UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

INFLUÊNCIA DE SUCESSÃO DE CULTIVOS NA SEVERIDADE DA MURCHA-DE-FUSÁRIO DO CAUPI

WELLINGTON COSTA DA SILVA

RIO LARGO - AL

2011

WELLINGTON COSTA DA SILVA

INFLUÊNCIA DE SUCESSÃO DE CULTIVOS NA SEVERIDADE DA MURCHA-DE-FUSÁRIO DO CAUPI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal e Proteção de Plantas), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Profª. Drª. Iraíldes Pereira Assunção

Co-orientador: Dr. Jean Herllington Araújo Monteiro

RIO LARGO - AL

2011

Catalogação na fonte

Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca Central

Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto

S586i Silva, Wellington Costa da.

Influência de sucessão de cultivos na severidade da murcha-de-fusário do caupi / Wellington Costa da Silva. – 2011.

48 f.

Dissertação (mestrado em Agronomia : Produção Vegetal e Proteção de Plantas) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo, 2011.

Bibliografia: p. 40-48.

1. Feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*(L)). 2. *Fusarium oxysporum* f.sp. 3. *Tracheiphilum*. 4. Sucessão de cultura. I. Título.

CDU: 635.652/653

TERMO DE APROVAÇÃO

WELLINGTON COSTA DA SILVA

INFLUÊNCIA DE SUCESSÃO DE CULTIVOS NA SEVERIDADE DA MURCHA-DE-FUSÁRIO DO CAUPI

Dissertação defendida e aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Proteção de Plantas, da Universidade Federal de Alagoas, pela seguinte Banca Examinadora:

Orientadora:

.....
Profª. Drª. Iraíldes Perreira Assunção
(CECA/UFAL)

Examinadores:

.....
Dr. Jean Herllington Araújo Monteiro
(Bolsista PRODOC/CAPES)

.....
Profª. Drª. Maria de Fátima Muniz
(CECA/UFAL)

.....
Drª. Marissonia de Araújo Noronha
(Embrapa/CPATC)

Rio Largo - AL, 03 de Março de 2011

A Deus criador da beleza humana. Por ter arquitetado a força em nossos corações, nos permitindo romper barreiras e a sabedoria para construirmos a felicidade com justiça e retidão.

DEDICO

Aos meus pais, José Ailton da Silva e Maria Costa Ferro, pelo carinho, dedicação e amor, externados durante toda minha existência. À minha irmã Ana Kelly Costa da Silva, pela fraternidade durante os momentos de dificuldades.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas - UFAL por iniciar-me nas atividades acadêmicas.

Ao Mestrado em Agronomia da UFAL, pelos ensinamentos adquiridos.

Aos Professores Iraíldes Pereira Assunção e Gaus Silvestre de Andrade Lima, pelas orientações, amizade e dedicação ofertada durante a minha permanência como aluno no programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFAL.

Aos doutores Jean Herllington Araújo Monteiro, Maria de Fátima Muniz e Marissonia de Araújo Noronha pela importantíssima contribuição para melhoria deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL pelo da bolsa.

Ao meu grande amigo e irmão Rosinaldo Firmino dos Santos por todo apoio e amizade.

Aos meus irmãos Cícero Luis Calazans de Lima e Carlo Jorge da Silva, que o Grande Arquiteto do Universo continue sendo generoso a vocês e lhes permita alcançar elevado sucesso nos planos espiritual e material.

Aos amigos do laboratório Antônio Duarte, Marcondes, Érica Correia, Joice, Sandra, Jaqueline, Luciana e Edilaine pela amizade durante todo o período de desenvolvimento dos trabalhos.

Aos colegas de curso: Adriano Jorge Nunes dos Santos, Ana Cristina Nascimento dos Santos, Leonardo Fonseca Barbosa, Romel Duarte Vilela, Taciana de Lima Salvador, Vanessa de Melo Rodrigues e Wagner Teixeira Soriano, pelo prazer de ter compartilhado bons momentos com todos vocês.

A minha namorada Alds Priscila Alves de Araújo Costa, pelo amor dedicado a mim nas horas difíceis.

Aos Amigos José Thales, Paulo Sérgio, Kenerson e Frederico Feijó. Amizades verdadeiras são encontradas e conservadas mesmo sob situações desfavoráveis.

Aos técnicos do laboratório de física e química do solo, José Carlos Martins da Silva, Sebastião da Silva e Alan, pelo auxílio na realização das análises de solo.

Aos doutorandos Cícero Alexandre Silva e Leylla Cruz da Silva pela ajuda na interpretação das variáveis químicas e físicas do solo.

RESUMO

SILVA, W. C.: **Influência de sucessão de cultivos na severidade da murcha-de-fusário do caupi**, 2011. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal e Proteção de Plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL, 2011. Orientadora: Profª Drª Iraíldes Pereira Assunção.

O feijão-caupi é muito importante para as populações carentes do Norte e Nordestes brasileiro. Diversos fatores corroboram para as baixas produções da cultura, dentre eles podemos destacar as doenças, com foco à murcha-de-fusário do feijão-caupi, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da incorporação de sucessões de cultivo na severidade da murcha-de-fusário do feijão-caupi. Em todos os experimentos utilizou-se solo sem histórico anterior de cultivo com a cultura. Não foram detectadas populações autóctones de *F. oxysporum* no solo. Os experimentos foram conduzidos em microparcelas constituídas de manilhas de concreto contendo solo infestado artificialmente com estruturas do patógeno, na densidade de $5x10^3$ ufc g^{-1} de solo. O experimento foi constituído de três ciclos de cultivos: (i) feijão-caupi, (ii) sucessões culturais e (iii) feijão-caupi. As sucessões culturais foram compostas por cultivos agrícolas: milho - MI, sorgo - SO, algodão - AL, mamona - MN e girassol - GI; leguminosas: crotalária juncea - CJ, crotalária spectabilis - CS, feijão-de-porco - FP, guandu anão - GA, lab-lab - LA e mucuna-preta - MP e mucuna-anã - MA. Constaram ainda como tratamentos: parcelas com feijão-caupi sem inóculo de *F. o.* f. sp. *tracheiphilum* - TEST, parcelas de feijão-caupi inoculadas com *F. o.* f. sp. *tracheiphilum* (caupi) – CA, e parcelas Infestadas com o fitopatógeno em sistema de pousio - PO. A incorporação das sucessões antecedendo o plantio do feijão-caupi proporcionou uma amplitude na severidade da doença de 56,67% a 26,33%. Dentre as leguminosas estudadas o FP e a MP foram os mais indicados, por reduzirem a severidade da doença e apresentarem melhor produção de grãos. Para os cultivos agrícolas as sucessões com o SO e GI, apresentaram a maior redução da severidade da murcha- de-fusário do caupi.

Palavras chave: *Vigna unguiculata* (L.), *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, sucessões culturais.

ABSTRACT

SILVA, W. C.: **Influence of cultivation succession in the severity of cowpea Fusarium wilt**, 2011.Dissertation (Master in Agronomy / Plant Production and Protection of Plants) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL, 2011. Advisor: Prof. Dr. Iraíldes Pereira Assunção.

The cowpea is very important for the poor populations of the North and Northeast of the Brazil. Several factors corroborate to production low of the culture, among them we can quote the disease, focusing on cowpea Fusarium wilt , caused by the fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. This study aimed to evaluate the influence of incorporation of crop succession on the severity of cowpea Fusarium wilt. In all experiments we used soil without previous history of cultivation with this culture. There were no observed *F. oxysporum* populations indigenous in the soil. The experiments were conducted in microplots of concrete pipes containing soil artificially infested with the pathogen structures, the density of 5x103 cfu g-1 of soil. The experiment consisted of three cultivation cycles being: (i) cowpea, (ii) succession cultural and (iii) cowpea. The culture succession were: corn - MI, sorghum - SO, cotton - AL, castor - MN and sunflower - GI; legumes: Crotalaria juncea - CJ, Crotalaria spectabilis - CS, bean-pig - FP, pigeon pea Dwarf - GA, lab-lab - LA and black velvet - velvet MP and dwarf - MA. There were still some treatments: plots with cowpea without inoculum of *F. o.* f. sp. *tracheiphilum* - TEST, plots of cowpea inoculated with *F. o*. f. sp. *tracheiphilum* (cowpea) - CA, and plots infested with the pathogen in fallow system - PO. The incorporation of succession before of the cowpea planting provided a range in the disease severity of 56.67% to 26.33%. Among the legumes studied the FP and MP were the most suitable for reducing the severity of the disease and offer better grain yield. For succession crops to the OS and GI showed a greater reduction in severity of Fusarium wilt of cowpea.

Keywords: Vigna unguiculata (L.), *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum,* cultural succession.

LISTA DE TABELA E FIGURAS

Tabela 1 Severidade da murcha-de-fusário, produção de grãos por parcelas e características químicas do solo após influência de sucessões de cultivos..... 34

Figura 1 População de bactérias totais, *Bacillus* spp., fungos totais, actnomicetos e *Fusarium oxysporum* em solo rizostérico de feijão-caupi sobre a influência de sucessões de cultivos..... 37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 REVISÃO DE LITERATURA 13

2.1 CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI 13

2.2 MURCHA-DE-FUSÁRIO 15

2.3 *Fusarium oxysporum* 16

2.4 CONTROLE DE FITOPATÓGENOS HABITANTES DO SOLO 17

2.4.1 Sucessão de cultivos no controle de patógenos habitantes do solo 18

2.4.2 Influência das características químicas do solo no controle de fitopatógenos habitantes do solo 20

2.4.3 Influência das populações de microorganismos no controle de fitopatógenos habitantes de solo 21

3 MATERIAL E MÉTODOS 23

3.1 OBTENÇÃO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO 23

3.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE SAPROFÍTICA E PATOGÊNICA DE POPULAÇÕES AUTÓCTONES DE *Fusarium oxysporum* 24

3.3 OBTENÇÃO DO ISOLADO E PRODUÇÃO DO INÓCULO de *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* 25

3.4 INFESTAÇÃO DO SOLO COM *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* E IMPLANTAÇÃO DAS SUCESSÕES CULTURAIS 25

3.5 LEVANTAMENTO DA POPULAÇÃO MICROBIANA DO SOLO 27

3.6 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O NÍVEL DA DOENÇA E AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E MICROBIOLÓGICAS DO SOLO 28

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 29

4.1 ATIVIDADE PATOGÊNICA DE POPULAÇÕES AUTÓCTONES DE F. oxysporum 29

4.2 ANÁLISES DE POSSÍVEIS INDICADORES DE SUPRESSIVIDADE A MURCHA-FUSÁRIO DO FEIJÃO CAUPI 29

4.3 SEVERIDADE DA MURCHA DE FUSÁRIO E PRODUÇÃO DE GRÃO APÓS A INCORPORAÇÃO DE SUCESSÕES CULTURAIS 30

4.4 INFLUÊNCIA DO pH E DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO NO CONTROLE DA MURCHA-DE-FUSÁRIO 32

4.5 INFLUÊNCIA DE POPULAÇÕES DE MICRORGANISMOS HABITANTES DO SOLO NO CONTROLE DA MURCHA-DE-FUSÁRIO 35

5 CONCLUSÕES 39

REFERÊNCIAS 40

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp.], é uma das culturas mais adaptadas a diferentes condições de clima e solo, podendo ser encontrada nas regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia e América do Sul (SINGH et al., 2002; NECHET; VIEIRA ,2006; ARRUDA et al., 2009). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, sendo as regiões Norte e Nordeste responsáveis pela maior parcela desta produção (SINGH et al., 2002; IBGE, 2006; FAO, 2008). Para estas Regiões, onde a o cultivo é realizado basicamente por agricultores familiares, esta leguminosa desempenha um importante papel sócio-econômico, pois contribui para permanência do homem no campo (MELO et al., 2005; SILVIA et al., 2009) e propicia uma excelente fonte de alimento.

Apesar de ter grande potencial produtivo para a região Nordeste do Brasil a cultura apresenta baixa produtividade, reflexo de diversos fatores como a instabilidade pluviométrica, a utilização de cultivares com potencial genético reduzido e a ocorrência de doenças e pragas (PEREIRA et al., 2001). As doenças causam perdas importantes na quantidade e qualidade dos grãos (ASSUNÇÃO, 2003b). A murcha-de-fusário do caupi, ocasionada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (E. F. Smith) Synyder e Hansen, é considerada por Coelho (2001) e Athayde Sobrinho et al., (2005) como sendo uma doença frequente em áreas cultivadas com a cultura.

O controle da murcha-de-fusário do feijão-caupi é muito difícil devido a elevada agressividade, transmissibilidade por sementes e a alta capacidade de sobreviver no solo na forma de clamidosporo (ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005). Entretanto, características físicas, químicas e biológicas do solo podem afetar a viabilidade do patógeno. De acordo com Bettiol e Guini (2005) e Reis et al. (2005) o uso de práticas culturais que visam a incorporação de resíduos orgânicos no solo, como a sucessão de cultivos, tem destacada importância no manejo de fitopatógenos habitantes do solo, por alterar as características acima citadas propiciando o surgimento de solos supressivos a diversas doenças (SANTOS et al.,

2000; HOFFMANN et al., 2004; OLIVEIRA, 2008; SILVA; MICHEREFF, 2010), contribuindo para estabilidade e equilíbrio do agroecossistema (GLIESSMAN, 2001).

Apesar de essa medida cultural ser recomendadas por órgãos oficiais (ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005), existe a carência de trabalhos científicos que comprove a eficácia da utilização de sucessões de cultivos no controle da murcha-de-fusário do feijão-caupi. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da incorporação de sucessões de cultivos na severidade da murcha-de-fusário do feijão-caupi.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], conhecido popularmente como feijão-de-corda, feijão-macassar, é uma das culturas mais adaptados a diversas condições de clima e solos pobres em nutrientes, podendo ser encontrado nas savanas tropicais e subtropicais da África, Ásia e América do Sul (NECHET; VIEIRA, 2006; SOBRAL, 2008; ARRUDA et al., 2009). Botanicamente está incluído entre as dicotiledôneas, pertencendo à ordem *Fabales*, família Fabaceae, subfamília *Faboideae*, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinia*, gênero *Vigna* e secção *Catiang* (FREIRE FILHO et al., 2006). Acredita-se que o mesmo foi introduzido na América Latina, primeiro nas colônias espanholas e, em seguida, no Brasil, durante o século XVI, pelos colonizadores espanhóis, portugueses e escravos africanos (FREIRE FILHO et al., 2006).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em 2008, a cultura apresentou uma produção mundial significativa, algo em torno de 5,7 milhões de toneladas em aproximadamente 11,9 milhões de hectares. A Nigéria apresenta-se como o principal produtor da cultura, com 2,9 milhões de toneladas, dispostas em uma área agrícola de 4,3 milhões de hectares, seguida pelo Níger com 1,6 milhões de toneladas em 5,3 milhões de hectares. O Brasil encontra-se na terceira posição no ranking mundial, produzindo aproximadamente 1,1 milhões toneladas em 2,1 milhões de hectares (NECHET; VIEIRA, 2006; SOBRAL, 2008; ARRUDA et al., 2009; IBGE, 2006; FAO, 2008). Apesar de ser cultivado em todo o Brasil, o maior destaque é dado às regiões Norte e Nordeste. Nessas regiões predominam populações carentes, com baixa renda, que têm a cultura como principal forma de subsistência.

Não fugindo a realidade do Nordeste, esta leguminosa exerce grande impacto para os pequenos agricultares do Estado de Alagoas. De acordo com o IBGE (2006)

a produção da cultura no Estado é cerca de 27 mil toneladas em uma área colhida de 143 mil ha. A reduzida produtividade alcançada pela cultura deve-se ao baixo nível tecnológico dos produtores do Estado. Contudo experimentalmente, em condições ideais foram obtidas produtividades médias de 951 e 707 $Kg.ha^{-1}$ nos municípios de Arapiraca e Igacy, Alagoas, respectivamente (CARVALHO, et al., 2006).

O cultivo do feijão-caupi, apesar de ter potencial para ser implantado em grandes áreas, sendo preferível em relação ao feijão carioca (MAY et al., 1988) e produtivo (BEZERRA, 1997; FREIRE FILHO et al., 2006), é realizado basicamente por pequenos agricultores, utilizando mão-de-obra familiar, contribuindo desta forma para permanência do homem no campo (SILVIA et al*.,* 2009). Para estas famílias a cultura se constitui um excelente alimento amenizando os efeitos da desnutrição.

Rico em proteína (16,5 - 25%), fundamental para construção e defesa do organismo, o feijão-caupi ainda possui 7,5% de energia, que contribui para o funcionamento do organismo, 17,4% de ferro, mineral importante na produção de hemoglobina e um dos constituintes dos glóbulos vermelhos, 7,8% de cálcio, mineral essencial à formação dos ossos e vitaminas do complexo B (SILVA et al., 2002; QUINDERÉ et al., 2004; ARRUDA et al., 2009).

A baixa produtividade obtida no Nordeste é reflexo da atuação de diversos fatores que contribuem direto ou indiretamente para tal circunstância. Pode-se destacar, como principais fatores a baixa disponibilidade de nutrientes no solo (XAVIER et al., 2008), o plantio em áreas de difícil cultivo (CASTRO, 2000), como em regiões de semi-árido, a falta do emprego de tecnologias adequadas (SILVA et al., 2007), como variedades melhoradas geneticamente, irrigação, mecanização e o controle de pragas e doenças. As doenças constituem importantes fatores de redução da produtividade da cultura, causando perdas na quantidade e qualidade dos grãos (RIOS, 1988; RIOS, 1990; ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005). A murcha-de-fusário, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (E.F. Smith) Synyder & Hansen, é uma doença que pode proporcionar grandes perdas de produtividade (COELHO, 2001; ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005).

2.2 MURCHA-DE-FUSÁRIO

A murcha-de-fusário foi relatada pela primeira vez nos Estados Unidos da América (KENDRIK, 1931), sendo constatada posteriormente no Canadá, Colômbia, índia, África Central (HOLLIDAY, 1970), na Nigéria (OYEKAN, 1977) e Brasil (RIOS 1988). Atualmente, a murcha-de-fusário ocorre na maioria das áreas onde o feijão-caupi é cultivado (CABI, 2009).

Os sintomas da murcha-de-fusário se caracterizam 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. No caule da planta pode ser visto a presença de lesões de coloração avermelhada com fendas longitudinais (NICHET; VIEIRA, 2006). Ao cortar logitudinalmente o caule é comum o aparecimento de coloração castanho escura, nos tecidos vasculares e formação de intumescência na parte mais baixa do caule (HOLLIDAY,1970; SINGH; ALLEN, 1979; POLTRONIERI et al.; 1994; ATHAYDE SOBRINHO et al, 2005). Uma vez infectados, os vasos condutores podem impedir a translocação de nutrientes, reduzindo assim, a capacidade fotossintética da cultura e por conseqüência a produção (BEDENDO, 1995). 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, 1991).

Existem relatos que a doença causou morte de até 50% das plantas, na Nigéria, em campos sobre condições naturais (OYEKAN, 1977) e danos de 75% na Índia, onde a doença foi mais freqüente, em localidades de clima seco, com baixa umidade e temperaturas elevadas (ALLEN, 1983). Em Pernambuco, em parcelas experimentais no campo, com solo artificialmente infestado pelo patógeno, foram registrados reduções de até 89,1% no rendimento de vagens (ASSUNÇÃO et al., 2003) e 98,1% no rendimento de sementes (ELOY; MICHEREFF, 2003) devido à murcha-de-fusário.

A ocorrência da murcha-de-fusário em feijão-caupi é mais frequente em regiões secas com altas temperaturas (ALLEN, 1983). Os sintomas são mais severos em temperatura em torno de 27º C (SWANSON; VAN GUNDY, 1985). A presença de nematóides, principalmente do gênero *Meloidogyne*, aumenta a severidade da doença (THOMASON et al., 1959; SWANSON; VAN GUNDY, 1985; ROBERTS et al., 1995).

2.3 *Fusarium oxysporum*

O gênero *Fusarium* foi descrito por Link em 1809, e atualmente pertence ao Filo Ascomicota, classe Ascomycetes e ordem Hypocreales (LESLIE; SUMMERREL, 2006). Este fungo apresenta micélio e conidióforos hialinos, que podem ser ramificados e terminados em tufos ou esporodóquios de filiades, os quais dão origem a dois tipos de conídios (macroconídios e microconídios). Os macroconídios com um ou vários septos transversais, hialinos, fusóides, acrógenos e frequentemente pedicelados. Os microconídios também hialinos, geralmente sem septos, produzidos isoladamente, formados em falça-cabeças unidos ou em cadeias. Presença ou não de clamidosporos terminais ou intercalados unicelulares, com ou sem septos, paredes grossas ou não, simples ou ornamentadas. Essas estruturas são extremamente resistentes, constituído assim a forma de sobrevivência do fungo sobre condições desfavoráveis. Seus teleomorfos estão presentes nos gêneros *Nectria* (Fr.) Fr., *Calonectria* De Not. *ou Gibberella* Sacc. (NELSON et al, 1983).

O gênero *Fusarium* tem grande número de espécies fitopatogênicas, dentre as quais, *F. oxysporum* (Schlecht.) Snyder & Hansen, cuja fase teliomórfica é desconhecida. Essa espécie é heterogênea, sendo composta de dezenas de espécies que necessitam ser claramente definidas de maneira adequada (LESLIE; SUMMERELL, 2006).

O fungo *F. oxysporum* possui ampla gama de hospedeiro e alguns possuem especificidade na interação com o hospedeiro, apresentando uma subdivisão da

espécie em diversas *formae speciales* e raças. De acordo com Leslie e Summerrel (2006), já foram descritas mais de 100 *formae speciales* de *F. oxysporum* (LESLIE; SUMMERREL 2006), que se destacam entre as doenças radiculares em cultivos tropicais. Dentre as quais *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheipilum* em feijão-caupi.

Atualmente são conhecidas quatro raças fisiológicas de *F. oxysporum* f.sp. *tracheipilum* (EHLERS, 2001) e todas elas tiveram sua descrição nos Estados Unidos da América. As raças 1 e 2 na Carolina do Sul, sendo que a raça 1, além de causar doença no caupi também afeta a cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merril.)] e o crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev) (ARMSTRONG; ARMSTRONG, 1950; RIGERT; FOSTER, 1987). A raça 3 descrita no Mississipi (HARE, 1957) e a raça 4 detectada na Califórnia, ambas causando doença em caupi (SMITH et al., 1999).

A disseminação de *F. oxysporum* f.sp. *tracheipilum* pode ocorrer de diferentes formas, incluindo o vento, sementes, solo, material vegetal infectado (ARMSTRONG; ARMSTRONG, 1950; HOLLIDAY, 1970). A disseminação primária ocorre através de clamidosporos, sementes contaminadas, enquanto que a disseminação secundária ocorre por conídios dispersos pelo vento e água de irrigação (CABI, 2009). Na permanência de *F. oxysporum* no solo na fase saprófita, seu crescimento e a sobrevivência sofrem influência das características físicas, químicas e biológicas do solo, em especial da matéria orgânica. A influência de fatores climáticos como a luz e temperatura, assim como a idade da planta, podem também interferir na expressão da murcha-de-fusário no caupi (RIOS, 1988).

2.4 CONTROLE DE FITOPATÓGENOS HABITANTES DO SOLO

Os métodos culturais para controle de doenças de plantas tem se tornado uma alternativa bastante interessante, atuando de forma significativa no controle de fitopatógenos. A incorporação de resíduos orgânicos induz uma supressividade a curto prazo, pois constitui uma alteração no manejo agrícola, podendo essa

supressividade ocorrer pelo estímulo da atividade da biota, aumentando as comunidades de agentes de biocontrole e diminuindo o potencial de inóculo dos fitopatógenos pela ação de compostos liberados durante a decomposição da matéria orgânica (BETTIOL; GHINI, 2005; BETTIOL et al*.,* 2009).

Dentre as práticas culturais que visam à substituição de culturas, as mais utilizadas pelos agricultores são a rotação de culturas e a adubação verde. Tais técnicas possuem baixo custo e se baseiam na incorporação de matéria orgânica, ajudando a equilibrar a flora microbiana do solo, além de modificar as características físicas e químicas do mesmo, corroborando para o surgimento de solos supressivos a fitopatógenos habitantes do solo (REIS et al*.*, 2005).

2.4.1 Sucessão de cultivos no controle de patógenos habitantes do solo

A sucessão de cultivo é uma prática sugerida há muito tempo, contribuindo com vários benefícios, dentre eles, a redução da densidade do inóculo de patógenos habitantes do solo. É considerada a principal prática para manejo de patógenos da rizosfera e rizoplano de culturas de importância agronômica. A aplicação da sucessão de cultivos visa a substituição de espécies vegetais hospedeiras de patógenos, por espécies não favoráveis ao desenvolvimento dos mesmos. Além destes benefícios, as culturas ao serem incorporadas no solo, contribuem na melhoria da fertilidade do solo e no aumento da matéria orgânica, produzindo também substâncias com ação antagonista (BETTIOL; GHINI, 2005).

A redução da densidade de inóculo de fitopatógenos habitantes do solo pode ser evidenciada pela eliminação dos restos culturais, conduzindo os microrganismos fitopatogênicos à morte por inanição. Desta forma, uma espécie vegetal para integrar uma sucessão de cultivos, não pode ser hospedeira de fitopatógenos habitantes do solo, contribuindo para reduzir a densidade de inóculo e aumentar as populações de microrganismos antagonistas, que atuam por meio de antibiose, competição e predação (REIS et al., 2005).

Outra ação da sucessão de cultivos, quando incorporada ao solo é a competição saprofítica entre os fitopatógenos habitantes do solo e os microrganismos não patogênicos, favorecendo a diminuição e a intensidade de doenças. Silva e Michereff (2010) utilizado o sistema de rotação caupi/sorgo/caupi e caupi/milho/caupi conseguiram uma redução significativa na severidade da rizoctoniose do feijão-caupi.

Em experimento realizado por Hoffmann et al. (2004), no Rio Grande do Sul, foi verificado, que em sistema de sucessão de cultivo envolvendo os ciclos Soja/milho nos anos agrícolas de 1998/99 e 2000/01, ocorreu o controle da podridão das hastes na cultura da soja causada por *Phialophora gregata* (Allington e D.W. Chamb.) W. Gams. Em sistema de monocultivo da soja, 100% das plantas apresentaram sintomas de escurecimento na medula das hastes, ocasionando uma redução na produtividade em 40,2%. Contudo em áreas que ocorreu a sucessão entre soja e milho, não foi constatada a presença de plantas com sintomas de podridão parda das hastes.

Santos et al. (2000), ao avaliarem o efeito do manejo do solo e da sucessão de cultura de inverno, no rendimento e na ocorrência de doenças do trigo, verificaram que nesse sistema, ocorreu um decréscimo na severidade da podridão–comum de raízes de trigo (*Bipolaris sorokiniana)*.

Nesse sistema o uso de leguminosas é bastante empregado, possuindo vários exemplos na literatura. Dentre eles, pode ser destacado seu potencial para o controle da murcha de fusário do feijão-caupi. O principal controle de patógenos via incorporação de leguminosas está relacionado à melhoria da fertilidade do solo e ao aumento da matéria orgânica, além da produção de substâncias com ação antagonista aos fitopatógenos habitantes do solo (OLIVEIRA, 2008).

As leguminosas são preferíveis para realização de sucessões culturais que visam à incorporação da massa vegetal verde, pois, além de adicionarem carbono ao solo, acrescentam também nitrogênio atmosférico pela simbiose com *Rhizobium* específicos (FARIAS et al., 2004). A biomassa produzida por estas leguminosas também é rica em fósforo, potássio e cálcio. Sua taxa de decomposição e liberação de nutrientes, quando comparado a outras espécies vegetais é alta (GAMA-

RODRIGUES et al*.,* 2007). Dentre as leguminosas mais cultivadas no Brasil, para esse fim, destacam-se: *Crotalaria juncea* L., *C. spectabilis* Roth., feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) D.C.], guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], lab-lab [*Lab lab purpureus* (PRAIN) Kumari] e mucuna-preta [*Mucuna aterrima* **(**Bort**)** Merrill] (SOUZA & PIRES, 2002; SHARMA, 2006).

Utilizando como sucessora cultural a espécie *Crotalaria juncea,* antecedendo ao cultivo de feijão-caupi, Oliveira (2008) observou redução na severidade da murcha-de-fusário do feijão-caupi. Com a incorporação desta espécie foi observado um nível populacional de fungos totais, bactérias totais e *Bacillus,* significativamente superior, quando comparado ao tratamento que sofreu cultivo consecutivo do feijão-caupi.

2.4.2 Influência das características químicas do solo no controle de fitopatógenos habitantes do solo

O solo é constituído de componentes químicos, que influenciam direta ou indiretamente em processos críticos para os microrganismos fitopatogênicos e seus hospedeiros. A sobrevivência e dispersão de propágulos são dependentes da constituição dos componentes formadores do solo; bem como a infecção do hospedeiro e a reprodução dos microrganismos (STAMFORD et al., 2005a). Um adequado fornecimento de nutrientes é importante para o controle de doenças, pois além dos aspectos fisiológicos e morfológicos da planta, também pode alterar o desenvolvimento do patógeno (BETTIOL; GHINI, 2005).

Desta forma Eloy (2003), verificou que a elevação do pH do solo resulta no aumento da supressividade das murchas causadas por *Fusarium oxysporum.* Solos alcalinos contribuem para a indisponibilidade de fósforo e micronutrientes como ferro, manganês e zinco, essenciais para o crescimento e esporulação de *F. oxysporum*.

Não existe um pH padrão para o controle de doenças de plantas. Geralmente, solos ácidos, como pH entre 3,8 e 4,5, suprimem doenças causadas por

Streptomyces scabies, Phytophthora spp*., Rhizoctonia solani* J.G. Kühn e *F. solani*. De outra forma, solos alcalinos com pH entre 7,8 e 8,0 são altamente supressivos a doença causadas por *Plasmodiophora brassicae* Woronin*, Sclerotium* spp. e *F. oxysporum* (BETTIOL; GHINI, 2005).

Solos com elevados teores de fósforo, potássio e sódio influenciam na supressividade a murcha-de-fusário e rizoctoniose em caupi (Andrión, 2009). Contudo, baixos teores de nitrogênio e fósforo, aliados a teores elevados de potássio, predispuseram a cultura do tomateiro à murcha-de-fusário (BETTIOL; GHINI, 2005).

2.4.3 Influência das populações de microorganismos no controle de fitopatógenos habitantes de solo

A microbiota do solo encontra-se em constante interação entre as espécies, por meio de sinergismo, antagonismo, mutualismo, parasitismo e saprofitismo (STAMFORD et al*.,* 2005b). Permanecendo o solo em estado de equilíbrio dinâmico, as populações de microrganismos se relacionam entre si de forma benéfica. As influências de natureza diversas, provenientes das interações biológicas, são determinantes na densidade e na atividade das populações nas comunidades microbianas da rizosfera (PEREIRA, 2000). Essa relação entre microrganismos na rizosfera pode ser benéfica à planta quando possui uma grande concentração de antagonistas. Tais antagonistas pertencem a grupos distintos, podendo ser encontrados entre fungos, bactérias, actnomicetos e outros.

Dentre os microrganismos mais estudados no desenvolvimento da supressividade em solos, encontram-se os fungos. Esse fato se deu, por causa do interesse na obtenção de produtos comerciais para o controle biológico de fitopatógenos habitantes do solo (BETTIOL; GHINI, 2005). Os fungos mais encontrados no solo pertencem aos gêneros *Aspergillus* P. Micheli ex Link*, Cladosporium* Link*, Fusarium, Helminthosporium* Link*, Penicillium* Link*,*

Plasmodiophora Woronin*,* Rhizopus Ehrenb*, Sclerotium* Tode*, Scopulariopsis* Bainier*, Thielaviopsis* Went *e Trichoderma* Pers. Podendo ainda ser destacado gêneros de oomicetos como *Phytophthora* de Bary*, Pythium* Pringsh. (STAMFORD et al*.,* 2005b)*.*

O gênero *Trichoderma,* dentre os fungos antagonistas, é o mais estudado e diversos produtos a base do mesmo são comercializados. Os principais mecanismos de ação deste gênero são antibiose, competição e parasitismo. Além da capacidade de se desenvolver em hifas de fitopatógenos, de produzir substâncias voláteis e não voláteis que atuam contra uma gama de fungos. Na literatura existem vários relatos de microrganismos habitantes do solo sendo controlados, por este agente, entre eles *Rhizoctonia* DC*, Sclerotium, Pythium, Phytophthora, Armillaria mellea* sensu Massee*, Fusarium e Botrytis* P. Micheli ex Pers. (MELO; COSTA, 1987; BETTIOL; GHINI, 2005).

Outro grupo de microrganismos bastante importante no controle de doenças radiculares são as bactérias. A massa de bactérias em raízes colonizadas por microrganismos rizosféricos pode atingir 36 mg por grama de raízes (PEREIRA, 2000). Dentre as bactérias que atuam como agentes antagonistas estão as Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP) que pertencem aos gêneros *Bacillus, Pseudomonas, Rhizobium e Azobacter* (STAMFORD et al*.,* 2005b)*.*

Na literatura existem diversas referências sobre o uso das BPCP no controle de enfermidades causadas por fitopatógenos. Devido à produção de antibióticos que atuam sobre outros habitantes do solo de forma positiva ou negativa, o gênero *Bacillus* possui grande potencial para controle biológico, sendo um agente eficiente no controle de patógenos habitantes do solo (ARAÚJO, et al*.,* 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL, no Município de Rio Largo-AL, longitude 09º 27’ 54’’ S e latitude 35º 49’ 41’’ W, no período de maio de 2009 a abril de 2010.

3.1 OBTENÇÃO E ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

O solo utilizado foi obtido em uma área sem histórico anterior da ocorrência de murcha-de-fusário do feijão-caupi. Amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, com o auxílio de amostrador-padrão, sendo retiradas 10 subamostras, formando assim, uma amostra composta, com aproximadamente 200g. Essas amostras foram secas em ambiente coberto durante 10 dias e depois peneiradas para retirada de resíduos, sendo mantidas em sacos de nylon até o processamento. As amostras de solo foram enviadas para os Laboratórios de Análises de Produtos Agropecuários-LAPA do CECA/UFAL, para determinação das características químicas e físicas, apresentando os seguintes resultados: classificação textural franco-arenoso, pH H_2O (1:2,50): 5,22; P disponível ($mgdm^{-3}$): 64,59; K^{+} ($mgdm^{-3}$): 150; Na^{+} ($mgdm^{-3}$): 16; Ca^{+2}+Mg^{+2} ($cmol_c dm^{-3}$): 4,60; Ca^{+2} ($cmol_c dm^{-3}$): 3,30; Al^{+3} ($cmol_c dm^{-3}$): 0,10; H + Al ($cmol_c dm^{-3}$): 3,00; Mg ($cmol_c dm^{-3}$): 1,30; S ($cmol_c dm^{-3}$): 5,05. Determinados tais características o solo foi utilizado para o preenchimento de 60 microparcelas de concreto com dimensões de 1 m de diâmetro por 0,7 m de altura.

3.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE SAPROFÍTICA E PATOGÊNICA DE POPULAÇÕES AUTÓCTONES DE *Fusarium oxysporum*

Na determinação da atividade saprofítica foi utilizado o método descrito por Windels (1992), adaptado para iscas constituídas de segmentos de talos de feijão-caupi (cv. BR-17 Gurgueia), com 1 cm de comprimento. Vinte segmentos de talos autoclavados foram imersos em uma suspensão de tetraciclina (250 ppm) e, após a secagem, semeados em recipientes plásticos tipo gerbox (11 x 11 x 3 cm) contendo 450 g de solo, previamente peneirado em uma malha de 5 mm e umedecido com água destilada esterilizada. Após três dias de incubação em B.O.D. a 25±2º C e 70±2% UR, os talos foram recuperados pela passagem do solo em peneira com malha de 1 mm, lavados em água corrente e postos a secar em papel-filtro esterilizado. Após secagem por 30 minutos, cinco talos foram transferidos para placas de Petri contendo meio Nash e Snyder (NS) (NASH; SNYDER, 1962). Decorridos cinco dias de incubação nas mesmas condições anteriores, foi efetuada a contagem do número de talos que proporcionaram o crescimento de *F. oxysporum* no meio de cultura.

Na determinação da atividade patogênica de *F. oxysporum*, sementes da cultivar de feijão-caupi BR-17 Gurguéia, classificada como altamente suscetível a *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (ALBUQUERQUE et al., 2001), foram desinfestadas em hipoclorito de sódio (NaClO) a 1,5% por dois minutos, lavadas água destilada e esterilizada e posteriormente imersas em uma suspensão de tetraciclina (250 ppm) por dois minutos. Após secagem por 45 minutos, as sementes foram plantadas em vasos plásticos (2 kg de capacidade) contendo solo utilizado para o preenchimento das microparcelas de concreto. Em cada vaso foram plantadas quatro sementes, utilizando-se um total de trinta vasos. Após a sexta semana as avaliações foram efetuadas diariamente quanto ao aparecimento de sintomas externos, caracterizados por clorose, queda prematura de folhas e murcha. Trinta dias após o plantio, as plantas foram seccionadas longitudinalmente na região do caule, avaliando-se a ocorrência de coloração castanho-escura nos tecidos vasculares, característica da infecção do patógeno.

3.3 OBTENÇÃO DO ISOLADO E PRODUÇÃO DO INÓCULO de *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*

Utilizou-se um isolado de *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* (CMM-732), obtidos de plantas de feijão- caupi com sintomas de murcha-de-fusário, procedente da Coleção de Culturas de Fungos Fitopatogênicos "Prof. Maria Menezes" – CMM**,** da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

O inóculo do patógeno foi multiplicado em substrato (areia lavada/farinha de milho/água destilada) na proporção de 5:1:1 (v:v:v) (NENE; HAWARE, 1980). Após esterilização em autoclave (120º C, 1 atm, 60 min, em dois dias consecutivos) e resfriamento, o substrato foi inoculado com cinco discos de meio batata-destrose-ágar (BDA) contendo estruturas do patógeno com sete dias de idade e incubado por 20 dias em B.O.D. a 25º C e fotoperíodo de 12h, sendo agitados a cada dois dias para distribuição uniforme dos propágulos do fungo no substrato. Após esse período, de cada frasco foram retiradas alíquotas de 10g, efetuadas diluições em série, sendo a diluição de 10^{-5} distribuída em meio de cultura de Komada (KM) (DHINGRA; SINCLAIR, 1995), estimando-se o número de unidades formadoras de colônias (ufc/g) do substrato.

3.4 INFESTAÇÃO DO SOLO COM *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* E IMPLANTAÇÃO DAS SUCESSÕES CULTURAIS

Solo acondicionado em 54 microparcelas foi infestado com substrato (areia lavada/farinha de milho/água destilada) contendo estruturas do patógeno na proporção de 100 gramas de inóculo para 20 kg de solo, visando à obtenção de uma densidade de inóculo em torno de $5x10^{3}$ ufc g^{-1} de solo. As quatro parcelas restantes foram tomadas como testemunhas e receberam a incorporação de substrato isento de estruturas do patógeno.

Após 14 dias da infestação realizou-se o plantio de feijão-caupi, utilizando 25 sementes por parcela, sendo as plantas desbastadas, quinze dias após germinação, a uma densidade de plantio de 15 plantas por microparcelas. As mesmas permaneceram por um ciclo da cultura, para favorecer o estabelecimento do inóculo do patógeno no solo, período esse de 104 dias.

Ao termino da colheita do primeiro ciclo de cultivo com feijão-caupi, o solo foi mantido em pousio por 20 dias e posteriormente, implantaram-se, em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, as sucessões culturais, que foram compostas por 15 tratamentos. Constaram como cobertura do solo os cultivos agrícolas: milho (*Zea mays* L. cv BR 106) - MI, sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv SF 15] - SO, algodão (*Gossypium hirsutum* L) - AL, mamona (*Ricinus communis* L. cv BRS Nordestina) - MN e girassol (*Helianthus annuus*) - GI; leguminosas: *Crotalaria juncea* L. - CJ, *C. spectabilis* Roth. - CS, feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) DC] - FP, guandu anão [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] - GA, lab-lab (*Dolichos lablab* L.) - LA e mucuna-preta (*Stilozobium aterrimum* Piper & Tracy) - MP e mucuna-anã (*Mucuna deeringiana*)- MA. Constou ainda de parcelas com feijão-caupi sem inóculo - TEST, parcelas com feijão-caupi infestadas com *F. oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* (caupi) – CA, e parcelas infestadas com o fitopatógeno em sistema de pousio- PO. Tendo em vista que cada espécie possui um período reprodutivo diferente e que geralmente as leguminosas atingem o seu período de florescimento em um intervalo mais curto, os cultivos agrícolas foram plantados trinta dias antes das leguminosas. A incorporação da biomassa das plantas cultivadas ocorreu quando as plantas atingiram o estádio de plena floração (> 50% das plantas em florescimento), os adubos verdes e outros cultivos foram picados e incorporados ao solo.

Vinte dias decorridos da incorporação das sucessões culturais, ocorreu um novo plantio do feijão-caupi para avaliação do efeito dos tratamentos na severidade da doença e na produção de grãos. Ao final da estação do cultivo, entre a 14º e 15º semanas após o plantio, todas as vagens do feijão-caupi foram colhidas, a partir das quais, avaliou-se o rendimento de grãos por parcela. Depois de concluída a colheita, a severidade da murcha-de-fusário do feijão-caupi foi avaliada em todas as plantas das parcelas com auxílio de uma escala de notas (0 a 5) adaptada de Harris e Ferris

(1991), em que: 0= sem colonização; 1= colonização da raiz; 2= colonização do hipocótilo; 3= colonização até o primeiro internódio; 4= colonização até o segundo internódio; e 5= colonização até o terceiro internódio. Com os dados obtidos foi calculada a severidade da doença (SVD), conforme McKinney (1923).

Avaliada a severidade da doença e produtividade da cultura, sobre a influência das sucessões culturais, foram coletadas e homogeneizadas dez subamostras de solo (0-20 cm) com aproximadamente 50 g para obtenção de duas amostras composta de 150 g de solo em cada microparcela. As amostras foram enviadas para o LAPA da Universidade Federal de Alagoas-UFAL, onde foram submetias a mensuração de pH H_2O (1:2,50); P disponível ($mgdm^{-3}$); K^+ ($mgdm^{-3}$); Na^+ ($mgdm^{-3}$); Ca^{+2}+Mg^{+2} ($cmol_c dm^{-3}$); Ca^{+2} ($cmol_c dm^{-3}$); Al^{+3} ($cmol_c dm^{-3}$); H + Al ($cmol_c dm^{-3}$); Mg ($cmol_c dm^{-3}$); S ($cmol_c dm^{-3}$) conforme Embrapa (1997) e ao Laboratório de Fitopatologia Molecular-LFM para de terminação da população de fungos totais, *F. oxysporum*, *Trichoderma* spp., bactérias totais, *Bacillus* spp. e Actinomicetos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e agrupados pelo teste de Scott-Knott, por meio do programa estatístico SISVAR 5.1.

3.5 LEVANTAMENTO DA POPULAÇÃO MICROBIANA DO SOLO

No levantamento de populações microbianas, foram removidas 10 subamostras de solo de 50 g e homogeneizadas, em seguida, alíquotas de 10 g foram retiradas e transferidas, individualmente, para tubos de ensaio contendo 90 ml de água destilada esterilizada, submetendo-se à sonicação em banho de ultra-som por 10 minutos. De cada suspensão obtida foram efetuadas diluições em série a 10^{-3} e 10^{-4} e plaqueadas nos meios batata-dextrose-ágar (BDA) com adição de tetraciclina (250 ppm) (RIKER; RIKER, 1936), ágar nutritivo - dextrose - extrato de levedura (NYDA) e Komada (NASH; SNYDER, 1962; NELSON et al., 1983; KOMADA, 1975), para isolamento de fungos totais, bactérias totais e *F. oxysporum*,

respectivamente. Para isolamento de *Trichoderma* spp. e Actinomicetos utilizou-se os meios de Martin (MARTIN, 1950) e amido-caseína-ágar modificado (ACAM) (VARGAS GIL et al., 2008). Para isolamento de *Bacillus* spp. as diluições foram submetidas a banho-maria de 80º C por 20 minutos (SNEATH, 1986) e plaqueadas em meio ágar nutritivo (AN) (TUITE, 1969). As populações bacterianas foram avaliadas após 48 horas de incubação, enquanto que fungos totais, *Trichoderma* spp., *F. oxysporum* e actinomicetos foram avaliados após cinco dias de incubação. Cada população resultou do número médio de colônias em cinco placas, sendo expressas em unidades formadoras de colônia por grama de solo ($UFC^{-1}g$).

3.6 ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O NÍVEL DA DOENÇA E AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICAS E MICROBIOLÓGICAS DO SOLO

Para caracterizar os possíveis fatores envolvidos na supressividade e/ou conducividade dos solos à murcha-de-fusário do caupi, foram efetuadas comparações dos valores das variáveis físicas, químicas e microbiológicas no solo após a incorporação dos adubos verdes no solo, pela análise de correlação linear simples de Pearson ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa STATISTIX 9.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATIVIDADE PATOGÊNICA DE POPULAÇÕES AUTÓCTONES DE *F. oxysporum*

Não foi evidenciada atividade patogênica de populações autóctones de *F. oxysporum* em solos ausentes de infestação artificial de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* utilizados para condução do experimento. Não foi evidenciado grau de colonização das raízes e do sistema vascular, indicando a ausência de atividade patogênica de populações autóctones nos solos. Este resultado não foi surpreendente, pois outros autores constataram a ausência de atividade patogênica de populações autóctones de *Fusarium oxysporum*, no cultivo de feijão-caupi (ASSUNÇÃO et al., 2003; ELOY et al., 2004).

4.2 ANÁLISES DE POSSÍVEIS INDICADORES DE SUPRESSIVIDADE A MURCHA-FUSÁRIO DO FEIJÃO CAUPI

Foi verificada interação significativa positiva entre à severidade da murcha-de-fusário e os níveis de fósforo (r= 0,37) encontrado nas parcelas. Em relação à densidade população de *Fusarium oxysporum* no solo, foram observadas correlação negativas com pH (r= - 0,41) e a população de bactérias totais (r= -0, 33). As demais características químicas e biológicas do solo, quando submetidos à análise de correlação, não demonstraram significância pelo teste t (P=0,05). Apesar da disponibilidade de nutrientes e a alteração na microbiota do solo está direta ou indiretamente ligada à produtividade da cultura e contribuir para supressividade ou condutividade de solos a fitopatógenos, a pouca correlação existente já era de se esperar tendo em vista a complexa interação entre esses fatores (ASSUNÇÃO, et al. 2003a).No entanto a incorporação das sucessões culturais proporcionou alterações

significativas, na severidade da doença e produtividade do feijão-caupi, influenciando as características químicas, biológica do solo e a densidade populacional do fitopatógeno.

4.3 SEVERIDADE DA MURCHA DE FUSÁRIO E PRODUÇÃO DE GRÃO APÓS A INCORPORAÇÃO DE SUCESSÕES CULTURAIS

Após o solo ser infestado artificialmente por *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, nas parcelas e posteriormente sofrido a influência dos tratamentos, as plantas de feijão-caupi desenvolveram variações nos valores de severidade da murcha-de-fusário e produtividade de grãos nas parcelas (Tabela 1). A interação do fitopatógeno com as sucessões de cultivos foi significativa, sendo variável, com amplitudes obtidas para a severidade da doença entre 56.67% a 26,33%. Quando avaliado o efeito dos tratamentos, observou-se dentre as leguminosas estudadas que *Crotalaria spectabilis*-CS (56,67%) e a *C. juncea*-CJ (51,33%) propiciaram maior desenvolvimento da doença. Obteve ainda maior severidade da doença na sucessão com *Zea mays*-MI (52,65%) e o sistema de pousio-PO (47%). Estes resultados possibilitaram evidenciar a influência da sobrevivência do inóculo no solo e de um aumento na densidade populacional deste fitopatógeno proporcionado por estes tratamentos em sucessão com o feijão-caupi, fato que pode ser observado na figura 1 onde os tratamentos com PO e MI encontram-se entre as sucessões que com maior densidade do inóculo. Contudo a incorporação com crotralárias mostrou ter ação deletéria sobre os propágulos do patógeno no solo. No entanto a densidade de inóculo é apenas um constituinte no processo de infecção do tecido hospedeiro, podendo o aumento ou diminuição do mesmo não proporcionar igual reflexo, na expressão da doença na planta. (MICHEREFF, et al., 2005).

A maioria das leguminosas utilizadas no experimento, MP, LA, GA, e FP, que apesar de não diferir do tratamento em que ocorreu cultivo continuo com o feijão-caupi, apresentou níveis de severidade inferior ao mesmo, mostrando-se como alternativa para sucessões de cultivos, com valores de severidade de 26,33, 30,33,

32 e 34,64%. Apesar da redução na intensidade da doença, apenas as sucessões com MP e FP proporcionaram maiores acréscimos na produção de grãos, embora não tenha havido correlação entre a severidade da doença e a produção de grãos por parcela (TABELA 1).

A redução acentuada na severidade da doença na sucessão com MP pode evidenciar uma baixa sobrevivência do inóculo no solo, tendo em vista que o tratamento apresentou baixa concentração de propágulos do fitopatógeno (FIGURA 1). Esse fato indica que esta leguminosa pode não ser suscetível ao patógeno que possui especificidade pela cultura do feijão-caupi, podem manter a densidade populacional do fungo em níveis mais baixos, na rizosfera (SCHOROTH; HENDRIX, 1962). O aumento da produtividade nestes tratamentos pode, ainda, ter relação com a rápida decomposição destas espécies no solo trazendo benefícios sob o ponto de vista agronômico para o vigor das plantas e conseqüentemente bom rendimentos a cultura sucessora (BERNI et al., 2002).

No que se refere ao tratamento do solo com o sorgo – SO (gramínea), pode ser evidenciada uma redução do potencial do inóculo, apresentando uma baixa incidência da doença (27%). Este resultado corrobora com os obtidos por Toledo-Souza et al. (2008), no qual eles obtiveram redução no potencial do inóculo de populações de *Fusarium* spp. ao realizarem tratamento do solo com gramíneas. A sucessão com gramíneas é uma boa alternativa para viabilizar uma sucessão em áreas afetadas por patógenos habitantes do solo (TABELA 1). Contudo existem exceções, no tratamento em que ocorreu a sucessão com milho, ao contrário do sorgo, foi verificada uma elevada severidade da doença, diferindo estatisticamente do tratamento com o sorgo.

Esse comportamento pode ser explicado pela existência de correlação positiva (r=0,37), entre a severidade da doença e os níveis de fósforo disponível nos tratamentos. Segundo Eloy (2003) esse nutriente é essencial para o crescimento e esporulação de *F. oxysporum* (MICHEREFF, et al., 2005). Cabe ainda salientar que esse tratamento permitiu que a planta apresentasse uma boa produtividade, já que o fósforo é um elemento que exerce grande influência na floração e frutificação da plantas (MALAVOLTA et al., 2002). Relação não satisfatória entre produção e

severidade da doença também foi verificada na incorporação com sorgo. Contudo, diversos autores constataram que a utilização desta gramínea em sistema de sucessão afeta o desenvolvimento da cultura sucessora, causando alterações histológicas e diminuição da produção (HALLAK et al., 1999, SOUZA et al., 1999; MOITINHO et al. 2010).

Dentre os tratamentos que influenciaram negativamente a produtividade da cultura se destacam MA, GI e SO, com resultados inferiores ao tratamento com cultivo consecutivo do feijão-caupi e infestado com *F. oxysporum* (TABELA 1). Efeito semelhante foi encontrado por Moitinho et al. (2010), que obteve menor rendimento de grãos secos de feijão-caupi, quando a cultura antecessora foi o sorgo. De modo geral diversos autores associam os efeitos deletérios nas culturas sucessoras à liberação de substancias alelopáticas liberadas pelo sistema radicular (HALLAK, 1999).

4.4 INFLUÊNCIA DO pH E DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO NO CONTROLE DA MURCHA-DE-FUSÁRIO

As sucessões de cultivo empregadas no trabalho, possibilitaram solos moderadamente ácidos, com amplitudes de pH variando de 5,68 a 5,88 (TABELA 1), sendo determinante na dinâmica populacional de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum,* baseado no pressuposto que o fungo tem afinidade por solos ácidos (AMIR; ALABOUVETTE, 1993). Esses resultados confirmaram os estudos realizados por Assunção et al. (2003) e Eloy et al. (2004), apresentando correlação negativa entre a densidade do patógeno e os níveis dessa variável. De acordo com Malavolta et al. (2002), a variação de pH encontrada nos tratamentos possibilitam a disponibilidade dos nutrientes necessários ao desenvolvimento da cultura.

Em relação aos demais atributos químicos observados não ocorreram correlações significativas pela análise de correlação linear empregada. Contudo em estudos envolvendo o patógeno e dois solos com graus de interação diferenciada na

severidade da doença, foi observado que no solo supressivo a redução da doença foi apontada como sendo oriunda de interferência abiótica (ELOY et al., 2004). Essas informações são reforçadas por Baker; Paulitz, (1996); Höper; Alabouvette (1996), que encontraram correlação negativa entre o elemento cálcio e a severidade da murcha-de-fusário e Lopes et al. (2008) que correlacionaram o aumento da severidade do mal-do-Panamá, causado por *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubenses,* a níveis elevados de alumínio.

Em estudo envolvendo áreas com cultivo de bananeiras apresentando ou não sintomas do mal-do-Panamá Furtado et al. (2009), verificou que em propriedades com sintomas da doença as plantas apresentavam menores teores de cálcio, magnésio e fósforo, possibilitado relacionar a ocorrência da doença com tais deficiências. Esses elementos estão diretamente ligados ao desenvolvimento das plantas, possibilitando as mesmas maiores graus de resistência, tendo em vista que plantas bem nutridas são mais resistentes ao ataque de fitopatógenos (VIDA et al. 2004). O cálcio participa da constituição da parede celular da planta, estando ligado a integridade da membrana. Ele se mostra importante no controle de fitopatogenos por dificultar a degradação da parede celular por enzimas excretadas pelo patógeno. Para o controle de *F. oxysporum*, o cálcio é inserido no sistema por meio de calagem com o objetivo de aumentar o pH, criando condição desfavoráveis ao desenvolvimento da doença (ZAMBOLIM et al. 2005).

Tabela 1 Severidade da murcha-de-fusário, produção de grãos por parcelas e características químicas do solo coletados após influência das sucessões de cultivos.

Tratamentos	SVD (%)	Produção (g/pac.)	Nutrientes[b]							
			Ph H2O (1:2,5)	P (mg/dm^3)	K (mg/dm^3)	Na (mg/dm^3)	Ca + Mg (c/molc/dm^3)	Ca (c/molc/dm^3)	Mg (c/molc/dm^3)	Al (c/molc/dm^3)
Stilozobium aterrimum – MP	26.33 a	189.00 b	5.88 a	85,12 b	44,33 a	12,67 a	8,93 b	4,10 b	4,30 c	0.05 a
Sorghum bicolor – SO	27.00 a	127.33 a	5.76 a	59,74 a	39,33 a	14,67 a	6,43 a	3,53 b	2,60 a	0.05 a
Helianthus annuus – GI	30.00 a	124.67 a	5.85 a	66,39 a	73,67 c	12,00 a	8,03 b	4,67 b	3,57 b	0.05 a
Dolichos lablab – LA	30.33 a	143.33 a	5.78 a	98,04 b	40,33 a	14,67 a	6,67 a	4,17 b	2,50 a	0.07 a
Cajanus cajan – GA	32.00 a	143.67 a	5.79 a	61,51 a	44,67 a	15,33 a	7,90 b	4,17 b	3,73 c	0.05 a
Canavalia ensiformis – FP	34.67 a	226.00 b	5.82 a	42,47 a	37,00 a	15,33 a	5,73 a	1,73 a	6,23 d	0.10 b
Gossypium hirsutum – AL	37.67 a	189.00 b	5.83 a	106,75 b	37,67 a	19,00 a	8,53 b	4,27 b	3,27 b	0.05 a
Vigna unguiculata – CA	37.67 a	141.67 a	5.74 a	54,83 a	35,00 a	14,67 a	7,07 a	4,13 b	1,70 a	0.07 a
Ricinus communis – MN	39.00 a	153.33 a	5.84 a	81,03 b	38,67 a	13,67 a	5,80 a	3,57 b	2,23 a	0.08 b
Mucuna deeringiana – MA	40.67 a	115.67 a	5.83 a	61,96 a	38,33 a	11,33 a	8,60 b	4,73 b	4,03 c	0.05 a
Pousio – PO	47.00 b	165.00 a	5.80 a	104,99 b	39,00 a	12,67 a	5,63 a	4,00 b	2,90 b	0.08 b
Crotalaria juncea – CJ	51.33 b	151.67 a	5.85 a	96,13 b	47,33 a	13,33 a	7,20 a	4,33 b	2,43 a	0.08 b
Zea mays – MI	52.67 b	225.67 b	5.68 a	125, 01 b	54,33 b	16,67 a	6,97 a	4,07 b	3,17 b	0.08 b
Crotalaria spectabilis – CS	56.67 b	173.67 a	5.82 a	91,53 b	56,00 b	15,33 a	7,23 a	4,17 b	3,20 b	0.08 b
Testemunha – TEST	--	161.00 a	5.75 a	55,56 a	43,33 a	14,00 a	6,13 a	3,80 b	2,23 a	0.05 a
CV (%)	**1,09**	**24,61**	**1,09**	**24,61**	**15,98**	**13,66**	**11,44**	**13,77**	**14,45**	**30,18**

Nutrientes[b]: Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de agrupamento Scott- Knott, ao nível de 5% de probabilidade. SVS= Severidade da doença; CV (%)= Coeficiente de variação; Ph= Potencial de hidrogênio; P= Fósforo; K= Potássio; Na= Sódio; Ca + Mg= Cálcio mais Magnésio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio; AL= Alumínio.

4.5 INFLUÊNCIA DE POPULAÇÕES DE MICRORGANISMOS HABITANTES DO SOLO NO CONTROLE DA MURCHA-DE-FUSÁRIO

As sucessões culturais possibilitaram alterações significativas nas populações de microrganismos, depois de verificado a intensidade da doença. Isso já era de se esperar tendo em vista que a incorporação de matéria orgânica está diretamente relacionada com a atividade biologica do solo (BETTIOL; GHINI, 2005). Para fungos totais, observou-se as maiores populações nos tratamentos com MI e SO, seguidos pelas leguminosas GA, MA e MP, que apresentaram populações intermediarias, com potencial acima do cultivo consecutivo de feijão-caupi em área infestada com o fitopatógeno (FIGURA1). Quanto à população de bactérias totais os tratamentos FP, MP, MA e LA obtiveram diferenças em relação à testemunha, sendo as maiores populações presentes nas sucessões com FP e MP. Com relação ao nível populacional com *Bacillus* spp. destacaram-se os tratamento FP e MA. Para a população de actnomicetos verificou-se a formação de dois grupos populacionais, os tratamentos que possibilitaram menor densidade do microrganismo (GI, MA, MP e GA) e os demais com densidade estatisticamente igual ao tratamento testemunha.

Apesar de não diferirem estatisticamente dos tratamentos CA e MA, as leguminosas MP, CJ, FP, LA, CS e o cultivo agrícola com AL, esses tratamentos desempenharam maior controle da população do fitopatógeno (FIGURA 1). Tais espécie não favoreceram o desenvolvimento do fitopatógeno, característica apontada por Reis et al., (2005), que as habilitam como sendo boas alternativas para redução do potencial de inóculo. Os Tratamentos compostos pela incorporação de PO, MI, SO, MN e GI, apresentaram maiores densidades do fitopatógeno. Nos tratamentos com PO, MI e MN foram verificados os maiores valores de fósforo disponível no solo, que é um nutriente essencial para o crescimento e esporulação de *F. oxysporum* (ELOY et al. 2004).

No tratamento com SO observou-se uma alta população de *Fusarium oxysporum.* De modo geral, as substâncias alelopáticas liberadas do sistema radicular e da decomposição dos resíduos poderiam afetar a biologia do fungo tendo

em vista a ocorrência deste fato para outros fitopatógenos habitantes do solo (INOMOTO et al. 2008).

No levantamento da população microbiana do solo, foi observado um aumento no total de bactéria, exceto para os tratamentos com PO, AL e GA, dentre elas, o gênero *Bacillus*, (FIGURA 1). Por sua vez, os resultados deste trabalho não sugerem uma ação antagônica de *Bacillus*, nos tratamentos feitos com os cultivos sucessivos FP e MP onde as populações de *Bacillus* foram maiores e a severidade da doença menor, pois não houve correlação entre as variáveis. No entanto foi possível observar correlação negativa entre as populações de bactérias totais e a severidade da doença, indicando que o aumento de bactérias no solo constitui uma dos fatores que conduzem a supressividade do solo à doença. Contudo inúmeras espécies de *Bacillus* já demonstraram atividade antagônica contra várias espécies de *Fusarium* (BATISTA-JÚNIOR et al., 2002; MELO; VALARINI, 1995), produzindo peptídeos ácidos com atividade antagônica (LIEVENS et al., 1989), suportando assim, o potencial desse microrganismo no controle de patógenos habitantes do solo, especialmente espécies de *Fusarium* presente na rizosfera de feijoeiros.

Este resultado evidencia a ação de rizobactérias presentes em todas as parcelas do experimento. Possivelmente, as mesmas podem ter contribuído para a redução de microrganismos deletérios presentes na rizosfera, nos tratamentos onde ocorreu a diminuição da severidade da doença.

Considerando-se o efeito dos tratamentos na supressão de *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, é possível indicar um efeito diferenciado da rizosfera e do rizoplano em todos os tratamentos utilizados neste trabalho. HAWES et al. 1992, mostraram que grande número de compostos orgânicos, incluindo carboidratos, aminoácidos e ácidos orgânicos, são exsudados pelo sistema radicular e exerce influência sobre as comunidades microbianas do rizoplano e da rizosfera, podendo atuar como promotor ou inibidor da colonização. A incorporação de CS e CJ, apresentaram resultados diferentes do anterior, com percentagem da doença de 56,67 e 51,33 % (TABELA 1) e menor supressão de *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* (FIGURA 1). Os resultados obtidos deste trabalho sugerem a

ocorrência de fungistase, sendo a supressão da doença independente da população do fitopatógeno (ARSHAD; MARTIN, 2002).

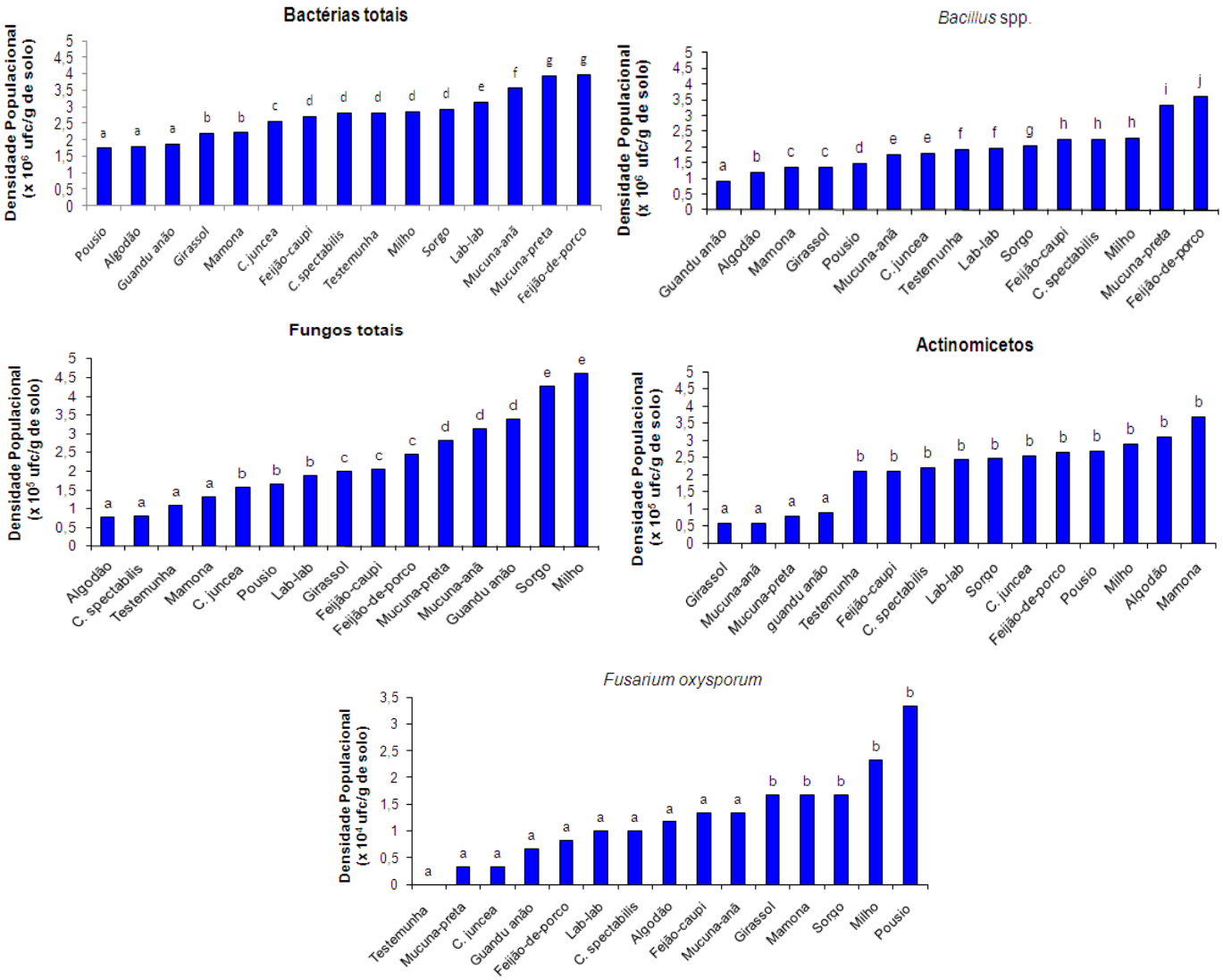

Figura 1 População de bactérias totais, *Bacillus* spp., fungos totais, actnomicetos e *Fusarium oxysporum* em solo rizosférico de feijão-caupi sobre influência de sucessões de cultivos

Em todas as sucessões empregadas neste experimento foi possível observar elevada densidades nas populações de microrganismos (FIGURA 1). Possivelmente, os nutrientes do solo favoreceram o aumento das populações de microrganismos (TABELA 1).

De um modo geral, este experimento, possibilitou evidenciar que plantio prévio com leguminosas (FP, MP, GA) e cultivos agrícolas (SO e GI) condicionam solos supressivos a murcha-de-fusário do caupi, quando comparados com os demais. Estes resultados estão de acordo com o proposto por Cook e Baker (1983), tendo em vista, que ocorreu redução na severidade da doença, mesmo em solos com alta densidade de inóculo do patógeno, (5×10^3 ufc g^{-1} de solo). Novos estudos devem ser realizados para verificar a existência de outros mecanismos abióticos de supressividade no solo, visando contribuir efetivamente para o manejo integrado da murcha-de-fusario do feijão-caupi.

5 CONCLUSÕES

Dentre as leguminosas estudadas como rotação de cultura, para o controle da murcha-de-fusário, o feijão-de-porco e a mucuna preta são as mais indicadas, por reduzirem a severidade da doença e apresentarem uma boa produção de grãos.

Para as culturas agrícolas utilizadas em sucessão de cultura, as rotações com o sorgo e girassol reduziram a severidade da murcha- de-fusário do caupi.

As variáveis físicas, químicas e biológicas do solo não podem ser utilizadas isoladamente como indicadoras de supressividade a murcha-de-fusário do caupi.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M.P.; COELHO, R.S.B.; PEREZ, J.O. Avaliação de linhagens e cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*) em relação a *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. **Caderno Omega – Série Agronomia**, Recife, v.12, n.1, p.5-7, 2001.

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

AMIR, H.; ALABOUVETTE, C. Involvement of soils to invading micro-organisms of soil suppressivenness to fusarium wilts. **Soil Biology and Biochemistry,** Elmsford, v. 25, n. 2, p. 157-164, 1993.

ANDRIÓN, E. E. B. **Supressividade natural de solos do Nordeste brasileiro à murcha-de-fusário e rizoctoniose do caupi**.2009. 85f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2009.

ARAÚJO, F. F.; SILVA, J. F. V.; ARAÚJO, A. S. F. Influência de Bacillus subtilis na eclosão, orientação e infecção de *Heterodera glycines* em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p 2002.

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.

ARRUDA, K. R.; SMIDERLE, O. J.; VILARINHO, A. A. Uniformidade de sementes de genótipos de feijão-caupi cultivados em dois ambientes no Estado de Roraima. **Revista Agroambiente,** Roraima. v. 3, n. 2, p. 122-127, 2009. Disponível em: < http://www.ufrr.br/revista/index.php/agroambiente/article/viewFile/280/239 >. Acesso em: 20 dez. 2010.

ARSHAD, M. A.; MARTINS, S. Indentifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecossystems and Environment,** Amsterdan, v. 88, n. 1, p. 153-167, 2002.

ASSUNÇÃO, I.P.; MICHEREFF, S.J.; BROMMONSCHENKEL, S.H.; ELOY, A.P.; ROCHA JÚNIOR, O.M.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; NASCIMENTO, R.S.M.P.; RODRIGUES, J.J.V. Caracterização de solos de Pernambuco quanto a supressividade à murcha-de-fusário do caupi. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.29, n.2, p.161-167, 2003a.

ASSUNÇÃO, I. P.; MICHEREFF, S. J.; MIZUBUTI, E. S. G.; BROMMONSCHENKEL, S. H. Influência da intensidade da murcha-de-fúsario no rendimento do caupi. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, 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.

BAKER, R. & PAULITZ, T.C. Theoretical basis for biological control of soilborne plant pathogens. In: Hall, R. (Ed.) Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens. St. Paul. **APS Press**. 1996. p.50-79.

BATISTA-JÚNIOR, C. B.; ALBINO, U. B.; MARTINES, A. M.; SARIDAKIS, D. P.; MATSUMOT, L. S.; AVANZI, M. A.; ANDRADE, G. Efeito fungistático de *Bacillus thuringienses* e de outras bactérias sobre alguns fungos fitopatogênicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 37, n. 8, p. 1189-1194, 2002.

BEDENDO, I. P. Doenças vasculares. In: BERGAMIN FIHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia:** Princípios e conceitos. 3. Ed. São Paulo. Agronômica Ceres. 1995. v.1, p. 838-847.

BERNI, R. F.; SILVEIRA, P. M.; COSTA, J. L. S. Influência do preparo de solo e da rotação de culturas na severidade de podridões radiculares no feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Tropical,** Goiânia**,** v. 32, v. 2, p. 69-74, 2002.

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. 125-152.

BETTIOL, W.; GHINI, R.; MARIANO, R. M. L.; MICHEREFF, S. J.; MATTOS, L. P. V.; ALVARADO, I. C. M.; PINTO, Z. P. Supressividade a fitopatógenos habitantes do solo. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Eds.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio-Ambiente, 2009. p. 183-205.

BEZERRA, A. A. de C. **Variabilidade e diversidade genética em caupi (***Vigna unguiculata* (L) Walp**.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto**. 1997. 105f. Dissertação (Mestrado em Botânica e Melhoramento Genético de Plantas) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 1997.

CABI. **Crop protection compendium**. [online}. Wallingford: CAB International, 2009. Disponível em: <http://www.cabicompendium.org.w10022.dotlib.com.br/cpc/home.asp?>. cesso em: 11 jul. 2009.

CARVALHO, H. W. L.; FREIRE FILHO, F. R.; RODRIGUES, A. R. S.; SOUZA, E. M.; RIBEIRO, S. S.; OLIVEIRA, V. D.; RODRIGUES, K. F. **Recomendações de cultivares de feijão-caupi para os Estados de Sergipe e Alagoas**. Sergipe: EMBRAPA-CPATC, 2006, 4p. (EMBRAPA-CPATC. Comunicado Técnico, 50).

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

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.

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.

DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. **Basic plant pathology methods**. 2. ed. Boca Raton: Lewis Publisher, 1995. 442p.

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

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

ELOY, A. P. **Supressividade de um solo a murcha-de-fusário do caupi e influência da doença no rendimento**. 2003. 72f. Tese (Doutorado em Fitossanidade) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2003.

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, n. 4, p.330-333, 2003.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1997. 212p.

FAO. FAOSTAT - agricultural statistics database. [online]. Rome: World Agricultural Information Centre, 2008. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 20 dez. 2010.

FARIAS, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosa em videira no sub-médio São Francisco. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 04, p. 641-648, 2004.

FREIRE FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; BARRETO, P.D.; SANTOS, C.A.F. Melhoramento genético de Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) na Região do Nordeste. In: QUEIROZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina: Embrapa-CPATSA; Brasília, DF: Embrapa-Cenargen. Não paginado. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/index.html>. Acesso em: 25 mai. 2006.

FURTADO, E. L.; BUENO, C. J.; OLIVEIRA, A. L.; MENTEN, J. O. M.; MALAVOLTA, E. Relação entre ocorrência do Mal-do-Panamá em bananeira da cv. Nanicão e nutrientes no solo e nas folhas. **Tropical plant pathology,** Brasília, v. 34, n. 4, p. 211-215, 2009.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ), **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, 2007.

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

HALLAK,A.M.G.,DAVIDE,L.C., GAVILANES, M. L., SOUZA, I. F. Efeito de exsudados de raiz de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) sobre características anatômicas do caule do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Ciênc. e Agrotec.,** Lavras, v.23,n2,p317-322,1999.

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*. 2. Specificity of different taxa. **Plant Pathology**, Oxford, v. 40, n. 3, 457-464, 1991.

HAWES, M.C.; BRIGHAM, L.A. Impact of root border cells on microbial populations in the rhizosphere. **Advances in Plant Pathology**, London, v.8, p.119-148, 1992.

HOFFMANN, L.L.; REIS, E.M.; FORCELINI, C.A.; PANISSON, E.; MENDES, C.S.; CASA, R.T. Efeitos da rotação de cultura, de cultivares e da aplicação de fungicida sobre o rendimento de grãos e doenças foliares em soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 245-251, 2004.

HOLLIDAY, P. ***Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. Kew. Commonwealth Mycological Institute.** 1970. (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.

IBGE. **Censo Agropecuário:** agricultura familiar, primeiros resultados, Brasil, grandes regiões e unidades da federação. [online]. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 267 p. Disponível em: <http://www.agriculturacamponesa.org/arquivos/1002092225545.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2011.

INOMOTO,M.M.; ANTERODOMÊNICO, S.R.; SANTOS, V.P.; SILVA, R.A.; ALMEIDA, G.C. Avaliação em casa de vegetação de uso de sorgo, milheto, e

crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica.***Tropical plant pathology,** Brasilia, v. 33, n.2, p125-129, 2008.

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

KOMADA, H. **Development of a selective médium for quantitative isolation of Fusarium oxysporum from natural soil**. Review of Plant Protection Research v 8: 1975, 114-125.

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

LIEVENS, L. H.; RIJSBERGEN, R. V.; LEYNS, R. F.; LAMBENT, B. J.; TENNING, P.; SWINGS, J.; JOOS, H. J. P. Dominant rhizosphere bactéria as a source for antigungal agents. **Pesticide Science,** Oxford, v. 27, n. 2, p. 141-154, 1989.

LOPES, E.B.; BRITO, C.H.; ALBUQUERQUE, I.C.; OLIVEIRA, A.R.R. Influência de fatores químicos do solo sobre a incidência do mal-do-Panamá na bananeira cv. pacovan na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra,** V.8, N. 1, P. 100-109, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Agronômica “CERES”LTDA, 2002. 251p.

MARTIN, J.P. use of acid, rose Bengal and streptomycin in the plater method for estimating soil fungi. **Soil Science.** v. 69, p. 214-232, 1950.

MAY, P.H., TEIXEIRA, S.M.; SANTANA, A.C. Cowpea production and economic importance in Brazil. In*:* Watt, E.E. & Araújo, J.P.P. (Eds.) **Cowpea research in Brazil**. Brasília, IITA, EMBRAPA, 1988. p.31-62.

McKINNEY, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.26, n.5, p.195-218, 1923.

MELO, I. S.; COSTA, C. P. Controle biológico da murcha de berinjela causada por *Verticillium albo-atrum.* **Anais da E. S. A. Luiz de Queiros**, Piracicaba-SP, v. XLIV, /1987.

MELO, L. S.; VALARINI, P. J. Potencial de rizobactérias no controle de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. Em pepino (*Cucumis sativum* L.). **Sci. Agric.,** Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 326-330, 1995.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; PERUCH, L. A. M.; MENEZES, M. Inóculo de patógenos 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. 93-124b.

MOITINHO,M.R.; PADOVAN,M.P.;MOTTA,I.S.;FERNANDES, S.S.L. Performance de adubos verdes e efeito no feijão-caupi cultivado em sucessão, em agroecossistema manejado sob sob bases ecológias em Dourados-MS. **Cadernos de Agroecologia,** [online], v.5. n. 1, 2010. Disponível em: <http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/cad/article/view/10200 >. Acesso em: 20 dez. 2010.

NASH, S.M. SNYDER, W.C. Quantitative estimation by plate counts of propagules of the bean root *Fusarium* fields soils. **Phytopathology**, Lancaster, v.52, p.567-572, 1962.

NECHET, K. L.; VIEIRA, B. A. H. **Doenças do feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista – RR: EMBRAPA RORAIMA, 2006. 16 p. (EMBRAPA RORAIMA. Circular Técnica,2).

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.

NENE, Y.L.; HAWARE, M.P. Screening chickpea for resistance to wilt. **Plant Disease**, St Paul, v.64, n.4, p.379-380, 1980.

OLIVEIRA, S. A. S. **Indução da supressividade à murcha-de-fusario do caupi pela adubação verde**. 2008. 64f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2008.

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

PERREIRA, J. C. **Interação entre as populações de actinomicetos e outros microrganismos na risosfera**. Seropédica: EMBRAPA AGROBIOLOGIA,2000, 15 p, 2000. (EMBRAPA AGROBIOLOGIA. Documento, 118)

PEREIRA, P. A. A.; PELOSO, M. J. DEL.; COSTA, J. G.C.; FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. 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).

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.

QUINDERÉ, M. A. W.; SANTOS, A. A.; BARRETO, P. D., VIDAL, J. C. **Produtor de feijão**.Fortaleza:Instituto de Ensino Tecnológico – CENTEC, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. P. 2.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; HOLFFMANN, 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 - 302.

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.

RIKER, A.J. RIKER, R.S. **introduction to research on plant diseases**. St. Louis: John S. Swift, 1936. 117p.

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

RIOS, G.P. Doenças fúngicas e bacterianas do caupi. In: Araújo, J.P., Watt, E.E. (Eds.) **O caupi no Brasil**. Goiânia: Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão/Embrapa, 1988. p.549-589.

ROBERTS, P. A.; FRATE, C.A.; MATTHEWS, W. C.; OSTERLI, P. P. lnteractions of virulent *Meloidogyne incognita* and Fusarium wilt on resistant cowpea genotypes. **Phytopathology**, St. Paul, v. 85, n. 12, p. 1288-1295, 1995.

SANTOS, H. P.; LHAMBY, J. B.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. R. Efeito de manejos de solo e de rotação de culturas de inverno no rendimento e doenças do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2355-2361, dez. 2000.

SCHOONHOVEN, A.V.; PASTOR-CORRALES, M.A. **Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol**. Colômbia: CIAT,1987. 56p.

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.

SILVA, G. S.; FILHO, F. R. F.; PEREIRA, A. L.; SILVA, C. L. P. Reação de genótipos de feijão-caupi a *Meloidogyne incognita* Raça 1, **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 31, n. 2, 2007.

SILVA, S.M.S.; MAIA, J.M.; ARAÚJO, Z.B.; FREIRE FILHO, F.R. Composição química de 45 genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Teresina: EMBRAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. 2p. (Comunicado Técnico, 149).

SILVA, T. H. C. A.; MICHEREFF, S. J. Indução de supressividade pela rotação de culturas no manejo da Rizoctoniose do caupi. **X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX**, UFRPE, Recife-PE, 2010.

SILVIA, J. A.; PEGADO, C. M. A.; RIBEIRO, V. V.; BRITO, N. M.; Nascimento, L. C. Efeito de extratos vegetais no controle de *Fusarium oxysporum* f. sp *tracheiphilum* em sementes de caupi. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 611-616, mar./abr., 2009.

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

SINGH, B. B.; ERLER, J. D.; SHAMA, B.; FREIRE FILHO, F.R. 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.

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.

SNEATH, P.H. Endospore-forming gram-positive cods and cocci. In: SNEATH, P.H.; MAIR, N.S.; SHARPE, M.E.; HOLT, J.G. eds. **Bergey's manual of systematic bacteriology. Baltimore**: Williams & Wickins, 1986. v.2, p.1104-1207.

SOBRAL, M. F. **Fontes de matéria orgânica e seus efeitos na severidade da murcha-de-fusário do caupi**. 2008. 58f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2008.

SOUZA, C. N.; SOUZA, I. F.; PASQUAL, M. Extração e ação da sorgoleone sobre o crescimento de plantas. **Ciênc. e Agrotc.,** Lavras, v. 23, n. 2, p. 331-338, 1999.

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

STAMFORD, N. P.; RODRIGUES, J. J. V.; HECK, R. J.; ANDRADE, D. E. G. T. Propriedades Físicas e Químicas dos solos. 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. 41-60a.

STAMFORD, N. P.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, D. E. G. T; MICHEREFF, S. J. Microbiota dos solos tropicais. 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. 61 – 92b.

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.

TOLEDO-SOUZA, E. D.; SILVERA, P. M.; JUNIOR, M. L.; CAFÉ FILHO, A. C. Sistema de cultivo, sucessões de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 43, n. 8, p. 971-978, 2008.

TUITE, J. **Plant pathological methods: Fungi and bacteria**. Minneapolis: 1969. 239p.

VARGAS GIL, A.; PASTOR, S.; MARCH, G.J. **Quantitative isolation of biocontrol agents Trichoderma spp**., Gliocladium spp. and actinomycetes from soil with culture media. Microbiological Research, 2008 (in press).

VIDA, J.B., ZAMBOLIM, L., TESSMANN, D.J., BRANDÃO FILHO, J.U.T., VERZIGNASSI, J.R. & CAIXETA, M.P. Manejo de doençasde plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira.** Brasília, v. 29, n. 4, p. 355-372. 2004.

WINDELS, C.E. *Fusarium*. In: Singleton, L.L.; Mihail, J.D.; Rush, C.M. (Eds.) **Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi.**St. Paul: APS Press, 1992. p.115-128.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS. V. B.; CAMPOS, F. L. Inoculação e adubação nitrogenada sobre a nodulação e a produtividade de grãos de feijão-caupi, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n. 7, 2008.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.;VALE, F. X. R. Nutrição mineral e patógenos 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. 153-181.