculo existente, escape das culturas ao ataque potencial do patógeno e a regulação do crescimento da planta direcionado a menor suscetibilidade (PALTI, 1981).

A ocorrência de uma doença de planta em nível epidêmico indica que existe uma ou mais das seguintes condições: a) o patógeno é altamente virulento ou está presente em alta densidade; b) o ambiente abiótico é mais favorável para o patógeno que para a cultura ou para os antagonistas; c) a planta hospedeira é geneticamente homogênea, suscetível, e de crescimento contínuo ou extensivo; d) ausência de antagonistas ou em baixa densidade devido à falta de condições ambientais favoráveis, ou inibição por outros organismos (GRAHAM; MITCHELL, 1999).

A indução da supressividade do solo é um aspecto fundamental a ser investigado no desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo de doenças radiculares (STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004; BETTIOL; GHINI, 2005). Solos supressivos podem ser definidos como aqueles que previnem o estabelecimento dos patógenos ou inibem as suas atividades patogênicas, sendo o oposto de solos condutivos (BAKER; COOK, 1974). É importante a distinção entre supressão à doença e supressão ao patógeno. A última é a habilidade de um solo em reduzir a densidade de inóculo do patógeno e sua atividade saprofítica, enquanto a primeira é a capacidade do solo de reduzir a intensidade da doença, mesmo com alta densidade de inóculo e capacidade de sobrevivência do patógeno (HORNBY, 1983).

As propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos influenciam direta e indiretamente vários processos críticos para os microrganismos fitopatogênicos e seus hospedeiros, as plantas. A sobrevivência e a dispersão de propágulos, a infecção do hospedeiro e a reprodução dos microrganismos, bem como o crescimento e a reprodução das plantas, são afetadas pelas propriedades dos solos. Portanto, o

conhecimento dessas propriedades e seu potencial efeito sobre as doenças radiculares são necessários na adoção de estratégias adequadas de manejo (MACDONALD, 1994; LIDDELL, 1997).

Os mecanismos que levam à supressividade do solo podem ser os mais variados e incluem fatores abióticos e bióticos, tais como textura e tipos de argila, níveis de macro e micronutrientes, relação C/N, condutividade elétrica e pH do solo, grau de compactação do solo, densidade, biomassa e atividade microbiana do solo (HORNBY, 1983; CHELLEMI; PORTER, 2001; WELLER et al., 2002; STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004; BETTIOL; GHINI, 2005). No entanto, interações complexas entre esses fatores tornam difícil a identificação de indicadores que possam ser utilizados em diferentes situações (ARSHAD; MARTIN, 2002) e refletem na dificuldade freqüentemente encontrada para distinção entre fatores primários e secundários responsáveis pela supressividade (BETTIOL; GHINI, 2005). Nesse contexto, solos naturalmente supressivos a várias *formae speciales* de *F. oxysporum* já foram constatados, mas em muitas situações os mecanismos responsáveis pela supressividade não foram esclarecidos (ALABOUVETTE, 1990; HÖPER; ALABOUVETTE, 1996).

A supressividade do solo pode ser induzida de várias maneiras, dentre as quais, pela adubação verde (BAKER; COOK, 1974; PALTÍ, 1981; ABAWI; THURSTON, 1994; DAVET, 2004; STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004; BETTIOL; GHINI, 2005; REIS; CASA; HOFFMANN, 2005). Até 1950, a adubação verde era uma prática muito utilizada e estava incorporada aos sistemas de produção dos agricultores brasileiros. No entanto, a partir desse período, com o advento da chamada “modernização da agricultura”, houve grande estímulo ao uso da mecanização, de adubos minerais industrializados e agrotóxicos, o que acarretou o abandono paulatino da adubação verde por parte dos agricultores (SOUZA; PIRES, 2002).

A adubação verde consiste no plantio de uma espécie vegetal que, após atingir seu pleno desenvolvimento vegetativo, será cortada ou acamada, sendo a sua massa verde produzida deixada sobre a superfície ou incorporada ao solo, com a finalidade de manter ou aumentar o conteúdo de matéria orgânica, que propicia melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo o crescimento e rendimento das culturas econômicas em sucessão (ABAWI; WIDMER, 2000; SOUZA; PIRES, 2002). A incorporação de plantas condicionadoras de solo, como se caracterizam as espécies utilizadas como adubos verdes, permite uma ciclagem mais rápida de nutrientes, o que favorece a cultura em sequência, principalmente pela

disponibilização de elementos como o nitrogênio e cátions trocáveis (PITOL et al., 2006).

Outro aspecto importante a considerar na utilização de adubos verdes é a contribuição para a diversidade e estabilidade do agroecossistema. O número de interações tróficas entre os componentes de um ecossistema é tanto maior quanto mais numerosas forem as espécies e, conseqüentemente, a estabilidade tenderá a aumentar, por ser esta uma função direta da diversidade (GLIESSMAN, 2001). Portanto, práticas culturais que envolvam a alternância das espécies vegetais numa mesma área de plantio, como a adubação verde, aumentam a diversidade de espécies, a quantidade e qualidade dos resíduos vegetais, e da matéria orgânica, além da agregação do solo (CARVALHO et al., 1999; BAYER et al., 2001; BURLE et al., 2006), ampliando a diversidade do agroecossistema e aumentando sua estabilidade (SOUZA; PIRES, 2002).

A incorporação de materiais vegetais no solo pode exercer influência sobre as populações dos patógenos e/ou as atividades patogênicas no solo (STOVER, 1962; PATRICK; TOUSSOUN, 1965; SUMNER; DOUPNIK; BOOSALIS, 1981; BOCKUS; SHROYER, 1998; RODRÍGUEZ-KÁBANA; CALVET, 1994; SCHOENMAKER; GHINI, 2001; DAVET, 2004; SHARMA, 2006). A incorporação de resíduos pode intensificar a atividade microbiana do solo e a competição entre os microrganismos, promovendo a lise de estruturas dos patógenos e favorecendo o desenvolvimento das plantas (COOK; BAKER, 1983; HUANG; KUHLMAN, 1991), mas alguns resíduos promovem o aumento da incidência de doenças, por prover uma base alimentar, aumentando a sobrevivência do patógeno (GRÜNWALD; HU; VAN BRUGGEN, 2000).

A escolha das culturas que poderão integrar um sistema de adubação verde depende de fatores, dentre os quais: a adaptação edafo-climática da cultura à região; o aspecto fitossanitário, pois a espécie cultivada como adubo verde não pode ser hospedeira dos mesmos patógenos e pragas da cultura principal; a possibilidade da cultura tornar-se planta daninha nos cultivos subseqüentes; a disponibilidade de equipamento e de mão-de-obra necessária para exploração da cultura; a disponibilidade de sementes da espécie vegetal (SANTOS; REIS; DERPSCH, 1983; ABAWI; THURSTON, 1994).

A época de incorporação ao solo é um aspecto relevante na utilização de adubos verdes, pois as plantas devem ser cortadas antes que as sementes se tornem viáveis. Do ponto de vista da produção de massa verde, das melhores condições de decomposição e

do maior teor de nitrogênio (N), o estágio de plena floração, com mais de 50% das plantas em florescimento, é a melhor época de incorporação ao solo. Devido aos possíveis efeitos alelopáticos que sobrevêm à decomposição dos resíduos do adubo verde, a semeadura da cultura subsequente deve ser realizada a partir de duas semanas da incorporação (MONEGAT, 1991).

As leguminosas são as espécies vegetais mais utilizadas na adubação verde, principalmente pela capacidade de fixarem nitrogênio atmosférico, através da simbiose com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Além disso, produzem boa quantidade de biomassa, resultam em matéria orgânica rica em proteínas, possuem sistema radicular bem ramificado e profundo, capaz de extrair nutrientes que se encontram em camadas mais profundas do solo, que serão disponibilizados para absorção pelas plantas após a incorporação e decomposição da leguminosa ao solo (SOUZA; PIRES, 2002; SHARMA, 2006). Dentre as leguminosas mais cultivadas como adubo verde no Brasil, destacam-se: crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis* Roth.), feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) DC], guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], labe-labe (*Dolichos lablab* L.) e mucuna-preta (*Stilozobium aterrimum* Piper & Tracy).

A crotalária juncea é uma planta de clima tropical e subtropical, relativamente tolerante à seca, desde que não ocorram compactação e adensamento do solo. Desenvolve-se bem em solos argilosos a franco-arenosos, não tolerando encharcamento. A taxa de decomposição da espécie é mais baixa do que de outras leguminosas, com exceção do guandu, devido aos elevados teores de lignina e celulose, além da relação C/N mais alta do seu material vegetal. A crotalária spectabilis é uma planta de clima tropical e subtropical, mas intolerante à seca e somente se adapta ao cultivo no período chuvoso. O feijão-de-porco é uma planta de origem tropical, adaptada ao clima seco, sendo muito cultivado em regiões quentes e semi-áridas como cobertura de solo e adubação verde. Essa espécie tem ampla adaptação às condições edáficas, tolerando, além de solos ácidos e de baixa fertilidade, solos salinos e mal drenados, com texturas variando de arenosas a argilosas. O guandu é uma das leguminosas mais comumente semeadas nas regiões tropicais e subtropicais, até mesmo em regiões áridas e semi-áridas. Com ampla adaptação às condições ambientais, mostra-se resistente à seca, mas muito sensível à geada. É uma planta pouco exigente em fertilidade do solo, desenvolvendo-se bem em solos argilosos e franco-argilosos, mas não tolera solos mal drenados. A decomposição do guandu é lenta em relação a outras leguminosas, devido à

elevada relação C/N. O labe-labe é uma planta de clima tropical e subtropical, adaptada ao cultivo no período de chuva, pois é sensível à deficiência hídrica. Essa espécie se adapta aos solos de texturas argilosas até arenosas, com melhor desenvolvimento naqueles bem drenados e férteis. A mucuna-preta desenvolve-se bem em condições de deficiência hídrica, suporta temperaturas elevadas, mas não tolera encharcamento e nem geadas. Adapta-se a solos de várias texturas, de argilosos a arenosos, tolera acidez e não é exigente em fertilidade do solo. A maioria dessas leguminosas não é recomendada como forrageira, por conter substâncias tóxicas aos animais (MIYASAKA, 1984; CALEGARI et al., 1993; BURLE et al., 2006).

A adubação verde é uma prática antiga, sendo encontrados diversos exemplos da obtenção de solos supressivos às doenças de plantas pela incorporação de adubos verdes. O princípio do controle de patógenos via adubação verde está relacionado à melhoria da fertilidade do solo e do aumento da matéria orgânica, além da produção, por parte da planta, de substâncias com ação antagônica aos fitopatógenos habitantes do solo (STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004).

Todas as raízes possuem a habilidade de secretar moléculas de baixo e alto peso molecular no ambiente rizosférico em resposta a estímulos bióticos ou abióticos. A exsudação radicular inclui a liberação de íons de oxigênio e água, sendo que em sua maioria são compostos contendo carbono derivados de produtos da fotossíntese. Na rizosfera os microrganismos são estimulados por exsudatos e tecidos radiculares destacados, sendo este efeito mais pronunciado para as bactérias e a população bacteriana na zona da rizosfera pode atingir valores superiores a cem vezes ao encontrado na zona não-rizosférica. A inibição da colonização das raízes ou da zona rizosférica pelos exsudatos liberados no ambiente podem exercer efeitos (a) indiretos como a repulsão da rizosfera, supressão de genes microbianos requeridos para a associação planta-microrganismo, indução de genes do microrganismo para a dormência, e por exercer toxicidade/antibiose, ou efeitos (b) indiretos através da imobilização dos microrganismos pela atração das células do bordo, mudanças no ambiente químico, pH, indisponibilidade de minerais via formação de quelatos e competição de nutrientes (WILLADINO et al., 2005). Portanto, os exsudatos radiculares influenciam no desenvolvimento e crescimento dos microrganismos e das plantas da região circundante (BERTIN; YANG; WESTON, 2003; WILLADINO et al., 2005; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Nesse contexto, a ausência da planta hospedeira durante determinado ciclo ou estação faz com que a espécie não-hospedeira presente

tenha ação “sanitizante”, já que modifica a população microbiana, podendo favorecer o aumento das populações de microrganismos nativos, que irão enfraquecer e/ou destruir as estruturas dos patógenos presentes no solo (BOCKUS; SHROYER, 1998). O valor da alternância de espécies vegetais no controle de doenças está ligado diretamente à biologia do patógeno, sendo mais propício o controle de patógenos habitantes do solo com menor capacidade de disseminação e que possuam pequena gama de espécies hospedeiras (THURSTON, 1992).

No agroecossistema, o resíduo cultural é a principal fonte de fornecimento de carbono como substrato para os microrganismos do solo e para os seus processos de respiração. Os restos culturais, incluindo também os adubos verdes, em sua maioria são constituídos de polímeros complexos e moléculas mais simples, geralmente solúveis, sendo estes constituintes orgânicos utilizados por uma ampla gama de microrganismos (WAGNER; WOLF, 1999).

No manejo de doenças radiculares devem ser usados adubos verdes que reduzam a população dos patógenos no solo e melhorem as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além de manter o caráter econômico do sistema de produção. No entanto, a resposta do patógeno pode ser variável, em função do tipo de material orgânico incorporado ao solo, da sua relação C/N e do nível de decomposição, dentre outros fatores (HOITINK; FAHY, 1986; HOITINK; BOEHM, 1999; HASNA et al., 2007). Em sistemas de manejo de doenças envolvendo a incorporação de material orgânico ao solo, o aumento dos teores de C associado à diminuição da quantidade de N livre tem levado à supressão das doenças (LEWIS; PAPAVIDAS, 1975; DAVET, 2004). Adubos verdes com alta relação C/N tendem a inibir a germinação de fungos habitantes do solo, como *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* (Burk.) Snyder & Hansen, que necessitam de fontes exógenas de nitrogênio para germinar, pois imobilizam o nitrogênio mineral indisponibilizando para o patógeno (DAVET, 2004).

A decomposição de algumas espécies vegetais utilizadas como adubos verdes libera substâncias aleloquímicas que podem exercer ação antagônica a outros organismos (CALEGARI et al., 1993), dentre os quais fitopatógenos habitantes do solo, motivo pelo qual no manejo de doenças são mais indicadas as espécies de leguminosas com propriedades antagônicas, como crotalárias, mucunas e guandu (SHARMA, 2006).

A supressividade natural de solos à murcha-de-fusário do caupi foi investigada previamente (ASSUNÇÃO et al., 2003a; ELOY et al., 2004), mas estudos envolvendo a indução de supressividade a essa doença não foram realizados até o momento. Além

disso, como antes da utilização extensiva é essencial a avaliação criteriosa dos efeitos da incorporação de materiais vegetais no solo sobre as populações dos patógenos e/ou as atividades patogênicas, a presente dissertação teve como objetivos (a) avaliar o potencial da utilização de adubos verdes na indução da supressividade à murcha-de fusário do caupi e (b) identificar os possíveis fatores responsáveis pela supressividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAWI, G. S.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Root rots of beans in Latin American and Africa: research methodologies and management strategies**. Cali: CIAT, 1990. 114 p.

ABAWI, G. S.; THURSTON, H. D. Effects of organic mulches, soil amendments, and cover crops on soilborne plant pathogens and their root diseases: a review. In: THURSTON, H.D. et al. (Eds.). **Tapado – slash/mulch: how farmers use it and what researchers know about it**. Ithaca: CIFAD, 1994. p. 89-99.

ABAWI, G. S.; WIDMER, T. L. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 37-47, 2000.

ALABOUVETTE, C. Biological control of Fusarium wilt pathogens in suppressive soils. In: HORNBY, D. (Ed.). **Biological control of soilborne plant pathogens**. Wallingford: CAB International, 1990. p. 35-42.

ALLEN, D. J. **The pathology of tropical food legumes: disease resistance in crop improvement**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 413 p.

ARAÚJO, J. P. P. Melhoramento do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Eds.). **O caupi no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-IITA, 1988. p. 249-283.

ARMSTRONG, G. M.; ARMSTRONG, J. K. Biological races of *Fusarium* causing wilt of cowpea and soybeans. **Phytopathology**, Lancaster, v. 40, n. 2, p. 181-193, 1950.

ARSHAD, M. A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 88, n. 1, p.153-160, 2002.

ASSUNÇÃO, I.P. et al. Caracterização de solos de Pernambuco quanto a supressividade à murcha-de-fusário do caupi. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 161-167, 2003a.

ASSUNÇÃO, I. P. et al. Influência da intensidade da murcha-de-fusário no rendimento do caupi. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 28, n. 6, p. 615-619, 2003b.

ATHAYDE SOBRINHO, C.; VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A. Doenças fúngicas e bacterianas. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 461-484.

BACKHOUSE, D.; BURGESS, L. W.; SUMMERELL, B. A. Biogeography of *Fusarium*. In: SUMMERELL, B. A. et al. (Eds.). ***Fusarium***: Paul E. Nelson symposium. St. Paul: APS Press, 2001. p. 122-137.

BAKER, K. F.; COOK, R. J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco: W.H. Freeman, 1974. 433 p.

BAYER, C. et al. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, n. 5, p. 1473-1478, 2001.

BENEVENUTTI, V. **Gestão governamental de apoio à produção de feijão: o caso Pernambuco (1991 – 1994)**. 1996,. 160 f. Dissertação (Mestrado em Administração Rural e Comunicação Rural) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BERTIN, C.; YANG, X.; WESTON, L. A. The role of root exudates and allelochemicals in rhizosphere. **Plant and Soil**, The Hague, v. 256, n. 1, p. 67-83, 2003.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos supressivos. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, 2005. p. 125-153.

BOCKUS, W. W.; SHROYER, J. P. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, p. 485–500, 1998.

BURGESS, L. W. General ecology of the Fusaria. In: NELSON, P.E.; TOUSSOUN, T. A.; COOK, R. J. (Eds.). ***Fusarium***: disease, biology and taxonomy. University Park: The Pennsylvania State University Press, 1981. p. 225-235

BURLE, M. L. et al. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2006. p. 71-142.

CABI. **Crop protection compendium 2007**. [CD-ROM]. Wallingford: CAB International, 2007.

CALEGARI, A. et al. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 206-319.

CARVALHO, A. M. et al. **Manejo de adubos verdes no cerrado**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1999. 28 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 4).

CASTRO, N. R. **Caracterização fisiológica de *Cercospora cruenta* Sacc. e controle genético de cercosporiose em caupi**. Recife: 2000, 48 f.. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CHELLEMI, D. O.; PORTER, I. J. The role of plant pathology in understanding soil health and its application to productive agriculture. **Australasian Plant Pathology**, Collingwood, v. 30, n. 1, p. 103-109, 2001.

COELHO, R. S. B. Doenças fúngicas do caupi. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO CAUPI, 5., 2001. Teresina. **Anais ...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 321-322. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).

COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1983. 539 p.

DAVET, P. **Microbial ecology of the soil and plant growth**. Enfield: Science Publishers, 2004. 392p.

EHLERS, J. Production and genetic improvement of dry grain cowpea in the USA. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO CAUPI, 5., 2001, Teresina. **Anais ...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 334-338. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).

ELOY, A. P.; MICHEREFF, S. J. Redução no rendimento do caupi em duas épocas de plantio devido à murcha-de-fusário. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, p. 330-333, 2003.

ELOY, A. P. et al. Natureza da supressividade de solo à murcha-de-fusário do caupi e dinâmica populacional de *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 209-218, 2004.

FAO. **FAOSTAT** - agricultural statistics database. [online]. Rome: World Agricultural Information Centre, 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 07 jan. 2008.

FREIRE FILHO et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 27-92.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2001. 653 p.

GRAHAM, J. H.; MITCHELL, D. J. Biological control of soilborne plant pathogens and nematodes. In: SYLVIA, D. M. et al. (Eds.). **Principles and applications of soil microbiology**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1999. p. 427-446.

GRANGEIRO, T. B. et al. Composição bioquímica da semente. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 337-365.

GRÜNWARD, N. J.; HU, S.; VAN BRUGGEN, A. H. C. Short-term cover crop decomposition in organic and conventional soils: characterization of soil C, N, microbial and plant pathogen dynamics. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 106, n. 1, p. 37-50, 2000.

HARE, W. W. A new race of *Fusarium* causing wilt of cowpea. **Phytopathology**, Lancaster, v. 47, n. 3, p. 457-465, 1957.

HARRIS, A. R.; FERRIS, H. Interactions between *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* and *Meloidogyne* spp. in *Vigna unguiculata*. 1. Effects of different inoculum densities on Fusarium wilt. **Plant Pathology**, London, v. 40, n. 3, p 445-456, 1991a.

HARRIS, A. R.; FERRIS, H. Interactions between *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* and *Meloidogyne* spp. in *Vigna unguiculata*. 2. Specificity of different taxa. **Plant Pathology**, London, v. 40, n. 3, 457-464, 1991b.

HASNA, M. K et al.. Use of compost to manage corky root disease in organic tomato production. **Annals of Applied Biology**, London, v. 151, n. 3, p. 381-390, 2007.

HOITINK, H. A. J.; BOEHM, M. J. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substrate-dependent phenomenon. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 37, p. 427-446, 1999.

HOITINK, H. A. J.; FAHY, P. C. Basis for control of soil borne plant pathogens with composts. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 24, p. 93-114, 1986.

HOLLIDAY, P. *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1970. 1 p. (C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, 220).

HÖPER, H.; ALABOUVETTE, C. Importance of physical and chemical soil properties in the suppressiveness of soil to plant diseases. **European Journal of Soil Biology**, Paris, v. 32, n. 1, p. 41-58, 1996.

HORNBY, D. Suppressive soils. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 21, p. 65-85, 1983.

HUANG, J. W.; KUHLMAN, E. G. Mechanisms inhibiting damping-off pathogens of slash pine seedlings with a formulation soil amendment. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, n. 3, p. 171-177, 1991.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: 1993-2004**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. 345 p.

IBGE. **Produção agrícola municipal**. [online]. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04 jan. 2008.

KENDRICK, J. B. Seed transmission of cowpea Fusarium wilt. **Phytopathology**, Lancaster, v. 21, n. 10, p. 979-983, 1931.

LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. **The *Fusarium* laboratory manual**. Ames: Blackwell, 2006. 388 p.

LEWIS, J. A.; PAPAVIDAS, G. C. Survival and multiplication of soil-borne plant pathogens as affected by plant tissue amendentes. In: BRUEHL, G. W. (Ed.) **Biological control of soil-borne plant pathogens**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1975. p. 84-89.

LIDDELL, C. M. Abiotic factors and soilborne diseases. In: HILLOCKS, R. J.; WALLER, J. M. (Eds.). **Soilborne diseases of tropical crops**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 365-376.

MACDONALD, J. D. The soil environment. In: CAMPBELL, C. L.; BENSON, D. M. (Eds.). **Epidemiology and managment of root diseases**. Hidelberg: Springer-Verlag, 1994. p. 82-115.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. Fertilidade do solo e adubação. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 229-242.

MICHEREFF, S. J.; PERUCH, L. A. M.; ANDRADE, D. E. G. T. Manejo integrado de doenças radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, 2005. p. 367-388.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p. 64-123.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. 2. ed. Chapecó: O Autor, 1991. 336 p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

NELSON, P. E. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: MACE, M. .; BELL, A. A.; BECKMAN, C. H. (Eds.). **Fungal wilt diseases of plants**. New York: Academic Press, 1981. p. 51-80.

NELSON, P. E.; TOUSSOUN, T. A.; MARASAS, W. F. O. ***Fusarium* species: an illustrated manual for identification**. University Park: The Pennsylvania State University Press, 1983. 193 p.

OYEKAN, P. O Occurrence of cowpea wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* in Nigeria. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 59, n.6, p. 488-490, 1977.

PALTI, J. **Cultural practices and infectious crop diseases**. Berlin: Springer-Verlag, 1981. 241 p.

PATRICK, Z. A.; TOUSSON, T. A. Plant residues and organic amendments in relation to biological control. In: BAKER, K.; SNYDER, W. C. (Eds.). **Ecology of soil-borne plant pathogens**. Berkeley: University of California, 1965. p. 440-452.

PEREIRA, P. A. A. et al. Produto feijão: perspectivas de produção, do consumo e do melhoramento genético. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISAS DO CAUPI, 5., 2001, Teresina. **Anais..** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2001. p. 307-311. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).

PITOL, C. et al. Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no bioma cerrado. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2006. p. 301-330.

POLTRONIERI, L. S.; TRINDADE, D. R.; SILVA, J. F. **Principais doenças do caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. no Pará e recomendações de controle**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1994. 24 p.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; HOFFMANN, L. L. Controle cultural de doenças radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, 2005. p. 279-301..

RIGERT, R. S.; FOSTER, K. W. Inheritance of resistance to two races of *Fusarium* wilt in three cowpea cultivars. **Crop Science**, Madison, v. 27, n. 2, p. 220-224, 1987.

RIOS, G. P. Doenças fúngicas e bacterianas do caupi. In: ARAÚJO, J. P.; WATT, E. E. (Eds.). **O caupi no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-IITA, 1988. p. 549-589.

RIOS, G. P. **Principais doenças do caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1990. 40 p.

ROBERTS, P. A. et al. Interactions of virulent *Meloidogyne incognita* and *Fusarium* wilt on resistant cowpea genotypes. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, n. 12, p. 1288-1295, 1995.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; CALVET, C. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de origem edáfico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.129-138, 1994.

SANTOS, H. P., REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: EMBRAPA/FECOTRIGO/FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa/Fecotrigo/Fundação ABC, 1983. p. 85-103.

SCHOENMAKER, I. A. S.; GHINI, R. Biofumigação do solo para o controle de *Pythium* spp. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 308-309, 2001.

SEIFERT, K. A. *Fusarium* and anamorphic generic concepts. In: SUMMERELL, B. A. et al. (Eds.). **Fusarium**: Paul E. Nelson symposium. St. Paul: APS Press, 2001. p. 15-49.

SHARMA, R. D. Adubação verde no controle de fitonematóides. In: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2006. p. 237-264.

SINGH, B. B. et al. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A. et al. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. p. 22-40.

SINGH, S. R.; ALLEN, D. J. **Parasitos y enfermedades del caupi**. Ibadan: IITA, 1979. 113 p.

SMITH, S. N.; HELMS, D. M.; TEMPLE, S. R. The distribution of Fusarium wilt of blackeyed cowpeas within California caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* race 4. **Plant Disease**, St Paul, v. 83, n. 7, p. 694, 1999.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa: UFV, 2002. 72 p. (UFV. Cadernos Didáticos, 96).

STONE, A. G.; SCHEUERELL, S. J.; DARBY, H. M. Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. In: MAGDOFF, F.; WEIL, R. R. (Eds.). **Soil organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 132-164.

STOVER, R. H. The use of organic amendments and green manures in the control of soil-borne plant pathogens. **Recent Progress in Microbiology**, London, v. 8, p. 267-275, 1962.

SUMNER, D. R.; DOUPNIK, B. Jr.; BOOSALIS, M. G. Effects of reduced tillage and multiple cropping on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 19, p. 167-187, 1981.

SWANSON, T. A.; VAN GUNDY, S. D. Influences of temperature and plant age on differentiation of races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* on cowpea. **Plant Disease**, St. Paul, v. 69, n. 7, p. 779-781, 1985.

THOMASON, I. J.; ERWIN, D. E.; GARBER, M. J. The relationship of the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, to Fusarium wilt of cowpea. **Phytopathology**, Lancaster, v. 49, n. 9, p. 602-606, 1959.

THURSTON, H. D. **Sustainable practices for plant disease management in traditional farming systems**. Boulder: Westview Press, 1992. 263 p.

WAGNER, G. H.; WOLF, D. Carbon transformation and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D. M. et al. (Eds.). **Principles and applications of soil microbiology**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1999. p. 218-258.

WELLER, D. M. et al. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 40, p. 309-348, 2002.

WILLADINO, L. et al. Sistema vascular e exsudatos radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, 2005. p. 19-40.

Capítulo II

**Indução da supressividade à murcha-de-fusário do
caupi pela adubação verde**

38 **SUPPRESSIVENESS INDUCTION TO COWPEA FUSARIUM WILT BY GREEN**
39 **MANURES**

40

41 ABSTRACT: Fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, is an
42 important cowpea disease in North and Northeast regions of Brazil. This work aimed to
43 evaluate the potential of green manure in inducing suppressiveness to Fusarium wilt as
44 well as to identify the factors related to suppressivity. The experiment was carried out in
45 greenhouse conditions. A sandy loam soil with no native populations of *F. oxysporum*
46 was used. Eleven treatments were compared after soil infestation with *F. oxysporum* f.
47 sp. *tracheiphilum*. Different combinations of non-cropping, cowpea (cv. BR-17
48 Gurguéia) and green manures (sunn hemp, showy crotalaria, mucuna, lablab, canavalia
49 and pigeonpea), in four growing seasons, were compared. Disease severity evaluations
50 along with microbial and chemical characteristics of soil were carried out at the end of
51 the 2nd and 4th growing seasons. For the two evaluations, the incorporation of sunn
52 hemp into the soil led to smallest levels of severity (SVD) of cowpea Fusarium wilt.
53 There was no correlation between *F. oxysporum* population density in soil and SVD.
54 For the first evaluation (2nd season), SVD was negative correlated ($r = -0.69$) with
55 *Bacillus* sp. population. Thus, this bacteria was regarded a suppressiveness factor. For
56 the 4th growing season, no significant correlation between SVD and soil microbiological
57 characteristics was found. These results suggest that other mechanisms are involved in
58 disease suppressiveness.

59 Key words: *Vigna unguiculata*, inoculum, soil ecology, sunn hemp.

INTRODUÇÃO

60

61

62 O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é amplamente cultivado nas regiões
63 Nordeste e Norte do Brasil, onde desempenha importante papel socioeconômico. A
64 produtividade dessa leguminosa pode ser drasticamente afetada pela ocorrência de
65 doenças radiculares, entre as quais se destaca a murcha-de-fusário, causada pelo fungo
66 *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* (E.F. Smith) Snyder & Hansen (Coelho,
67 2001; Athayde Sobrinho et al., 2005). Em Pernambuco, foram registradas reduções de até
68 89% no rendimento de vagens (Assunção et al., 2003b) e 98% no rendimento de
69 sementes (Eloy & Michereff, 2003) devido à doença.

70

71 O controle da murcha-de-fusário do caupi é muito difícil devido às
72 características do patógeno, destacando-se a elevada agressividade, transmissibilidade
73 pelas sementes e alta capacidade de sobrevivência no solo na ausência da planta
74 hospedeira (Rios, 1988; Athayde Sobrinho et al., 2005). Diante disso, a indução da
75 supressividade do solo é um aspecto a ser investigado para o manejo da doença. Em
76 solos supressivos (Baker & Cook, 1974), o desenvolvimento da doença é suprimido
77 mesmo quando o patógeno está presente e o hospedeiro é suscetível. A supressividade
78 do solo pode ser resultante de fatores bióticos e abióticos, geralmente envolvendo
79 interações complexas (Stone et al., 2004; Bettioli & Ghini, 2005).

79

80 A supressividade do solo pode ser induzida de várias maneiras, dentre as quais,
81 pela adubação verde. A incorporação de adubos verdes propicia melhoria nas condições
82 físicas, químicas e biológicas do solo, podendo intensificar a atividade microbiana e a
83 competição entre os microrganismos, promover a lise de estruturas dos patógenos, além
84 de favorecer o crescimento das culturas econômicas em sucessão (Palti, 1981; Abawi &
Thurston, 1994; Abawi & Widmer, 2000; Stone et al., 2004).

85 O presente trabalho teve como objetivos avaliar o potencial da utilização de
86 adubos verdes na indução da supressividade à murcha-de fusário do caupi e identificar
87 os possíveis fatores responsáveis pela supressividade.

88

89 MATERIAL E MÉTODOS

90

91 O experimento foi conduzido em casa de vegetação com temperatura do ar
92 variando de 26 a 36°C e umidade relativa do ar entre 55 e 94%, na Universidade Federal
93 Rural de Pernambuco, em Recife (Estado de Pernambuco, Brasil). O solo utilizado foi
94 franco arenoso, coletado no município de Camaragibe (Estado de Pernambuco), em área
95 sem histórico de cultivo com caupi e com as seguintes características químicas: pH
96 (H₂O) = 5,5; P = 7 mg dm⁻³; K = 0,21 cmol_c dm⁻³; Na = 0,43 cmol_c dm⁻³; Al = 0,60
97 cmol_c dm⁻³; Ca = 1,10 cmol_c dm⁻³, Mg = 1,00 cmol_c dm⁻³, H+Al = 4,68 cmol_c dm⁻³ e C
98 orgânico = 14,51 g kg⁻¹.

99

100 **Detecção de populações autóctones, atividade saprofítica e patogênica de *Fusarium*** 101 ***oxysporum* no solo**

102 A detecção de populações autóctones de *F. oxysporum* no solo foi realizada pelo
103 método de diluição em série, através da diluição de 10 g de solo em 90 mL de água
104 destilada esterilizada, seguido do plaqueamento de 0,1 mL em meio de cultura peptona-
105 PCNB-ágar (PPA) (Burgess et al., 1994), em cinco repetições.

106 Na determinação da atividade saprofítica de *F. oxysporum* foi utilizado o
107 método descrito por Windels (1992), adaptado para iscas constituídas de segmentos de
108 talos de caupi (cv. BR-17 Gurguéia), com 1 cm de comprimento. Vinte segmentos de
109 talos autoclavados foram imersos em uma suspensão de tetraciclina (250 ppm) e, após a

110 secagem, semeados em recipientes plásticos tipo gerbox contendo 450 g de solo,
111 previamente peneirado em uma malha de 5 mm e umedecido com água destilada
112 esterilizada. Após três dias de incubação a 25 ± 2 °C e $70\pm 2\%$ UR, os talos foram
113 recuperados pela passagem do solo em peneira com malha de 1 mm, lavados em água
114 corrente e postos a secar em papel de filtro esterilizado. Após secagem por 30 minutos,
115 cinco talos foram transferidos para cada placa de Petri, contendo meio PPA. Decorridos
116 cinco dias de incubação nas mesmas condições anteriores, foi efetuada a contagem do
117 número de talos que proporcionaram o crescimento de *F. oxysporum* no meio de
118 cultura.

119 Na determinação da atividade patogênica de *F. oxysporum*, sementes de caupi
120 (BR-17 Gurguéia) foram desinfestadas em NaClO a 1,5 % por 2 minutos, lavadas em
121 água corrente e imersas em suspensão de tetraciclina (250 ppm) por 2 minutos. Após
122 secagem por 45 minutos, as sementes foram plantadas no solo acondicionado em vasos
123 plásticos (18x16 cm e 4 dm³ de capacidade). Em cada vaso foram colocadas cinco
124 sementes, sendo utilizados cinco vasos. As avaliações foram efetuadas diariamente
125 quanto ao aparecimento de clorose, queda prematura de folhas e murcha. Trinta dias
126 após o plantio, as plantas foram seccionadas longitudinalmente na região do caule,
127 avaliando a ocorrência de coloração castanha escura nos tecidos vasculares.

128

129 **Preparo do inóculo e infestação do solo**

130 Foi utilizado um isolado de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (CMM-732),
131 obtido de planta de caupi com sintoma de murcha, oriunda do município de Floresta
132 (Estado de Pernambuco). O inóculo do patógeno foi preparado em frascos de
133 Erlenmeyer contendo 250 g de substrato constituído de areia lavada-farinha de milho
134 (Nene & Haware, 1980) na proporção de 9:1, com adição de 50 mL de água destilada.

135 Após o substrato ter sido submetido à esterilização em autoclave (121°C, 60 min) por
136 dois dias consecutivos, em cada frasco foram colocados cinco discos de 5 mm de
137 diâmetro de cultura do fungo, previamente cultivado em meio batata-dextrose-ágar
138 (BDA), com sete dias de idade. Após incubação por 20 dias a 25±2 °C, 70±2 % UR e
139 sob alternância luminosa, foram retiradas alíquotas, efetuadas diluições em série e a
140 diluição 10⁻⁶ foi distribuída em meio PPA, sendo estimado o número de unidades
141 formadoras de colônias (UFC) g⁻¹ de substrato.

142 O solo acondicionado em vasos plásticos (4 dm³ de capacidade) foi infestado
143 pela adição do substrato colonizado por *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, seguido da
144 homogeneização da mistura, obtendo-se a densidade final de 4,5x10⁵ UFC g⁻¹ de solo.
145 A testemunha consistiu da utilização de solo não infestado.

146

147 **Cultivo de caupi e adubos verdes**

148 Foram comparados 11 tratamentos no solo infestado com *F. oxysporum* f. sp.
149 *tracheiphilum*, considerando diferentes combinações de pousio, caupi e adubos verdes
150 em quatro cultivos (Tabela 1). As plantas utilizadas foram caupi (cv. BR-17 Gurguéia) e
151 os adubos verdes crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), crotalária spectabilis
152 (*Crotalaria spectabilis* Roth.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), guandu
153 (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), labe-labe (*Dolichos lablab* L.) e mucuna-preta
154 (*Stilozobium aterrimum* Piper & Tracy).

155 O primeiro plantio foi efetuado 10 dias após a infestação do solo, dando início
156 ao 1º cultivo. Em todos os cultivos, antes do plantio as sementes foram desinfestadas em
157 solução de NaClO 1,5% por dois minutos, lavadas em água corrente e colocadas para
158 secar durante 45 minutos. Em cada vaso foram colocadas 10 sementes e 10 dias após o
159 plantio foi realizado desbaste, sendo mantidas seis plantas por vaso. No 1º e 3º cultivo,

160 ao atingirem o estágio de plena floração (> 50% das plantas em florescimento), os
161 adubos verdes foram picados e incorporados ao solo, deixando um intervalo mínimo de
162 15 dias entre a incorporação e um novo ciclo para a decomposição parcial dos restos
163 culturais.

164 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco
165 repetições, sendo cada repetição constituída por um vaso com seis plantas.

166

167 **Severidade da doença**

168 No 2º e no 4º cultivo, quando as plantas de caupi atingiram o estágio de plena
169 floração, foram avaliadas quanto à severidade da murcha-de-fusário, com o auxílio de
170 uma escala de notas adaptada de Harris & Ferris (1991), onde: 0 = sem colonização
171 vascular; 1 = colonização da raiz; 2 = colonização do hipocótilo; 3 = colonização até o
172 primeiro internódio; 4 = colonização até o segundo internódio; 5 = colonização até o
173 terceiro internódio; 6 = colonização a partir do terceiro internódio; 7 = planta morta. O
174 índice de severidade da doença (SVD) em cada vaso foi calculado conforme McKinney
175 (1923), pela expressão: $SVD = [\sum(\text{grau da escala} \times \text{freqüência}) / (\text{número total de}$
176 $\text{unidades} \times \text{grau máximo da escala})] \times 100$, utilizando-se os dados obtidos com a escala
177 de notas.

178 Os dados de SVD foram transformados em raiz ($x+0,5$), submetidos à análise de
179 variância e as médias comparadas pelo teste de Diferença Mínima Significativa (DMS),
180 ao nível de 5% de probabilidade.

181

182 **Análises microbianas e químicas do solo submetido aos tratamentos**

183 No final do 2º e do 4º cultivo, foram coletadas amostras de solo de todos os
184 tratamentos para análises microbianas e químicas. Para as análises microbianas, de cada

185 vaso foram removidas cinco amostras de 10 g e homogeneizadas, sendo efetuadas
186 diluições em série e distribuição nos seguintes meios de cultura: BDA com 250 ppm de
187 tetraciclina para fungos totais; PPA para *F. oxysporum*; ágar-nutritivo-dextrose-extrato
188 de levedura (NYDA) para bactérias totais e *Bacillus*; amido-caseína-ágar (AC) para
189 actinomicetos; e B de King (KMB) para *Pseudomonas* fluorescentes (Frighetto &
190 Valarini, 2000). Para isolamento de *Bacillus* spp., antes do plaqueamento as diluições
191 foram submetidas à banho-maria de 80°C por 20 minutos. As culturas foram incubadas
192 a 25±2 °C e 70±2 % UR, sob alternância luminosa. As populações bacterianas foram
193 avaliadas após 48 horas de incubação, enquanto os fungos após 72 horas. Cada
194 população resultou do número médio de colônias em cinco placas, sendo expressas em
195 UFC g⁻¹ solo.

196 Para as análises químicas, de cada vaso foram removidas cinco amostras de 50 g
197 e homogeneizadas. As amostras foram secas em ambiente coberto durante 10 dias e
198 depois peneiradas para retirada de resíduos, sendo mantidas em sacos de nylon até o
199 processamento. As amostras foram submetidas às análises de pH em água, P, K, Na, Ca,
200 Mg e Al trocáveis (cmol_c dm⁻³) e acidez potencial (H+Al) (cmol_c dm⁻³), sendo então
201 calculadas a soma de bases (SB), saturação de bases (V) e saturação por alumínio (m),
202 conforme Embrapa (1997), bem como N total, C orgânico (g kg⁻¹) e respirometria
203 (evolução de CO₂) (mg) conforme Mendonça & Matos (2005).

204

205 **Caracterização da supressividade ou condutividade dos tratamentos à murcha-de-** 206 **fusário do caupi**

207 Para caracterizar os possíveis fatores envolvidos na supressividade ou
208 condutividade dos tratamentos à doença, foram efetuadas comparações dos valores
209 médios da SVD com as demais variáveis avaliadas ao final do 2º e 4º cultivos, pela

210 análise de correlação de Pearson, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises
211 estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa SAEG[®] 9.0 (Sistema de
212 Análises Estatísticas e Genéticas, Fundação Artur Bernardes / Universidade Federal de
213 Viçosa, 2005).

214

215 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

216

217 Não foram detectadas populações autóctones e nenhuma atividade saprofítica ou
218 patogênica de *F. oxysporum* no solo antes da infestação. Quando o solo foi infestado
219 com *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* e a severidade da murcha-de-fusário (SVD)
220 avaliada nas plantas de caupi ao término do 2º cultivo, foram verificadas diferença
221 significativas ($P \leq 0,05$) nos níveis de severidade entre os diferentes tratamentos (Figura
222 1). Os maiores valores de SVD foram constatados na adubação verde com labe-labe
223 (LA-CA) e com dois cultivos sucessivos de caupi (CA-CA), atingindo 80,48% e
224 70,95%, respectivamente, sendo que esta última não diferiu significativamente da
225 adubação verde com feijão-de-porco (FP-CA). Todos os demais tratamentos
226 apresentaram valores de SVD inferiores aos verificados na sucessão CA-CA, com
227 destaque para a adubação verde com crotalária juncea (CJ-CA), com 28,10% de SVD e
228 redução de 60,39% na intensidade da doença. Os valores de SVD obtidos com as
229 adubações verdes de crotalária spectabilis (CS-CA), guandu (GU-CA) e mucuna-preta
230 (MP-CA) foram superiores aos registrados com crotalária juncea, mas não diferiram dos
231 apresentados pelas plantas de caupi cultivadas após um ciclo de pousio (PO-CA).

232 As populações microbianas nos solos ao término do 2º cultivo variaram de 1×10^3
233 a $6,1 \times 10^3$ UFC g⁻¹ de solo para *F. oxysporum*, $1,8 \times 10^4$ a $5,6 \times 10^4$ UFC g⁻¹ de solo para
234 fungos totais, $0,5 \times 10^4$ à $12,9 \times 10^4$ UFC g⁻¹ de solo para bactérias totais e $4,8 \times 10^3$ a

235 14,4x10³ UFC g⁻¹ de solo para *Bacillus* (Tabela 2). Não foram detectadas populações de
236 actinomicetos e *Pseudomonas* fluorescentes.

237 O nível populacional de bactérias totais no solo submetido à incorporação de
238 crotalária juncea ao término do 2º cultivo foi significativamente superior aos demais
239 tratamentos. Nesse tratamento, a população de *Bacillus* foi elevada, mas sem diferir do
240 constatado nos tratamentos com mucuna-preta e feijão-de-porco (Tabela 2).

241 Na análise dos possíveis indicadores da supressividade ou conduividade dos
242 tratamentos, a SVD ao término do 2º cultivo apresentou correlação negativa com a
243 densidade populacional de *Bacillus* ($r = -0,69$) e positiva com os teores de Ca+Mg ($r =$
244 $0,57$). As demais características microbiológicas, inclusive a densidade populacional de
245 *F. oxysporum*, e as características químicas do solo, não evidenciaram correlações
246 significativas com os níveis de SVD (Tabela 4).

247 Na 2ª avaliação, realizada ao final do 4º cultivo, também foram constatadas
248 diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 2). Os maiores valores de SVD
249 foram verificados nos tratamentos constituídos de quatro plantios sucessivos de caupi
250 (CA-CA-CA-CA), pousio/caupi/pousio/caupi (PO-CA-PO-CA), feijão-de-
251 porco/caupi/feijão-de-porco/caupi (FP-CA-FP-CA) e mucuna-preta/caupi/mucuna-
252 preta/caupi (MP-CA-MP-CA), com valores de SVD entre 56,67% e 64,76%. Por outro
253 lado, os menores níveis de SVD foram registrados nos tratamentos constituídos de
254 ciclos de crotalária juncea/caupi/crotalária juncea/caupi (CJ-CA-CJ-CA),
255 pousio/pousio/pousio/caupi (PO-PO-PO-CA), pousio/ pousio/caupi/caupi (PO-PO-CA-
256 CA) e pousio/caupi/caupi /caupi (PO-CA-CA-CA), que atingiram valores entre 38,10%
257 e 44,29%.

258 As populações microbianas constatadas ao término do 4º cultivo variaram de
259 3,8x10³ a 7,0x10³ UFC g⁻¹ de solo para *F. oxysporum*, 2,3x10⁴ a 4,7x10⁴ UFC g⁻¹ de

260 solo para fungos totais, $5,5 \times 10^4$ a $14,6 \times 10^4$ UFC g⁻¹ de solo para bactérias totais e
261 $4,3 \times 10^3$ a $9,9 \times 10^3$ UFC g⁻¹ de solo para *Bacillus* (Tabela 3). Não foram detectadas
262 populações de actinomicetos e *Pseudomonas* fluorescentes nos solos.

263 As correlações entre SVD e as características microbiológicas dos solos ao final
264 do 4º cultivo, inclusive com a densidade populacional de *F. oxysporum*, não foram
265 significativas (Tabela 4). Além disso, não houve correlação significativa entre os níveis
266 de severidade da doença constatados na 1ª e na 2ª avaliação ($r = 0,52$; $P = 0,08$),
267 realizadas ao término do 2º e 4º cultivos, respectivamente.

268 A diferença nos níveis de severidade da murcha-de-fusário do caupi nos solos
269 com a mesma densidade inicial de inóculo de *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, como
270 verificado no presente estudo, indica a variabilidade do potencial de inóculo em
271 diferentes condições de solo resultantes dos tratamentos com adubações verdes e outros
272 tipos de sucessão de cultivos. Entende-se como potencial de inóculo a energia de
273 crescimento do organismo patogênico que está disponível para a infecção do
274 hospedeiro, resultante da densidade de inóculo, da energia exógena e endógena dos
275 propágulos por unidade, da virulência dos propágulos e dos fatores ambientais, bióticos
276 e abióticos, determinantes da atividade do inóculo (Lockwood, 1988).

277 As variações na resposta do patógeno aos diferentes adubos verdes podem ser
278 decorrentes do tipo de material vegetal incorporado ao solo, da sua relação carbono-
279 nitrogênio e do nível de decomposição, dentre outros fatores (Hoitink & Fahy, 1986;
280 Hoitink & Boehm, 1999; Hasna et al., 2007). Essa variabilidade existente entre os solos
281 submetidos a diferentes tratamentos permite, segundo Huber & Schneider (1982),
282 classificá-los em supressivos ou conducivos, motivo pelo qual o solo submetido à
283 adubação verde com crotalária juncea mostrou-se supressivo à doença, pois nas duas
284 avaliações destacou-se na redução da severidade. A crotalária juncea é uma planta de

285 clima tropical e subtropical, relativamente tolerante à seca, desde que não ocorram
286 compactação e adensamento do solo. Desenvolve-se bem em solos argilosos a franco-
287 arenosos, não tolerando encharcamento. A taxa de decomposição da espécie é mais
288 baixa do que de outras leguminosas, com exceção do guandu, devido aos elevados
289 teores de lignina e celulose, além da relação C/N mais alta do seu material vegetal
290 (Burle et al., 2006). Além disso, a decomposição desta leguminosa libera compostos
291 tóxicos voláteis e não voláteis que podem exercer ação antagônica sobre fitopatógenos
292 habitantes do solo (Sharma, 2006). Como exemplo, a incorporação de crotalaria ao solo
293 reduziu a incidência do mal-do-Panamá da bananeira causado por *F. oxysporum* f.sp.
294 *cubense* (E.F Smith) Snyder & Hansen, sendo observado o aumento na germinação dos
295 clamidósporos, inibição na formação de novos clamidósporos, lise de hifas e produção
296 de esporos com paredes finas (Sequeira, 1962), o que pode ter sido resultante dos
297 efeitos tóxicos da amônia e do ácido nítrico liberados durante a decomposição da
298 leguminosa no solo (Lazarovits, 2001).

299 A ausência de correlações significativas entre a densidade populacional de *F.*
300 *oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* no solo e a severidade da murcha-de-fusário do caupi
301 assemelha-se ao constatado em estudos envolvendo a supressividade natural de solos à
302 essa doença (Assunção et al., 2003a; Eloy et al., 2004). Esses resultados podem ser
303 decorrentes das características do patógeno, do nível de precisão dos métodos de
304 detecção e da influência dos fatores determinantes do potencial de inóculo. Para os
305 patógenos que existem em estádios múltiplos no solo, como no caso de *F. oxysporum*,
306 que produz hifas, microconídios, macroconídios e clamidósporos, a densidade
307 populacional é normalmente representada por unidades formadoras de colônias (UFC),
308 que podem não corresponder à densidade populacional das estruturas responsáveis pela
309 infecção do hospedeiro. Como a intensidade de doenças radiculares é resultante do

310 potencial de inóculo, do qual a densidade do inóculo é apenas um dos componentes
311 envolvidos, a quantificação dessa variável não garante o estabelecimento de relações
312 seguras com a intensidade de doença (Michereff et al., 2005).

313 A correlação negativa significativa entre os níveis da murcha-de-fusário e a
314 densidade populacional de *Bacillus* verificada na 1ª avaliação, realizada ao final do 2º
315 cultivo, sugere que essa bactéria exerceu ação antagônica sobre a atividade patogênica
316 de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, embora sem evidenciar influência sobre a
317 população do patógeno. Nesse contexto, é importante a distinção entre supressão à
318 doença e supressão ao patógeno. A última é a habilidade de um solo em reduzir a
319 densidade de inóculo do patógeno e sua atividade saprofítica, enquanto a primeira é a
320 capacidade do solo de reduzir a intensidade da doença, mesmo com alta densidade de
321 inóculo do patógeno (Hornby, 1983). Como fungistase refere-se às propriedades de
322 natureza biótica e/ou abiótica de solos que inibem a germinação de propágulos
323 germináveis dentro ou em contato com o solo (Bruehl, 1987), a hipótese do
324 envolvimento desse fenômeno estar associado à supressividade da murcha-de-fusário do
325 caupi com a incorporação de crotalária juncea não deve ser descartada, pois em estudos
326 com outras murchas causadas por *F. oxysporum*, o fenômeno da supressividade dos
327 solos tem sido correlacionado com a fungistase desde que a supressão da doença seja
328 independente da população do patógeno (Alabouvette et al., 1980).

329 Os gêneros de bactérias mais comumente encontrados nos solos com capacidade
330 supressiva a doenças radiculares são *Pseudomonas* e *Bacillus* (Weller et al., 2002;
331 Bettiol & Ghini, 2005). Nesse estudo, não foram detectadas populações de
332 *Pseudomonas* fluorescentes nos solos, mas a constatação da influência das populações
333 de *Bacillus* sp. na severidade da murcha-de-fusário representa um aspecto relevante,
334 pois segundo Mazzola (2004), a implementação efetiva de estratégias de manejo ou

335 estímulo à comunidade microbiana antagonista do solo para a supressão de doenças
336 requer inicialmente a identificação dos componentes biológicos envolvidos na
337 supressividade e depois o monitoramento do impacto das práticas de manejo na
338 abundância e atividade dessa população microbiana benéfica. Nesse contexto, as
339 espécies de *Bacillus*, incluindo *B. thuringiensis* Berliner, *B. subtilis* (Ehrenberg) Cohn e
340 *B. cereus* Frankland & Frankland têm se destacado como importantes agentes de
341 biocontrole de fitopatógenos habitantes do solo (Emmert & Handelsman, 1999; Sinclair,
342 1989; Mariano et al., 2005).

343 Uma das estratégias da indução da supressividade com a incorporação de adubos
344 verdes é estimular as populações de antagonistas potenciais naturalmente existentes no
345 solo (Abawi & Thurston, 1994; Stone et al., 2004), o que pode ter acontecido nesse
346 estudo com a utilização de crotalária juncea, resultando em elevadas populações de
347 *Bacillus* sp. no final do 2º cultivo. No entanto, não pode ser descartada a hipótese da
348 ação antagônica de substâncias aleloquímicas liberadas pela crotalária juncea durante a
349 fase de decomposição no solo, pois ao final do 4º cultivo a densidade populacional de
350 *Bacillus* sp. não foi o fator determinante da supressividade do solo submetido à
351 incorporação dessa leguminosa.

352 A inexistência de correlações significativas entre os níveis da murcha-de-fusário
353 do caupi e as demais características microbiológicas dos solos ao final do 2º ciclo de
354 cultivo submetidos á incorporação de adubos verdes e outros tratamentos assemelha-se
355 ao constatado em algumas doenças radiculares (Van Bruggen & Semenov, 1999),
356 embora seja freqüente a associação entre densidade microbiana e supressão de doenças
357 radiculares, principalmente de populações de *Pseudomonas* fluorescentes na
358 supressividade às murchas causadas por *F. oxysporum* (Alabouvette, 1990; Weller et al.,
359 2002).

360 A correlação positiva significativa entre os teores de Ca+Mg e a severidade da
361 murcha-de-fusário no 2º cultivo sugere que a soma desses elementos minerais no solo
362 foi condutora à doença, o que contradiz os resultados obtidos em vários estudos sobre a
363 influência desses elementos na intensidade de doenças causadas por *F. oxysporum*
364 (Huber, 1990; Zambolim et al., 2005). O Ca e o Mg são considerados importantes na
365 proteção da planta contra doenças, pois o primeiro está ligado à formação e estabilidade
366 da parede celular, podendo impedir a ação de enzimas extracelulares do patógeno sobre
367 a planta, enquanto o segundo é um constituinte da clorofila e participa da fotossíntese,
368 armazenamento e transferência de energia, respiração e sínteses orgânicas. No entanto,
369 em algumas situações tem sido verificado que o magnésio reduz o teor de cálcio em
370 partes vegetais, predispondo-as ao ataque de patógenos, sendo atribuído como causa
371 primária o desbalanço nutricional, envolvendo cálcio, magnésio e enxofre (Zambolim et
372 al., 2005).

373 A falta de correlações significativas entre os níveis de severidade da murcha-de-
374 fusário e as propriedades microbiológicas e químicas dos solos ao final do 4º cultivo
375 indica que não é possível destacar uma ou um conjunto de características responsáveis
376 pela supressividade ou condutividade em todas as situações. Portanto, os fatores
377 responsáveis pela supressividade em determinado tratamento podem não exercer o
378 mesmo papel em outros, confirmando as observações de Arshad & Martin (2002) sobre
379 a complexidade das interações entre as diferentes propriedades do solo, o que torna
380 difícil a identificação de indicadores de supressividade que possam ser utilizados em
381 diferentes situações, e reflete, segundo Höper & Alabouvette (1996) na dificuldade
382 freqüentemente encontrada para distinção entre fatores primários e secundários
383 responsáveis pela supressividade a doenças e/ou patógenos.

384 Um aspecto a ser considerado na dificuldade da caracterização dos possíveis
385 mecanismos envolvidos na supressividade dos solos ao final do 4º cultivo é a
386 metodologia empregada, uma vez que foram utilizados indicadores tradicionais de
387 supressividade (Hornby, 1983; Chellemi & Porter, 2001). De acordo com Van Bruggen
388 & Semenov (1999), os resultados obtidos utilizando indicadores tradicionais são muito
389 difíceis de interpretar, motivo pelo qual sugeriram um procedimento alternativo,
390 baseado na mensuração de respostas biológicas a distúrbios ou estresse, assumindo que
391 um solo sadio é um solo estável com resistência ao estresse. A resposta ao estresse em
392 termos de amplitude e resistência da comunidade microbiana poderia ser um melhor
393 indicador universal para supressão à doença que qualquer outro fator físico, químico ou
394 biológico mensurado somente uma vez a longos intervalos de tempo. Portanto, novos
395 estudos devem ser realizados para a caracterização dos mecanismos de supressividade
396 ou conducividade dos solos submetidos à incorporação de adubos verdes, visando
397 contribuir efetivamente para o manejo integrado da murcha-de-fusário do caupi.

398 Os resultados do presente estudo demonstram que a incorporação de crotalária juncea ao
399 solo antes do plantio de caupi pode ser efetiva no controle da murcha-de-fusário. No
400 entanto, conforme destacado por Abawi & Widmer (2000), o ambiente do solo é muito
401 complexo e diferentes áreas geográficas têm diferentes ambientes de solo. Primeiro, é
402 importante selecionar potenciais adubos verdes que são adaptados e podem ser
403 utilizados num sistema de rotação de culturas. Segundo, os adubos verdes selecionados
404 precisam ser testados para sua hospitalidade aos patógenos e como podem ser efetivos
405 para suprimir doenças quando incorporados ao solo. Para isso, é melhor conduzir testes
406 preliminares em casa de vegetação ou pequenas parcelas experimentais antes da
407 realização de avaliações em larga escala no campo. Entretanto, supressão da doença na
408 casa de vegetação ou pequenas parcelas não garante níveis similares de supressão em

409 campos de produção sob diversas condições de solo e ambiente, bem como diversas
410 opções de manejo.

411

412 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

413

414 ABAWI, G.S.; THURSTON, H.D. Effects of organic mulches, soil amendments, and
415 cover crops on soilborne plant pathogens and their root diseases: a review. In:
416 THURSTON, H.D.; SMITH, M.; ABAWI, G.S.; KEARL, S. (Ed.) **Tapado –**
417 slash/mulch: how farmers use it and what researchers know about it. Ithaca: CIFAD,
418 1994. p.89-99.

419 ABAWI, G.S.; WIDMER, T.L. Impact of soil health management practices on soil-
420 borne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. **Applied Soil**
421 **Ecology**, v.15, p.37-47, 2000.

422 ALABOUVETTE, C. Biological control of Fusarium wilt pathogens in suppressive
423 soils. In: HORNBY, D. (Ed.) **Biological control of soilborne plant pathogens.**
424 Wallingford: CAB International, 1990. p.35-42.

425 ALABOUVETTE, C.; ROUXEL, F.; LOUVET, J. Recherches sur la résistance des sols
426 aux maladies. VII. Étude comparative de la germination des chlamydospores de
427 *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* au contact de sols résistant et sensible aux
428 fusarioses vasculaires. **Annales de Phytopathologie**, v.12, p.21-30, 1980.

429 ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in
430 agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.88, p.153-160,
431 2002.

432 ASSUNÇÃO, I.P.; MICHEREFF, S.J.; BROMMONSCHENKEL, S.H.; ELOY, A.P.;
433 ROCHA JÚNIOR, O.M.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; NASCIMENTO,

- 434 R.S.M.P.; RODRIGUES, J.J.V. Caracterização de solos de Pernambuco quanto a
435 supressividade à murcha-de-fusário do caupi. **Summa Phytopathologica**, v.29,
436 p.161-167, 2003a.
- 437 ASSUNÇÃO, I.P.; MICHEREFF, S.J.; MIZUBUTI, E.S.G.; BROMMONSCHENKEL,
438 S.H. Influência da intensidade da murcha-de-fusário no rendimento do caupi.
439 **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p.615-619, 2003b.
- 440 ATHAYDE SOBRINHO, C.; VIANA, F.M.P.; SANTOS, A.A. Doenças fúngicas e
441 bacterianas. In: FREIRE FILHO, F.R.; LIMA, J.A. A.; RIBEIRO, V.Q. (Ed.) **Feijão-
442 caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.
443 p.461-484.
- 444 BAKER, K.F. & COOK, R.J. **Biological control of plant pathogens**. San Francisco:
445 W.H. Freeman, 1974. 433p.
- 446 BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos supressivos. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE,
447 D.E.G.T.; MENEZES, M. (Ed.) **Ecologia manejo de patógenos radiculares em
448 solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa Universitária, 2005. p.125-153.
- 449 BRUEHL, G.W. **Soilborne plant pathogens**. New York: MacMillan, 1987. 368p.
- 450 BURLE, M.L.; CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F.; PEREIRA, J. Caracterização das
451 espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A.M.; AMABILE, R.F. (Ed.) **Cerrado:
452 adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2006. p.71-134.
- 453 BURGESS, L.W.; SUMMERELL, B.A.; BULLOCK, S.; GOTT, K.P.; BACKHOUSE,
454 D. **Laboratory manual for *Fusarium* research**. 3.ed. Sydney: University of
455 Sydney, 1994. 133p.
- 456 CHELLEMI, D.O.; PORTER, I.J. The role of plant pathology in understanding soil
457 health and its application to productive agriculture. **Australasian Plant Pathology**,
458 v.30, p.103-109, 2001.

- 459 COELHO, R.S.B. Doenças fúngicas do caupi. In: REUNIÃO NACIONAL DE
460 PESQUISA DO CAUPI, 5., 2001. Teresina. **Anais ...** Teresina: Embrapa Meio-
461 Norte, 2001. p.321-322. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).
- 462 ELOY, A.P.; MICHEREFF, S.J. Redução no rendimento do caupi em duas épocas de
463 plantio devido à murcha-de-fusário. **Summa Phytopathologica**, v.29, p.330-333,
464 2003.
- 465 ELOY, A.P.; MICHEREFF, S.J.; NASCIMENTO, C.W.A.; LARANJEIRA, D.;
466 BORGES, M.A.S. Natureza da supressividade de solo à murcha-de-fusário do caupi
467 e dinâmica populacional de *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. **Summa**
468 **Phytopathologica**, v. 30, p.209-218, 2004.
- 469 EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro:
470 EMBRAPA Solos, 1997. 212p.
- 471 EMMERT, E.A.B.; HANDELSMAN, J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive
472 perspective. **FEMS Microbiology Letters**, v.171, p.1-9, 1999.
- 473 FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. (Ed.) **Indicadores biológicos e bioquímicos da**
474 **qualidade do solo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198p.
- 475 HARRIS. A.R.; FERRIS, H. Interactions between *Fusarium oxysporum* f.sp.
476 *tracheiphilum* and *Meloidogyne* spp. in *Vigna unguiculata*. 1. Effects of different
477 inoculum densities on Fusarium wilt. **Plant Pathology**, v.40, p.445-456, 1991.
- 478 HASNA, M.K.; MARTENSSON, A.; PERSSON, P.; RÄMERT, B. Use of compost to
479 manage corky root disease in organic tomato production. **Annals of Applied**
480 **Biology**, v.151, p.381-390, 2007.
- 481 HOITINK, H.A.J.; FAHY, P.C. Basis for control of soil borne plant pathogens with
482 composts. **Annual Review of Phytopathology**, v.24, p.93-114, 1986.

- 483 HOITINK, H.A.J.; BOEHM, M.J. Biocontrol within the context of soil microbial
484 communities: a substrate-dependent phenomenon. **Annual Review of**
485 **Phytopathology**, v.37, p 427-446, 1999.
- 486 HÖPER, H.; ALABOUVETTE, C. Importance of physical and chemical soil properties
487 in the suppressiveness of soil to plant diseases. **European Journal of Soil Biology**,
488 v.32, p.41-58, 1996.
- 489 HORNBY, D. Suppressive soils. **Annual Review of Phytopathology**, v.21, p.65-85,
490 1983.
- 491 HUBER, D.M. Fertilizers and soil-borne disease. **Soil Use and Management**, v.6,
492 p.168-173, 1990.
- 493 HUBER, D.M.; SCHNEIDER, R.W. The description and occurrence of suppressive
494 soils. In: SCHNEIDER, R.W. (Ed.) **Suppressive soils and plant disease**. St. Paul:
495 The American Phytopathological Society, 1982. p.1-7.
- 496 LAZAROVITS, G. Management of soilborne plant pathogens with organic soil
497 amendments: a disease control strategy salvaged from the past. **Canadian Journal**
498 **of Plant Pathology**, v. 23, p.1-7, 2001.
- 499 LOCKWOOD, J.L. Evolution of concepts associated with soilborne plant pathogens.
500 **Annual Review of Phytopathology**, v.26, n.93-121, 1988.
- 501 MARIANO, R.L.R.; SILVEIRA, E.B.; GOMES, A.M.A. Controle biológico de doenças
502 radiculares. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E. G.T.; MENEZES, M. (Ed.)
503 **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE -
504 Imprensa Universitária, 2005. p.303-322.
- 505 MAZZOLA, M. Assessment and management of soil microbial community structure for
506 disease suppression. **Annual Review of Phytopathology**, v.42, n.35-59, 2004.

- 507 McKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat
508 seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v.26,
509 p.195-218, 1923.
- 510 MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. (Ed.) **Matéria orgânica do solo: métodos de**
511 **análises**. Viçosa: UFV, 2005. 107p.
- 512 MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E.G.T.; PERUCH, L.A.M. Inóculo de patógenos
513 radiculares. In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E. G.T.; MENEZES, M. (Ed.)
514 **Ecologia manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE -
515 Imprensa Universitária, 2005. p.93-124.
- 516 NENE, Y.L.; HAWARE, M.P. Screening chickpea for resistance to wilt. **Plant Disease**,
517 v.64, p.379-380, 1980.
- 518 PALTI, J. **Cultural practices and infectious crop diseases**. Berlin: Springer-Verlag,
519 1981. 241p.
- 520 RIOS, G.P. Doenças fúngicas e bacterianas do caupi. In: ARAÚJO, J.P.; WATT, E.E.
521 (Ed.) **O caupi no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-IITA, 1988. p.549-589.
- 522 SEQUEIRA, L. Influence of organic amendments on survival of *Fusarium oxysporum* f.
523 *cupense* in the soil. **Phytopathology**, v.52, p.976-982, 1962.
- 524 SHARMA, R.D. Adubação verde no controle de fitonematóides. In: CARVALHO,
525 A.M.; AMABILE, R.F. (Ed.) **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa
526 Cerrado, 2006. p.237-264.
- 527 SINCLAIR, J.B. *Bacillus subtilis* as a biocontrol agent for plant diseases. In:
528 AGRIHOTRI, V.P.; SINGH, N.; CHAUB, H.S.; SINGH, U.S.; DWIVEDI, T.S.
529 (Ed.) **Perspectives in plant pathology**. New Delhi: Today & Tomorrow's, 1989.
530 p.367-374.

- 531 STONE, A.G.; SCHEUERELL, S.J.; DARBY, H.M. Suppression of soilborne diseases
532 in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other
533 cultural practices. In: MAGDOFF, F. & WEIL, R.R. (Ed.) **Soil organic matter in**
534 **sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p.132-164.
- 535 VAN BRUGGEN, A.H.C.; SEMENOV, A.M. A new approach to the search for
536 indicators of root disease suppression. **Australasian Plant Pathology**, v.28, p.4-10,
537 1999.
- 538 WELLER, D.M.; RAAIJMAKERS, J.M.; GARDENER, B.B.M.; THOMASHOW, L.S.
539 Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant
540 pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v.40, p.309-348, 2002.
- 541 WINDELS, C.E. *Fusarium*. In: SINGLETON, L.L.; MIHAIL, J.D.; RUSH, C.M. (Ed.)
542 **Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi**. St. Paul: APS Press,
543 1992. p.115-128.
- 544 ZAMBOLIM L.; COSTA, H.; VALE, F.X.R. Nutrição mineral e patógenos radiculares.
545 In: MICHEREFF, S.J.; ANDRADE, D.E. G.T.; MENEZES, M. (Ed.) **Ecologia**
546 **manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE - Imprensa
547 Universitária, 2005. p.153-181.

548 Tabela 1 – Tratamentos e cultivos utilizados na avaliação do potencial de adubos verdes
 549 na indução da supressividade à murcha-de-fusário do caupi.

550

Tratamento ¹	Cultivo			
	1º	2º	3º	4º
1	PO	PO	PO	PO
2	PO	PO	CA	CA
3	PO	CA	CA	CA
4	PO	CA	PO	CA
5	CA	CA	CA	CA
6	CJ	CA	CJ	CA
7	CS	CA	CS	CA
8	FP	CA	FP	CA
9	GU	CA	GU	CA
10	LA	CA	LA	CA
11	MP	CA	MP	CA

551

552 ¹ PO = pousio; CA = caupi; CJ = crotalaria juncea; CS = crotalaria spectabilis; FP = feijão-
 553 de-porco; GU = guandu; LA = labe-labe; MP = mucuna-preta.

554 Tabela 2 – Densidades populacionais de *Fusarium oxysporum*, fungos totais, bactérias
 555 totais e *Bacillus* sp. nos solos submetidos à incorporação de adubos verdes e
 556 outros tratamentos, na 1ª avaliação (2º cultivo).
 557

Tratamento ¹	Densidades populacionais (UFC g ⁻¹ solo) ²			
	<i>Fusarium oxysporum</i> (x10 ³)	Fungos totais (x10 ⁴)	Bactérias totais (x10 ⁴)	<i>Bacillus</i> (x10 ³)
CA-CA	3,0 c	3,0 bcd	1,8 def	5,0 c
CJ-CA	1,6 def	5,0 a	12,9 a	14,4 a
CS-CA	1,7 def	2,7 cd	3,0 cde	4,7 c
FP-CA	6,1 a	2,6 de	7,1 b	11,9 a
GU-CA	2,4 cd	3,4 bc	1,7 ef	8,1 b
LA-CA	1,6 de	2,4 de	3,1 cde	5,2 c
MP-CA	4,0 b	5,6 a	3,9 c	12,7 a
PO-PO	1,5 ef	1,8 e	0,5 f	7,9 b
PO-PO	1,0 ef	2,9 bcd	3,6 cd	5,1 c
PO-CA	1,9 de	2,9 bcd	0,9 f	6,8 bc
PO-CA	1,9 f	3,7 b	0,7 f	4,8 c
C.V. (%)	10,70	7,01	17,04	5,61

558

559 ¹ CA = caupi; CJ = crotalária juncea; CS = crotalária spectabilis; FP = feijão-de-porco;
 560 GU = guandu; LA = labe-labe; MP = mucuna-preta; PO = pousio.

561 ² Médias originais de cinco repetições. Para efeito de análise estatística, os dados foram
 562 transformados em log (x+1). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem
 563 significativamente entre si pelo teste de DMS (5%).

564 Tabela 3 – Densidades populacionais de *Fusarium oxysporum*, fungos totais, bactérias
 565 totais e *Bacillus* sp. nos solos submetidos à incorporação de adubos verdes e
 566 outros tratamentos, na 2ª avaliação (4º cultivo).
 567

Tratamento ¹	Densidades populacionais (UFC g ⁻¹ solo) ²			
	<i>Fusarium oxysporum</i> (x10 ³)	Fungos totais (x10 ⁴)	Bactérias totais (x10 ⁴)	<i>Bacillus</i> (x10 ³)
CA-CA-CA-CA	4,8 cd	3,9 abc	13,9 ab	7,4 c
CJ-CA-CJ-CA	7,0 a	3,9 abc	10,0 cd	4,7 de
CS-CA-CS-CA	5,9 b	3,6 bc	9,2 cd	9,5 ab
FP-CA-FP-CA	4,7 d	4,5 ab	11,4 abc	9,0 abc
GU-CA-GU-CA	5,8 b	2,3 d	8,7 d	8,3 abc
LA-CA-LA-CA	5,6 bcd	3,7 abc	9,1 cd	8,1 bc
MP-CA-MP-CA	5,6 bc	4,1 abc	14,6 a	5,3 d
PO-PO-PO-CA	5,5 bcd	4,1 abc	5,5 e	5,6 d
PO-PO-CA-CA	7,0 a	4,7 a	9,6 cd	7,7 bc
PO-CA-CA-CA	3,8 e	3,4 c	13,8 ab	9,9 a
PO-CA-PO-CA	5,1 bcd	3,3 c	11,1 bc	4,3 e
C.V. (%)	3,76	5,82	4,36	3,99

568

569 ¹ CA = caupi; CJ = crotalária juncea; CS = crotalária spectabilis; FP = feijão-de-porco;
 570 GU = guandu; LA = labe-labe; MP = mucuna-preta; PO = pousio.

571 ² Médias originais de cinco repetições. Para efeito de análise estatística, os dados foram
 572 transformados em log (x+1). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem
 573 significativamente entre si pelo teste de DMS (5%).

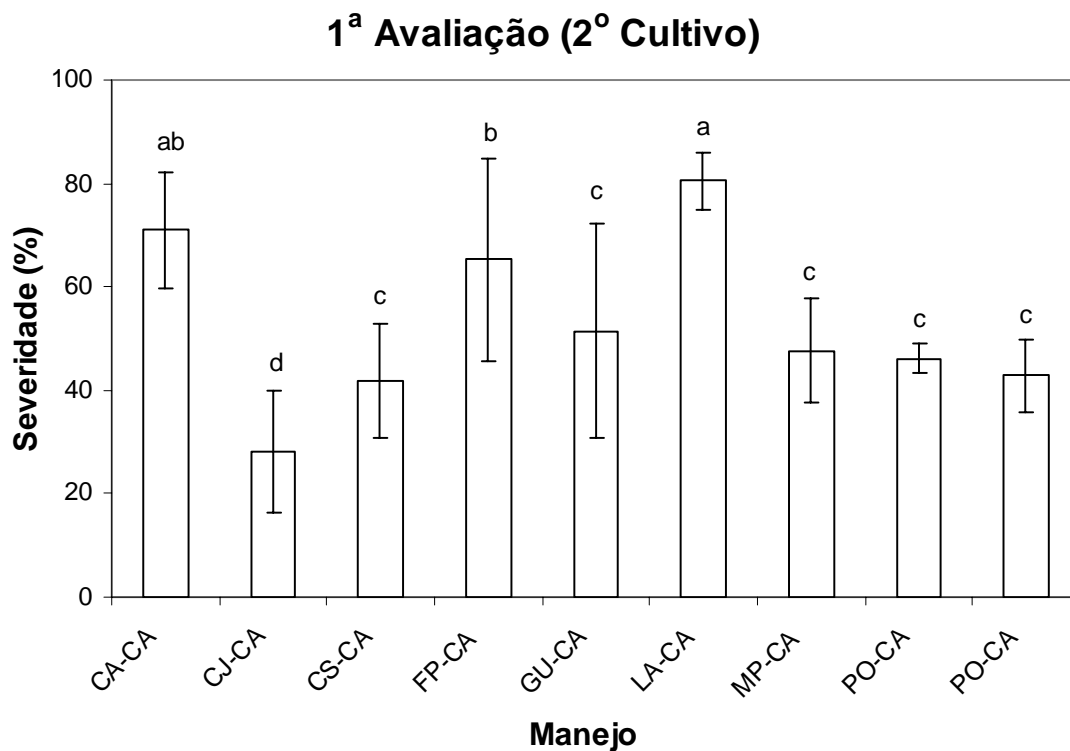
574 Tabela 4 – Correlações entre a severidade da murcha-de-fusário do caupi e as variáveis
 575 químicas e microbiológicas dos solos submetidos à incorporação de adubos
 576 verdes e outros tratamentos no 2º e 4º cultivos.
 577

Variáveis ¹	Cultivo	
	2º	4º
pH (H ₂ O)	-0,09	-0,27
Nitrogênio total (N total)	-0,03	-
Fósforo (P)	0,23	-0,53*
Potássio (K)	-0,18	0,21
Sódio (Na)	-0,09	0,17
Cálcio (Ca)	0,15	-
Magnésio (Mg)	0,43	-
Cálcio + Magnésio (Ca+Mg)	0,57*	-
Alumínio (Al)	-0,06	-
Carbono orgânico (CO)	-0,20	0,02
Acidez potencial (H+Al)	0,15	-
Soma de bases (SB)	0,49	-
Saturação de bases (v)	0,42	-
Saturação por alumínio (m)	0,37	-
Relação C/N (C/N)	-0,05	-
Relação Ca/Mg (Ca/Mg)	-0,12	-
Relação Ca/K (Ca/K)	0,26	-
CO ₂ Evoluído (CO ₂)	0,17	-
Bactérias totais (BT)	-0,45	0,48
<i>Bacillus</i> spp. (BC)	-0,69*	-0,02
Fungos totais (FT)	-0,33	-0,13
<i>Fusarium oxysporum</i> (FO)	-0,24	-0,44

578

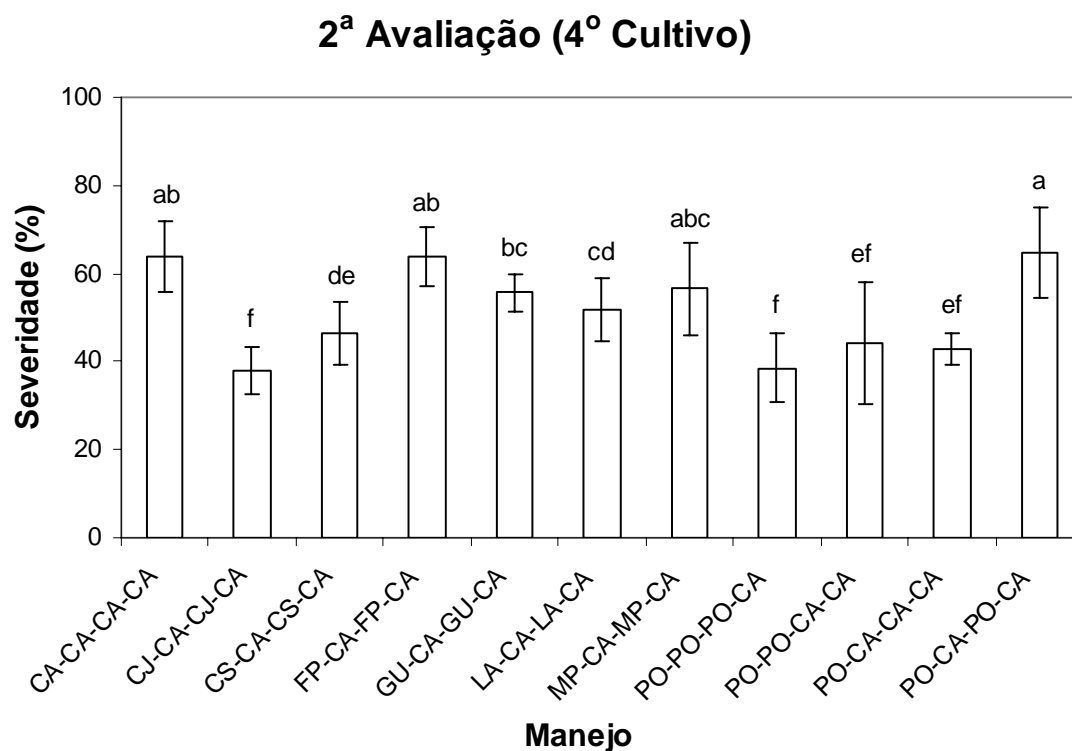
579 ¹Coefficientes de correlação de Pearson seguidos por asterisco são significativos a

580 P≤0,05.



581

582 Figura 1 - Influência da incorporação de adubos verdes e outros tratamentos (PO =
583 pousio; CA = caupi; CJ = crotalaria juncea; CS = crotalaria spectabilis; FP = feijão-de-
584 porco; GU = guandu; LA = labe-labe; MP = mucuna-preta) na severidade da murcha-de-
585 fusário do caupi na 1ª avaliação, realizada ao término do 2º cultivo. Colunas indicam as
586 médias e as barras os desvios padrões. Médias com a mesma letra não diferem
587 significativamente entre si pelo teste de DMS (P=0,05).



589

590 Figura 2 - Influência da incorporação de adubos verdes e outros tratamentos (PO =
591 pousio; CA = caupi; CJ = crotalária juncea; CS = crotalária spectabilis; FP = feijão-de-
592 porco; GU = guandu; LA = labe-labe; MP = mucuna-preta) na severidade da murcha-de-
593 fusário do caupi na 2ª avaliação, realizada ao término do 4º cultivo. Colunas indicam as
594 médias e as barras os desvios padrões. Médias com a mesma letra não diferem
595 significativamente entre si pelo teste de DMS (P=0,05).

Conclusões Gerais

CONCLUSÕES GERAIS

1. A densidade populacional de *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* nos solos não foi determinante dos níveis de severidade da murcha-de-fusário em caupi;
2. A incorporação de crotalaria juncea ao solo tem grande potencial na indução da supressividade à murcha-de-fusário do caupi;
3. A população de *Bacillus* sp. no solo foi identificada como um fator de supressividade à murcha-de-fusário no 2º cultivo;
4. A incorporação ao solo de feijão-de-porco, labe-labe, mucuna-preta e feijão-guandu demonstrou pouca eficácia na indução da supressividade à murcha-de-fusário do caupi.