

**EDDY ENRIQUE BARRAZA ANDRIÓN**

**SUPRESSIVIDADE NATURAL DE SOLOS DO  
NORDESTE BRASILEIRO À MURCHA-DE-FUSÁRIO E  
RIZOCTONIOSE DO CAUPI**

**RECIFE -PE  
JULHO – 2009**

**EDDY ENRIQUE BARRAZA ANDRIÓN**

**SUPRESSIVIDADE NATURAL DE SOLOS DO  
NORDESTE BRASILEIRO À MURCHA-DE-FUSÁRIO E  
RIZOCTONIOSE DO CAUPI**

Trabalho de tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fitopatologia.

**RECIFE - PE**

**JULHO – 2009**

**SUPRESSIVIDADE NATURAL DE SOLOS DO  
NORDESTE BRASILEIRO À MURCHA-DE-FUSÁRIO E  
RIZOCTONIOSE DO CAUPI**

**EDDY ENRIQUE BARRAZA ANDRIÓN**

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:**

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

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

**Profa. Dra. Iraildes Pereira Assunção (UFAL) – Co-orientador**

**RECIFE – PE  
JULHO – 2009**

**SUPRESSIVIDADE NATURAL DE SOLOS DO  
NORDESTE BRASILEIRO À MURCHA-DE-FUSÁRIO E  
RIZOCTONIOSE DO CAUPI**

**EDDY ENRIQUE BARRAZA ANDRIÓN**

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 31/07/2009

**ORIENTADOR:**

---

Prof. Dr. Sami Jorge Michereff (UFRPE)

**EXAMINADORES:**

---

Profa. Dra. Iraíldes Pereira Assunção (UFAL)

---

Profa. Dra. Norma Suely Sobral da Silveira (UFRPE)

---

Profa. Dra. Elineide Barbosa da Silveira (UFRPE)

---

Prof. Dr. Delson Laranjeira (UFRPE)

**RECIFE – PE  
JULHO – 2009**

À Deus, todo-poderoso, por ter me dado a força, confiança e saúde para culminar este doutorado.

## **AGRADEÇO**

A todos meus professores e amigos que contribuíram no logro deste objetivo.

## **DEDICO**

A Mariana, minha esposa e eterna companheira; meus filhos Adrienne, Eddy e Emar; pelo seu amor, apoio incondicional, sacrifício e companhia durante nossos estudos de doutorado no Brasil.

## **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Um reconhecimento especial ao Dr. Sami Jorge Michereff, pela sua orientação, ensino, amizade e por todo o apoio oferecido durante minha permanência no Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo apoio institucional e oportunidade oferecida.

Aos meus professores, Rosa Mariano, Marcos Câmara, Sônia Oliveira, Delson Laranjeira, Eleneide Silvera, Gilvan Pio Ribeiro, Gaus Lima, Péricles de Albuquerque; e demais professores do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia pela atenção, ensinamentos e disponibilidade; ao pessoal administrativo, à querida Darcy, Romildo e Adelmo, meu grato reconhecimento pelo apoio oferecido.

Aos meus queridos amigos e colegas de turma, Lila, Kamila, Marcelo, Leonardo, Cícero, Juliana, Litervaldo, Kátia, Sarah, Clarisse, Alessandra, Isadora, Hugo, Marcos, Thiago, e todos os demais alunos de Mestrado e Doutorado em Fitopatologia da UFRPE.

À grande família que é o Laboratório de Epidemiologia; pela força e apoio permanente, a Ana Paula, Mércia, Vanessa, Yrlânia, Thárcio, Adriana, Iva e meus grandes colaboradores e amigos da casa de vegetação, Luis Tavares e o Velho Lula.

Aos meus eternos amigos, José Armando Torres Moreno e família, Marine, Edna e filhos, Donha Luisa, Lala, Angélica, Erika, Damian, Manoel, Paulo, Bruno, Fabio, e à Emprobio LTD, pelo permanente apoio e consideração.

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS .....	v
SUMÁRIO .....	vi
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
CAPÍTULO I – Introdução Geral .....	9
Referências Bibliográficas .....	26
CAPÍTULO II – Supressividade natural de solos do Nordeste brasileiro à murcha-de-fusario e rizoctoniose em caupi .....	36
Resumo .....	37
Abstract .....	38
Introdução .....	39
Material e Métodos .....	41
Resultados .....	50
Discussão .....	52
Agradecimentos .....	59
Referências .....	59
CAPÍTULO III – Análise da estabilidade da supressividade de solos à rizoctoniose do caupí .....	68
Resumo .....	69
Abstract .....	70
Introdução .....	71
Material e Métodos .....	72
Resultados e Discussão .....	75
Agradecimentos .....	78
Referências Bibliográficas .....	78
CONCLUSÕES GERAIS .....	85

## RESUMO

O caupi (*Vigna unguiculata* L.) é uma das culturas mais importantes da região Nordeste do Brasil, principalmente na economia de pequenos produtores rurais. A murcha-de-fusário e a rizoctoniose, causadas pelos fungos *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* e *Rhizoctonia solani*, respectivamente, são as doenças mais frequentes e de maior intensidade em caupi no Nordeste brasileiro. Esta tese teve como objetivos avaliar a supressividade natural de 66 solos do Nordeste brasileiro à murcha-de-fusário e rizotoniose do caupi, analisar as características físicas, químicas e biológicas dos solos associadas com a supressividade ou condutividade às doenças, bem como avaliar a estabilidade da supressividade de três solos à rizotoniose do caupi, considerando diferentes isolados e densidades de inóculo de *R. solani*. Em relação à severidade da murcha-de-fusário e da rizotoniose do caupi, os solos avaliados foram agrupados desde fortemente supressivos a altamente condutivos. As principais variáveis envolvidas na supressividade da murcha-de-fusário foram elevados teores de fósforo e potássio, respiração basal (CO<sub>2</sub> evoluído) e os índices de diversidade e equitabilidade microbiana. Para a rizotoniose, foram determinadas correlações importantes com os níveis de fósforo, potássio e sódio, respiração basal e atividade enzimática de diacetato de fluoresceína. Não foram correlacionados fatores físicos com a supressividade à murcha-de-fusário, porém foi possível correlacionar os teores de areia, argila e silte com a supressividade e/ou condutividade da rizotoniose. Três solos classificados como fortemente supressivos à rizotoniose foram avaliados em relação a oito isolados e três densidades de inóculo de *R. solani*. Houve diferença significativa entre os solos e os isolados quanto aos níveis de severidade da doença. Nos três solos os níveis de severidade induzidos pelo isolado CMM-1053 foram similares aos verificados nos estudos prévios. A maioria dos isolados apresentou comportamentos diferente em função dos solos, com exceção dos isolados CMM-1064 e CMM-1066. Foi verificada diferença significativa entre os níveis de severidade da doença e as diferentes densidades de inóculo. Os três solos evidenciaram estabilidade em relação aos diferentes isolados de *R. solani*, porém a densidade de inóculo pode ser um fator limitante na implementação da supressividade natural dos solos ou da indução da supressividade em solos condutivos.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, *Rhizoctonia solani*, doenças radiculares, supressividade do solo, ecologia do solo.

## ABSTRACT

The cowpea (*Vigna unguiculata* L.) is one of the main crops in the Northeast of Brazil especially for the small farmers. The Fusarium wilt and Rhizoctonia canker caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* and *Rhizoctonia solani*, respectively are the cowpea diseases showing more frequency and intensity in the Northeast of Brazil. This work aimed to evaluate the natural suppressiveness of 66 soils of this region to the Fusarium wilt and Rhizoctonia canker, and to analyze the physical, chemical and biological characteristics of this soils associated with disease suppressiveness or conductivity. The evaluated soils were grouped from highly suppressive to highly conducive in relation to Fusarium wilt and Rhizoctonia canker severities. The main variables involved in Fusarium wilt suppressiveness were high levels of phosphorus and potassium, basal respiration (CO<sub>2</sub> evolution) and indexes of microbial diversity and equitability. For Rhizoctonia canker important correlations were determined with levels of phosphorus, potassium and sodium, basal respiration and enzymatic activity of fluorescein diacetate. There was no correlation between physical factors and suppressiveness to Fusarium wilt, but it was possible to correlate the levels of sand, clay and silt with suppressiveness and/or conductivity of Rhizoctonia canker. Three soils previously classified as highly suppressive to Rhizoctonia canker were evaluated in relation to eight strains and three inoculum densities of *R. solani*. There was significant difference among soils and strains in relation to levels of disease severity. In the three soils the severity levels induced by the strain CMM-1053 were similar to those observed in former studies. Most of the strains showed different behavior in relation to soils, except for CMM-1064 and CMM-1066. There was significant difference among disease severity levels and different inoculum densities. The three soils presented good stability in relation to the different *R. solani* strains, but the inoculum density may be a limiting factor in the implementation of the natural soil suppressiveness or the suppressivity induction in conducive soils.

Keyword: *Vigna unguiculata*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, *Rhizoctonia solani*, root diseases, soil suppressiveness, soil ecology.

# **Capítulo I**

---

---

## **Introdução Geral**

## INTRODUÇÃO GERAL

### 1. Importância do caupi

O caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], também conhecido como feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar, 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 milhões de hectares cultivados e produção de 492,3 mil toneladas (SINGH et al., 2002; FAO, 2007).

Nas regiões Nordeste e Norte do Brasil o caupi é produzido principalmente em unidades de agricultura familiar, desempenhando importante papel sócio-econômico (MELO; CARDOSO; SALVIANO, 2005). O Estado de Pernambuco se destaca como 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, embora a Zona da Mata também possua grandes áreas cultivadas (IBGE, 2006). No Agreste Meridional, o caupi é cultivado predominantemente na estação seca (setembro-dezembro), em sucessão ao cultivo de feijão comum, cultivado na estação úmida (abril-julho). No Sertão, o caupi é cultivado principalmente na estação úmida, enquanto na Zona da Mata é cultivado durante todo o ano, mas a área total cultivada é inferior às verificadas no Agreste e no Sertão em virtude da condição climática favorecer o desenvolvimento de várias culturas de maior valor econômico. O caupi é de uma das lavouras mais cultivadas em Pernambuco, 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 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).

## **2. Doenças radiculares do caupi**

O potencial produtivo do caupi para o Nordeste brasileiro é indiscutível, mas a produtividade é baixa nas unidades de agricultura familiar, tendo em vista fatores adversos como instabilidade pluviométrica, utilização de cultivares com potencial genético reduzido e ocorrência de doenças e pragas (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).

A murcha-de-fusário e a rizoctoniose, causadas pelos fungos *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (E.F. Smith) Snyder & Hansen e *Rhizoctonia solani* Kühn, respectivamente, são as doenças do caupí mais frequentes e de maior intensidade no Nordeste brasileiro (COELHO, 2001; ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005). A murcha-de-fusário é muito importante no Sertão de Pernambuco, causando sérios prejuízos à produção. Por outro lado, a rizoctoniose é importante no Agreste, tendo em vista o plantio sucessivo ao feijão comum realizado no período úmido, sendo ambas leguminosas altamente suscetíveis a *R. solani*.

## 2.1. Murcha-de-fusário

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, 2009). Os sintomas da doença 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). 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 artificialmente infestado pelo patógeno.

O gênero *Fusarium* foi descrito 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 discussão. O centro da discussão é o conceito de espécie, pois a combinação do conceito de espécie filogenética com dados baseados em DNA tem resultado em uma crescente descrição de

novas espécies de *Fusarium*, incluindo várias espécies impossíveis de serem distinguidas morfológicamente (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). 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).

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, sendo composta de dezenas de espécies que necessitam ser claramente definidas e separadas de maneira adequada (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 curvado e sem septos, medindo 5,5-14,5  $\mu\text{m}$  x 2-3,5  $\mu\text{m}$  (média 5,7 x 2,6  $\mu\text{m}$ ). 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  $\mu\text{m}$  x 3,5-5,5  $\mu\text{m}$  (média 31,2 x 39  $\mu\text{m}$ ). 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 de 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 dispersos pelo vento e água de irrigação (CABI, 2009). Quando *F. oxysporum* permanece no solo como saprófita, o crescimento e a sobrevivência são influenciados pelas características físicas, químicas e biológicas, umidade do solo e especialmente pela presença de matéria orgânica. A influência de fatores climáticos como a luz e temperatura, assim como a idade da planta, influenciam na expressão da murcha-de-fusário no caupi (RIOS, 1988).

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).

## 2.2. Rizoctoniose

O gênero *Rhizoctonia* é um dos mais difundidos no mundo em terras cultivadas e não cultivadas, sendo capaz de atacar uma ampla gama de hospedeiros e ocasionar podridões em sementes, raízes e frutos, cancos no caule, tombamentos de plântulas e doenças foliares (OGOSHI, 1996). A obtenção de isolados de *Rhizoctonia* spp. em culturas puras, a partir de plantas doentes ou do próprio solo, é relativamente fácil e podem diferir em termos de patogenicidade e características morfológicas, culturais e fisiológicas (SNEH et. al., 1996).

Para que o fungo seja enquadrado dentro do gênero anamórfico *Rhizoctonia*, várias são as características que devem ser consideradas, tais como: ramificação observada próximo ao septo distal em hifas jovens; presença de um septo na ramificação da hifa próximo ao seu ponto de origem; presença de septos do tipo

doliporo; ramificações de hifas que são concêntricas em sua extremidade basal; ausência de grampos de conexão; ausência de conídios; tecido esclerocial não diferenciado em membrana, córtex e medula e ausência de rizomorfos (SNEH et al., 1991; PARMETER; WHITNEY, 1970).

A maioria dos fungos do gênero *Rhizoctonia* são anamorfos de quatro gêneros de Basidiomycetes: *Thanatephorus* Donk., *Ceratobasidium* Rogers, *Waitea* Warcup & Talbot e *Tulasnella* Schröter. *Rhizoctonia solani* Kühn, espécie multinucleada, corresponde ao teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk. *Waitea circinata* Warcup & Talbot é o teleomorfo de *Rhizoctonia zae* Voorhees e *Rhizoctonia oryzae* Ryker e Gooch, espécies multinucleadas. As espécies binucleadas de *Rhizoctonia* como *Rhizoctonia repens* Bernard e *Rhizoctonia oryzae-sativae* (Sawada) Mordue, associam-se a várias espécies de *Ceratobasidium* como: *C. cornigerum* (Bourdot) D.P. Rogers, *C. gramineum* (Ikata & T. Matsuura) Oniki et al. e *C. oryzae-sativae* P.S. Gunnell & R.K. Webster, ou ainda, a *Tulasnella* (OGOSHI, 1987; SNEH et al., 1991; CARLING; SUMNER, 1992).

Além de ser um grupo diversificado e complexo, com aproximadamente 120 espécies registradas desde a constatação do gênero, a taxonomia convencional de *Rhizoctonia*, que utiliza características como o tamanho, forma, coloração e septação das estruturas de reprodução assexual e sexual, não pode ser aplicada totalmente (OGOSHI, 1996).

A classificação da espécie *R. solani* se baseia em critérios morfológicos, fisiológicos, genéticos e patológicos (ANDERSON, 1982; OGOSHI, 1987; SNEH et al., 1991; VILGALYS; CUBETA, 1994). Em *R. solani*, o conceito de grupo de anastomose (AG) é essencial, pois representa um grupo de isolados relacionados capazes de auto reconhecimento através da fusão das hifas (anastomose) (OGOSHI, 1987). Existem 14 AGs para *R. solani*: AG 1 a AG 13 e AG BI. Além de AG, o conceito de grupos intraespecíficos (ISG), baseado em evidências de reação de anastomose, patogenicidade, morfologia e outros critérios, permitiu a diferenciação de 23 ISG dentre os AGs de *R. solani* (CARLING, 2000).

*Rhizoctonia* spp. infectam tanto plantas jovens como plantas adultas. Podem infectar em qualquer estágio fenológico da planta e em qualquer órgão, principalmente aqueles em contato com o solo. A podridão de pré-emergência pode ser confundida com má germinação das sementes, pois o fungo infecta a radícula e o caulículo antes da

germinação, provocando redução do estande. Neste caso, ocorre também podridão de sementes, provocando seu encharcamento e deformação, sendo isto um indicativo de que já estavam infectadas e o tratamento foi ineficiente ou a semeadura foi realizada em solo já infestado. Em pós-emergência, ocorre estrangulamento, encharcamento e posterior necrose do colo, provocando o tombamento e murcha de plântulas, sendo que o fungo pode colonizar até a parte aérea, ocasionando a morte das plântulas em reboleiras (ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005).

Nos processos de infecção mecânica e enzimática por *R. solani* as enzimas envolvidas incluem DNase, RNase, lipase, alfa amilase, celulase, quitinase, pectinase, pectato-liase,  $\beta$ -glucanase, protease e uréase (BERTAGNOLLI et al, 1996). A atividade de *R. solani* geralmente está confinada aos 10 cm da camada superior do solo e os propágulos são frequentemente agregados no solo, como resultado da colonização saprofítica ou patogênica da plantas e restos de materia orgânica fresca (OTTEN; GILLIGAN, 1998).

Os esclerócios são estruturas de resistência e importantes como fonte de inóculo. São formados no solo ou em restos culturais e podem sobreviver no solo por vários anos. Tanto basidiósporos como esclerócios podem germinar e formar micélio ou tubo germinativo para infecção. O micélio, além de contribuir para sobrevivência e disseminação, serve para infecção, pois pode rapidamente crescer e colonizar o solo, além de sobreviver por um tempo relativamente longo no solo e em restos culturais (SNEH et. al., 1991).

Em geral, *R. solani* é favorecida por temperaturas acima de 25°C, alta umidade relativa do ar e do solo, solos mal drenados, irrigações excessivas, semeaduras densas, adubação nitrogenada em excesso, alto teor de matéria orgânica, cultivos sucessivos no mesmo local e pH ácido. Porém, são muito desfavoráveis para o patógeno os solos muito secos ou muito encharcados (SNEH et. al., 1996).

### **3. Controle da murcha-de-fusário e da rizoctoniose do caupi**

O controle da murcha-de-fusário e da rizoctoniose em caupi é muito difícil, principalmente, devido à elevada agressividade dos patogenos, transmissibilidade pelas sementes e alta capacidade de sobrevivência no solo mesmo na ausência da planta hospedeira (LEACH; GARBER, 1970; PAPAVIDAS, 1970; RIOS, 1988). Diante disso,

são recomendadas várias práticas culturais integradas, uma vez que utilizadas individualmente dificilmente propiciarão o sucesso esperado. As principais medidas de controle preconizadas envolvem plantio em áreas livres dos patógenos, escolha da época de plantio, uso de sementes certificadas, uso de variedades resistentes, uso da rotação de culturas, tratamento de sementes e destruição de restos culturais (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). Por outro lado, inexistem cultivares comerciais de caupi com níveis aceitáveis de resistência à rizoctoniose, devido a ampla gama de hospedeiros de *R. solani* e a elevada capacidade de competição saprofítica no solo torna o uso da rotação de culturas pouco eficiente para o controle dessa doença. O controle químico da murcha-de-fusário e rizoctoniose é ineficiente, inviável economicamente e de elevado impacto ambiental (ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005).

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).

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). Nesse contexto, é extremamente importante caracterizar indicadores de sanidade o/ou qualidade do solo, para mensurar o impacto das práticas de controle nas doenças radiculares (JANVIER et al., 2007).

#### **4. Supressividade de solos**

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).

O crescimento e a sobrevivência de *F. oxysporum* e *R. solani* são influenciados pelas características físicas, químicas e biológicas do solo, que atuam acelerando ou retardando o desenvolvimento das doenças, pela alteração da viabilidade dos inóculos, embora esses patógenos possam sobreviver em condições adversas, incluindo regiões secas e com altas temperaturas (BAKER; MARTINSON, 1970; NELSON, 1981).

O fenômeno de alguns solos prevenirem naturalmente o estabelecimento de patógenos ou inibirem as suas atividades patogênicas é denominado supressividade e os solos, supressivos, opostos de solos condutivos. Portanto, solos supressivos podem ser caracterizados como aqueles em que a incidência ou severidade de uma doença mantem-se baixa, apesar da presença de um patógeno, uma planta hospedeira suscetível e de condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento da doença (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).

O termo solo supressivo foi utilizado pela primeira vez por MENZIES (1959), em trabalho relacionando tipos de solos com a ocorrência e a severidade da sarna da batata, na Califórnia. Entretanto, a primeira referência da capacidade dos solos em controlar doenças das plantas foi de Atkinson, em 1889, ao reconhecer que a murcha-de-fusário do algodoeiro foi mais severa em solos arenosos do que nos argilosos em Arkansas e Alabama, nos Estados Unidos da América (HUBER; SCHNEIDER, 1982).

Solos supressivos a doenças causadas por uma ampla gama de fitopatógenos habitantes do solo têm sido descritos, incluindo fungos, bactérias e nematóides. Esses solos controlam podridões radiculares e murchas causadas por *Aphanomyces euteiches* Drechsler, *Cylindrocladium* sp., várias *formae specialis* de *F. oxysporum*, *R. solani*, *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & Olivier, *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al., *Streptomyces scabies* Lambert & Loria, *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Broome) Ferraris, e *Verticillium dahliae*. Kleb., dentre outras. Essa grande diversidade de patógenos controlados por solos supressivos demonstra que supressividade de solos não é um fenômeno raro. Nesse contexto, cada solo tem algum potencial de supressão à doença, sendo esse fenômeno um contínuo, variando de solos altamente condutivos a fortemente supressivos (ALABOUVETTE et al., 2006).

A supressividade do solo é um aspecto fundamental a ser investigado no desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo de doenças radiculares, pois possibilita o controle das doenças com maior eficiência e menores danos ambientais (STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004; BETTIOL; GHINI, 2005; ALABOUVETTE et al., 2006; BETTIOL et al., 2009).

Fatores que determinam a supressividade devem ser estudados visando à utilização dessas informações na indução da supressividade em solos condutivos (RODRÍGUEZ-KÁBANA; CALVET, 1994; ALABOUVETTE et al., 2006). 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; MAZZOLA, 2002; WELLER et al., 2002; STONE; SCHEUERELL; DARBY, 2004; BETTIOL; GHINI, 2005). No entanto, interações complexas entre esses fatores tornam difícil a constatação 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).

Como os microrganismos constituem a parte viva e mais ativa da matéria orgânica, existem indicações de que atributos microbiológicos podem detectar alterações provocadas por diferentes tipos de manejos do solo em um estágio anterior ao das mudanças nos atributos químicos e físicos. Sabendo-se que os microrganismos são parte integrante da qualidade do solo, é necessário um melhor entendimento da dinâmica e estrutura das comunidades microbianas. Nesse contexto, indicadores biológicos têm sido freqüentemente usados para avaliar alterações na qualidade do solo pelo uso de diferentes práticas e sistemas de manejo. Nos últimos anos, vários trabalhos foram desenvolvidos avaliando os indicadores biológicos do solo e os resultados têm mostrado que os métodos de avaliação podem ser divididos em quatro grupos, dependendo da informação propiciada: a) população e biomassa microbiana do solo; b) atividade microbiana no solo; c) diversidade e estrutura na comunidade microbiana no solo; d) interações planta-microbiota (BENEDETTI; DILLY, 2006).

O papel dos microrganismos nos processos funcionais de um ecossistema complexo como o solo pode ser facilitado através das análises da composição da comunidade microbiana (BORNEMAN et al., 2004). Solos supressivos a patógenos de plantas ocorrem no mundo inteiro e para muitos destes solos a base biológica da supressividade tem sido descrita. Na supressividade geral, a microbiota do solo compete com o patógeno por recursos ou fontes de nutrientes ou causa a inibição deste por diversas formas de antagonismo, mas geralmente esse tipo de supressividade não é transferível (WELLER et al., 2002).

Os fatores biológicos controlando doenças radiculares são, possivelmente, os mais estudados e conhecidos. Dentre os organismos envolvidos na supressividade de solos, os fungos são os mais estudados. Isso se deve ao interesse na obtenção de produtos comerciais à base de fungos para o controle biológico de patógenos habitantes

do solo. Embora a influência dos fungos não seja ainda perfeitamente conhecida, sabe-se que desempenham um papel muito importante nas transformações dos constituintes do solo. Na sua aptidão para decompor os resíduos orgânicos, os fungos são mais versáteis e talvez mais persistentes do que quaisquer outros grupos (BRADY, 1989).

Dentre os fungos, sem dúvida, os mais estudados pertencem ao gênero *Trichoderma*. Há alguns anos, a eficiência desse fungo era discutida, mas sem uso comercial. Entretanto, diversos produtos à base desse antagonista são comercializados atualmente. Além de *Trichoderma*, vários outros fungos são descritos como agentes de controle biológico de patógenos veiculados pelo solo e comercializados em diferentes regiões, tais como: *Coniothyrium minitans* Camp., *Paraconiothyrium minitans* (Camp.) Verkley, *Fusarium oxysporum* não patogênico, *Pythium oligandrum* Drechsler, *Sporidesmium sclerotivorum* Uecker, *Gliocladium virens* Mill., Giddens & Foster e *Clonostachys rosea* (Link & Fr.) Schroers, entre outros.

Dentre as bactérias envolvidas na supressividade dos solos, as espécies de *Pseudomonas* do gupo fluorescente e *Bacillus* são as mais estudadas. As bactérias geralmente participam ativamente, de todas as transferências orgânicas importantes, para que o solo possa manter com sucesso os vegetais superiores (BRADY, 1989). Além da ação direta nos solos por antibiose e competição, precisa ser considerada a ação das rizobactérias promotoras de crescimento na bioproteção de plantas contra patógenos. Dentro do gênero *Bacillus*, as espécies *Bacillus subtilis* Cohn e *Bacillus pumilus* Meyer & Gottheil se destacam quanto à capacidade de inibir tanto bactérias, como fungos fitopatogênicos. As actinobactérias (actinomicetos) também são importantes no controle de fitopatógenos, sendo a ação devida principalmente à produção de antibióticos. As bactérias envolvidas na supressividade não estão limitadas aos grupos citados, os quais são provavelmente os mais estudados devido à maior ocorrência nos solos.

Cada organismo apresenta um determinado potencial de controlar naturalmente os patógenos habitantes do solo. Assim, o importante é buscar práticas agrícolas que estimulem a sobrevivência e a multiplicação desses organismos para manter ou tornar o solo supressivo. Os organismos relacionados com a supressividade agem por meio de mecanismos envolvidos tais como; antibiose ou amensalismo, parasitismo, competição, predação e indução de resistência do hospedeiro. Apesar das possibilidades descritas

anteriormente, diversos organismos agem por mais de um mecanismo, sendo por isso beneficiados no ambiente em que vivem (BETTIOL et al., 2009).

A atividade microbiana no solo resulta da somatória da atividade de células individuais que pode ser estimada através da quantificação de certos processos específicos como taxa de respiração, produção de ATP, biossíntese de macromoléculas como proteínas e ácidos nucleicos; taxa de transformação de N; consumo de substratos e acúmulo de produtos específicos; taxa de mineralização do P; taxa de decomposição da matéria orgânica; atividade enzimática global e específica; densidade populacional (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). A avaliação da quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pela respiração dos microrganismos, é um dos métodos mais tradicionais e mais utilizados para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002). Estudos utilizando o método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA), para avaliar a atividade microbiana e comparar com a atividade respiratória da microbiota e teor de matéria orgânica, como indicadores de supressividade do solo a *R. solani*, permitiu a obtenção de correlações positivas entre os três fatores (BETTIOL; GHINI, 2005).

As propriedades físicas e químicas do solo podem interferir na supressividade de forma direta, por meio do favorecimento da atividade microbiana, ou indiretamente, quando interferem no ciclo do patógeno. Os solos ricos em matéria orgânica geralmente apresentam maior supressividade. Esse fato deve-se, principalmente, à capacidade de proporcionar maior atividade microbiana e melhorar a estrutura, a aeração e a retenção de umidade do solo (HORNBY, 1983). A textura do solo, pode afetar a biota do solo, pois determina a porosidade para o desenvolvimento de fungos, bactérias e outros microrganismos. Como a porosidade está relacionada também com a retenção de umidade e aeração, pode interferir sobre a comunidade de organismos do solo e, conseqüentemente, na supressividade (BETTIOL; GHINI, 2005). Como exemplo, foi constatada a maior incidência da murcha-de-fusário em plantas de linho em solo contendo 96% de areia e 2,5% de argila, do que em solo contendo 37% de argila, 44% de silte e 19% de areia, com valores de 55% e 11 % de incidência da murcha respectivamente (AMIR; ALABOUVETTE, 1993). Algumas pesquisas têm registrado a inexistência de correlações significativas entre a intensidade de murchas causadas por *F. oxysporum* e as propriedades físicas dos solos (BHATTI, 1992). Por outro lado, outros estudos têm demonstrado o envolvimento direto das propriedades físicas e químicas do

solo na supressividade ou conducividade de murchas causadas por esse patógeno, sendo que na maioria das situações a conducividade é maior em solos arenosos que em solos argilosos (HÖPER; ALABOUVETTE, 1996). Nutrientes minerais como K, Ca, Mg, S, Mn, e B, tendem a diminuir o ataque de espécies do género *Fusarium*. No entanto, é impossível generalizar os efeitos de um nutriente em particular sobre as combinações planta-patógeno (ZAMBOLIM; COSTA; VALE, 2005).

Os estudos sobre supressividade natural de solos à murcha-de-fusário do caupi são escassos e os mecanismos responsáveis pela supressividade não são plenamente esclarecidos. Nesse sentido, Assunção et al. (2003a) avaliaram a intensidade da doença em 10 tipos de solo do Estado de Pernambuco e analisaram as características físicas, químicas e biológicas dos solos associadas com a supressividade ou conducividade à doença/patógeno. Os maiores índices de doença foram observados nos solos de Amaraji, Goiana e Camaragibe, caracterizados como conducivos, enquanto nos solos de Cachoeirinha, Aliança, Condado e São Caetano foram constatados os menores índices de doença, sendo classificados como supressivos. Não foram constatadas correlações significativas entre as variáveis associadas à doença e as características químicas, físicas e biológicas dos solos. Segundo os autores, o elevado pH, entre outros fatores, pode ter sido associado ao caráter supressivo do solo de Cachoeirinha, visto que, conforme Höper e Alabouvette (1996), solos alcalinos (pH acima de 7,8 a 8,0) são altamente supressivos às doenças induzidas por *F. oxysporum*, enquanto solos com pH entre 5,0 e 7,0 evidenciaram pouca ou nenhuma correlação com supressividade à doença. No entanto, o pH não se comportou como um fator determinante da supressividade dos solos de Condado e Aliança, pois os valores foram similares ou inferiores aos solos considerados conducivos, divergindo do verificado em relação à supressividade de várias *formae specialis* de *F. oxysporum* (JONES; ENGELHARD; WOLTZ, 1989). A falta de correlações significativas entre os níveis da murcha-de-fusário do caupi e as características microbiológicas do solo assemelhou-se ao constatado em outras doenças radiculares (VAN BRUGGEN; SEMENOV, 1999), embora seja freqüente a associação entre densidade microbiana e supressão de doenças radiculares, principalmente de populações de *Pseudomonas* do grupo fluorescente na supressividade às murchas causadas por *F. oxysporum* (ALABOUVETTE, 1990; ALAVOUVETTE, C.; LEMANCEAU, P.; STEINBERG, 1996; MAZZOLA, 2002; MAZZOLA, 2004). De maneira similar, a biomassa microbiana não evidenciou uma relação consistente com os

níveis de supressividade dos solos à murcha-de-fusário do caupi, embora seja considerado fator determinante na supressividade de solos a várias doenças radiculares (HORNBY, 1983).

Portanto, apesar da constatação da ocorrência de solos supressivos à murcha-de-fusário do caupi no Estado de Pernambuco por Assunção et al. (2003a) estes autores não tiveram sucesso na determinação dos fatores envolvidos nesse processo. Neste estudo foi considerado que a dificuldade na caracterização dos possíveis mecanismos envolvidos na supressividade poderia estar relacionada à metodologia empregada, uma vez que foram utilizados indicadores tradicionais de supressividade (CHELLEMI; PORTER, 2001; HORNBY, 1983).

Em estudo subsequente, utilizando os solos de Cachoeirinha e Goiana, caracterizado previamente por Assunção et al., 2003a como supressivo e condutivo à murcha-de-fusário do caupi, Eloy et al. (2004) verificaram que as comunidades de fungos totais, bactérias totais e *Bacillus* spp. foram maiores na rizosfera no solo supressivo que no condutivo. A supressividade à doença não foi relacionada com um efeito supressivo sobre a população do patógeno, tendo em vista que os níveis populacionais de *F. oxysporum* foram similares nos dois solos. A esterilização não alterou a capacidade supressiva do solo, indicando sua natureza abiótica, bem como foi comprovada a capacidade de transferência da supressividade para o solo condutivo. Somente no solo supressivo foi constatada influência significativa dos níveis de pH na severidade da murcha-de-fusário, que decresceu proporcionalmente à elevação do pH. Ou seja, a elevação do pH não propiciou a indução da supressividade à murcha-de-fusário do caupi no solo condutivo. Diferentemente do constatado nesse estudo, PENG; SIVASITHAMPARAM; TURNER (1999) verificaram que somente no solo condutivo a severidade da murcha-de-fusário da bananeira foi afetada significativamente pelos níveis de pH.

Pelos resultados obtidos até o momento em relação à supressividade de solos à murcha-de-fusário de caupi, há necessidade da ampliação das análises, envolvendo maior número de solos, bem como de indicadores de qualidade do solo, com ênfase para atividade e diversidade microbiana no solo. Em relação à rizoctoniose do caupi, inexistem estudos sobre a supressividade natural de solos, indicando a necessidade de estudos dessa natureza, incluindo a análise dos mecanismos de supressividade e a estabilidade dessa em relação a diferentes isolados e densidades de inóculo de *R. solani*.

O presente trabalho teve como objetivos: a) avaliar a supressividade natural de 66 solos do Nordeste brasileiro à murcha-de-fusário e rizotonia do caupi, bem como analisar as características físicas, químicas e biológicas dos solos associadas com a supressividade ou conduçividade às doenças; b) analisar a estabilidade da supressividade dos solos selecionados em relação a diferentes isolados e densidades de inóculo de *R. solani*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ALABOUVETTE, C. et al. Concepts and methods to assess the phytosanitary quality of soils. In: BLOEM, J.; HOPKINS, W. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). **Microbiological methods for assessing soil quality**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 257-269.

ALABOUVETTE, C.; LEMANCEAU, P.; STEINBERG, C. Biological control of fusarium wilts: opportunities for developing a commercial product. In: HALL, R. (Ed.). **Principles and practice of managing soilborne plant pathogens**. St. Paul: APS Press, 1996. p. 192-212.

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 soil abiotic factors in the mechanisms of soil suppressiveness to Fusarium wilts. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 157-164, 1993.

ANDERSON, N. A. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 20, p. 329-74, 1982.

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**, Botucatu, 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.

BAKER, R.; MARTINSON, C. A. Epidemiology of diseases caused by *Rhizoctonia solani*. In: PARMETER JR., J. R. (Ed.). **Rhizoctonia solani: biology and pathology**. Berkeley: The University of California Press, 1970, p. 172-188.

BENEDETTI, A.; DILLY, O. Introduction. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). **Microbiological methods for assessing soil quality**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. p. 3-14.

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.

BERTAGNOLLI, B. L.; DAL SOGLIO, F. K.; SINCLAIR, J. B. Extracellular enzyme profiles of the fungal pathogen *Rhizoctonia solani* isolate 2B-12 and two antagonists, *Bacillus megaterium* strain B153-2-2 e *Trichoderma harzianum* isolate Th 008.I. Possible correlations with inhibition of growth and biocontrol. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 48, n. 1, p. 145-160, 1996.

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.

BETTIOL, W. et al. 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.

BHATTI, M. A. Influence of soil bulk density on foot rot and wilt of chickpea. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 9, p. 960-963, 1992.

BORNEMAN, J. et al. An experimental approach for identifying microorganisms involved in specified functions: utilisation for understanding a nematode suppressive soil. **Australasian Plant Pathology**, Collingwood, v. 33, n. 2, p. 151-155, 2004.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

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.

FAO. **FAOSTAT** - agricultural statistics database. [online]. Rome: World Agricultural Information Centre, 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 07 jun. 2009.

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

CARLING, D. E. Anastomosis groups and subsets of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON *RHIZOCTONIA*, 3., 2000, Taichung. **Abstracts...** Taichung: International Symposium on *Rhizoctonia*, 2000. p. 14.

CARLING, D. E.; SUMNER, D. R. *Rhizoctonia*. In: SINGLETON, L. L.; MIHAIL, J. D.; RUSH, C. M. (Eds.). **Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi**. St. Paul: APS Press, 1992. p. 157-165.

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).

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

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.

FAO. **FAOSTAT** - agricultural statistics database. [online]. Rome: World Agricultural Information Centre, 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 07 jun. 2009.

FREIRE FILHO, F. R. 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.

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.

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.

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.

HUBER, D. M.; SCHNEIDER, R. W. The description and occurrence of suppressive soils. In: SCHNEIDER, R. W. (Ed.). **Suppressive soils and plant disease**. St Paul: APS Press, 1982. p. 1-7.

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 jun. 2009.

JANVIER, C. et al. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 39, p. 1-23, 2007.

JONES, J. P.; ENGELHARD, A. W.; WOLTZ, S. S. Management of Fusarium wilt of vegetables and ornamentals by macro- and microelement nutrition. In: ENGELHARD,

A.W. (Ed.). **Soilborne plant pathogens**: management diseases with macro- and microelements. St. Paul: APS Press, 1989. p. 18-32.

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

LEACH, L. D.; GARBER, R. H. Control of *Rhizoctonia*. In: PARMETER JR., J. R. (Ed.). ***Rhizoctonia solani***: biology and pathology. Berkeley: The University of California Press, 1970. p. 189-199.

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

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 management of root diseases**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1994. p. 82-115.

MAZZOLA, M. Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. **Antonie van Leeuwenhoek**, Amsterdam, v. 81, n. 4, p. 557-564, 2002.

MAZZOLA, M. Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 42, p. 35-59, 2004.

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.

MENZIES, J. D. Occurrence and transfer of a biological factor in soil that suppresses potato scab. **Phytopathology**, Lancaster, v. 49, n. 6, p. 648-652, 1959.

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.

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.

OGOSHI, A. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 25, p. 125-143, 1987.

OGOSHI, A. Introduction – the genus *Rhizoctonia*. SNEH, B. et al. ***Rhizoctonia species*: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control**. Amsterdam: Kluwer, 1996. p. 1-9.

OTTEN, W.; GILLIGAN, C. A. Effect of physical conditions on the spatial and temporal dynamics of the soil-borne fungal pathogen *Rhizoctonia solani*. **New Phytologist**, Cambridge, v. 138, n. 7, p. 629-637, 1998.

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.

PAPAVIZAS, G. C. Colonization and growth of *Rhizoctonia solani* in soil. In: PARMETER JR., J. R. ***Rhizoctonia solani*: biology and bathology**. Berkeley: University of California Press, 1970. p.108-122.

PARMETER, J. R.; WHITNEY, H. S. Taxonomy and nomenclature of the imperfect state. In: PARMETER JR., J. R. ***Rhizoctonia solani*: biology and pathology**. Berkeley: University of California Press, 1970. p. 8-19.

PENG, H. X.; SIVASITHAMPARAM, K.; TURNER, D. W. Chlamydospore germination and Fusarium wilt of banana plantlets in suppressive and conducive soils

are affected by physical and chemical factors. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 31, n. 12, p. 1363–1374, 1999.

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.

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-CNPAF, 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 origen edáfico. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 129-138, 1994.

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.

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.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotechnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Lavras: ESAL-FAEPE, 1988. 236 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.

SNEH, B.; BURPEE, L.; OGOSHI, A. **Identification of *Rhizoctonia* species**. St. Paul: APS Press, 1991, 133 p.

SNEH, B. et al. ***Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control**. Amsterdam: Kluwer, 1996. 578 p.

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.

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.

TÓTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, n. 2, p. 195-276, 2002.

VAN BRUGGEN, A. H. C.; SEMENOV, A. M. A new approach to the search for indicators of root disease suppression. **Australasian Plant pathology**, Collingwood, v. 28, n. 1, p. 4-10, 1999.

VILGALYS, R.; CUBETA, M.A. Molecular systematics and population biology of *Rhizoctonia*. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v. 32, p. 135-155, 1994.

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.

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.

## **Capítulo II**

---

---

### **Supressividade natural de solos do Nordeste brasileiro à murcha-de-fusário e rizoctoniose do caupi**

*Applied Soil Ecology*

1 **Supressividade natural de solos do Nordeste brasileiro à murcha-de-fusário e**  
2 **rizoctioniose do caupi**

3

4 **E.E. Barraza-Andrión<sup>a</sup>, A.P.O. Barros<sup>a</sup>, M.F. Ferreira<sup>a</sup>, C.W.A. Nascimento<sup>b</sup>, W.S.**  
5 **Souza Jr.<sup>b</sup>, M.F. Fernandes<sup>c</sup> & S.J. Michereff<sup>a\*</sup>**

6

7 <sup>a</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Área de  
8 Fitossanidade, 52171-900 Recife, PE, Brasil

9 <sup>b</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Área de Solos,  
10 52171-900 Recife, PE, Brasil

11 <sup>c</sup> Embrapa Tabuleiros Costeiros, Laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo, 49025-  
12 040 Aracajú, SE, Brasil

13

14 \*Autor correspondente.

15 E-mail: sami@depa.ufrpe.br (S.J. Michereff).

16

17 **RESUMO**

18 O caupi (*Vigna unguiculata* L.) é uma das culturas mais importantes na região Nordeste  
19 brasileira, principalmente na economia de pequenos produtores rurais. A murcha-de-fusário e  
20 a rizoctioniose, causadas pelos fungos *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* e *Rhizoctonia*  
21 *solani*, respectivamente, são as doenças mais freqüentes e de maior intensidade em caupi no  
22 Nordeste brasileiro. Este trabalho teve como objetivos avaliar a supressividade natural de 66  
23 solos do Nordeste brasileiro à murcha-de-fusário e rizoctioniose do caupi, bem como analisar as  
24 características físicas, químicas e biológicas dos solos associadas com a supressividade ou  
25 condutividade às doenças. Em relação à severidade da murcha-de-fusário e da rizoctioniose do

26 caupi, os solos avaliados foram agrupados desde fortemente supressivos a altamente  
27 condutivos. As principais variáveis envolvidas na supressividade da murcha-de-fusário foram  
28 elevados teores de fósforo e potássio, CO<sub>2</sub> evoluído (respiração basal) e os índices de  
29 diversidade e equitabilidade microbiana. Para a rizoctoniose, foram determinadas correlações  
30 importantes com os níveis de fósforo, potássio e sódio, CO<sub>2</sub> evoluído e atividade enzimática  
31 de diacetato de fluoresceína. Não foram correlacionados fatores físicos com a supressividade  
32 à murcha-de-fusário, porém foi possível correlacionar os teores de areia, argila e silte com a  
33 supressividade e/ou condutividade da rizoctoniose

34 **Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, *Rhizoctonia*  
35 *solani*, doenças radiculares, ecologia do solo.

36

#### 37 **ABSTRACT**

#### 38 **Natural suppressiveness of Brazilian Northeast soils to cowpea Fusarium wilt and** 39 **Rhizoctonia canker**

40 The cowpea (*Vigna unguiculata* L.) is one of the main crops in the Northeast of Brazil  
41 especially for the small farmers. The Fusarium wilt and Rhizoctonia canker caused by  
42 *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* and *Rhizoctonia solani*, respectively are the cowpea  
43 diseases showing more frequency and intensity in the Northeast of Brazil. This work aimed to  
44 evaluate the natural suppressiveness of 66 soils of this region to the Fusarium wilt and  
45 Rhizoctonia canker, and to analyze the physical, chemical and biological characteristics of  
46 this soils associated with disease suppressiveness or conductivity. The evaluated soils were  
47 grouped from highly suppressive to highly conducive in relation to Fusarium wilt and  
48 Rhizoctonia canker severities. The main variables involved in Fusarium wilt suppressiveness  
49 were high levels of phosphorus and potassium, CO<sub>2</sub> evolution (basal respiration) and indexes  
50 of microbial diversity and equitability. For Rhizoctonia canker important correlations were

51 determined with levels of phosphorus, potassium and sodium, CO<sub>2</sub> evolution and enzymatic  
52 activity of fluorescein diacetate. There was no correlation between physical factors and  
53 suppressiveness to *Fusarium* wilt, but it was possible to correlate the levels of sand, clay and  
54 silt with suppressiveness and/or conductivity of *Rhizoctonia* canker.

55 **Keywords:** *Vigna unguiculata*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*, *Rhizoctonia solani*,  
56 root diseases, soil ecology.

57

## 58 1. Introdução

59 O caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma das leguminosas mais adaptadas,  
60 versáteis e nutritivas entre as espécies cultivadas. O Brasil é o terceiro produtor mundial, com  
61 1,5 milhões de hectares cultivados e produção de 492,3 mil toneladas (FAO, 2007), onde é  
62 produzido predominantemente nas regiões Nordeste e Norte, desempenhando importante  
63 papel sócio-econômico. O potencial produtivo do caupi para o Nordeste brasileiro é  
64 indiscutível, mas a produtividade é baixa, refletindo fatores adversos como instabilidade  
65 pluviométrica, utilização de cultivares com potencial genético reduzido e ocorrência de  
66 doenças e pragas (Melo et al., 2005). As doenças constituem importantes fatores de redução  
67 da produtividade do caupi, causando perdas na quantidade e qualidade dos grãos (Athayde  
68 Sobrinho et al., 2005).

69 A murcha-de-fusário e a rizoctoniose, causadas pelos fungos *Fusarium oxysporum* f.sp.  
70 *tracheiphilum* (E.F. Smith) Snyder & Hansen e *Rhizoctonia solani* Kühn, respectivamente,  
71 são as doenças mais frequentes e de maior intensidade no Nordeste brasileiro (Athayde  
72 Sobrinho et al., 2005). O controle dessas doenças é muito difícil, principalmente, devido à  
73 elevada agressividade dos patógenos, transmissibilidade pelas sementes e alta capacidade de  
74 sobrevivência no solo mesmo na ausência da planta hospedeira, motivo pelo qual são

75 recomendadas várias práticas culturais integradas, uma vez que utilizadas individualmente  
76 dificilmente propiciarão o sucesso esperado (Athayde Sobrinho et al., 2005; Rios, 1990).

77 A supressividade do solo, fenômeno de alguns solos prevenirem naturalmente o  
78 estabelecimento de patógenos ou inibirem as suas atividades patogênicas é um aspecto  
79 fundamental a ser investigado no desenvolvimento de estratégias sustentáveis de manejo de  
80 doenças radiculares, pois possibilita o controle das doenças com maior eficiência e menores  
81 danos ambientais (Alabouvette et al., 2006; Bettiol e Ghini, 2005). Uma grande diversidade  
82 de patógenos radiculares tem sido controlada por solos supressivos, demonstrando que  
83 supressividade de solos não é um fenômeno raro. Nesse contexto, cada solo tem algum  
84 potencial de supressão à doença, variando de solos altamente condutivos a fortemente  
85 supressivos (Alabouvette et al., 2006).

86 Os mecanismos que levam à supressividade do solo podem ser os mais variados e  
87 incluem fatores abióticos e bióticos, tais como textura e tipos de argila, níveis de macro e  
88 micronutrientes, relação C/N, condutividade elétrica e pH do solo, grau de compactação do  
89 solo, densidade, biomassa, atividade e diversidade microbiana do solo (Bettiol e Ghini, 2005;  
90 Hornby, 1983; Janvier et al., 2007;). No entanto, interações complexas entre esses fatores  
91 podem dificultar a constatação de indicadores que possam ser utilizados em diferentes  
92 situações (Arshad e Martin, 2002) e refletem na dificuldade freqüentemente encontrada para  
93 distinção entre fatores primários e secundários responsáveis pela supressividade (Bettiol e  
94 Ghini, 2005).

95 Além da comprovação da supressividade, os fatores que determinam esse fenômeno  
96 devem ser investigados visando à utilização dessas informações no desenvolvimento de  
97 estratégias de controle de doenças radiculares (Alabouvette et al., 2006; Rodríguez-Kábana e  
98 Calvet, 1994). Nesse sentido, Assunção et al. (2003) constataram a ocorrência de solos  
99 supressivos à murcha-de-fusário do caupi no Estado de Pernambuco, mas não tiveram sucesso

100 na determinação dos fatores envolvidos nesse processo devido à ausência de correlações  
101 significativas entre variáveis associadas à doença e as propriedades físicas, químicas e  
102 microbiológicas dos solos. Em estudo subsequente, utilizando um solo caracterizado  
103 previamente como supressivo e outro como condutivo, Eloy et al. (2004) verificaram que a  
104 esterilização não alterou a capacidade supressiva do solo à murcha-de-fusário do caupi,  
105 indicando sua natureza abiótica. Apesar do mecanismo de supressividade não ter sido  
106 claramente identificado, somente no solo supressivo foi constatada influência significativa da  
107 elevação dos níveis de pH na redução da severidade da murcha-de-fusário. Inexistem estudos  
108 similares envolvendo a rizotoniase do caupi.

109 O presente trabalho teve como objetivos avaliar a supressividade natural de 66 solos do  
110 Nordeste brasileiro à murcha-de-fusário e rizotoniase do caupi, bem como analisar as  
111 características físicas, químicas e biológicas dos solos associadas com a supressividade ou  
112 condutividade às doenças.

113

## 114 **2. Material e Métodos**

115

### 116 **2.1. Solos**

117 Baseado nos levantamentos de solos dos Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e  
118 Rio Grande do Norte, foram selecionadas 66 áreas para coleta de amostras (Tabela 1). Em  
119 cada propriedade, foram obtidas informações adicionais sobre o tipo de cobertura do solo na  
120 época da coleta e a localização geográfica, avaliada pelo Sistema de Posicionamento Global  
121 (GPS 48 Personal Navigator, Garmin International, Olathe, KS, USA). As coletas foram  
122 efetuadas durante os meses de abril a junho de 2008, sendo que em cada local foram  
123 removidos, aleatoriamente, cinco sub-amostras de 20 kg de solo a uma profundidade de 0-20  
124 cm, totalizando 100 kg de solo/área.

125

## 126 **2.2. Análises físicas e químicas dos solos**

127 As amostras de solo para as análises físicas e químicas foram secas em ambiente  
128 coberto durante 10 dias e depois peneiradas para retirada de resíduos, sendo mantidas em  
129 sacos de nylon até o processamento. As amostras de solo foram analisadas quanto aos  
130 percentuais de areia, argila e silte, densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ ), densidade da partícula ( $\text{g/cm}^3$ ),  
131 pH em água, P disponível ( $\text{mg/dm}^3$ ),  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Al}^{+3}$  trocáveis ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ),  
132 acidez potencial ( $\text{H}+\text{Al}$ ) ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ), C orgânico e matéria orgânica ( $\text{g/kg}$ ), soma de bases  
133 (SB), saturação de bases (v) e saturação por alumínio (m), conforme metodologias descritas  
134 por Embrapa (1997).

135

## 136 **2.3. Atividade patogênica de populações autóctones de *Fusarium oxysporum* e** 137 ***Rhizoctonia solani* nos solos**

138 Na determinação da atividade patogênica de *F. oxysporum* e *R. solani*, sementes de  
139 caupi das cultivares BR-17 Gurguéia e IPA-207, respectivamente, foram desinfestadas em  
140 NaOCl a 1% por 2 min e lavadas em água destilada esterilizada. Após secagem por 45 min, as  
141 sementes foram plantadas nos diferentes solos acondicionados em vasos plásticos (18x16 cm,  
142 1,5 kg de capacidade) para avaliação da atividade patogênica de populações autóctones de *F.*  
143 *oxysporum* e em bandejas plásticas (30x25x4 cm, 4 kg de capacidade) para avaliação da  
144 atividade patogênica de *R. solani*. Em cada vaso foram plantadas quatro sementes, enquanto  
145 em cada bandeja foram plantadas 10 sementes, sendo utilizadas quatro repetições (vasos ou  
146 bandejas) por solo. Os vasos e as bandejas foram mantidos em casa de vegetação com  
147 temperatura de  $27\pm 3,2$  °C e a umidade relativa de  $72\pm 8,5\%$ . As avaliações foram efetuadas  
148 diariamente quanto ao aparecimento dos sintomas da murcha-de-fusário e da rizoctoniose, até  
149 45 e 21 dias após o plantio, respectivamente. Na avaliação final, as plantas sobreviventes

150 utilizadas na análise da atividade patogênica de *F. oxysporum* foram seccionadas  
151 longitudinalmente na região do caule e analisadas quanto à ocorrência de coloração castanha  
152 escura nos tecidos vasculares, sintoma típico de infecção pelo patógeno, enquanto as plantas  
153 utilizadas na análise da atividade patogênica de *R. solani* foram retiradas do solo e avaliadas  
154 quanto à presença de lesões pardo-avermelhadas bem delimitadas e deprimidas (cancros) na  
155 base do caule e raízes.

156

#### 157 **2.4. Severidade da murcha-de-fusário e da rizoctoniose do caupi nos solos**

158 Foi utilizado um isolado de *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* (CMM-732), obtido de  
159 planta de caupi com sintoma de murcha coletada em Floresta (Estado de Pernambuco, Brasil),  
160 e um isolado de *R. solani* (CMM-1053) obtido de planta de caupi com sintoma de cancro no  
161 caule coletada em São João (Estado de Pernambuco, Brasil). O inóculo de *F. oxysporum* f.sp.  
162 *tracheiphilum* foi preparado em frascos de vidro contendo substrato constituído de 150 g de  
163 areia lavada, 17 g de farinha de milho e 34 mL de água destilada (AMA). Após a esterilização  
164 em autoclave (120 °C, 1 atm, 60 min, dois dias consecutivos) e resfriamento, em cada frasco  
165 foram colocados 10 discos de 5 mm de diâmetro de cultura do fungo em meio de cultura  
166 batata-dextrose ágar (BDA), com 10 dias de idade. O inóculo de *R. solani* foi preparado em  
167 frascos de vidro contendo substrato constituído de 250 g de arroz parbolizado descascado e  
168 150 mL de água destilada (APA). Após a esterilização em autoclave (120°C, 1 atm, 30 min) e  
169 resfriamento, em cada frasco foram colocados cinco discos de 5 mm de diâmetro de cultura  
170 do fungo em meio BDA com sete dias de idade. Os frascos contendo os substratos foram  
171 incubados a 25 °C e fotoperíodo de 12 h, sendo agitados a cada dois dias para distribuição  
172 uniforme dos propágulos do fungo nas misturas. O substrato colonizado por *F. oxysporum*  
173 f.sp. *tracheiphilum* foi incubado durante 21 dias e depois retiradas alíquotas, efetuadas  
174 diluições em série e a diluição 10<sup>-6</sup> foi distribuída no meio de Komada, sendo estimado o

175 número de unidades formadoras de colônia por grama (ufc/g) de substrato. O substrato  
176 colonizado por *R. solani* foi incubado durante 10 dias e depois acondicionado em sacos de  
177 papel para secagem a 35 °C durante 72 h. Posteriormente, o substrato colonizado foi triturado  
178 em liquidificador durante 5 min, peneirado em 16 mesh e pesado conforme a alíquota a ser  
179 incorporada ao solo.

180 Para avaliação da supressividade em relação à murcha-de-fusário, as amostras de solo  
181 foram acondicionadas em vasos plásticos (18x16 cm, 1,5 kg de capacidade) e infestadas com  
182 *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* pela deposição de 50 g de substrato colonizado, seguido da  
183 homogeneização da mistura, obtendo-se a densidade final de  $7,6 \times 10^6$  ufc/g de solo. Para  
184 avaliação da rizoctoniose, as amostras de solo foram acondicionadas em bandejas plásticas  
185 (30x25x4 cm, 4 kg de capacidade) e infestadas com *R. solani* na densidade de 50 mg de  
186 substrato colonizado/kg de solo. As testemunhas consistiram da utilização de solos não  
187 infestados pelos patógenos. O plantio de caupi (BR-17 Gurguéia e IPA-207) foi efetuado 14  
188 dias após a infestação do solo para *F. oxysporum* e três dias após a infestação do solo para  
189 *R. solani*, pela distribuição de 4 sementes por vaso e 10 sementes por bandeja,  
190 respectivamente, sendo que antes do plantio as sementes foram desinfestadas em solução de  
191 NaOCl 1% por 2 minutos, lavadas em água destilada esterilizada e colocadas para secar  
192 durante 45 min em câmara asséptica. Para cada patógeno, o delineamento experimental foi  
193 inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por um  
194 vaso ou bandeja. Os vasos e as bandejas foram mantidas em casa de vegetação à temperatura  
195 de  $27 \pm 3,5$  °C e a umidade relativa de  $76 \pm 2,5$ %

196 A severidade da murcha-de-fusário foi avaliada aos 45 dias após o plantio, com o  
197 auxílio da escala de notas adaptada de Schoonhoven e Pastor-Corrales (1987), onde: 0 =  
198 planta sem sintomas externos; 1 = menos de 10% da folhagem com clorose e/ou murcha; 2 =  
199 aproximadamente 25% de folhas com clorose e/ou murcha; 3 = aproximadamente 50% das

200 folhas e ramos com clorose e/ou murcha, com as plantas manifestando nanismo; 4 =  
201 aproximadamente 75% ou mais das folhas e ramos com murcha, nanismo severo e desfolha  
202 prematura, freqüentemente resultando na morte da planta. A severidade da rizoctoniose foi  
203 avaliada aos 15 dias após o plantio, com o auxílio de escala de notas (Noronha et al., 1995),  
204 onde: 0 = ausência de sintomas, 1 = hipocótilo com pequenas lesões, 2 = hipocótilo com  
205 grandes lesões, sem constrição, 3 = hipocótilo totalmente constricto, mostrando tombamento e  
206 4 = sementes não germinadas e/ou plântulas não emergidas. Utilizando os dados obtidos com  
207 as escalas de notas, foram calculados os índices de severidade da murcha-de-fusário (SVF) e  
208 da rizoctoniose (SVR) conforme McKinney (1923), pela expressão:  $SVF \text{ ou } SVR = [\Sigma(\text{grau}$   
209  $\text{da escala} \times \text{freqüência}) / (\text{número total de unidades} \times \text{grau máximo da escala})] \times 100$ .

210 Os dados de SVF e SVR foram submetidos à análise de variância e as médias  
211 comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Visando comparar os  
212 dados médios de cada doença em relação ao local (município) de coleta das amostras dos  
213 solos, tipo de cobertura do solo na época de coleta, classificação edáfica e classe textural do  
214 solo, foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

215

## 216 **2.5. Análises microbiológicas nos solos**

217 Amostras de solo foram coletadas após a avaliação da severidade das doenças. Em cada  
218 vaso e bandeja foram coletas oito amostras de 10 g de solo, posteriormente combinadas para  
219 constituir uma amostra composta. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos a 5 °C e  
220 processadas no máximo em três semanas. As análises microbiológicas incluíram: populações  
221 de fungos totais, bactérias totais, bactérias formadoras de endósporo, bactérias copiotróficas e  
222 bactérias oligotróficas; respiração basal; atividade enzimática pela hidrólise do diacetato de  
223 fluoresceína e pela fosfatase ácida; e diversidade funcional de comunidades bacterianas.

224

### 225 **2.5.1. Populações microbianas**

226 As densidades populacionais de fungos totais, bactérias totais, bactérias copiotróficas,  
227 bactérias oligotróficas e bactérias formadoras de endósporo de cada solo foram analisadas  
228 usando diluições em série e plaqueamento em vários meios de cultura. De cada amostra de  
229 solo composta foi retirada uma alíquota de 10 g e adicionada a 90 mL de água destilada  
230 esterilizada. Após homogeneização em agitador vortex por 5 min, foram efetuadas diluições  
231 em série e as suspensões distribuídas em diferentes meios de cultura: BDA com 250 ppm de  
232 tetraciclina para fungos totais; agar nutritivo-dextrose-extrato de levedura (NYDA) (Tuite,  
233 1969) para bactérias totais; meio para bactérias copiotróficas (MBC) (Semenov et al., 1999);  
234 meio para bactérias oligotróficas (MBO) (Semenov et al., 1999); agar nutritivo (AN) (Dhingra  
235 e Sinclair, 1995) para bactérias formadoras de endósporo, sendo que antes do plaqueamento  
236 as diluições foram submetidas à banho-maria de 80 °C por 20 minutos. As placas foram  
237 incubadas a 25 °C e fotoperíodo de 12 h. As populações bacterianas foram avaliadas após 48  
238 h de incubação, enquanto a fúngica após cinco dias de incubação. Cada população resultou do  
239 número médio de colônias em cinco placas, sendo expressas em unidades formadoras de  
240 colônias por grama de solo (ufc/g solo).

241

### 242 **2.5.2. Respiração basal**

243 A respiração basal da população microbiana no solo foi determinada pela quantificação  
244 do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado no processo de respiração microbiana (evolução de  
245 CO<sub>2</sub>) pelo método de adsorção alcalina, com a umidade das amostras de solo ajustadas para  
246 60% de sua capacidade de campo (Anderson e Domsch, 1990). Das amostras de solo foram  
247 retiradas alíquotas de 50 g e colocadas em recipientes hermeticamente fechados,  
248 individualmente, onde o CO<sub>2</sub> produzido foi capturado por solução de NaOH 0,5 mol/L. Após  
249 48 horas de incubação, o CO<sub>2</sub> foi quantificado por titulação com HCl 0,25 mol/L, pela adição

250 de solução de cloreto de bário ( $\text{BaCl}_2$  0,05 mol/L) à solução de NaOH, utilizando fenoftaleína  
251 diluída em 100 mL de álcool etílico (95%, v/v) como indicador. As determinações foram  
252 efetuadas em triplicata.

253

### 254 **2.5.3. Atividade enzimática**

255 A atividade hidrolítica do diacetato de fluoresceína (FDA) (3',6'-diacetil-fluoresceína)  
256 foi estimada conforme Schruner e Rosswall (1982), com pequenas modificações. Foram  
257 utilizados 8 g de solo de cada amostra e colocados em Erlenmeyers com capacidade de 250  
258 mL, nos quais foram adicionados 50 mL de solução tampão fosfato de potássio (pH 7,5) e  
259 agitados por 40 min. Em seguida, foi adicionada uma alíquota de 250 mL de solução estoque  
260 de FDA nos Erlenmeyers, os quais foram agitados durante 60 min a 125 rpm. Posteriormente,  
261 foram retirados 2 mL da suspensão sobrenadante, aos quais foram adicionados 2 mL de  
262 acetona para paralisar a reação de hidrólise. A suspensão foi centrifugada durante 10 min e,  
263 em seguida, observada a densidade ótica em espectrofotômetro no comprimento de onda de  
264 490nm, para a determinação da quantidade de fluoresceína hidrolisada. Com os dados  
265 obtidos, foi elaborada uma curva padrão e calculada a quantidade de fluoresceína hidrolisada  
266 em 8 g de solo por 60 min, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{g}$  de fluoresceína por grama de  
267 solo seco por hora ( $\mu\text{g}$  fluoresceína/g solo/h).

268 A atividade da fosfatase ácida (PAC) foi estimada conforme Tabatabai (1994). Em  
269 amostras de 2 g de solo foram adicionados 8 mL de tampão MUB pH 11 e 2 mL de p-  
270 nitrofenilfosfato (p-npp) 0,025 M. Após incubação (37 °C, 1 hora) foram adicionados 2,0 mL  
271 de  $\text{CaCl}_2$  0,5 M e 8,0 mL de NaOH 0,5 M às suspensões de solo, que foram filtradas  
272 (Whatman nº1) em seguida. Nos controles, a solução de p-npp 0,025 M foi acrescentada após  
273 a adição de 2,0 mL de  $\text{CaCl}_2$  0,5 M e 8,0 mL de NaOH 0,5 M. A leitura da absorbância foi  
274 realizada em 400 nm. A curva padrão foi determinada a partir de uma solução estoque de

275 1.000 mg L<sup>-1</sup> de p-nitrofenol, seguindo o mesmo procedimento adotado em relação às  
276 amostras. Os resultados foram expressos em g de p-nitrofenol por grama de solo seco por hora  
277 (g p-nitrofenol/g solo/h).

278

#### 279 **2.5.4. Diversidade funcional de comunidades microbianas**

280 Os perfis funcionais das comunidades microbianas do solo foram analisados com base  
281 na capacidade dos organismos em degradar diferentes fontes de carbono em microplacas  
282 Ecoplate<sup>®</sup> (Biolog, Inc. Hayward, EUA) de 96 poços, contendo 31 fontes de carbono,  
283 conforme descrito por Garland (1996). As bactérias foram extraídas de 5 g (peso seco) de solo  
284 com 45 mL de tampão 1 M K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (pH 7). As suspensões dos solos foram homogeneizadas  
285 por 30 min a 200 rpm em mesa agitadora. Após repouso por 30 min, 2 mL da suspensão foi  
286 diluída para 10<sup>-5</sup>. As inoculações bacterianas foram efetuadas pela transferência de 130 µL da  
287 diluição do solo para cada um dos 96 poços das placas Ecoplate e incubação a 26 °C por 4  
288 dias. As placas foram avaliadas a 590 nm em leitora Microplate E-Max (Bio-Rad, Richmond,  
289 EUA) a 0, 24, 48, 72 e 96 h. Os dados de 96 h foram utilizados nas análises estatísticas. A  
290 coloração média desenvolvida (CMD) de todas as fontes de carbono para cada amostra foi  
291 calculada antes da análise estatística para eliminar variações nas colorações causadas por  
292 diferentes densidades de células. Todas as densidades óticas (DO) lidas foram ajustadas pela  
293 mensuração da DO em água (controle) igual a 1. Se um número negativo foi obtido, este foi  
294 considerado zero. Com os resultados foi calculado o índice de diversidade (D), a riqueza (R) e  
295 a equitabilidade (E) da comunidade microbiana, conforme Zak et al. (1994).

296

#### 297 **2.6. Análise da relação entre os níveis das doenças e as características físicas, químicas e** 298 **microbiológicas dos solos**

299 Para caracterizar os possíveis fatores envolvidos na supressividade e/ou condutividade  
300 dos solos à murcha-de-fusário e rizoctoniose do caupi, foram efetuadas comparações dos  
301 valores médios de SVF e SVR com os valores das variáveis físicas, químicas, e  
302 microbiológicas determinadas para cada amostra de solo, pela análise de correlação linear  
303 simples de Pearson. Quando considerados todos os solos, nessas análises foi utilizado o nível  
304 de 1% de probabilidade, enquanto o nível de 5% de probabilidade foi utilizado quando  
305 considerados os 10 solos mais supressivos ou condutivos às doenças.

306

### 307 **3. Resultados**

308

#### 309 **3.1. Supressividade à murcha-de-fusário do caupi**

310 Plantas de caupi cultivadas em 22,7% dos solos sem infestação artificial com *F.*  
311 *oxysporum* f.sp. *tracheiphilum* evidenciaram algum grau de colonização das raízes e do  
312 sistema vascular, indicando atividade patogênicas de populações autóctones nos solos. Em  
313 relação a *R. solani*, 27,3% dos solos apresentaram atividade patogênica de populações  
314 autóctones.

315 Quando os solos foram infestados com *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, as plantas de  
316 caupi desenvolvidas nesses solos apresentaram valores de severidade da murcha-de-fusário  
317 (SVF) variando de 0 a 100%. Nesse sentido, pela análise de agrupamento de Scott-Knott  
318 utilizando os dados de SVF foi possível a distinção de sete grupos de solos ( $P=0,05$ ) (Tabela  
319 1). O primeiro grupo foi composto pelos solos PCA-1 e REC-1, onde foram constatados os  
320 maiores valores de SVF (100 e 89,1% respectivamente), seguido do grupo composto pelos  
321 solos VSA-1, SCA-1, MAC-1, SAN-1, GOI-1 e SCG-1, com SVF variando de 76,6 a 62,5%.  
322 Por outro lado, o grupo com menores níveis de doença foi composto por 22 solos, com até

323 3,1% de SVF. Dentre estes solos, 19 não apresentaram sintomas da murcha-de-fusário, bem  
324 como não foi constatada a ocorrência da doença quando não infestados artificialmente.

325 A diferença nos níveis de SVF em vários solos com a mesma densidade de inóculo,  
326 como verificado no presente estudo, indica a variabilidade do potencial da doença em  
327 diferentes tipos de solo. Como cada solo tem algum potencial de supressão à doença  
328 (Alabouvette et al., 2006), podemos considerar que os 22 solos em que as plantas de caupi  
329 desenvolveram até 3,1% de SVF foram fortemente supressivos à murcha-de-fusário, enquanto  
330 os solos variando de 62,5 a 100% de SVF foram altamente conduzivos. A maioria dos solos  
331 (54,4%) dos solos apresentou comportamento intermediário em relação a esses extremos.

332 Não houve influência significativa ( $P > 0,05$ ) do local (município) de coleta das amostras  
333 dos solos, do tipo de cobertura do solo na época de coleta, da classificação edáfica e da classe  
334 textural dos solos nos valores de SVF.

335 Na análise dos possíveis indicadores da supressividade ou conduzividade dos solos à  
336 murcha-de-fusário do caupi, quando todos os solos foram considerados a SVF apresentou  
337 correlação negativa significativa ( $P \leq 0,01$ ) com os teores de fósforo (P) no solo ( $r = -0,35$ ), a  
338 diversidade microbiana (D) ( $r = -0,29$ ) e a equitabilidade microbiana (E) ( $r = -0,32$ ) (Tabela  
339 2). Por outro lado, a SVF se correlacionou positivamente com os níveis de respiração basal  
340 ( $\text{CO}_2$  evoluído) ( $r = 0,33$ ). Quando considerados somente os 10 solos mais conduzivos, a SVF  
341 se correlacionou negativamente ( $P \leq 0,05$ ) com os teores de potássio (K) ( $r = -0,56$ ), as  
342 populações de bactérias formadoras de endósporo (BE) ( $r = -0,63$ ) e a equitabilidade  
343 microbiana (E) ( $r = -0,58$ ), enquanto se correlacionou positivamente com os níveis de  
344 saturação de alumínio (m) ( $r = 0,72$ ). Entre os solos classificados como fortemente supressivos  
345 à murcha-de-fusário do caupi, foi impossível efetuar a análise de correlação linear simples,  
346 tendo em vista que as plantas não apresentaram sintomas da doença na maioria desses solos.

347 As características físicas dos solos não se correlacionaram com a SVF nas diferentes  
348 combinações de solos (Tabela 2).

349

### 350 **3.2. Supressividade à rizoctoniose do caupi**

351 Foi constatada atividade saprofítica de populações autóctones de *R. solani* em 58% dos  
352 solos analisados, pela capacidade de colonizarem iscas de talos de caupi. Plantas de caupi  
353 cultivadas em 45% dos solos sem infestação artificial com *R. solani* evidenciaram  
354 sintomatologia de rizoctoniose em sementes, caules ou raízes de caupi, indicando atividade  
355 patogênica de populações autóctones nos solos.

356 Todos os solos infestados com *R. solani* apresentaram plantas de caupi com sintomas de  
357 rizoctoniose. Os valores de severidade da rizoctoniose (SVR) variaram de 13,5 a 54,2%. Pela  
358 análise de agrupamento de Scott-Knott, foram constatados quatro grupos de solos ( $P=0,05$ ),  
359 sendo o primeiro grupo composto pelos 37 solos com os maiores valores de SVR, entre 54,2 e  
360 33,3%. Por outro lado, o grupo com menores valores de SVR composto pelos solos CGR-2,  
361 PCA-1 e BON-1, com valores de SVR entre 18,7 e 13,5% (Tabela 1), podendo ser  
362 classificados como fortemente supressivos à rizoctoniose do caupi.

363 Não houve influência significativa ( $P>0,05$ ) do local (município) de coleta das amostras  
364 dos solos, do tipo de cobertura do solo na época de coleta, da classificação edáfica e da classe  
365 textural dos solos nos valores de SVR.

366 Os valores de SVR apresentaram correlação negativa significativa ( $P\leq 0,01$ ) com os  
367 teores de fósforo (P) no solo ( $r = -0,38$ ) e níveis de respiração basal ( $\text{CO}_2$  evoluído) ( $r = -$   
368  $0,31$ ), quando todos os solos foram considerados. Quando considerados somente os 10 solos  
369 mais supressivos à rizoctoniose, a SVR se correlacionou negativamente ( $P\leq 0,05$ ) com os  
370 teores de areia (AR) ( $r = -0,57$ ) e positivamente com os teores de argila (AG) ( $r = 0,57$ ). Nos  
371 10 solos mais condutivos, os valores de SVR apresentaram correlações negativas com os

372 teores de silte (SI) ( $r = -0,67$ ), potássio (K) ( $r = -0,63$ ) e sódio (Na) ( $r = -0,57$ ), bem como com  
373 a atividade hidrolítica do diacetato de fluoresceína (FDA) no solo ( $r = -0,71$ ) (Tabela 2).

374 A correlação entre os níveis de severidade da murcha-de-fusário e da rizotonia nos  
375 solos não foi significativa ( $r = 0,09$ ;  $P > 0,05$ ).

376

#### 377 4. Discussão

378

379 A constatação de populações autóctones de *F. oxysporum* com atividade patogênica em  
380 caupi em vários solos é surpreendente, tendo em vista a característica de especificidade por  
381 hospedeiro dessa espécie fúngica, ou seja, a *formae specialis tracheiphilum* teria que estar  
382 presente e infectiva nos solos. A presença do hospedeiro suscetível foi suficiente para  
383 superação do estágio de dormência e germinação dos clamidósporos e outros propágulos  
384 desses fungos, estimuladas, provavelmente, pelos exsudatos radiculares (Nelson, 1981). Esses  
385 resultados contrastam com os observados em estudo realizado previamente com 10 solos de  
386 Pernambuco, no qual não foi detectada atividade saprofítica ou patogênica em caupi de  
387 populações autóctones de *F. oxysporum* (Assunção et al., 2003).

388 A detecção de atividade patogênica de populações autóctones de *R. solani* era esperada,  
389 pois esse fungo apresenta ampla gama de hospedeiros e elevada agressividade.

390 Na prospecção de solos do Nordeste brasileiro com atividade supressiva à murcha-de-  
391 fusário e rizotonia do caupi, foram identificados solos variando de altamente condutivos a  
392 fortemente supressivos às duas doenças. O fenômeno da supressividade parece ser  
393 independente para cada doença, uma vez que a correlação entre os níveis de severidade das  
394 doenças não foi significativa. Esse resultado pode indicar a existência de supressão espécie-  
395 dependente, pois de maneira geral, os solos podem ser supressivos a muitos patógenos ou

396 especialmente supressivos a somente alguns poucos patógenos estritamente relacionados  
397 (Huber e Schneider, 1982).

398 A falta de influência do tipo de cobertura do solo na época de coleta, da classe textural e  
399 da classificação edáfica dos solos na severidade da murcha-de-fusário e rizoctoniose do caupi  
400 diverge do constatado em outros estudos envolvendo doenças causadas por *F. oxysporum* e *R.*  
401 *solani*. Como exemplo, foi constatado que solos de áreas de mata ou com pastagem (Ghini e  
402 Zaroni, 2001), assim como solos cultivados com cana-de-açúcar, pastagem ou cerrado natural  
403 (Corrêa et al., 2000), eram mais supressivas a *R. solani* que solos com outros tipos de  
404 cobertura vegetal. Em relação à classificação edáfica, foi constatado que um Latossolo  
405 Vermelho Eutrófico foi supressivo a *R. solani*, enquanto um solo Orgânico Distrófico foi  
406 condutivo (Poizzer e Cardoso, 1991). Quando considerada a classe textural, a supressividade a  
407 *F. oxysporum* e a *R. solani* tem sido frequentemente associada a solos com textura argilosa,  
408 que condiciona bom teor de umidade, possibilitando uma maior população de microrganismos  
409 (Höper e Alabouvette, 1996; Janvier et al., 2007).

410 Neste estudo, ficou demonstrada a importância de alguns fatores químicos do solo,  
411 como elevados teores de fósforo, potássio e sódio na supressividade da murcha-de-fusário e  
412 da rizctoniose do caupi, bem como níveis elevados da saturação de alumínio na  
413 condutividade à murcha-de-fusário. Alguns trabalhos prévios já relataram a importância  
414 desses fatores, indicando que o monitoramento das respostas das plantas a alguns nutrientes,  
415 assim como de suas flutuações, são importantes como indicadores da supressividade de solos  
416 (van Bruggen e Semenov, 1999). O fósforo incrementa a resistência de plantas a patógenos  
417 por aumentar o balanço de nutrientes na planta ou por acelerar a maturação da cultura. Baixos  
418 níveis de fósforo no solo produzem nas plantas um decréscimo de fosfolipídios, com um  
419 conseqüente incremento na permeabilidade da membrana celular e a produção de exudatos  
420 radiculares, o que favorece a ação de agentes fitopatógenos (Zambolim et al., 2005).

421 Com relação ao potássio, é um elemento essencial e está relacionado ao acúmulo e  
422 translocação de carboidratos e às menores perdas de água pela planta, porque regula a  
423 abertura e fechamento dos estômatos, além de promover maior eficiência enzimática e  
424 melhoria da qualidade comercial da planta. O potássio também é requerido para a síntese  
425 protéica em plantas e quando deficientes apresentam menor síntese de proteínas e acúmulo de  
426 compostos nitrogenados solúveis, como aminoácidos, amidas e nitrato (Malavolta, 2006). No  
427 entanto, os resultados obtidos em relação ao efeito desse elemento sobre as doenças de plantas  
428 são contraditórios. Diversos autores têm relatado que altos níveis de potássio no solo são  
429 responsáveis pela diminuição da severidade de doenças causadas por *F. oxysporum*, mas o  
430 excesso deste nutriente pode gerar desbalanço em outros nutrientes essenciais como o cálcio e  
431 nitrogênio (Zambolim et al., 2005). A saturação de alumínio está intimamente ligada a  
432 mudanças no pH, saturação por Fe e Mn, assim como à pouca disponibilidade ou solubilidade  
433 de outros nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas como o P, Mg e Ca,  
434 podendo causar problemas de toxidez nas plantas, afetando seu desenvolvimento e  
435 suscetibilidade a diversas doenças (Zambolim et al., 2005).

436 Existem vários relatos que elevados níveis de sais são supressivos às doenças causadas  
437 por *F. oxysporum* (Höper e Alabouvette, 1996; Domínguez et al., 2003; Janvier et al., 2007),  
438 mas no presente estudo essa relação não foi confirmada. Por outro lado, apesar de inexistirem  
439 relatos da influência de elevados níveis do sódio na supressividade da rizoctoniose, nesse  
440 estudo essa relação foi verificada.

441 O pH tem sido uma das variáveis químicas do solo mais estudadas em relação à  
442 supressividade ou conducividade a doenças radiculares. Na maioria das situações, a elevação  
443 do pH do solo tem induzido a supressividade a murchas causadas por *F. oxysporum* (Höper e  
444 Alabouvette, 1996), inclusive comprovada em estudo realizado previamente envolvendo a  
445 murcha-de-fusário do caupi (Eloy et al., 2004). No entanto, neste estudo o pH não teve

446 relação com os níveis de severidade da murcha-de-fusário e da rizoctoniose do caupi,  
447 assemelhando-se ao constatado em vários estudos (Janvier et al., 2007).

448 A ausência de correlações significativas entre os níveis de severidade da murcha-de-  
449 fusário do caupi e os teores de argila dos solos assemelha-se ao constatado por Dominguez et  
450 al. (2001) em estudo da supressividade de solos das Ilhas Canárias (Espanha) ao Mal-do-  
451 Panamá da bananeira, causado por *F. oxysporum* f. sp. *cubense*. No entanto, é muito freqüente  
452 a associação entre elevados teores de argila no solo e forte supressividade às murchas  
453 causadas por *F. oxysporum*, (Bettioli e Ghini, 2005; Höper e Alabouvette, 1996). A correlação  
454 positiva entre os teores de argila nos solos e os níveis de severidade da rizoctoniose em caupi  
455 contrasta com o observado em solos do Cerrado infestados com o patógeno e cultivados com  
456 feijoeiro (Rodrigues et al., 1998).

457 As correlações significativas entre algumas variáveis biológicas do solo e a severidade  
458 da murcha-de-fusário e da rizoctoniose do caupi indicam, na maioria das situações, a  
459 importância dessas variáveis como indicadoras de qualidade do solo. A correlação negativa  
460 entre populações de bactérias formadoras de endósporo e severidade da murcha-de-fusário  
461 pode indicar a existência de antagonismo no solo, representando um aspecto relevante.  
462 Segundo Mazzola (2004), a implementação efetiva de estratégias de manejo ou estímulo à  
463 comunidade microbiana antagonista do solo para a supressão de doenças requer inicialmente a  
464 identificação dos componentes biológicos envolvidos na supressividade e depois o  
465 monitoramento do impacto das práticas de manejo na abundância e atividade dessa população  
466 microbiana benéfica. Dentre as bactérias formadoras de endósporo, o gênero *Bacillus* é um  
467 dos mais encontrados nos solos com capacidade supressiva a doenças radiculares. A antibiose,  
468 mediada pela produção de metabólitos específicos ou não específicos, é o principal  
469 mecanismo de antagonismo apresentado por esse gênero (Sinclair, 1989).

470 A atividade e a diversidade microbiana no solo, mensuradas pela evolução de CO<sub>2</sub>,  
471 atividade enzimática e diversidade funcional, mostraram-se boas indicadoras da  
472 supressividade dos solos na maioria das situações envolvendo a murcha-de-fusário e a  
473 rizoctoniose do caupi. Uma elevada taxa de respiração basal tem sido associada com baixa  
474 incidência e severidade de várias doenças radiculares (Janvier et al, 2007). No presente  
475 estudo, foi constatado correlação negativa entre níveis de CO<sub>2</sub> evoluído e severidade da  
476 rizoctoniose do caupi. Pesquisas com *R. solani* comprovaram que a elevação dos níveis de  
477 CO<sub>2</sub> no solo levou à redução da atividade do fungo e de sua virulência em plantas (Papavizas,  
478 1970), bem como a um decréscimo no crescimento e formação de esclerócios (Harris et al.,  
479 2003). Por outro lado, a correlação positiva entre severidade da murcha-de-fusário do caupi e  
480 CO<sub>2</sub>, evoluído verificada neste estudo, pode estar associada a outros fatores não detectados  
481 nas análises realizadas.

482 A atividade do diacetato de fluoresceína no solo foi indicativa de forte supressividade à  
483 rizoctoniose do caupi, principalmente em solos condutivos. O diacetato de fluoresceína é  
484 hidrolizado por varias enzimas (lípsases, proteases e esterases) presentes nos microrganismos  
485 e, por esse motivo, tem sido usado como sucesso para avaliar a atividade microbiana no solo e  
486 como indicador bioquímico de supressividade de solos a *R. solani* (Bettiol e Ghini, 2005;  
487 Ghini et al., 1998; Ghini e Morandi, 2006).

488 A diversidade funcional da comunidade microbiana do solo, apesar de ser considerada  
489 um importante indicadora de qualidade do solo, tem sido pouca utilizada como indicadora de  
490 supressividade de solos (Janvier et al., 2007). Uma elevada diversidade microbiana está,  
491 geralmente, associada à elevada estabilidade da comunidade, onde cada população  
492 desempenha papel funcional que determina a manutenção dos fluxos de matéria e energia e  
493 contribui para o uso mais eficiente dos recursos disponíveis. Esta variável interfere na  
494 regulação e expressão de alguns microrganismos mediante diversas formas e mecanismos de

495 antagonismos que reduzem o potencial e atividade dos mesmos sobre as plantas cultivadas. A  
496 diversidade microbiana é comumente determinada pelas expressões dos índices de  
497 diversidade, riqueza e equitabilidade (Tótola e Chaer, 2002). Os resultados obtidos nesse  
498 estudo revelam a importância da diversidade e da equitabilidade microbiana na supressividade  
499 à murcha-de-fusário do caupi, indicando que a diversidade de espécies existentes nos solos  
500 pode ter influenciado o inóculo ou a atividade patogênica de *F. oxysporum* f. sp.  
501 *tracheiphilum* por diferentes mecanismos de interação, conduzindo à supressividade.

502 Em geral, dois tipos de procedimentos são utilizados para investigar as relações entre  
503 supressividade e variáveis do solo. O primeiro consiste em comparar vários solos com  
504 diferentes níveis de condutividade e supressividade natural, e verificar quais variáveis podem  
505 diferenciar esses extremos. O segundo procedimento consiste em modificar artificialmente o  
506 nível de condutividade ou supressividade de um solo e verificar quais variáveis são afetadas  
507 (Janvier et al., 2007). Neste estudo de prospecção de solos do Nordeste brasileiro com  
508 supressividade natural à murcha-de-fusário e rizoctoniose do caupi, foi adotado o primeiro  
509 procedimento, visando identificar possíveis variáveis (mecanismos) responsáveis pela  
510 supressividade. Os resultados obtidos foram promissores e indicam que algumas variáveis do  
511 solo podem ser manipuladas visando a indução da supressividade em solos condutivos. No  
512 entanto, os resultados também reforçam o conhecimento existente de que a supressividade dos  
513 solos resulta de fatores bióticos e abióticos, envolvendo interações complexas entre  
514 propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Portanto, há necessidade de novos estudos  
515 que possam levar a estabelecer o balanço adequado na utilização desses fatores visando a  
516 supressividade da murcha-de-fusário e da rizoctoniose do caupi.

517

## 518 **5. Agradecimentos**

519

520 Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de  
521 Pernambuco – FACEPE pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho (Proc. APQ-  
522 1308-5.01/08), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
523 pela concessão das bolsas de produtividade em pesquisa a S.J. Michereff e C.W.A.  
524 Nascimento, e à Secretaría Nacional de Ciência y Tecnología - SENACYT do Panamá, pela  
525 concessão da bolsa de estudo a E.E. Barraza-Andrión.

526

## 527 **6. Referências**

528

529 Alabouvette, C., Raaijmakers, J., De Boer, W., Notz, R., Défago, G., Steinberg, C.,  
530 Lemanceau, P., 2006. Concepts and methods to assess the phytosanitary quality of soils. In:  
531 Bloem, J., Hopkins, W.W., Benedetti, A. (Eds.), *Microbiological Methods for Assessing Soil*  
532 *Quality*. CAB International, Wallingford, pp. 257-269.

533 Anderson, T.H., Domsch, K.H., 1990. Application of eco-physiological quotiens (qCO<sub>2</sub> and  
534 qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.* 22,  
535 251-255.

536 Arshad, M.A., Martin, S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-  
537 ecosystems. *Agric. Ecos. Environ.* 88, 153-160.

538 Assunção, I.P., Michereff, S.J., Brommonschenkel, S.H., Eloy, A.P., Rocha Júnior, O.M.,  
539 Duda, G.P., Nascimento, C.W.A., Nascimento, R.S.M.P., Rodrigues, J.J.V., 2003.  
540 Caracterização de solos de Pernambuco quanto a supressividade à murcha-de-fusário do  
541 caupi. *Summa Phytopathol.* 29, 161-167.

542 Athayde Sobrinho, C., Viana, F.M.P., Santos, A.A., 2005. Doenças fúngicas e bacterianas. In:  
543 Freire Filho, F.R., Lima, J.A.A., Ribeiro, V.Q. (Eds.), *Feijão-Caupi: Avanços Tecnológicos*.  
544 Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 461-484.

- 545 Bettiol, W., Ghini, R., 2005. Solos supressivos. In: Michereff, S.J., Andrade, D.E.G.T.,  
546 Menezes, M. (Eds.), Ecologia Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais. UFRPE  
547 - Imprensa Universitária, Recife, pp. 125-153.
- 548 Corrêa, G.C., Rocha, M.R., Oliveira Jr., J.P., Carneiro, I.F., Cardoso, J.E., 2000.  
549 Supressividade de diferentes solos a *Rhizoctonia solani*, nos cerrados do Estado de Goiás.  
550 Pesq. Agropec. Trop. 30, 29-33.
- 551 Dhingra, O.D., Sinclair, J.B., 1995. Basic Plant Pathology Methods. 2nd ed. Lewis Publisher,  
552 Boca Raton, 442 pp.
- 553 Domínguez, J., Negrín, M.A., Rodríguez, C.M., 2001. Aggregate water stability, particle-size  
554 and soil solution properties in conducive and suppressive soils to Fusarium wilt of banana  
555 from Canary Islands (Spain). Soil Biol. Biochem. 33, 449-455.
- 556 Domínguez, J., Negrín, M.A., Rodríguez, C.M., 2003. Evaluating soil sodium indices in soils  
557 of volcanic nature conducive or suppressive to Fusarium wilt of banana. Soil Biol. Biochem.  
558 35, 565-575.
- 559 Eloy, A.P., Michereff, S.J., Nascimento, C.W.A., Laranjeira, D., Borges, M.A.S., 2004.  
560 Natureza da supressividade de solo à murcha-de-fusário do caupi e dinâmica populacional de  
561 *Fusarium oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*. Summa Phytopathol. 30, 209-218.
- 562 Embrapa, 1997. Manual de Métodos de Análises de Solo. 2nd ed. Embrapa Solos, Rio de  
563 Janeiro, 212 pp.
- 564 FAO, 2007. FAOSTAT - Agricultural Statistics Database. World Agricultural Information  
565 Centre, Rome <<http://faostat.fao.org/>>.
- 566 Garland, J.L., 1996. Analytical approaches to the characterization of samples of microbial  
567 communities using patterns of potential C source utilization. Soil Biol. Biochem. 28, 213-221.

- 568 Ghini, R., Mendes, M.D.L., Bettioli, W., 1998. Utilização do método de hidrólise de diacetato  
569 de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a  
570 *Rhizoctonia solani*. Summa Phytopathol. 24, 239-242.
- 571 Ghini, R., Morandi, M.A.B., 2006. Biotic and abiotic factors associated with soil  
572 suppressiveness to *Rhizoctonia solani*. Sci. Agric. 63, 153-160.
- 573 Ghini, R., Zaroni, M.M.H., 2001. Relação entre coberturas vegetais e supressividade de solos  
574 a *Rhizoctonia solani*. Fitopatol. Bras. 26, p. 10-15.
- 575 Harris, K., Young, I.M., Gilligan, C.A., Otten, W., Ritz, K., 2003. Effect of bulk density on  
576 the spatial organisation of the fungus *Rhizoctonia solani* in soil. FEMS Microbiol. Ecol. 44,  
577 45-56.
- 578 Höper, H., Alabouvette, C., 1996. Importance of physical and chemical soil properties in the  
579 suppressiveness of soil to plant diseases. Eur. J. Soil Biol. 32, 41-58.
- 580 Hornby, D., 1983. Suppressive soils. Ann. Rev. Phytopathol. 21, 65-85.
- 581 Huber, D.M., Schneider, R.W., 1982. The description and occurrence of suppressive soils. In:  
582 Schneider, R.W. (Ed.), Suppressive Soils and Plant Disease. The American  
583 Phytopathological Society, St. Paul, pp. 1-7.
- 584 Janvier, C., Villeneuve, F., Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Mateille, T., Steinberg, C.,  
585 2007. Soil health through soil disease suppression: which strategy from descriptors to  
586 indicators? Soil Biol. Biochem 39, 1-23.
- 587 Malavolta, E., 2006. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. Agronômica Ceres, São Paulo,  
588 638 pp.
- 589 Mazzola, M., 2004. Assessment and management of soil microbial community structure for  
590 disease suppression. Ann. Rev. Phytopathol. 42, 35-59.
- 591 McKinney, H.H., 1923. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat  
592 seedlings by *Helminthosporium sativum*. J. Agric. Res. 26, 195-218.

- 593 Melo, F.B., Cardoso, M.J., Salviano, A.A.C., 2005. Fertilidade do solo e adubação. In: Freire  
594 Filho, F.R., Lima, J.A.A., Ribeiro, V.Q. (Eds.), Caupi: Avanços Tecnológicos. Embrapa  
595 Informação Tecnológica, Brasília, pp. 229-242.
- 596 Nelson, P.E., 1981. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: Mace, M.E.,  
597 Bell, A.A., Beckman, C.H. (Ed.), Fungal Wilt Diseases of Plants. Academic Press, New York,  
598 pp.51-80.
- 599 Noronha, M.A., Michereff, S.J., Mariano, R.L.R., 1995. Efeito do tratamento de sementes de  
600 caupi com *Bacillus subtilis* no controle de *Rhizoctonia solani*. Fitopatol. Bras. 20, 174-178.
- 601 Papavizas, G.C., 1970. Colonization and growth of *Rhizoctonia solani* in soil. In: Parmeter Jr.,  
602 J.R. *Rhizoctonia solani*: Biology and Pathology. University of California Press, Berkeley, pp.  
603 108-122.
- 604 Pozzer, L., Cardoso J.E., 1991. Supressividade natural de um latossolo vermelho-escuro a  
605 *Rhizoctonia solani*. Fitopatol. Bras. 15, 206-210.
- 606 Rios, G.P. 1990. Principais Doenças do Caupi no Brasil. EMBRAPA-CNPAP, Goiânia, 40  
607 pp.
- 608 Rodrigues, F.A., Corrêa, G.F., Santos, M.A., Borges Filho, E.L., 1998. Fatores envolvidos na  
609 supressividade a *Rhizoctonia solani* em alguns solos tropicais brasileiros. R. Bras. Ci. Solo  
610 22, 239-246.
- 611 Rodríguez-Kábana, R., Calvet, C., 1994. Capacidad del suelo para controlar enfermedades de  
612 origem edáfico. Fitopatol. Bras. 19, 129-138.
- 613 Schoonhoven, A.V., Pastor-Corrales, M.A., 1987. Standard System for the Evaluation of  
614 Bean Germplasm. CIAT, Cali, 53 pp.
- 615 Schruner, J., Rosswall, T., 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total  
616 microbial activity in soil and litter. Appl. Environm. Microbiol. 43, 1256-1261.

- 617 Semenov, A.M., van Bruggen, A.H.C., Zelenev, V.V., 1999. Moving waves of bacterial  
618 populations and total organic carbon along roots of wheat. *Microb. Ecol.* 37, pp.116-128.
- 619 Sinclair, J.B., 1989. *Bacillus subtilis* as a biocontrol agent for plant diseases. In: Agrihotri,  
620 V.P., Singh, N., Chaub, H.S., Singh, U.S., Dwivedi, T.S. (Eds.), *Perspectives in Plant*  
621 *Pathology. Today & Tomorrow's*, New Delhi, pp.367-374.
- 622 Tabatabai, M.A., 1994. Soil enzymes. In: Weaver, R.W. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part*  
623 *2: Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America, Madison,  
624 pp.778-833.
- 625 Tótola, M.R., Chaer, G.M., 2002. Microrganismos e processos microbiológicos como  
626 indicadores da qualidade dos solos. *Tópicos Ci. Solo* 2, 195-276.
- 627 Tuite, J. 1969. *Plant Pathological Methods - Fungi and Bacteria*. Burgess, Minneapolis, 239  
628 pp.
- 629 van Bruggen, A.H.C., Semenov, A.M., 1999. A new approach to the search for indicators of  
630 root disease suppression. *Australas. Pl. Pathol.* 28, 4-10.
- 631 Zambolim, L., Costa, H., Vale, F.X.R., 2005. Nutrição mineral e patógenos radiculares. In:  
632 Michereff, S.J., Andrade, D.E.G.T., Menezes, M. (Eds.), *Ecologia Manejo de Patógenos*  
633 *Radiculares em Solos Tropicais*. UFRPE - Imprensa Universitária, Recife, pp. 153-181.
- 634 Zak, J.C., 1994. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. *Soil*  
635 *Biol. Biochem.* 26, 1101-1108.

636 **Tabela 1.** Atividade patogênica de populações autóctones de *Fusarium oxysporum* f. sp.  
 637 *tracheiphilum* e *Rhizoctonia solani* em solos coletados no Nordeste brasileiro e severidade da  
 638 murcha-de-fusário e da rizoctoniose do caupi nos solos infestados artificialmente.  
 639

Código do solo	Município	UF <sup>a</sup>	Classificação edáfica <sup>b</sup>	Classe textural <sup>c</sup>	Cobertura <sup>d</sup>	Atividade patogênica <sup>e</sup>		Severidade (%) <sup>f</sup>	
						FUS	RHI	SVF	SVR
PCA-1	Porto Calvo	AL	HGd	Ar	cana-de-açúcar	+	-	100,0 a	15,6 d
REC-1	Recife	PE	PV	FrAr	vegetação sec.	+	-	89,1 a	35,4 a
VSA-1	Vitória Santo Antão	PE	PE	Fr	vegetação sec.	-	-	76,6 b	22,9 c
SCA-1	São Caetano	PE	REe1	ArFr	batata-doce	+	-	76,6 b	33,3 a
MAC-1	Macaparana	PE	PE	FrAr	bananeira	+	-	70,3 b	39,6 a
SAN-1	Santo Antônio	RN	PL1	ArFr	caatinga	-	-	65,6 b	32,3 b
GOI-1	Goiana	PE	PV	FrAr	mata	-	+	64,1 b	45,8 a
SCG-1	São José Coroa Grande	PE	LVd	Ar	coqueiro	-	-	62,5 b	25,0 c
PAR-1	Parnamirim	RN	LVd	FrAr	vegetação sec.	+	+	57,8 c	34,4 a
BEZ-4	Bezerros	PE	PL	ArFr	caatinga	-	-	56,2 c	29,1 b
ITA-2	Itambé	PE	PE	FrAgAr	cana-de-açúcar	-	-	54,7 c	38,5 a
TBA-1	Timbaúba	PE	NC	FrAr	mandioca	+	-	51,6 c	28,1 b
SOB-1	Sobrado	PB	NC	Ar	mandioca	-	+	45,3 c	31,2 b
SRI-1	Santa Rita	PB	PV	Ar	mata	-	+	45,3 c	41,7 a
PPE-1	Porto de Pedras	AL	SM	ArFr	vegetação sec.	+	+	45,3 c	48,9 a
ESP-2	Espírito Santo	RN	PL	FrAr	milho e caupi	-	+	43,8 c	32,3 b
GAR-2	Garanhuns	PE	PV	Ar	mandioca	+	-	39,1 c	33,3 a
ITA-1	Itambé	PE	PV	FrAgAr	cana-de-açúcar	-	-	28,1 d	39,6 a
GOI-2	Goiana	PE	HG	Ag	cana-de-açúcar	-	-	28,1 d	23,9 c
GAR-1	Garanhuns	PE	PV	ArFr	caupi	+	+	25,0 d	34,4 a
PAS-1	Passira	PE	PL	FrAgAr	caatinga	-	-	25,0 d	42,7 a
GOI-3	Goiana	PE	PE	FrAgAr	sem cobertura	-	-	25,0 d	27,1 b
CAM-2	Camaragibe	PE	PV	FrAgAr	milho	+	+	23,4 d	40,6 a
ESP-1	Espírito Santo	RN	PL	ArFr	capim	+	-	20,3 d	42,7 a
MAR-1	Maragogi	AL	LVd	FrAgAr	capim	-	+	20,3 d	54,2 a
NAT-2	Natal	RN	AMd	Ar	vegetação sec.	+	-	18,8 d	30,2 b
BJA-1	Bom Jardim	PE	TRe	FrAgAr	cana-de-açúcar	-	-	18,8 d	39,6 a
POM-1	Pombos	PE	Re	ArFr	vegetação sec.	+	+	18,8 d	43,8 a
VAR-1	Várzea	RN	PL	ArFr	capim	-	-	18,8 d	46,9 a
CAC-1	Cachoerinha	PE	PL	FrAr	vegetação sec.	-	-	18,8 d	29,2 b
PAS-2	Passira	PE	NC	FrAg	milho	-	-	18,8 d	22,9 c
GOI-4	Goiana	PE	PV	ArFr	sem cobertura	+	-	17,2 d	38,5 a
RFO-1	Rio Formoso	PE	LVd	FrAgAr	vegetação sec.	-	-	17,2 d	39,6 a
CAM-1	Camaragibe	PE	PV	FrAgAr	mata	-	-	17,2 d	22,9 c
CON-1	Conde	PB	PV	ArFr	brachiaria	-	-	14,1 d	41,7 a
NAT-3	Natal	RN	AQd	Ar	cana-de-açúcar	-	+	12,5 e	38,5 a
SVF-1	SãoVicente Ferrer	PE	PV	FrAgAr	bananeira	-	-	12,5 e	40,6 a
BON-2	Bonito	PE	LVd	ArFr	mata	-	+	9,4 e	34,4 a
MCH-1	Machado	PE	TRe	FrAg	bananeira	+	+	7,8 e	44,8 a
CHA-2	Chã Grande	PE	PV	FrAgAr	rabanete	-	-	6,2 f	33,3 a
SAP-1	Sapé	PB	PV	Ar	abacaxi	-	-	6,2 f	36,4 a
TDR-1	Tamandaré	PE	LVd	Ag	mata	-	-	6,2 f	42,7 a
BEZ-2	Bezerros	PE	PE	ArFr	milho	-	-	6,2 f	43,7 a
PCA-2	Porto Calvo	AL	PV	FrAgAr	cana-de-açúcar	-	-	4,7 f	23,9 c
CGR-4	Campina Grande	PB	NC	FrAgAr	brachiaria	-	-	3,1 g	37,5 a
BAR-1	Barreiros	PE	LVd	FrAgAr	vegetação sec.	-	-	3,1 g	38,5 a
ARZ-1	Arez	RN	AQd	Ar	vegetação sec.	-	-	1,6 g	45,8 a
GNA-1	Goianinha	RN	Ae	ArFr	cana-de-açúcar	-	-	0,0 g	26,0 b
CHA-1	Chã Grande	PE	PV	FrAgAr	couve	-	-	0,0 g	30,2 b
BEZ-3	Bezerros	PE	REe	FrAr	tomateiro	-	+	0,0 g	31,2 b
ING-1	Ingá	PB	NC	FrAgAr	milho	-	-	0,0 g	31,2 b
SJM-1	São José de Mipibú	RN	LVd	Ar	cana-de-açúcar	-	+	0,0 g	31,2 b
CSF-1	Camocim São Félix	PE	PE	FrAgAr	milho	-	-	0,0 g	32,3 b
CTA-1	Canguaretama	RN	SM	FrAgAr	vegetação sec.	-	-	0,0 g	32,3 b
CAR-1	Carpina	PE	LVe	FrAr	cana-de-açúcar	-	+	0,0 g	37,5 a
IGA-1	Igarassu	PE	LVd	FrAgAr	cana-de-açúcar	-	+	0,0 g	38,5 a
ARZ-2	Arez	RN	LVd	ArFr	cana-de-açúcar	-	-	0,0 g	38,5 a
BEZ-1	Bezerros	PE	PL	FrAr	vegetação sec.	-	-	0,0 g	41,7 a
NAT-1	Natal	RN	AMd	Ar	vegetação sec.	-	+	0,0 g	46,9 a
MAN-1	Mamanguape	PB	AQd	FrAr	mamoeiro	-	-	0,0 g	21,1 c

TJC-1	Tejucupapo	PE	PV	Ar	cana-de-açúcar	-	-	0,0 g	28,1 b
CGR-1	Campina Grande	PB	SS	FrAr	brachiaria	-	-	0,0 g	29,2 b
CGR-3	Campina Grande	PB	Re	FrAgAr	milho	-	-	0,0 g	29,2 b
BON-1	Bonito	PE	LVd	FrAgAr	alface e inhame	-	-	0,0 g	13,5 d
CGR-2	Campina Grande	PB	V	FrAgAr	caupi e milho	-	-	0,0 g	18,7 d
REC-2	Recife	PE	HP	FrAgAr	quiabeiro	-	-	0,0 g	22,9 c
C.V. (%)								19,4	11,2

640

641 <sup>a</sup>UF = Unidade da federação.

642 <sup>b</sup>Classificação edáfica: Ae =Aluvial Eutrófico, AMd = Areias Quartzosa Marinha Distrófica, AQd = Associação  
643 de Arei Quartzosa Distrófica e Podzólico Vermelho Amarelo, AQd = Areia Quartzosa Distrófica, HGd =  
644 Hidromórfico Gleyzado Distrófico, HG = Associação Gley Indiscriminado e Orgânico Distrófico e Eutrófico,  
645 HP = Podzol Hidromórfico, LVd = Latosol Vermelho Amarelo Distrófico, LVe = Latosol Vermelho Amarelo  
646 Eutrófico, NC = Associação Bruno Não Cálculo e Podzólico Vermelho Amarelo, PE = Associação Podzólico  
647 Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, PL = Associação Planosol Solódico e Podzólico Vermelho Amarelo,  
648 PL = Associação Planosol Solódico e Solos Litólicos Eutróficos, Re = Associação Litólicos Eutróficos e Bruno  
649 Não Cálculo, SM = Solo Indiscriminado de Manguê, SS = Solonetz Solodizado, Ter = Terra Roxa Extruturada; V  
650 = Vertisol.

651 <sup>c</sup>Classe textural: Ar = areia, ArFr = areia franca, Fr = franco, FrAr = franco arenoso, FrAgAr = franco argilo  
652 arenoso, Ag = argila.

653 <sup>d</sup>Tipo de cobertura do solo na época da coleta.

654 <sup>e</sup>Presença (+) e ausência (-), determinada pelo plantio de caupi das cultivares BR-17 Gurguéia e IPA-207 nos  
655 solos, respectivamente para detecção da atividade de *F. oxysporum* e *R. solani*, e avaliação da presença de  
656 sintomas das doenças.

657 <sup>f</sup>Calculado conforme Mckinney (1923), utilizando os dados de severidade das doenças estimadas com o auxílio  
658 de escala de notas de 0 a 4. Médias de quatro repetições. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada  
659 doença, não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

660 **Tabela 2.** Correlações entre as variáveis físicas, químicas e biológicas dos solos com a  
 661 severidade da murcha-de-fusário e a rizoctoniose do caupi, considerando todos os solos  
 662 analisados (geral) e os 10 solos classificados como supressivos ou condutivos.

663

Variável <sup>a</sup>	Murcha-de-fusário		Rizoctoniose		
	Geral	Condutivos	Geral	Supressivos	Condutivos
AR	0,11 <sup>b</sup>	0,11 <sup>c</sup>	0,18 <sup>b</sup>	- 0,57* <sup>c</sup>	0,30 <sup>c</sup>
SI	0,03	-0,11	- 0,24	0,32	- 0,67*
AG	- 0,17	- 0,08	- 0,10	0,57*	0,02
pH	- 0,21	- 0,46	0,02	- 0,21	0,32
P	- 0,35*	- 0,22	- 0,38*	- 0,48	- 0,34
K	- 0,18	- 0,56*	- 0,27	0,18	- 0,63*
Na	- 0,19	- 0,21	0,01	0,05	- 0,57*
Ca	- 0,20	- 0,40	- 0,24	0,07	- 0,28
Ca+Mg	- 0,22	- 0,37	- 0,22	0,08	- 0,37
Al	0,07	0,48	- 0,03	0,30	- 0,29
H+Al	0,07	0,16	- 0,13	0,35	- 0,29
CO	- 0,13	- 0,04	- 0,27	- 0,38	- 0,15
MO	- 0,13	- 0,04	- 0,27	- 0,38	- 0,15
SB	- 0,23	- 0,39	- 0,22	0,07	- 0,39
v	- 0,21	- 0,54	- 0,09	- 0,04	- 0,10
m	0,08	0,72*	- 0,03	0,16	- 0,19
FT	0,18	0,17	- 0,10	0,24	- 0,22
BT	- 0,17	0,13	- 0,35	- 0,30	- 0,39
BO	0,02	- 0,38	- 0,17	- 0,11	- 0,13
BC	0,13	- 0,13	- 0,14	0,06	- 0,13
BE	- 0,03	- 0,63*	- 0,05	0,13	0,07
EVCO <sub>2</sub>	0,33*	- 0,18	- 0,31*	- 0,03	- 0,10
FDA	0,10	- 0,05	- 0,24	0,25	- 0,71*
PAC	0,03	- 0,26	- 0,24	- 0,20	- 0,51
D	- 0,29*	0,00	- 0,11	0,09	- 0,44
R	- 0,13	0,16	- 0,15	0,03	- 0,30
E	- 0,32*	- 0,58*	0,01	0,02	- 0,41

664

665 <sup>a</sup>AR = Areia, SI = Silte, AG = Argila, pH = pH em H<sub>2</sub>O, P = Fósforo, K = Potássio, Na = Sódio, Ca = Cálcio,  
 666 Ca+Mg = Cálcio + Magnésio, Al = Alumínio, H+Al = Acidez potencial, CO = Carbono orgânico, MO = matéria  
 667 orgânica, SB = Soma de bases, v = Saturação de bases, m = Saturação por alumínio, FT = Fungos totais, BT =  
 668 Bactérias totais, BO = Bactérias oligotróficas, BC = Bactérias copiotróficas, BE = Bactérias formadoras  
 669 endósporo, EVCO<sub>2</sub> = CO<sub>2</sub> evoluído, FDA = atividade hidrolítica do diacetato de fluoresceína; PAC = Atividade  
 670 da fosfatase ácida, D = Diversidade microbiana, R = Riqueza de espécies, E = Equitabilidade de espécies.

671 <sup>b</sup>Coefficientes de correlação de Pearson seguidos por asterisco são significativos a P≤0,01.

672 <sup>c</sup>Coefficientes de correlação de Pearson seguidos por asterisco são significativos a P≤0,05.

## **Capítulo III**

---

---

**Análise da estabilidade da supressividade de solos à**

**rizoctoniose do caupi**

*Tropical Plant Pathology*

# 1 **Análise da estabilidade da supressividade de solos à rizoctoniose do caupi**

2

3 **Eddy E. Barraza-Andrión, Mércia F. Ferreira & Sami J. Michereff**

4

5 Departamento de Agronomia, Área de Fitossanidade, Universidade Federal Rural de  
6 Pernambuco, 52171-900, Recife, PE, Brasil

7

8 Autor para correspondência: Sami J. Michereff, e-mail: sami@depa.ufrpe.br

9

## 10 **RESUMO**

11 A rizoctoniose, causada pelo fungo *Rhizoctonia solani*, é uma das doenças mais  
12 frequentes do caupí e de maior intensidade no Nordeste brasileiro. Este patógeno é difícil pela  
13 elevada agressividade, ampla gama de hospedeiros, elevada capacidade de competição  
14 saprofítica e sobrevivência no solo. O trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade da  
15 supressividade de três solos à rizoctoniose do caupi, considerando diferentes isolados e  
16 densidades de inóculo de *R. solani*. Foram utilizados três solos classificados em estudo prévio  
17 como fortemente supressivos à doença (BOM-1, CGR-2 e PCA-1). Os solos foram avaliados  
18 em relação a oito isolados e três densidades de inóculo de *R. solani*. Houve diferença  
19 significativa entre os solos e os isolados quanto aos níveis de severidade da doença. Nos três  
20 solos os níveis de severidade induzidos pelo isolado CMM-1053 foram similares aos  
21 verificados nos estudos prévios. A maioria dos isolados apresentou comportamento diferente  
22 em função dos solos, com exceção dos isolados CMM-1064 e CMM-1066. Foi verificada  
23 diferença significativa entre os níveis de severidade da doença e as diferentes densidades de  
24 inóculo. Os três solos evidenciaram boa estabilidade em relação aos diferentes isolados de *R.*

25 *solani*, porém a densidade de inóculo pode ser um fator limitante na implementação da  
26 supressividade natural dos solos ou da indução da supressividade em solos condutivos.

27 Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, *Rhizoctonia solani*, doenças radiculares, ecologia do solo.

28

## 29 **ABSTRACT**

### 30 **Stability analysis of soil suppressiveness to *Rhizoctonia* canker in cowpea**

31 *Rhizoctonia* canker, caused by *Rhizoctonia solani*, is one of the more frequent diseases  
32 of cowpea and occurs with high intensity in the Northeast of Brazil. Its control is impaired by  
33 the high pathogen aggressivity, large host range, high ability of saprophytic competition and  
34 survival in soil. This work aimed to evaluate the stability of the suppressiveness of three soils  
35 to *Rhizoctonia* canker considering different strains and inoculum densities of *R. solani*. Three  
36 soils (BOM-1, CGR-2 e PCA-1) previously classified as highly suppressive to this disease  
37 were used. These soils were evaluated in relation to eight strains and three inoculum densities  
38 of *R. solani*. There was significant difference among soils and strains in relation to levels of  
39 disease severity. In the three soils the severity levels induced by the strain CMM-1053 were  
40 similar to those observed in former studies. Most of the strains showed different behavior in  
41 relation to soils, except for CMM-1064 and CMM-1066. There was significant difference  
42 among disease severity levels and different inoculum densities. The three soils presented good  
43 stability in relation to the different *R. solani* strains, but the inoculum density may be a  
44 limiting factor in the implementation of the natural soil suppressiveness or the  
45 suppressiveness induction in conducive soils.

46 **Keywords:** *Vigna unguiculata*, *Rhizoctonia solani*, root diseases, soil ecology.

## INTRODUÇÃO

47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70

O caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo. No Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, o caupi constitui uma das principais alternativas sociais e econômicas de suprimento alimentar e geração de emprego, principalmente para as populações rurais (Freire Filho *et al.*, 2005). As doenças são responsáveis por perdas expressivas na cultura do caupi, constituindo um dos principais fatores limitantes à produção.

A rizoctoniose, causada pelo fungo e *Rhizoctonia solani* Kühn, é uma das doenças do caupi mais frequentes e de maior intensidade no Nordeste brasileiro (Athayde Sobrinho *et al.*, 2005). Os danos causados por *R. solani* ocorrem, principalmente, até três semanas após o plantio, e os sintomas característicos da doença são podridões de sementes e raízes, canchros no hipocótilo e tombamento de plântulas em pré e pós-emergência (Rios, 1990).

O controle da rizoctoniose é muito difícil, pois o patógeno possui elevada agressividade, combinado com grande habilidade de competição saprofítica, capacidade de sobrevivência no solo na ausência da planta hospedeira, transmissibilidade pelas sementes e ampla gama de hospedeiros (Leach & Garber, 1970; Ogoshi, 1987; Cubeta & Vilgalys, 2000).

Como inexistem cultivares comerciais de caupi com níveis aceitáveis de resistência à rizoctoniose, a rotação de culturas é pouco eficiente para o controle dessa doença devido à ampla gama de hospedeiros e a elevada capacidade de competição saprofítica do patógeno, bem como o controle químico é ineficiente, inviável economicamente e de elevado impacto ambiental (Athayde Sobrinho *et al.*, 2005). Para evitar a doença, os agricultores abandonam as áreas infestadas e migram para campos não infestados, gerando grandes perdas econômicas devido à desvalorização das áreas abandonadas (Michereff *et al.*, 2008).

71 A supressividade do solo, definida como o fenômeno de alguns solos prevenirem  
72 naturalmente o estabelecimento de patógenos ou inibirem as suas atividades patogênicas, é  
73 um aspecto fundamental a ser investigado no desenvolvimento de estratégias sustentáveis de  
74 manejo de doenças radiculares, pois possibilita o controle das doenças com maior eficiência e  
75 menores danos ambientais (Bettiol & Ghini, 2005; Alabouvette *et al.*, 2006; Bettiol *et al.*,  
76 2009). Além disso, fatores que determinam a supressividade devem ser estudados visando à  
77 utilização dessas informações na indução da supressividade em solos condúctivos (Rodríguez-  
78 Kábana & Calvet, 1994; Alabouvette *et al.*, 2006).

79 Em estudo realizado previamente envolvendo a prospecção de solos do Nordeste  
80 brasileiro com atividade supressiva à rizoctoniose do caupi foram identificados três solos  
81 fortemente supressivos à doença e identificados alguns fatores associados ao fenômeno  
82 (Barraza-Andrion *et al.*, 2009). No entanto, não foi investigada a estabilidade da  
83 supressividade em função de diferentes isolados e densidade de inóculo do patógeno, aspecto  
84 essencial para o sucesso na utilização da indução da supressividade em diferentes condições.  
85 Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade da  
86 supressividade de três solos à rizoctoniose do caupi, considerando diferentes isolados e  
87 densidades de inóculo de *R. solani*.

88

89

## MATERIAL E MÉTODOS

90

### **Solos**

92 Amostras de solo foram coletadas em Bonito (PE) – BON-1 (S08°28'53,0''-  
93 W35°41'44,6''), Campina Grande (PB) – CGR-2 (S07°15'00''-W35°50'20,1'') e Porto  
94 Calvo (AL) – PCA-1 (S09°04'26,1''-W35°17'23,3''), classificados como fortemente  
95 supressivos à rizoctoniose do caupi (Barraza-Andrión *et al.*, 2009). As coletas foram

96 efetuadas durante o mês de abril de 2009, sendo removidos 100 kg de solo em cada local, a  
97 uma profundidade de 0-20 cm. As amostras dos solos foram analisadas quanto às  
98 características físicas e químicas conforme metodologias descritas por Embrapa (1997).

99

#### 100 **Atividade patogênica de populações autóctones de *Rhizoctonia solani* nos solos**

101 Sementes de caupi (cv. IPA-207) foram desinfestadas em NaOCl a 1% por 2 min e  
102 lavadas em água corrente. Após secagem por 45 min em câmara asséptica, as sementes foram  
103 plantadas nos diferentes solos acondicionados em bandejas plásticas (30x25x4 cm, 4 kg de  
104 capacidade). Em cada bandeja foram plantadas 10 sementes, sendo utilizadas quatro  
105 repetições por solo. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação com temperatura de  
106  $27\pm 3,2^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $72\pm 8,5\%$ . A avaliação foi efetuada diariamente, até 20 dias  
107 após o plantio, quanto ao aparecimento dos sintomas de rizoctoniose.

108

#### 109 **Preparo do inóculo**

110 O inóculo de *R. solani* foi preparado em frascos de vidro contendo 50 g de substrato  
111 constituído de arroz descascado e adição de 30 mL de água destilada, com posterior  
112 autoclavagem ( $120^{\circ}\text{C}$ , 1 atm, 30 min). Em cada frasco foram colocados três discos de 5 mm  
113 de diâmetro de cultura do fungo, previamente cultivado em meio de cultura batata-dextrose-  
114 ágar (BDA), com sete dias de idade. Após 10 dias de incubação à temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  e  
115 fotoperíodo de 12 h, o substrato colonizado pelo patógeno foi acondicionado em sacos de  
116 papel e colocado para secar por 72 horas à temperatura de  $35^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, o substrato  
117 colonizado foi triturado em liquidificador durante 5 min, peneirado em 16 mesh e pesado  
118 conforme a alíquota a ser incorporada ao solo.

119

#### 120 **Influência de isolados de *Rhizoctonia solani* na severidade da rizoctoniose**

121 As amostras dos solos foram acondicionadas em bandejas plásticas (30x25x4 cm, 4 kg  
122 de capacidade) e avaliados em relação a oito isolados de *R. solani*, obtidos de diferentes  
123 hospedeiros: caupi (CMM-1053 e CMM-1062), gergelim (CMM-1064), melão (CMM-1066,  
124 CMM-1067 e CMM-1069) e melancia (CMM-1065, CMM-1240). Todos os isolados foram  
125 inoculados na densidade de 50 mg de substrato colonizado/kg de solo. As testemunhas  
126 consistiram da utilização de solos não infestados pelo patógeno. O plantio de caupi (cv. IPA-  
127 207) foi efetuado três dias após a infestação do solo, pela distribuição de 10 sementes por  
128 bandeja. Antes do plantio as sementes foram desinfestadas em solução de NaOCl 1% por 2  
129 min, lavadas em água corrente e colocadas para secar durante 45 min em câmara asséptica.

130 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3x8,  
131 representado por três solos supressivos e oito isolados de *R. solani*, com quatro repetições,  
132 sendo cada repetição constituída por uma bandeja. As bandejas foram mantidas em casa de  
133 vegetação à temperatura  $28\pm 2,8$  °C e umidade relativa de  $75\pm 3,3$ %.

134 A severidade da rizoctoniose foi avaliada aos 12 dias após o plantio, com o auxílio de  
135 escala de notas (Noronha *et al.*, 1995), onde: 0 = ausência de sintomas, 1 = hipocótilo com  
136 pequenas lesões, 2 = hipocótilo com grandes lesões, sem constrição, 3 = hipocótilo totalmente  
137 constricto, mostrando tombamento e 4 = sementes não germinadas e/ou plântulas não  
138 emergidas. Utilizando os dados obtidos com a escala de notas, foi calculado o índice de  
139 severidade da doença (SVR) em cada bandeja (McKinney, 1923), pela expressão:  $SVR =$   
140  $[\sum(\text{grau da escala} \times \text{frequência}) / (\text{número total de unidades} \times \text{grau máximo da escala})] \times 100$ .

141

#### 142 **Influência da densidade do inóculo de *Rhizoctonia solani* na severidade da rizoctoniose**

143 Os solos foram avaliados em relação a três densidades de inóculo (100, 200 e 300 mg de  
144 substrato colonizado/kg de solo) do isolado de *R. solani* (CMM-1053). Os procedimentos de  
145 infestação do solo, plantio de caupi e avaliação da doença foram os mesmos adotados no

146 experimento anterior. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo  
147 fatorial 3x3, representado por três solos e três densidades de inóculo do patógeno, com cinco  
148 repetições. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação à temperatura  $27\pm 3,2$  °C e  
149 umidade relativa de  $78\pm 5,2\%$ .

150

### 151 **Análise dos dados**

152 Os dados de SVR obtidos em cada experimento foram submetidos à análise de variância  
153 e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As análises  
154 foram realizadas com o auxílio do programa Statistix 9 (Analytical Software, Gainesville, FL,  
155 EUA).

156

157

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

158

159 Os três solos classificados previamente como fortemente supressivos à rizoctoniose do  
160 caupi (BON-1, CGR-2 e PCA-1) apresentaram características físicas e químicas bem  
161 diferenciadas (Tabela 1). Não foi detectada atividade patogênica de populações autóctones de  
162 *R. solani* nos solos.

163 Quando os solos foram infestados com oito isolados de *R. solani* em uma densidade de  
164 inóculo e cultivados com caupi, houve diferença significativa entre os solos e entre os  
165 isolados quanto aos níveis de severidade da rizoctoniose. No entanto, como a interação solos  
166 x isolados foi significativa ( $P\leq 0,05$ ), somente a interação será considerada na comparação dos  
167 tratamentos.

168 Todos os isolados de *R. solani* foram capazes de causar doença em caupi, embora  
169 somente dois (CMM-1053 e CMM-1062) tenham sido obtidos originalmente do patossistema  
170 estudado. Essa grande flexibilidade de *R. solani* tem sido evidenciada em outros

171 patossistemas, caracterizada pela capacidade de causar doença em diferentes hospedeiros,  
172 independente do hospedeiro de origem (Baker, 1970; Tu *et al.*, 1996; Andrade *et al.*, 2005).  
173 Em todos os solos houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre os isolados de *R. solani* quanto  
174 aos níveis de severidade da rizoctoniose induzidos (Tabela 2). No solo BON-1 a severidade  
175 da rizoctoniose variou entre 15,6 e 37,5%, no solo CGR-2 entre 26,3 e 43,1% e no solo PCA-  
176 1 entre 15,6 e 43,1%. Nos três solos os níveis de severidade da doença induzidos pelo isolado  
177 CMM-1053 (15,6 a 26,3%) foram similares aos verificados previamente (13,5 a 18,7%) na  
178 prospecção de solos supressivos à rizoctoniose (Barraza-Andrión *et al.*, 2009). O isolado  
179 CMM-1064 causou elevada severidade da doença nos três solos avaliados (BON-1, CGR-2 e  
180 PCA-1), mas sem diferir significativamente do isolado CMM-1065 no segundo solo e dos  
181 isolados CMM-1065 e CMM-1069 no terceiro solo.

182 A diferença na virulência entre os isolados de *R. solani* em relação à infecção de  
183 plântulas de caupi indica a variabilidade patogênica existente entre isolados, assemelhando-se  
184 ao relatado por vários pesquisadores (Galindo *et al.*, 1982; Ogoshi, 1987; Cubeta & Vilgalys,  
185 2000; Andrade *et al.*, 2005).

186 Os isolados de *R. solani* apresentaram comportamentos diferentes em função dos solos,  
187 com exceção dos isolados CMM-1064 e CMM-1066, que induziram elevados níveis de  
188 severidade da doença nos três solos, sem diferença significativa entre os solos (Tabela 2).

189 As variações verificadas no comportamento dos isolados em função dos solos e, em  
190 algumas situações, dos solos conforme o isolado, indicam a importância de ser avaliada a  
191 estabilidade da supressividade dos solos considerando diferentes isolados, o que permite a  
192 adoção dessa estratégia de manejo em diferentes condições de estrutura populacional do  
193 patógeno.

194 Quando os solos foram infestados com três densidades de inóculo do isolado CMM-  
195 1053 e cultivados com caupi, não houve diferença significativa entre os solos quanto aos

196 níveis de severidade da rizoctoniose e a interação solos x densidades de inóculo não foi  
197 significativa, mas foi significativa a diferença nos níveis de severidade da doença entre as  
198 densidades de inóculo. Portanto, as densidades de inóculo de *R. solani* influenciaram de  
199 maneira similar os três solos, mas induziram diferentes níveis de severidade de doença na  
200 média dos isolados. Os menores níveis de severidade foram constatados na densidade de  
201 inóculo de 100 mg/kg de solo, diferindo das verificadas nas densidades de 200 e 300 mg/kg  
202 de solo, que foram similares entre si (Tabela 3). A elevação dos níveis de severidade da  
203 doença com o aumento da densidade de inóculo de *R. solani* é freqüente em vários  
204 patossistemas (Kinsbursky & Weinhold, 1988; Phillips, 1989; Andrade *et al.*, 2005), mas os  
205 resultados obtidos são preocupantes quanto à estabilidade da supressividade dos solos. Com a  
206 densidade de inóculo de 50 mg/kg de solo, na prospecção de solos supressivos, o isolado  
207 CMM-1053 induziu 20,2% de severidade na média dos três solos (Barraza-Andrión *et al.*,  
208 2009), enquanto a severidade induzida por esse mesmo isolado atingiu 40,2% com a  
209 densidade do inóculo de 100 mg/kg de solo (Tabela 3). Portanto, a supressividade dos solos  
210 pode ser mantida até determinado nível de inóculo, a partir do qual é superada em decorrência  
211 da alteração de fatores que interferem no progresso da doença.

212 Os mecanismos envolvidos na supressividade de solos são muito diversos, envolvendo  
213 microbiostases, colonização microbiana de propágulos do patógeno, destruição de propágulos  
214 do patógeno, antibiose, competição pela colonização de substratos, competição por sítios de  
215 infecção nas raízes e indução de resistência sistêmica. Além destes, fatores abióticos e  
216 bióticos, tais como textura e tipos de argila, níveis de macro e micronutrientes, relação C/N,  
217 condutividade elétrica e pH do solo, grau de compactação do solo, densidade, biomassa e  
218 atividade microbiana do solo podem estar envolvidos na supressividade (Hornby, 1983;  
219 Mazzola, 2002; Bettiol; & Ghini, 2005; Alabouvette *et al.*, 2006; Bettiol *et al.*, 2009). Nesse  
220 contexto, a estabilidade da supressividade do solo frequentemente está na dependência da

221 permanência ou não de algumas destas condições, além dos fatores associados à biologia do  
222 patógeno, tais como capacidade de sobrevivência, densidade, viabilidade e infectividade dos  
223 propágulos (Janvier *et al.*, 2007). Neste estudo, os três solos previamente caracterizados como  
224 fortemente supressivos à rizoctoniose do caupi evidenciaram estabilidade da supressividade  
225 em relação a diferentes isolados de *R. solani*, mas a densidade do inóculo no solo pode ser um  
226 aspecto limitante na implementação da supressividade natural dos solos ou da indução da  
227 supressividade em solos condutivos.

228

229

### AGRADECIMENTOS

230

231 Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de  
232 Pernambuco – FACEPE pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho (Proc. APQ-  
233 1308-5.01/08), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
234 pela concessão da bolsa de produtividade em pesquisa a S.J. Michereff e à Secretaría  
235 Nacional de Ciência y Tecnologia - SENACYT do Panamá, pela concessão da bolsa de  
236 estudo a E.E. Barraza-Andrión.

237

238

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

239

240 Alabouvette C, Raaijmakers J, De Boer W, Notz R, Défago G, Steinberg C, Lemanceau P  
241 (2006) Concepts and methods to assess the phytosanitary quality of soils. In: Bloem J,  
242 Hopkins WW, Benedetti A (Eds.) Microbiological Methods for Assessing Soil Quality.  
243 Wallingford. CAB International. pp.257-269.

- 244 Andrade DEGT, Silva CFB, Silva LGC, Michereff SJ, Sales Jr. R, Assis TC (2005) Influência  
245 da densidade do inóculo e de isolados de *Rhizoctonia solani* na severidade da rizoctoniose do  
246 meloeiro. *Caatinga* 18:164-168.
- 247 Athayde Sobrinho C, Viana FMP, Santos AA (2005) Doenças fúngicas e bacterianas. In: Freire  
248 Filho FR, Lima JAA, Ribeiro VQ (Eds.) *Feijão-Caupi: Avanços Tecnológicos*. Brasília.  
249 Embrapa Informação Tecnológica. pp.461-484.
- 250 Baker KF (1970) Types of *Rhizoctonia* diseases and their occurrence. In: Parmeter Jr. JR  
251 (Ed.) *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. Berkeley. University of California Press.  
252 pp.125-148.
- 253 Barraza-Andrión EE, Barros APO, Ferreira MF, Nascimento CWA, Souza Jr. WS, Fernandes  
254 MF, Michereff SJ (2009) Natural supressiveness of Brazilian Northeast soils to cowpea  
255 Fusarium wilt and Rhizoctonia canker. *Applied Soil Ecology* (no prelo)
- 256 Bettiol W, Ghini R (2005) Solos supressivos. In: Michereff SJ, Andrade DEGT, Menezes M  
257 (Eds.) *Ecologia Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais*. Recife. UFRPE -  
258 Imprensa Universitária. pp.125-153.
- 259 Bettiol W, Ghini R, Mariano RLR, Michereff SJ, Mattos LPV, Alvarado ICM, Pinto ZV  
260 (2009) Supressividade a fitopatógenos habitantes do solo. In: Bettiol W, Morandi MAB (Eds.)  
261 *Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectivas*. Jaguariúna. Embrapa Meio-  
262 Ambiente. pp.183-205.
- 263 Cubeta MA, Vilgalys R (2000) *Rhizoctonia*. In: Lederberg J (Ed.) *Encyclopedia of*  
264 *Microbiology*. v. 4. San Diego. Academic Press. pp.109-116.
- 265 EMBRAPA (1997) *Manual de Métodos de Análises de Solo*. 2nd ed. Rio de Janeiro.  
266 EMBRAPA-CNPS. 212p.

- 267 Freire Filho FR, Ribeiro VQ, Barreto PD, Santos AA (2005) Melhoramento genético. In: Freire  
268 Filho FR, Lima JAA, Ribeiro VQ (Eds.) Feijão-Caupi: Avanços Tecnológicos. Brasília.  
269 Embrapa Informação Tecnológica. pp.29-92.
- 270 Galindo JJ, Abawi GS, Thurston HD (1982) Variability among isolates of *Rhizoctonia solani*  
271 associated with snap beans hypocotyls and soil in New York. Plant Disease 66:390-394.
- 272 Janvier C, Villeneuve F, Alabouvette C, Edel-Hermann V, Mateille T, Steinberg C (2007)  
273 Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators?  
274 Soil Biology & Biochemistry 39:1-23.
- 275 Hornby D (1983) Suppressive soils. Annual Review of Phytopathology 21:65-85.
- 276 Kinsbursky RS, Weinhold AR (1988) Influence of soil inoculum density-disease incidence  
277 relationship of *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 78:127-130.
- 278 Ko W-S, Hora FK (1971) A selective media for the quantitative determination of *Rhizoctonia*  
279 *solani* in soil. Phytopathology 61:707-712.
- 280 Leach LD, Garber RH (1970) Control of *Rhizoctonia*. In: Parmeter Jr. JR (Ed.) *Rhizoctonia*  
281 *solani*, Biology and Pathology. Berkeley. University of California Press. pp.189-199.
- 282 Mazzola M (2002) Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. Antonie  
283 van Leeuwenhoek 81:557-564.
- 284 Michereff SJ; Andrade DEGT; Sales Jr. R (2008) Reaction of melon genotypes to *Rhizoctonia*  
285 *solani*. Horticultura Brasileira 26:401-404.
- 286 Phillips AJL (1989) Relationship of *Rhizoctonia solani* inoculum density to increase of  
287 hypocotyl rot and damping-off in dry beans. Canadian Journal of Microbiology 35:1132-  
288 1140.
- 289 McKinney HH (1923) Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings  
290 by *Helminthosporium sativum*. Journal of Agricultural Research 26:195-218.

- 291 Noronha MA, Michereff SJ, Mariano RLR (1995) Efeito do tratamento de sementes de caupi  
292 com *Bacillus subtilis* no controle de *Rhizoctonia solani*. Fitopatologia Brasileira 20:174-178.
- 293 Ogoshi A (1987) Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of  
294 *Rhizoctonia solani* Kühn. Annual Review of Phytopathology 25:125-143.
- 295 Rios GP (1990) Principais Doenças do Caupi no Brasil. Goiânia. EMBRAPA-CNPAF. 40 p.
- 296 Rodríguez-Kábana R, Calvet C (1994) Capacidad del suelo para controlar enfermedades de  
297 origem edáfico. Fitopatologia Brasileira 19:129-138.
- 298 Tu CC, Hsieh TF, Chang YC (1996) Vegetable diseases incited by *Rhizoctonia* spp. In: Sneh  
299 B, Jabaji-Hare S, Neate S, Dijst G (Eds.) *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular  
300 Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Dordrecht. Kluwer. pp.369-377.

301 **TABELA 1** - Características físicas e químicas dos solos utilizados no estudo da estabilidade  
 302 da supressividade à rizoctoniose do caupi

303

Solo <sup>a</sup>	Classe <sup>b</sup>	Textura <sup>c</sup>	pH	mg/dm <sup>3</sup>			c/mol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			M.O. g/kg	
				P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al		H+Al
BON-1	LVd	FrAgAr	6,5	184,0	0,61	0,60	9,45	13,25	0,05	4,43	83,70
CGR-2	V	FrAgAr	7,6	227,0	0,38	0,43	7,75	11,05	0,00	2,14	11,77
PCA-1	HGd	Ar	5,0	30,0	0,10	0,36	0,40	0,70	0,40	4,19	13,13

304

305 <sup>a</sup>BON-1 = Bonito (PE); CGR-2 = Campina Grande (PB); PCA-1 = Porto Calvo (AL)

306 <sup>b</sup>Classificação edáfica: HGd = Hidromórfico Gleyzado distrófico; LVd = Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico; V =

307 Vertissolo

308 <sup>c</sup>Ar = areia; FrAgAr = franco argilo arenoso.

309 **TABELA 2** - Influência de isolados de *Rhizoctonia solani* na severidade da rizoctoniose em  
 310 caupi (cv. IPA-207) cultivado em três solos classificados previamente como supressivos  
 311

Isolado	Solos <sup>a</sup> / Severidade (%) <sup>b</sup>		
	BON-1	CGR-2	PCA-1
CMM-1053	18,8 cbB <sup>c</sup>	26,3 cA	15,6 dB
CMM-1062	19,4 cbB	28,1 bcA	22,5 cdAB
CMM-1064	37,5 aA	43,1 aA	43,1 aA
CMM-1065	23,1 cbB	36,3 abcA	35,3 abA
CMM-1066	26,9 cbA	28,8 bcA	30,0 bcA
CMM-1067	24,4 cbB	31,9 bcA	32,5 bcA
CMM-1069	15,6 cC	26,9 bcB	33,8 abA
CMM-1240	23,1 cbB	32,5 bcA	25,6 bcdB
C.V. (%) = 13,3			

312

313 <sup>a</sup>BON-1 = Bonito (PE); CGR-2 = Campina Grande (PB); PCA-1 = Porto Calvo (AL)

314 <sup>b</sup>Calculada pelo índice de MckKinney (1923), com a utilização das frequências de classes de doença  
 315 considerando escala de notas de a 0 a 4 (Noronha *et al.*, 1995)

316 <sup>c</sup>Média de quatro repetições. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na  
 317 linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05).

318 **TABELA 3** – Influência da densidade do inóculo de *Rhizoctonia solani* (CMM-1053) na  
319 severidade da rizoctoniose em caupi (cv. IPA-207) cultivado em três solos classificados como  
320 fortemente supressivos

321

Densidade de inóculo (mg/kg de solo)	Severidade (%) <sup>a</sup>
100	40,2 b <sup>b</sup>
200	48,3 a
300	50,4 a
C.V. = 11,6 %	

322

323 <sup>a</sup>Calculada pelo índice de MckKinney (1923), com a utilização das frequências de classes de doença  
324 considerando escala de notas de a 0 a 4 (Noronha *et al.*, 1995)

325 <sup>b</sup>Média de cinco repetições. Médias seguidas pela mesma não diferem entre si pelo teste de Tukey  
326 (P=0,05).

## **Conclusões Gerais**

---

---

## CONCLUSÕES GERAIS

- Existem solos fortemente supressivos e altamente condutivos à mucha-de-fusário e rizoctoniose do caupi no Nordeste brasileiro;
- A supressividade dos solos à mucha-de-fusário e rizoctoniose do caupi são independentes para cada doença;
- As variáveis físicas, químicas e biológicas dos solos podem ser utilizadas como indicadores da supressividade à mucha-de-fusário e rizoctoniose do caupi;
- A supressividade dos solos à mucha-de-fusário e rizoctoniose do caupi envolve interações complexas entre propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tendo em vista que uma variável de maneira isolada não permitiu discriminar o efeito da supressividade ou condutividade dos solos a uma determinada doença;
- Os três solos caracterizados como fortemente supressivos à rizoctoniose do caupi evidenciaram estabilidade da supressividade em relação a diferentes isolados de *R. solani*, mas não em relação a diferentes densidades de inóculo.