

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA

**Influência de fatores abióticos na produção de esporângios de
Phytophthora palmivora, agente causal da podridão do pé e fruto
do mamoeiro**

MILENE CALDAS DA SILVA

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

OUTUBRO – 2012

**Influência de fatores abióticos na produção de esporângios de
Phytophthora palmivora, agente causal da podridão do pé e fruto
do mamoeiro**

MILENE CALDAS DA SILVA

Engenheira Agrônoma, UFRB, 2010

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Microbiologia Agrícola.

Orientador: Francisco Ferraz Laranjeira

Co-Orientador: Jorge Teodoro de Souza

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

OUTUBRO – 2012

S586 Silva, Milene Caldas da

Influência de fatores abióticos na produção de esporângios de *Phytophthora palmivora*, agente causal da podridão do pé e do fruto do mamoeiro / Milene Caldas da Silva. – Cruz das Almas, 2012.
58f. il.; 30 cm.

Orientador: Dr. Francisco Ferraz Laranjeira
Co-orientador: Dr. Jorge Teodoro de Souza

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2012.

1. Fitopatologia 2. Mamão. I. Universidade Federal da Bahia do Recôncavo da Bahia II. Laranjeira, Francisco Ferraz. III. Título.

CDD : 632.3

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro
– CRB5/1161.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MILENE CALDAS DA SILVA

Prof. Dr. Jorge Teodoro de Souza

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

(Co-Orientador)

Dr. Carlos Ivan Aguilár Vildoso

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Dra. Edna Dora Martins Newman Luz

Centro de Pesquisas do Cacau - CEPLAC

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA

OUTUBRO – 2012

*Aos meus pais, Agnaldo e Antonia, por serem responsáveis pela formação do
meu caráter,*

Às minhas irmãs, Denise e Rosania, por todo amor e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade da vida e aprendizagem.

Ao meu orientador, Dr. Francisco Ferraz Laranjeira, pela orientação, oportunidade de trabalho e pelas sábias palavras nas horas mais difíceis.

Ao Dr. Carlos Ivan Aguilar Vildoso, pela orientação, ensinamentos valiosos, paciência e amizade.

Aos co-orientadores, Dr. Hermes Peixoto Santos Filho e Dr. Saulo Alves Santos de Oliveira, pelas sugestões.

Ao Dr. Jorge Teodoro de Souza, pela co-orientação, sugestões e colaboração, principalmente na etapa final.

Ao Dr. Dimmy Herllen S. Gomes Barbosa por ceder as instalações do laboratório de Nematologia para realização dos experimentos.

Ao Sr. João Vieira do laboratório de Nematologia, pela amizade e ajuda.

A Carlos Ledo, pelo apoio, companheirismo, incentivo e pela ajuda nos materiais de laboratório.

Aos responsáveis pelo Laboratório de Fitopatologia, Eliane Mazzoni Carollo e Francisco Paulo dos Santos Souza, por toda colaboração.

A Luciano Ricardo Braga Pinheiro do Laboratório de Microbiologia, Roque Francisco Barbosa do Laboratório de Física do Solo, por toda colaboração.

Aos analistas e amigos, Emanuel Felipe Medeiros Abreu e Maria de Fátima F. da Costa Pinto, por toda colaboração.

A Uíara e Tainan, por toda ajuda nos experimentos, principalmente nos finais de semana.

Aos que colaboraram, Naíra, Líliam, Fernanda, Lucidalva, Shirley, Tamires, Tâmara, Juliana (fito), Djalma, Décio, Suely, Marcos Humberto, Ygor, Rangel, Náfez, George (solos), Juliana (solos), Eloína, Mariana (micro).

Aos colegas e amigos do programa de mestrado em Microbiologia Agrícola pelo convívio em momentos tensos e de descontração, Almir, Liliane, Eliana, Diogo, Daniele, Keilla, Heliab.

A Dra. Edna Dora Martins Newman Luz e Cenilda Serra Rocha, da CEPLAC por cederem isolados de *Phytophthora palmivora*.

A Embrapa Mandioca e Fruticultura, pela concessão do uso de suas instalações.

Ao programa de mestrado em Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

A CAPES, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO.....10

Capítulo 1

DETECÇÃO DE SOLOS SUPRESSIVOS À PRODUÇÃO DE ESPORÂNGIOS DE
PHYTOPHTHORA PALMIVORA.....26

Capítulo 2

EFEITO DE NUTRIENTES NA PRODUÇÃO DE ESPORÂNGIOS DE
PHYTOPHTHORA PALMIVORA.....42

CONSIDERAÇÕES FINAIS58

RESUMO

SILVA, M.C. **Influência de fatores abióticos na produção de esporângios de *Phytophthora palmivora*, agente causal da podridão do pé e do fruto do mamoeiro.** Cruz das Almas, 2012. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

O mamoeiro (*Carica papaya*) é uma importante fruteira cultivada no Brasil. Contudo diversas pragas provocam perdas na produção. O Oomiceto *Phytophthora palmivora* é o agente causador de uma das principais doenças da cultura, a podridão do pé e do fruto. Este trabalho teve os seguintes objetivos: (i) detectar solos que apresentassem supressividade a *P. palmivora* em solos oriundos de diferentes municípios do Estado da Bahia; (ii) detectar e quantificar a influência de nutrientes na produção de esporângios de *P. palmivora*. Foi encontrado pelo menos um solo com alto potencial de supressividade, o qual induziu uma redução de 85% na produção de esporângios. A produção de esporângios pode ser negativamente correlacionada com teores de ferro e alumínio. A análise de componentes principais mostrou que as variáveis mais associadas à variância dos dados foram os teores de cálcio, alumínio e sódio, além do pH e do percentual de saturação de bases. A análise discriminante apontou os teores de alumínio e sódio como capazes de distinguir três grupos arbitrários de inibição da produção de esporângios. O meio de cultura Murashige e Skoog (MS) foi utilizado como fonte dos macro e micronutrientes. O número de esporângios foi determinado pelos tratamentos contendo o meio MS em discos foliares de mamoeiro *Sunrise solo*. Para identificar quais elementos estariam causando efeito individualmente, os nutrientes que compõem o meio MS foram analisados. Alguns nutrientes proporcionam o aumento da produção de esporângios, notadamente o Boro. As fontes de nitrogênio, NH_4NO_3 e KNO_3 , induziram as maiores inibições na produção de esporângios de *P. palmivora*.

Palavras-chave: solo supressivo, mamão.

ABSTRACT

SILVA, M.C. **Influence of abiotic factors on the sporangia production by *Phytophthora palmivora*, the causal agent of foot rot and the papaya fruit.** Cruz das Almas, 2012. Dissertation (Master in Agricultural Microbiology). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Papaya (*Carica papaya*) is an important fruit crop grown in Brazil. However, yield losses are still caused by many pests, including the oomycete *Phytophthora palmivora*, the causal agent of foot rot and fruit, a major papaya disease. Despite that, bioecological studies involving *P. palmivora* and nutrients are scarce. This study's objective was to evaluate the influence of abiotic factors on the sporangia production by *P. palmivora*. Specifically we aimed at: (i) detecting suppressive soils from different counties of the State of Bahia, Brazil, and (ii) detecting and quantifying the influence of nutrients on that trait. We found at least one soil suppressiveness with high potential, which induced a reduction of 85% in sporangia production. The production of sporangia was negatively correlated with soil levels of iron and aluminum. The principal component analysis showed that the variables most associated with the variance of the data were soil levels of calcium, aluminum and sodium, pH and percentage base saturation. Discriminant analysis showed that concentrations of aluminum and sodium could distinguish three arbitrary sporangia inhibition groups. To detect the influence of individual nutrients, the Murashige and Skoog (MS) medium was used as a source of macro and micronutrients. The number of sporangia was determined in papaya leaf discs treated with MS medium. Some nutrients provided an increased production of sporangia, notably boron, whereas nitrogen sources induced the greatest inhibition in the production of sporangia by *P. palmivora*. The nitrogen sources, KNO_3 and NH_4NO_3 , showed higher percentages of inhibition in the production of sporangia, 99.97 and 100% respectively.

Keywords: suppressive soil, papaya.

1 - INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil ocupa a segunda posição mundial na produção e exportação de mamão. Os principais estados produtores nacionais são a Bahia, Espírito Santo, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba (IBG, 2009). As doenças do mamoeiro causam danos econômicos que prejudicam a comercialização e exportação de frutos *in natura* e, em alguns casos, essas perdas são superiores a 90% (VENTURA et al., 2003). Além das doenças, diversos fatores afetam a produção provocando sua queda, por exemplo, a falta de manejo adequado, assistência técnica não qualificada e outros problemas fitossanitários.

As principais doenças que ocorrem na cultura do mamoeiro são causadas por vírus, fungos e Oomicetos. Uma das mais importantes é a podridão do pé e dos frutos causada pelo Oomiceto *Phytophthora palmivora*. O principal sintoma causado por *P. palmivora* nas plantas de mamoeiro é o apodrecimento das raízes, com conseqüente amarelecimento das folhas, podendo levar até ao tombamento da planta. Nos frutos, os sintomas iniciam-se com pequenas lesões seguidas com o crescimento micelial de aspecto cotonoso (SILVA, 2001).

Um período que pode ser considerado crítico é quando ocorrem chuvas e ventos, considerados importantes para a progressão da doença, pois ocorre a liberação dos esporângios dos frutos. Tais fatores favorecem a multiplicação de estruturas de sobrevivência do patógeno nos frutos. Essa tendência diminui em épocas mais secas (HUNTER e KUNIMOTO, 1974; SILVA, 2001; LUZ et al., 2001).

Outros fatores também influenciam o estabelecimento do patógeno, tais como alta umidade e temperatura entre 20 e 30 °C (LUZ et al., 2001). Sendo um microrganismo de solo, as condições do solo também estarão associadas à sua sobrevivência e dispersão.

Alguns solos possuem uma característica natural, chamada de supressividade, que mantém a severidade da doença baixa, mesmo o patógeno estando presente no solo e ocorrendo condições favoráveis ao desenvolvimento da doença. A supressividade está relacionada aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. De forma que a supressividade interferirá diretamente nas relações patógeno-hospedeiro (BETTIOL e GHINI, 2009).

A nutrição do hospedeiro influencia todos os vértices do triângulo das doenças (hospedeiro – patógeno – ambiente) e há muito tempo tem sido associada ao controle das doenças de plantas. Apesar disso, ainda há pouco conhecimento de como ocorre a dinâmica das interações entre os elementos químicos com o ambiente, com a planta e com os patógenos. Devido à dinâmica do ciclo da maioria dos nutrientes, considera-se que exerçam controle biológico e muitos dos solos supressivos seriam resultantes de atividade microbiana que irá disponibilizar os nutrientes (HUBER e SCHNEIDER, 1982; ZAMBOLIM et al., 2005). Os nutrientes podem interferir na supressividade, seja por competição entre microrganismos ou por antagonismo (BETTIOL e GHINI, 2005).

Diversos trabalhos retratam a importância dos nutrientes para plantas, e como reduzem a incidência ou controlam as doenças em diversas culturas agrícolas (GRAHAM e WEBB, 1991; HUBER, 1994). Porém, existem poucos estudos sobre como os nutrientes podem interferir no patógeno, em suas estruturas, ou em parte do seu ciclo, como também há uma carência de metodologias para que se possa determinar essa interferência. Sabe-se apenas que a aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio em plantas de mamoeiro proporciona a redução da intensidade da podridão-do-pé causada por *P. palmivora* (DIANESE et al., 2009).

O presente trabalho objetivou ajustar uma metodologia para determinar influência de fatores abióticos na supressividade ou conduividade, detectar solos supressivos à produção de esporângios por *P. palmivora*, e quantificar a interferência de nutrientes na reprodução do patógeno.

REVISÃO

A cultura do mamoeiro e sua importância

O mamoeiro (*Carica papaya*) é uma planta típica de regiões tropicais, possivelmente tendo como centro de origem a Bacia Amazônica superior. Exige condições de temperatura entre 22 a 26 °C, índices pluviométricos entre 1800 a 2000 mm anuais e altitudes até 200 m acima do nível do mar. A cultura melhor se desenvolve em solos de textura areno-argilosa. Devem-se evitar plantios em solo argilosos e/ou mal drenados, principalmente os que se localizam em regiões de baixada, pois acumulam água e propiciam a incidência de doenças (ALVES, 2003; DANTAS e OLIVEIRA, 2004).

O Brasil é o segundo produtor mundial de mamão com 1871300 toneladas anuais, ficando atrás apenas da Índia (4713800 t), seguidos pela Nigéria (703800 t), Indonésia (695214 t) e México (616215 t). Porém, quando se trata de exportação, o México lidera o mercado e o Brasil ocupa o segundo lugar. Os Estados Unidos é o maior importador, seguido dos países que formam a União Européia (UE), sendo que o valor pago pela UE é bem maior as exigências do mercado também são maiores (FAO, 2010).

Devido a sua posição na produção mundial de mamão, a cultura é economicamente relevante no Brasil. Gera empregos, diretos e indiretos, ativa o uso de insumos agrícolas e também de maquinário que é usado na cadeia produtiva (SOUZA, 1999; ANDRIGUETO e KOSOSKI, 2003).

Existe uma ampla utilização do fruto do mamoeiro que, além de ser consumido *in natura*, é utilizado na fabricação de suco e polpa. Vem sendo também utilizada na indústria de medicamentos para obtenção de papaína, uma enzima proteolítica (SILVA, 2001; MATSUURA e FOLEGATTI, 2003).

Doenças do mamoeiro

O mamoeiro é suscetível a uma série de pragas que comprometem sua produtividade ou afetam as características dos frutos. Mesmo quando não afetam a polpa, os frutos podem apresentar aspectos indesejáveis para a comercialização, o que contribui para significativas perdas econômicas (SILVA, 2001; VENTURA et al., 2003).

Dentre os principais artrópodes-pragas da cultura, estão insetos e ácaros. Alguns deles como os pulgões (*Aphis* spp., *Toxoptera citricidus* e *Myzus persicae*) e as moscas-brancas (*Trialeurodes variabilis* e *Bemisia tabaci*), são espécies vetoras de doenças viróticas do mamoeiro (MARTINS e COSTA, 2003). As viroses mais importantes são o mosaico causado pelo *Papaya ringspot virus*, PRSV, o Amarelo letal do mamoeiro causado pelo *Papaya lethal yellowing virus*, PLYV, e a Meleira do mamoeiro (*Papaya meleira virus*, PMeV) (OLIVEIRA et al., 1999; VENTURA et al., 2003).

As doenças causadas por fungos requerem um cuidado especial, uma vez que em sua maioria afeta diretamente o produto comercial, o fruto. Algumas apresentam sintomas semelhantes, o que pode dificultar na detecção inicial do agente etiológico (JACOMINO et al., 2003; VENTURA et al., 2003). A antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, ocorre mais em frutos maduros, formando manchas de até 5 cm de diâmetro, com um halo de tecido aquoso ao centro, uma massa gelatinosa de coloração rósea, tornando-os impróprios para comercialização e consumo. O fungo *Asperisporium caricae*, causa a varíola ou pinta preta. Os sintomas aparecem tanto nas folhas quanto nos frutos. Nestes, as lesões são circulares, salientes e no estágio final apresentam centro esbranquiçado. O oídio, causado por *Oidium caricae*, causa manchas verde-amareladas, que em seguida apresentam uma massa pulverulenta branca resultado da frutificação do fungo.

Estiolamento ou tombamento das mudas geralmente ocorre em viveiro, porém, eventualmente ocorrem em campo. São causados por fungos oriundos do solo, dos gêneros *Rhizoctonia*, *Fusarium*, e Stramenopilas como *Pythium* e *Phytophthora*. Este último grupo é causador também de podridões (SANCHES e DANTAS, 1999). As podridões causadas por *Phytophthora* atingem as raízes, o caule e os frutos do mamoeiro e podem ocorrer em todos os locais de plantio.

Phytophthora

O gênero *Phytophthora* está inserido no reino Stramenopila, filo Oomycota, classe Oomycetes, ordem Pythiales, família Pythiaceae (ALEXOPOULOS et al., 1996). Foi descrito pela primeira vez em 1876, por Anton de Bary, e a espécie descrita por ele foi a *Phytophthora infestans*, responsável pela destruição dos batatais na Irlanda. Atualmente existem inúmeras espécies do gênero associados

a um número grande de hospedeiros, e uma única espécie pode infectar hospedeiros de espécies bem variadas (LUZ et al., 2001).

Segundo Martin et al. (2012), há um crescente aumento no número de espécies descritas, principalmente pelo uso de melhores recursos para identificação das espécies e o estudo de ecossistemas novos. Além disso, o gênero possui uma diversidade maior do que se conhecia anteriormente. Atualmente é composto por dez clados, com 116 espécies divididas entre eles. Apesar disso, 15 dessas espécies ainda precisam ser validadas. Independente da classificação, doenças causadas por espécies desse gênero continuam a ser uma ameaça tanto para a agricultura quanto para ecossistemas naturais (KRONN et al., 2012).

Phytophthora palmivora

A principal espécie associada à cultura do mamoeiro é *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler. Essa espécie possui mais de 140 hospedeiros, estando envolvida em patossistemas de várias culturas de interesse comercial (ERWIN e RIBEIRO, 1996).

Phytophthora palmivora apresenta micélio cenocítico, heterotático, seus esporângios são variáveis no tamanho, mas possuem em média de 40 a 60 μm no comprimento e 25 a 35 μm na largura, são caducos e apresentam pedicelos curtos (5 μm), papilados, ovóides a elipsóides. Seus clamidósporos são globosos ou subglobosos com diâmetro variando de 32 a 42 μm . Alguns isolados não formam clamidósporos, formam oogônio e oósporos quando idiomorfos do tipo A1 e A2 são pareados (ERWIN e RIBEIRO, 1996; LUZ et al., 2001). Atualmente faz parte do clado 4; pertencem a esse grupo espécies que tem esporângio papilados e são patógenos das raízes (KRONN et al., 2012).

A podridão do pé e dos frutos do mamoeiro, causadas por *P. palmivora* é uma das mais importantes doenças da cultura. As raízes são mais susceptíveis, quando novas, geralmente em viveiros. Porém, desde que ocorram condições favoráveis, haverá o desenvolvimento da doença. No caule ocorrem lesões aquosas, podendo apresentar crescimento micelial branco e formação de esporângios. Inicialmente na base, com a evolução da doença envolvem todo o caule, causando amarelecimento das folhas e queda prematura dos frutos. Estes quando ainda estão verdes apresentam lesões encharcadas e exsudam látex.

Quando maduros, são cobertos pelo micélio cotonoso composto de inúmeros esporângios (LUZ et al., 2001).

Supressividade

Uma possível forma de controlar a doença é encontrar um solo que apresente supressividade a *Phytophthora palmivora*. Em teoria, pode-se descobrir a natureza dessa supressividade e trabalhar a transferência dessas características para outros solos tornando-os supressivos. Para Baker e Cook (1974), um solo é dito supressivo quando ocorre uma das seguintes situações:

- i. O patógeno não se estabelece;
- ii. O patógeno se estabelece, mas falha em causar doença;
- iii. O patógeno se estabelece, causa doença, mas a severidade é reduzida mesmo com a monocultura.

Cada uma dessas situações ocorre por razões distintas, seja por fatores abióticos ou por ação de outros organismos presentes no solo. Assim, é possível que tal condição se altere ao longo do tempo.

Os organismos presentes nos solos atuam na inibição de uma doença por meio das suas relações intra e interespecíficas, seja por antibiose, competição por espaço alimento, liberação de compostos, toxinas. Quando a causa da inibição é abiótica, pode ser devido às características físicas do solo, ou às químicas como pH, macro e micronutrientes (BETTIOL e GHINI, 2005).

Os nutrientes do solo exercem uma função importante no controle das doenças, principalmente naquelas em que o patógeno tem pelo menos uma etapa do seu ciclo de vida no solo. Segundo Michereff (2005), quando a supressividade é de caráter biótico, a parte viva do solo é quem exerce função importante. Os principais grupos envolvidos nessa característica seriam os fungos, micorrizas, bactérias, colembolas, protozoários e minhocas. Quando é de caráter abiótico, as características físicas e químicas geralmente envolvidas são teor de matéria orgânica, pH, macro e micronutrientes, estrutura e textura, tipo de argila, retenção de água e condutividade elétrica.

Para alguns autores a supressividade está dividida em dois tipos, a de curto e a de longo prazo. A de curto prazo resulta das alterações de práticas agrícolas a exemplo da fertilização, correção de acidez, cultivo mínimo, monocultura, incorporação de matéria orgânica e introdução de antagonistas. Por

esse motivo, a supressividade pode desaparecer de forma rápida com novas alterações. A supressividade de longo prazo pode ser resultado das propriedades físicas e químicas estáveis do solo, e é observada por muito tempo (HORNBY, 1983; MICHEREFF, et al., 2005). Para Chellemi e Porter (2001) a adoção de práticas que promova a saúde do solo ocorre através da seleção de um manejo adequado, porém antes é necessário compreender e identificar os agentes responsáveis pela supressividade. Muitos solos possuem semelhanças no que diz respeito aos microrganismos envolvidos na supressão de uma doença, enquanto outros atributos são exclusivos para supressividade de um patógeno específico. A manipulação dos microrganismos nas comunidades pode induzir a supressividade de um solo (GHINI e MORANDI, 2006).

Resultados envolvendo fator biótico na supressividade em solos foram obtidos por Corrêa et al. (2000). Eles encontraram menor severidade de *Rhizoctonia solani* em solo cultivado com cana-de-açúcar e irrigado com vinhaça, o que foi explicado pela grande produção de carboidratos nessa cultura, o que favoreceria a população de microrganismos do solo, inclusive antagônicos, contribuindo para aumentar a supressividade geral desse solo. O uso de lodo de esgoto incorporado no solo favoreceu a supressividade a *Phytophthora nicotianae*, em plântulas de limão cravo (*Citrus limonia*) devido às alterações químicas e biológicas (VELAZCO, 2002).

Nutrientes

O estado nutricional das plantas é fator que influi em seus níveis de resistência e suscetibilidade. Os nutrientes são fundamentais para o crescimento e produção das plantas, porém proporcionam uma série de benefícios além dos citados. Os elementos fazem parte dos mecanismos de defesa das plantas, atuando como integrais ou ativadores, inibidores e reguladores de metabolismo (ZAMBOLIM et al., 2005).

O patógeno pode influenciar a nutrição da planta de forma a confundir a causa do excesso ou deficiência do nutriente. As doenças podem acarretar mudanças na absorção, translocação e distribuição dos nutrientes. Dessa forma os sintomas podem ser semelhantes aos que ocorrem por deficiência ou excesso dos nutrientes (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993).

Todos os macro e micronutrientes são importantes no equilíbrio nutricional das plantas. Apesar disso é necessário conhecer as fontes, pois nem sempre os elementos estarão disponíveis para as plantas a depender da forma em que se encontrem no solo. Segundo Zambolim et al. (2005), a deficiência ou excesso de um elemento pode influenciar a atividade de outro, afetando sua disponibilidade. Além disso, para aqueles autores, o equilíbrio dos nutrientes é tão importante quanto à presença de um ou de outro elemento.

Macronutrientes

O nitrogênio está associado ao crescimento, sendo importante na produção de aminoácidos, proteínas, hormônios de crescimento, fitoalexinas e fenóis pela planta. Em grande quantidade promove crescimento de tecido jovem e suculento, podendo estender o estágio vegetativo e/ou retardar a maturidade da planta. Tal situação propicia condições ao ataque de patógenos. Porém, quando há deficiência na planta, o crescimento é lento deixando-as suscetíveis aos patógenos. A forma em que se encontra o elemento é mais importante que a sua quantidade. Ou seja, cada fonte de nitrogênio estará relacionada de maneira distinta a aumentos ou reduções da severidade das doenças (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993; ZAMBOLIM et al., 2005).

O fósforo é frequentemente associado a reduções na incidência de fungos em diversas espécies de plantas. É considerado responsável pelo aumento da resistência por proporcionar maturação precoce dos tecidos, dificultando o estabelecimento de patógenos que tem afinidade por tecidos jovens (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993; ZAMBOLIM et al., 2005). Porém, em alguns casos, o aumento do nível desse elemento ocasiona aumento da severidade. Como exemplo pode-se citar a ferrugem da cana-de açúcar causada por *Puccinia melanocephala* (ANDRADE, 1991).

O potássio de forma geral diminui a suscetibilidade ou aumenta a resistência, isso para parasitas obrigatórios e facultativos também. Plantas deficientes em potássio são mais suscetíveis do que plantas com níveis suficientes do elemento (ZAMBOLIM et al., 2005).

Importante na divisão e desenvolvimento celular, o cálcio está relacionado à integridade da membrana e da parede celular das plantas. Esse nutriente complementa a função do potássio na organização celular, hidratação e

permeabilidade. O cálcio torna difícil a degradação das enzimas pectolíticas que conferem resistência. Assim, quando em falta, ocorre à inibição da atividade de tais enzimas, o que permite o ataque de patógenos macerativos. O cálcio está relacionado com diversas doenças, tais como tombamento de mudas em viveiro e campo, podridão das raízes e do hipocótilo, podridão de órgãos suculentos. Nesses casos a intensidade da doença está inversamente relacionada com o teor de cálcio nos tecidos da planta (HUBER, 1980; ZAMBOLIM et al., 2005).

O enxofre está disponível em grande parte dos solos, sendo adicionado indiretamente através dos fertilizantes. Esse nutriente está presente em aminoácidos, proteínas, enzimas, vitaminas, óleos aromáticos e ferredoxinas, favorecendo o crescimento das raízes e ainda a nodulação em leguminosas (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993; ZAMBOLIM et al., 2005).

O magnésio está frequentemente ligado ao cálcio, pois ambos podem ser utilizados para neutralizar o pH dos solos. Solos ácidos são caracterizados por baixos teores de magnésio. Por fazer parte da clorofila, é essencial para fotossíntese. Esse nutriente é constantemente relacionado com a velocidade de crescimento de plantas, mitose, níveis de proteínas e metabolismo de carboidratos. Em função do patossistema, pode reduzir ou não a severidade das doenças (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993; ZAMBOLIM et al., 2005).

Micronutrientes

Alguns trabalhos demonstram que o zinco aumenta a resistência das plantas, porém existem casos em que favorece a severidade das doenças. Atua no patógeno, ocasionando perda da integridade da membrana plasmática, funcionando ainda como ativador de enzimas na planta, a exemplo da RNA polimerase (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993; ZAMBOLIM et al., 2005).

O ferro atua no patógeno e no hospedeiro quando se trata de doenças de plantas. No patógeno, pode induzir o aumento de toxinas quando em níveis altos. No hospedeiro, o íon ferro ativa enzimas que atuam na síntese de compostos antifúngicos e sua falta resulta em suscetibilidade (ZAMBOLIM et al., 2005).

O silício é componente da parede celular das células da epiderme, conferindo resistência às plantas; decréscimos nos níveis de silício podem induzir suscetibilidade. Trabalhos realizados por Rodrigues (2000) mostraram que a

fertilização silicatada proporciona redução na severidade da queima das bainhas em arroz, cujo agente etiológico é *Rhizoctonia solani*.

O boro é um elemento necessário em pequena quantidade para manutenção da integridade da membrana plasmática, sendo útil no transporte de potássio para as células-guarda. Já a função do cloro assemelha-se à do potássio na diminuição da severidade das doenças (ZAMBOLIM et al., 2005).

A depender da disponibilidade de manganês no solo, suas formas se tornam ou não disponíveis em função dos fatores ambientais que se encontram em determinados solos, influenciados por fatores bióticos e abióticos. Para Huber e Wilhelm (1988), é um elemento que contribui no controle das doenças de plantas. Ao ser aplicado em pulverizações foliares, tratamento de sementes ou diretamente no solo, atua no controle de doenças (ZAMBOLIM et al., 2005).

Assim como o boro e o manganês, a planta necessita do cobre em pequenas quantidades. Esse micronutriente é componente da enzima polifenol oxidase e possui afinidade por proteínas. É importante na biossíntese de lignina e na produção de fenóis solúveis que são responsáveis pela oxidação de substâncias tóxicas denominadas quinonas.

Não se sabe precisamente a função específica do molibdênio, porém alguns trabalhos evidenciaram redução de sintomas em algumas doenças. Por exemplo, a redução da murcha causada por *Verticillium* após aplicação de molibdênio nas raízes de tomateiro (DUTTA e BREMMER, 1981; MILLER e BECKER, 1983). Embora não se conheça o mecanismo de ação nas plantas, sabe-se que as enzimas nitrogenase e redutase do nitrato utilizam o molibdênio na sua atuação (MARCHNER, 1986; ZAMBOLIM et al., 2005).

Importância dos nutrientes para os fitopatógenos

Assim como as plantas, os microrganismos filamentosos utilizam nutrientes para seu crescimento e em diversas etapas do seu ciclo de vida. Os macronutrientes necessários aos fitopatógenos, ou seja, aqueles de que eles necessitam em maior quantidade, podem ser os mesmos considerados para as plantas. Segundo Griffing (1994), os macronutrientes essenciais aos fungos são carbono, enxofre, fósforo, magnésio, nitrogênio e potássio. O magnésio e o potássio participam da ativação enzimática, enquanto o cálcio faz parte de diversos processos como sinalização celular, morfogênese e formação de corpos

de frutificação (JENNINGS e LYSEK, 1996). Os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades. São considerados como tal, cálcio, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco. Sua principal função é a ativação enzimática (GRIFFING, 1994).

Espécies de *Phytophthora* utilizam o nitrogênio preferencialmente na forma amoniacal, porém algumas espécies utilizam na forma de nitrato de amônio. Independente da forma, o nitrogênio é importante para o crescimento micelial e a produção de esporângios. Por exemplo, para *P. cactorum*, a melhor fonte é o amônio, mas *P. parasitica* e *P. erythroseptica* crescem bem em ambos, porém a melhor fonte é o nitrato. Já *P. megasperma* não cresce em meio contendo amônio (ERWIN e RIBEIRO, 1996).

O cálcio estimula a reprodução sexuada e assexuada de espécies do gênero *Phytophthora*. Sabe-se que a utilização do composto trifluoroperazine, que inibe ou interage com calmodulina, uma proteína de ligação de cálcio, inibe a produção de esporângios de *P. palmivora* e a formação de estruturas sexuais de *P. cactorum* (ERWIN e RIBEIRO, 1996).

Foi utilizado o teste da isca, que comumente sempre foi utilizado em fitopatologia na recuperação de patógenos, e em diagnósticos, uma técnica simples, que requer o uso de pouco espaço, porém aqui foi utilizado de se mostrou eficaz na detecção de solos supressivos e/ou condusivos à *Phytophthora palmivora*. Ficou evidente a possibilidade do uso de amostras de solos, ou de reutilização de dados, resultantes das análises de fertilidade dos solos, com a finalidade de seleção de solos ou mapas de regiões onde será possível uma prévia classificação em favorável ou desfavorável ao desenvolvimento do patógeno.

Em função da carência de informações sobre o papel dos nutrientes na bioecologia de *Phytophthora palmivora*, agente causal da podridão do pé do mamoeiro, este trabalho teve como objetivos: (i) ajustar uma metodologia para determinar influência de fatores abióticos na supressividade de solos à produção de esporângios, (ii) detectar a ocorrência de tal condição em uma amostra de solos do Estado da Bahia, e (iii) qualificar e quantificar a interferência de nutrientes na reprodução do patógeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W. BLACKWELL, M. **Introductory mycology**. New York, John Wiley & Sons, Inc., 4^a ed.1996. 869p.
- ALVES, F.L. A cultura do mamão *Carica papaya* L. no mundo in: A cultura do mamoeiro Tecnologias de Produção. MARTINS, D.S.; COSTA A.F.S. da. (Eds.). **A cultura do mamoeiro Tecnologias de Produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003. 497p.
- ANDRADE, P.M.J. **Efeito de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o desenvolvimento da ferrugem da cana de açúcar (*Puccinia melanocephala* H. & P. Sydow)**. Viçosa, UFV. Tese de Mestrado. 1991.
- ANDRIGUETO, J.R.; KOSOSKI, A.R. **Desenvolvimento e conquistas da Produção Integrada de Frutas no Brasil**. Papaya Brasil, 2003.
- BAKER, R.; COOK, J. **Biological control of plant pathogens**, San Francisco. W. H. Freeman, 1974. 433p.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Solos Supressivos. in: MICHEREFF, et al. (Eds.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. UFRPE, Imprensa Universitária, Recife, PE. 2005.398p.
- 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.
- CHELLEMI, D.O.; PORTER, I.J. The role of plant pathology in understanding soil health and its application to production agriculture. **Australasian Plant Pathology** v.30, p.103–109. 2001.
- CORRÊA, G. C.; ROCHA, M. R.; JUNIOR, J. P. O.; CARNEIRO, I. F.; CARDOSO, J. E. Supressividade de diferentes solos a *Rhizoctonia solani*, nos cerrados do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 30, n. 2, p. 29-33. 2000.

DANTAS, S.A.F.; OLIVEIRA, S.M.A.; BEZERRA NETO, E.; COELHO, R.S.B.; SILVA, R.L.X. da. Indutores de resistência na proteção do mamão contra podridões pós-colheita. **Summa Phytopathologica**, v.30, p.314-319, 2004.

DIANESE, A.C.; BLUM, L.E.B.; DUTRA, J.B; LOPES, L.F. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2309-2314, nov, 2009.

DUTTA, B.K.; BREMMER, E. Trace elements as plant chemotherapeutants to control *Verticillium* wilt. **Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz** 88: 405-412. 1981.

ERWIN, D. C.; RIBEIRO, O. K. Cultural and biological control. In: ERWIN, D.C.; RIBEIRO, O.K. **Phytophthora diseases worldwide**. St. Paul: Minnesota: American Phytopathological Society, 1996. 592p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Produção de alimentos e de commodities agrícolas**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 19/05/2012.

GHINI, R.; MORANDI, M.A.B. Biotic and abiotic factors associated with soil suppressiveness to *Rhizoctonia solani*. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v.63, n.2, p.153-160, Mar./Apr. 2006.

GRAHAM, R.D.; WEBB, M.J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: WELSH, R.M. (Eds.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison. American Society of Agronomy.1991. 760p.

GRIFFING, D.H. **Fungal physiology**. New York: Wiley-Liss.1994.458p.

HORNBY, D. Suppressible soils. **Annual Review of Phytopathology** 21: 65-85. 1983.

HUBER, D.M. The role of nutrition in defense. In:Horsfall, J.G. & Cowling, E.B. (Eds.). **Plant pathology** – An Advanced Treatise. New York. Academic Press. 1980.pp.381-406.

HUBER, D.M. & SCHNEIDER, R.W. The description and occurrence of suppressive soils. In: Schneider, R.W. (Eds.) **Suppressive Soils and Plant Disease**. Saint Paul MN. APS Press. 1982. pp. 1-7.

HUBER, D.M.; WILHELM, N.S. The role of manganese in resistence to plant diseases. In: Graham, R.D.; HANNAM, R.J. & UREN, N.C (Eds.). **Manganese in soil and plants**. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers. 1988. PP.155-173.

HUBER, D.M. The influence of mineral nutrition on vegetables diseases. **Horticultura Brasileira** 12: 206 – 214.1994

HUNTER, J.E.; KUNIMOTO, R.K. Dispersal of *Phytophthora palmivora* sporangia by wind-blown rain. St. Paul, **Phytopathology**, 64(2): 202-206. 1974.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/PAM2010_Publicacao_completa.pdf. Acesso em 18/05/2012.

JACOMINO, A.P.; BRON, I.U.; KLUGE, R.A. **AVANÇOS EM TECNOLOGIA PÓS-COLHEITA DE MAMÃO** *Papaya Brasil* – 2003. 282p.

JENNINGS, D.H.; LYSEK, G. **Fungal Biology**: Understanding the fungal lifestyle. Guildford: BIOS Scientific Publishers. 1996. 156p.

KROON, L. P. N. M., BROUWER, H.; COCK, A. W. A. M.; GOVERS, F. The genus *Phytophthora* anno 2012. **Phytopathology** 102:348-364, 2012.

LUZ, E.D.M.N; SANTOS, A.F. dos; MATUSUOKA, K.; BEZERRA, J.L. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Livraria e Editora Rural, 2001. 754p.

MARCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York. Academic Press. 1986. 674p.

MARTIN, F.N.; ABAD, Z.G.; BALCI, Y.; IVORS, K. Identification and Detection of *Phytophthora*: Reviewing Our Progress, Identifying Our Needs. **Plant Disease**, v.96, p. 1080-1103, 2012.

MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003. 497p.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. L. da S. Processamento de mamão. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. cap 15. 450 p.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**. UFRPE, Imprensa Universitária, Recife, PE. 2005.398p.

MILLER, V.R.; BECKER, Z.E. The role of microelements in cotton resistance to Verticillium Wilt. **Sel'skokhoz. Biol.** 11: 54-56.1983.

OLIVEIRA, A. A. R., BARBOSA, C. de J., SANTOS FILHO, H. P.; MEISSNER FILHO, P. C. Doenças e seu controle. IN: **O cultivo do Mamão**. (EMBRAPA – CNPMF, Circular Técnico, 34). Cruz das Almas, BA: EMBRAPA – CNPMF, p. 44 – 55, 1999.

SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. cords. **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 105p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, 34).

SILVA, G. S, Podridão das raízes e dos frutos. In: LUZ, E.D.M.N., SANTOS, A.F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA.J.L. (Eds.). **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Livraria e Editora Rural – LTDA., p. 413-423. 2001.

SOUZA, J.S. Comercialização. **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 105p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, 34).

RODRIGUES, F.A. **Fertilização silicatada na severidade da queima-das-bainhas (*Rhizoctonia solani* Kuhn) do arroz**. Dissertação de Mestrado. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 2000.

VELAZCO, C.L. **Indução de Supressividade a *Phytophthora nicotianae* em mudas de limão cravo com lodo de esgoto/ Carolina Leoni Velazco**.

Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002. 66p.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Manejo das doenças do mamoeiro. In: Martins, D. S. & Costa, A. F. S. (Eds.). **A Cultura do Mamoeiro – Tecnologias de Produção**. Vitória, ES: Incaper, p. 231-308, 2003.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**.1:275-318.1993.

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 e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**.153-181. 2005.

CAPÍTULO 1

DETECÇÃO DE SOLOS SUPRESSIVOS À PRODUÇÃO DE ESPORÂNGIOS POR *Phytophthora palmivora*

RESUMO

SILVA, M.C. **Detecção de solos supressivos à produção de esporângios por *Phytophthora palmivora***. Cruz das Almas, 2012. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

As podridões do pé e do fruto do mamoeiro são doenças causadas pelo Oomiceto *Phytophthora palmivora* e que ocasionam perdas à produção. Um possível controle pode se obtido, encontrando-se solos que apresentem supressividade ao patógeno. A supressividade é uma característica inerente aos solos que leva à diminuição da doença, pois o patógeno tem seu potencial patogênico reduzido. Assim, é necessário conhecer os fatores do solo que atuam para que essa característica ocorra. Para testar a ocorrência de supressividade à produção de esporângios em 30 solos do Estado da Bahia, utilizou-se o isolado 7 de *P. palmivora*, da micoteca da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Para eliminar os fatores bióticos, os solos foram secos em estufa a 80 °C por uma hora. Dez gramas de solo foram dispensados em copos com volume de 50 mL e adicionados 20 ml de água destilada, colocando-se em seguida um disco com micélio de *P. palmivora* com 7-8 dias de idade, e adicionaram-se 4 discos foliares de mamoeiro com 0,7 mm diâmetro. Após 3 dias foram preparadas lâminas com 3 discos de cada copo e feita a contagem dos esporângios. Foi encontrado pelo menos um solo com alto potencial de supressividade, o qual induziu uma redução de 85% na produção de esporângios. A produção de esporângios pode ser negativamente correlacionada com teores de ferro e alumínio. A análise de componentes principais mostrou que as variáveis mais associadas à variância dos dados foram os teores de cálcio, alumínio e sódio, além do pH e do percentual de saturação de bases. A análise discriminante apontou os teores de alumínio e sódio como capazes de distinguir três grupos arbitrários de inibição da produção de esporângios.

Palavras-chave: condição do solo, supressividade, mamoeiro, *Carica papaya*, podridão do pé.

ABSTRACT

SILVA, M.C. **Detection of suppressive soils to sporangia production by *Phytophthora palmivora***. Cruz das Almas, 2012. Dissertation (Master in Agricultural Microbiology). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

The papaya foot and fruit rots are caused by the oomycete *Phytophthora palmivora*, leading to yield loss. A possible control could be obtained by evasion, establishing the orchards on areas with suppressive soils. The suppressiveness is a soil characteristic that leads to disease reduction by affecting the pathogen's potential. Thus, it is necessary to know the soil factors responsible for such a feature. The *P. palmivora* isolate 7 from Embrapa Cassava and Fruits pathogen collection was used to detect the suppressiveness to sporangia production in 30 soils from different counties of the state of Bahia, Brazil, Bahia. To eliminate the influence of biotic factors the soils were dried in an oven at 80 °C for one hour. Ten grams of soil were dispensed into 50 mL cups. 20 mL of distilled water was added to the soil, then placing a disk with mycelium of *P. palmivora* with 7-8 days of age, and four papaya leaf discs with 0.7 mm diameter. After 3 days slides were prepared with three leaf disks per soil and the sporangia were counted. We found at least one soil suppressiveness with high potential, which induced a reduction of 85% in sporangia production. The production of sporangia was negatively correlated with soil levels of iron and aluminum. The principal component analysis showed that the variables most associated with the variance of the data were soil levels of calcium, aluminum and sodium, pH and percentage base saturation. Discriminant analysis showed that concentrations of aluminum and sodium could distinguish three arbitrary sporangia inhibition groups.

Keywords: soil condition, suppression, control, *Carica papaya*, papaya, foot rot.

INTRODUÇÃO

As podridões do pé e do fruto do mamoeiro são doenças causadas pelo Oomiceto *Phytophthora palmivora*, ocasionando perdas na produção, razão pela qual se buscam métodos de controle do patógeno. A procura pela sustentabilidade, pela diminuição do uso de produtos químicos e principalmente pelo consumo de alimentos que não ofereçam riscos a saúde, são razões pertinentes para se encontrar métodos que possam reduzir ou inviabilizar as populações do patógeno em uma dada região a fim de evitar a queda na produção ou até mesmo a eliminação de um pomar.

Um possível controle pode se obtido por meio de solos que apresentem supressividade a *P. palmivora*. Um solo é dito supressivo quando o patógeno não se estabelece, se estabelece e não causa a doença, ou ainda quando se estabelece, causa a doença, porém a severidade é diminuída (BAKER e COOK, 1974). A descoberta da influência de um fator abiótico que atue na redução da intensidade de uma doença deve contribuir de forma significativa no manejo de um patossistema. De posse dessa informação é possível, por exemplo, manipular um fator que irá reduzir a sobrevivência do patógeno sem afetar o ciclo de vida do hospedeiro (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993).

Os fatores abióticos que atuam na supressividade dos solos influenciam de duas formas. Diretamente, quando interferem no ciclo de vida do patógeno, ou indiretamente, quando atuam favorecendo atividade microbiana ou ainda sobre a planta. As características físicas e químicas do solo envolvidas na supressividade são, teor de matéria orgânica, pH, macro e micronutrientes, estrutura e textura do solo, tipo de argila, etc, sendo que interação entre si, o que dificulta precisar qual foi o mais representativo na supressividade adquirida (BETTIOL e GHINI, 2009). Os mecanismos responsáveis pela supressividade são poucos conhecidos mas a maioria das explicações envolvem antagonismo microbiano, antibiose, competição, parasitismo e predação (HORNBY, 1983; MAZZOLA, 2002).

Existem diversos estudos relacionados com a supressividade de solos a vários fitopatógenos, porém, poucos relatos sobre supressividade a *P. palmivora*. Considerando a carência de estudos de busca de solos que apresentem essa característica, o objetivo deste trabalho foi (i) detectar a existência de solos

supressivos à produção de esporângios de *P. palmivora* e (ii) relacionar tal supressividade com os fatores abióticos desses solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos visando adequação de metodologia (experimentos 1 e 2) e avaliação do efeito de solos supressivos à produção de esporângios por *Phytophthora palmivora* (experimento 3) em que se utilizou o isolado 7 de *P. palmivora*, originado da micoteca da Embrapa Mandioca e Fruticultura. O isolado foi repicado para placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo meio cenoura-ágar (CA), que foram incubadas em câmara de crescimento (BOD), com temperatura constante de 25 °C.

O experimento 1 consistiu na avaliação da produção de esporângios em solos submetidos a diferentes condições de esterilização segundo metodologia descrita por Mendes et al. (2011). Para isso, amostras de solos foram retirados de um experimento com mamoeiro *Sunrise Solo*, sem histórico de ocorrência de *P. palmivora*, localizado na Embrapa Mandioca e Fruticultura, na profundidade de 0 a 20 cm. Os seguintes tratamentos foram aplicados: I – solo não tratado; II – solo autoclavado a 120 °C por 20 minutos; III – solo seco em estufa a 50 °C por 1 hora; IV – solo seco em estufa a 80 °C por 1 hora; e V – água destilada (controle).

Em todos os tratamentos, com exceção do controle (ausência de solo), foi utilizado um volume de 50g de solo e 100 ml de água destilada colocados em copos descartáveis com capacidade de volume de 200 ml. Em cada copo foi colocado um disco de 0,7 mm com micélio de *P. palmivora* no fundo do copo e 20 discos foliares de mamoeiro *Sunrise Solo* na lâmina de água. Os copos foram colocados em bandejas e cobertos com filme plástico. O experimento foi conduzido nas bancadas do laboratório sob temperatura média de 25 °C e luz constante. Foram realizadas avaliações no segundo, terceiro e no quinto dia após a montagem do experimento. Para cada copo foi preparada uma lâmina com 3 discos foliares e realizada contagem dos esporângios em microscópio.

O experimento 2 foi instalado para determinação do volume ótimo dos copos e o melhor tempo de avaliação. Avaliaram-se três tratamentos com diferentes volumes de solo e de água, porém proporcionais entre si: I – copo

descartável com capacidade de 50 ml, com 10 g de solo e 20 ml de água destilada, 1 disco com inóculo *P. palmivora* e 4 discos foliares de mamoeiro *Sunrise Solo*; II - copo descartável com capacidade de 100 ml, com 25 g de solo e 50 ml de água destilada, 2,5 discos com inóculo de *P. palmivora* e 10 discos foliares de mamoeiro *Sunrise Solo*; e III - copo descartável com capacidade de 200 ml, com 50 g de solo e 100 ml de água destilada, 5 discos com inóculo de *P. palmivora* e 20 discos foliares de mamoeiro *Sunrise Solo*. Foram feitas leituras diárias por 5 dias após a montagem do experimento. Para cada leitura eram preparadas lâminas com 3 discos foliares e realizada contagem dos esporângios em microscópio (Figura 2).

Os experimentos 1 e 2 foram instalados no delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 10 repetições. Os dados foram transformados para log (x+10) visando o atendimento das pressuposições da análise de variância e submetidos ao teste F. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas utilizando-se o programa Assistat.

Após a definição da metodologia, instalou-se um terceiro experimento para avaliar o efeito de solos supressivos à produção de esporângios por *P. palmivora*. Foram obtidas trinta amostras de solos do Laboratório de Química e Fertilidade de Solos da Embrapa Mandioca e Fruticultura, oriundas de diferentes municípios do Estado da Bahia (Figura 1): Catu (2 amostras), Conde (4 amostras), Cruz das Almas (2 amostras), Iaçu (1 amostra), Itajuípe (7 amostras), Jandaíra (3 amostras), Macaúbas (1 amostra), Pau-Brasil (1 amostra), São Gonçalo (2 amostras), Souto Soares (3 amostras), Teolândia (1 amostras) e Wenceslau Guimarães (3 amostras), totalizando 30 tratamentos. As amostras de solo seco foram esterilizadas em estufa a 80 °C por 1 hora e adicionadas a um copo descartável com capacidade volumétrica de 50 ml, com 10 g de solo e 20 ml de água destilada, 1 disco com inóculo de *P. palmivora* e 4 discos foliares de mamoeiro *Sunrise Solo*. Considerou-se como tratamento controle o copo descartável com 20 ml de água destilada sem solo. No terceiro dia após a montagem do experimento foi feita a avaliação, preparando-se 1 lâmina com 3 discos foliares, em que se avaliou o número de esporângios

O experimento 3 foi instalado no delineamento inteiramente casualizado com 31 tratamentos e 10 repetições. Os dados foram transformados para log

(x+10) visando o atendimento das pressuposições da análise de variância e submetidos ao teste F. As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas utilizando-se o programa Sisvar. Foram considerados como supressivos os solos nos quais a produção de esporângios foi igual ou inferior a 20% do controle.

Os dados do experimento 3 também foram submetidos à análise multivariada de componentes principais e análise discriminante. Para isso, os dados foram padronizados e em seguida calcularam-se os coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de esporângios e as variáveis químicas dos solos dos diferentes municípios baianos. As variáveis correlacionadas (Teste t, $P \leq 0,15$) foram utilizadas para a análise de componentes principais. Para a análise discriminante, inicialmente calculou-se a percentagem de inibição da produção de esporângios para cada um dos solos analisados. Em função dos valores encontrados, subdividiram-se os solos em grupos arbitrários segundo o critério: grupo 1: 0-25% de inibição, grupo 2: 25-50% e grupo 3: >50%. As análises multivariadas foram realizadas no programa Statistica.



Figura 1. Mapa do Estado da Bahia com a localização dos municípios onde foram coletados os solos para avaliação da capacidade supressiva dos solos à produção de esporângios de *Phytophthora palmivora* pelo teste da isca.

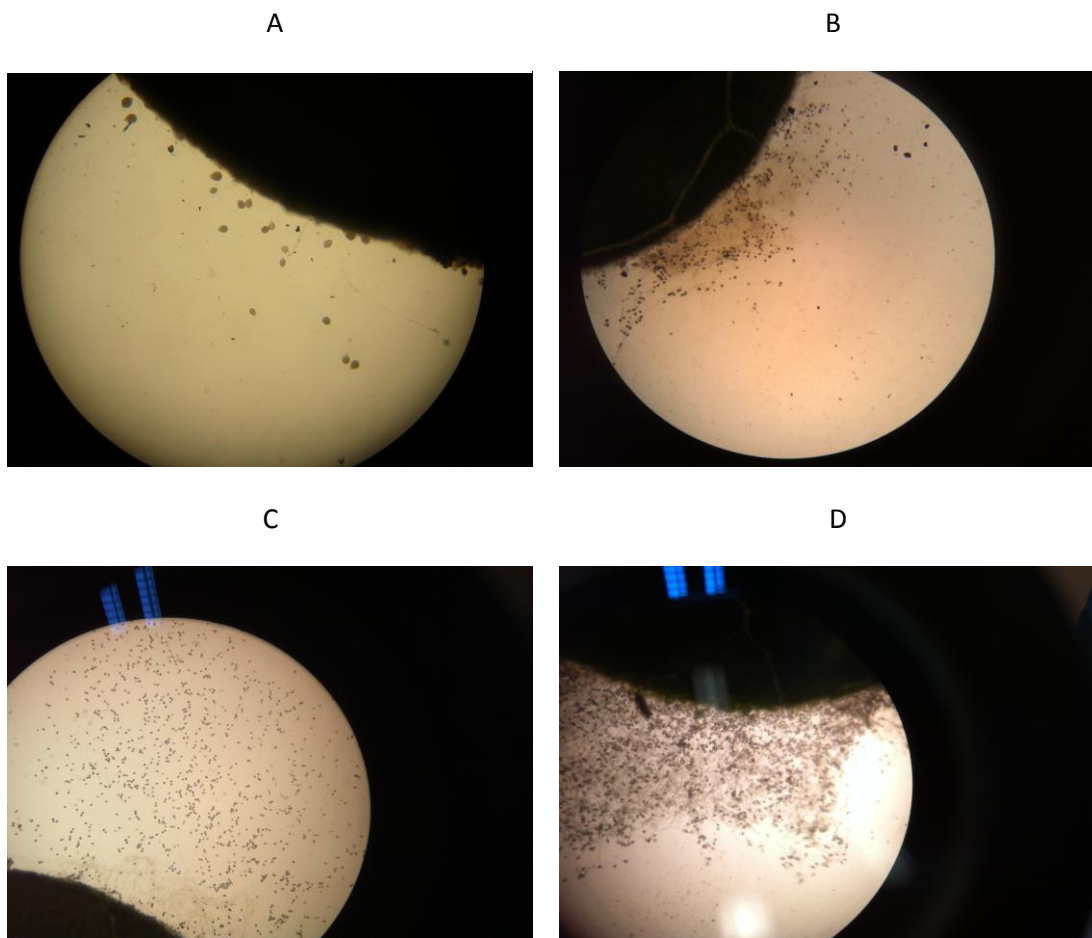


Figura 2. Visualização dos esporângios de *Phytophthora palmivora* em microscópio. A = 18 esporângios; B = ± 200 esporângios; C = ± 600 esporângios; D = ± 1000 esporângios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo esterilizado em estufa a 80 °C por uma hora não diferiu estatisticamente do tratamento controle ($p > 0,05$) e foi o tratamento que propiciou a maior produção de esporângios de *P. palmivora* (Tabela 1), em todo o período de avaliação. Considerou-se esse o tratamento que melhor retrata a parte abiótica do solo.

O solo não tratado apresentou estatisticamente as menores produções de esporângios de *P. palmivora* nos primeiros três dias de avaliação ($p < 0,05$). Pelo fato de não ter sido submetido a nenhum tratamento, tal solo ainda possuiria uma série de microrganismos que vivem em conjunto na natureza e interagem entre si, seja por competição, antagonismo ou outro tipo de relação. Isso fica evidenciado

pelo fato da produção de esporângios terem sido menor. Esses solos podem conter altas quantidades de inóculo de patógenos, que interfeririam na esporulação nos testes de detecção de supressividade (GRUNWALD et al., 1997).

Tabela 1. Valores médios para a produção temporal de esporângios por *Phytophthora palmivora* no teste da isca em discos foliares de mamão *Sunrise Solo* em solos submetidos a diferentes condições de esterilização.

Tratamentos	Tempo (Dias)			
	2	3	4	5
Solo não tratado	84,3 cC	183,2 cC	672,2 bC	666,7 aB
Solo autoclavado (120°C por 20')	343,7 bB	988,9 aAB	965,4 aB	930,0 aB
Solo seco (50°C por 1 hora)	384,9 bB	808,2 abB	846,0 aB	1106,7 aB
Solo seco (80°C por 1 hora)	680,5 aAB	1034,6 aAB	1065,0 aAB	1250,0 aAB
Água	974,3 bA	2213,3 abA	2480,0 aA	2703,3aA

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O tratamento com autoclavagem, comumente utilizado como forma de esterilização de solos, não foi totalmente eficaz pois também proporcionou a formação de esporângios. Uma hipótese para isso seria a liberação de compostos químicos durante o processo. O tratamento de secagem a 50 °C também não foi suficiente para eliminação do componente biótico pois ainda houve redução na produção de esporângios.

Não houve efeito significativo para volume de solo e de água, ou para a interação entre volume de solo e de água vs. tempos de avaliação ($p > 0,05$) no experimento para determinação dos volumes e tempos ótimos. Com relação ao volume do recipiente, a não significância dos tratamentos era de se esperar uma vez que todos eram proporcionalmente iguais e apresentaram comportamento semelhante (Tabela 2 e Figura 2), logo constatou-se que o experimento 3 poderia ser realizado utilizando um volume menor de solo (10 g). Foi observado que o terceiro e quarto dia após montagem do experimento foi o melhor período para realização da contagem de esporângios (Figura 3), pois depois desse tempo os esporângios são liberados para solução aquosa, significando que qualquer contagem realizada antes ou após esse período não forneceria dados confiáveis.

Tabela 2. Valores médios para a produção temporal de esporângios por *Phytophthora palmivora* pelo teste da isca em discos foliares de mamão *Sunrise Solo* sob diferentes volumes proporcionais de solo e água.

Recipiente (ml)	Solo (g)	Água (ml)	Tempo (dias)					Média
			1	2	3	4	5	
50	10	20	0,4	297	1287	1192	637	683 A
100	25	50	0,2	351	1142	1193	624	662 A
200	50	100	0,2	270	1197	1167	605	648 A
Média			0,2 d	306 c	1208 a	1184 a	622 b	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

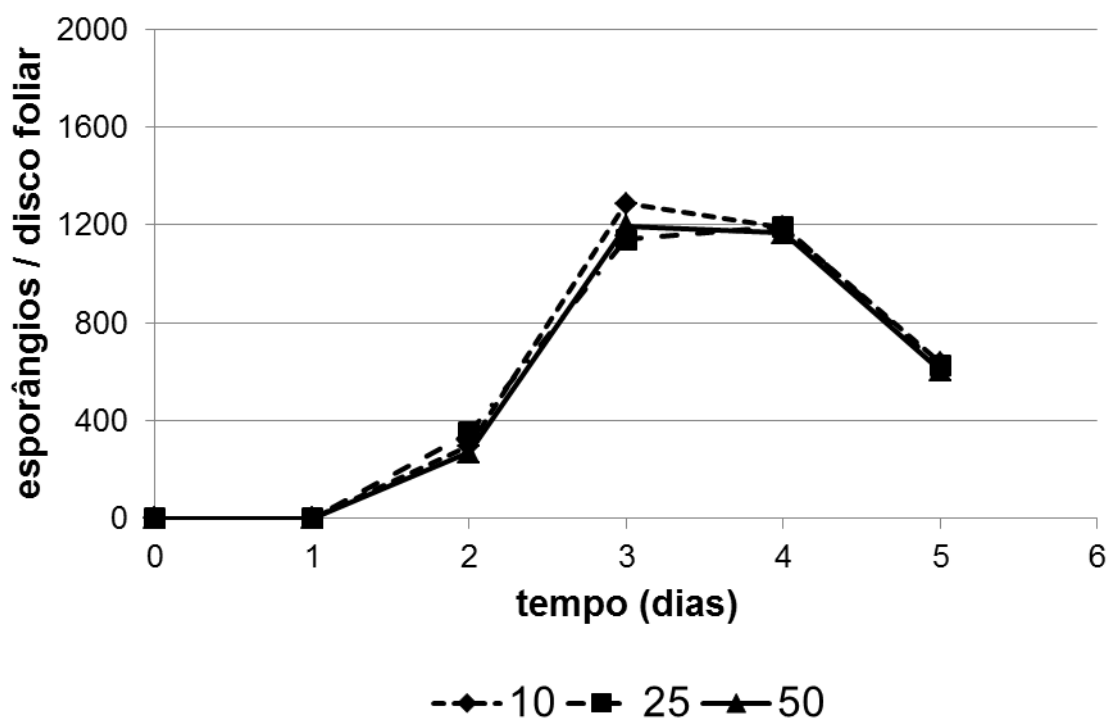


Figura 3. Curvas da produção temporal de esporângios de *Phytophthora palmivora* em discos foliares de mamão *Sunrise Solo* sob diferentes volumes de solo e água.

Dos 30 solos utilizados no trabalho, 24 foram agrupados juntamente com o tratamento de água destilada usado como referência por não apresentar impedimentos ao crescimento de esporângios de *P. palmivora* (Tabela 3). Dois solos do Município do Conde, dois do município de Jandaíra e um solo do município de Cruz das Almas apresentaram uma redução na produção de esporângios, porém não podem ser considerados supressivos. Devido à redução

Tabela 3. Produção de esporângios por *Phytophthora palmivora* pelo teste da isca em discos foliares de mamão *Sunrise Solo* ao terceiro dia, percentagem de inibição e grupos de classificação dos solos em função da percentagem de inibição originados de diferentes municípios do Estado da Bahia para avaliação de supressividade.

Municípios de origem do solo	Número médio esporângios	% inibição	Grupos
Souto Soares	332,9 d	85,6	3
Souto Soares	1523,3 a	34,5	2
Souto Soares	1730,0 a	25,2	2
Iaçu	2700,0 a	-16,7	1
Pau-Brasil	2053,3 a	11,2	1
Conde	1800,0 a	22,2	1
Conde	1166,2 b	49,6	2
Conde	1288,3 b	44,3	2
Conde	1682,8 a	27,3	2
Teolândia	1650,0 a	28,7	2
Jandaíra	1043,3 b	54,9	3
Jandaíra	1243,3 b	46,2	2
Jandaíra	1606,7 a	30,6	2
São Gonçalo	1693,3 a	26,8	2
São Gonçalo	1456,7 a	37,0	2
Itajuípe	1473,3 a	36,3	2
Itajuípe	1590,0 a	31,3	2
Itajuípe	1606,7 a	30,6	2
Itajuípe	1626,7 a	29,7	2
Itajuípe	1460,0 a	36,9	2
Itajuípe	1860,0 a	19,6	1
Itajuípe	2086,7 a	9,8	1
Catu	1803,3 a	22,0	1
Catu	1883,3 a	18,6	1
Cruz das Almas	930,8 c	59,8	3
Macaúbas	1510,0 a	34,7	2
Cruz das Almas	1846,7 a	20,2	1
Wescslau Guimarães	2036,7 a	12,0	1
Wescslau Guimarães	2450,0 a	-5,9	1
Wescslau Guimarães	2336,7 a	-1,0	1
Água	2313,3 a	0,0	3

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Grupo 1: 0-25% de inibição, grupo 2: 25-50% e grupo 3: >50%.

bastante significativa em relação à água, apenas um solo do município de Souto Soares foi considerado supressivo a *P. palmivora* por apresentar percentual de inibição acima de 85%.

Os teores de P, Zn, Na e Al apresentaram os maiores coeficientes de variação (%), com valores respectivos de 245,8%, 138,7%, 136,0% e 117,7%, indicando elevada variação dos teores desses elementos nos solos dos diferentes municípios (Tabela 4). As variáveis que mais se correlacionaram significativamente com a produção de esporângios foram teor de Fe ($r = -0,71^*$), teor de Al ($r = -0,59^*$), teores de H+Al ($r = -0,34+$), percentual de saturação de bases (V) ($r = 0,34+$), teor de Na ($r = -0,30+$) e pH e teor de Ca (ambos com $r = 0,27+$). O sinal negativo da correlação para Fe, Al, H+Al e Na indicam que teores altos desses elementos no solo estão associados à baixa produção de esporângios nos solos.

As variáveis que se correlacionaram significativamente com a produção de esporângios, podem ser divididas ainda em níveis, em função da significância de acordo a Tabela 4. O primeiro estaria o Al, que é um elemento tóxico para as plantas, logo os solos agrícolas, que possuem características propícias às plantas, com Al neutralizado, estarão favorecendo a produção de esporângios por *P.palmivora*. Um manejo indicado seria o uso de formas de Al que não sejam fitotóxicas, por exemplo, Fichtner et al. (2006) utilizou formas monoméricas de Al, em *P. parasítica* var. *nicotianae* e obteve inibição na produção de esporângios.

Em outro nível, estaria o pH, H +Al e V%, equivalem às propriedades físico-químicas dos solos. E um último nível, formado pelos elementos, Fe, Ca e Na que são os nutrientes que mais se relacionaram com a produção de esporângios.

Considerando as variáveis químicas que se correlacionaram com a produção de esporângios ($p < 0,15$), observa-se que os dois primeiros componentes principais (CP) explicaram 82,25% da variância total disponível (Tabela 5). Não foi considerado para essa análise a variável relativa aos teores de Fe devido ao fato de se ter informações de apenas 10 dos 30 solos utilizados nesse trabalho. As variáveis que mais contribuíram para o CP1 (que explica 52,66% da variância total), foram o pH e a saturação de bases (25,62% e 23,95% do total do CP1, respectivamente). No CP2, que explica 29,59% da variância total, as variáveis que mais contribuíram foram Ca e Na, com 40,91% e 27,18%, respectivamente, do total do CP2.

Tabela 4. Estatísticas descritivas e coeficientes de correlação de Pearson entre a produção de esporângios e as variáveis das análises químicas dos solos originados de diferentes municípios baianos para avaliação de supressividade.

Variável	Média	Desvio Padrão	CV (%)	Correlação de Pearson
PE	1649,0	462,7	28,1	-
pH	5,1	0,8	16,0	0,27+
P (mg/d^3)	7,4	18,2	245,8	0,25 ^{ns}
K	0,11	0,08	67,8	0,26 ^{ns}
Ca ($cmolc/dm^3$)	1,38	0,98	70,8	0,27+
Mg ($cmolc/dm^3$)	0,78	0,55	69,9	0,21 ^{ns}
Ca+Mg ($cmolc/dm^3$)	2,16	1,49	69,0	0,25 ^{ns}
Al ($cmolc/dm^3$)	0,37	0,44	117,7	-0,59**
Na ($cmolc/dm^3$)	0,04	0,06	136,0	-0,30+
H+Al ($cmolc/dm^3$)	3,64	2,74	75,4	-0,34+
SB ($cmolc/dm^3$)	2,32	1,55	66,8	0,25 ^{ns}
CTC ($cmolc/dm^3$)	5,96	3,60	60,5	-0,15 ^{ns}
V (%)	40,3	20,34	50,5	0,34+
MO	20,4	14,52	71,3	-0,24 ^{ns}
Cu (mg/d^3)	0,63	0,51	81,4	0,32 ^{ns}
Fe (mg/d^3)	237,3	114,6	48,3	-0,71*
Zn (mg/d^3)	3,32	4,60	138,7	0,42 ^{ns}
Mn (mg/d^3)	11,04	9,34	84,6	0,32 ^{ns}

** , * e + significativo a 1, 5 e 15%, respectivamente, pelo teste de t. ^{ns} não significativo a 15% de significância. PE = produção de esporângios, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca catiônica, V = saturação por bases, MO = matéria orgânica.

Tabela 5. Componentes principais (CP), autovalores (λ), variância explicada (VT) e contribuição das variáveis químicas (%) em cada componente principal dos solos originados de diferentes municípios baianos para avaliação de supressividade da produção de esporângios pelo teste da isca.

CP	λ	VT (%)	pH	Ca	Al	Na	H+Al	V
1	3,16	52,66	25,62	2,08	20,43	8,83	19,09	23,95
2	1,78	29,59	0,46	40,91	2,95	27,18	19,73	8,77
3	0,52	8,70	21,53	37,79	0,07	40,06	0,02	0,53
4	0,44	7,26	11,66	0,58	67,98	3,58	1,56	14,65
5	0,07	1,15	11,58	3,70	7,23	19,85	55,39	2,24
6	0,04	0,65	29,15	14,94	1,34	0,49	4,21	49,86

A análise discriminante foi aplicada a partir dos 3 grupos definidos em função da percentagem de inibição da produção de esporângios (Tabela 3) e considerando a utilização das variáveis que se correlacionaram significativamente

($p < 0,15$) com a produção de esporângios (Tabela 4). As variáveis que mais contribuíram para a discriminação dos grupos de inibição foram os teores de Al e Na (Tabela 6), ambas apresentaram valores de F aproximado significativo ($p < 0,05$). De maneira geral, os resultados se assemelham aos da análise de componentes principais.

Tabela 6. Estatísticas de Wilks' Lambda, Lambda parcial, valor de F aproximado e probabilidade associados às variáveis utilizadas na análise discriminante de solos originados de diferentes municípios baianos para avaliação de supressividade da produção de esporângios pelo teste da isca.

Variáveis	Wilks' Lambda	Lambda parcial	F aproximado	Probabilidade
pH	0,39	0,97	0,36	0,70
Ca	0,39	0,96	0,41	0,67
Al	0,57	0,66	5,62	0,01
Na	0,53	0,72	4,23	0,03
H+Al	0,43	0,88	1,46	0,25
V	0,40	0,96	0,44	0,65

O cálcio faz parte de diversos processos como sinalização celular, morfogênese e formação de corpos de frutificação (JENNINGS e LYSEK, 1996). Dianese et al. (2009) relatou a redução da intensidade da podridão-do-pé em plantas de mamoeiro em viveiros, com aplicação de fosfitos de potássio, cálcio ou magnésio. Resultados encontrados neste trabalho, indicam que altos teores de cálcio correspondem a uma baixa na produção de esporângios.

De maneira geral, verifica-se que solos corrigidos ou melhores para as plantas correspondem a solos favoráveis à produção de esporângios. Esses resultados podem estar relacionados à co-evolução hospedeiro-patógeno em agroecossistemas. Torna-se necessário que esse estudo seja realizado em uma quantidade maior de solos, para que se reforcem esses resultados. De grande importância seria a realização de estudos específicos que possam indicar pontos críticos de equilíbrio entre correção da acidez do solo e a produção de esporângios do patógeno. Esses pontos críticos poderiam ser usados com o objetivo de deixar os solos com características supressivas, ou como orientação para evitar-se o plantio em solos que possam ser considerados conducentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BETTIOL, W.; GHINI, R. Biocontrole de Doenças de planta .In: **Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectivas**/ editado por Wagner Bettiol e Marcelo Augusto Boechat Morandi.- Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. 2009. 341p.

DIANESE, A.C.; BLUM, L.E.B.; DUTRA, J.B; LOPES, L.F. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2309-2314, nov, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed.rev.atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**.3.ed.rev.atual. Rio de Janeiro, 1998. 44p.

FICHTNER, E. J., HESTERBERG, D. L., SMYTH, T. J., SHEW, H. D. Differential sensitivity of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* and *Thielaviopsis basicola* to monomeric aluminum species. **Phytopathology** 96:212-220. 96:212-220, 2006.

GRUNWALD, N.J., WORKNEH, F., Hu, S.;VAN BRUGGEN, A.H.C. Comparison of an *in vitro* and a damping-off assay to test soils for suppressiveness to *Pythium aphanidermatum*. **European Journal of Plant Pathology** 103: 55-63. 1997.

HORNBY, D. Suppressiveness soils. **Annual Review of Phytopathology** 21: 65-85. 1983.

JENNINGS, D.H.; LYSEK, G. **Fungal Biology**: Understanding the fungal lifestyle. Guildford: BIOS Scientific Publishers. 1996. 156p.

MAZZOLA, M. Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases **Antonie van Leeuwenhoek** 81: 557–564, 2002.

MENDES, R., KRUIJT, M., BRUIJN, I., DEKKERS, E., VOORT, M.V., SCHNEIDER, J.H.M., PICENO, Y.M., DESANTIS, T.Z., ANDERSEN, G.L., BAKKER, P.A.H.M., RAAIJMAKERS, J.M. **Deciphering the Rhizosphere Microbiome for Disease-Suppressive Bacteria.** Science 27 May 2011: 332 (6033), 1097-1100. Published online 5 May 2011 [DOI:10.1126/science.1203980].

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas.**1:275-318.1993.

Capítulo 2

EFEITO DE NUTRIENTES NA PRODUÇÃO DE ESPORÂNGIOS POR *Phytophthora palmivora*

RESUMO

SILVA, M.C. **Efeito de nutrientes na produção de esporângio por *Phytophthora palmivora***. Cruz das Almas, 2012. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Dentre as diversas doenças que acometem a cultura do mamoeiro destaca-se aquela causada por *Phytophthora palmivora*, um patógeno de solo que pode ser influenciado por diversos fatores ambientais, entre eles os nutrientes. Buscou-se encontrar quais nutrientes estariam relacionados à produção de esporângios por *P. palmivora* isolado de mamoeiro. O meio de cultura Murashige e Skoog (MS) foi utilizado como fonte dos macro e micronutrientes. O número de esporângios foi determinado pelos tratamentos contendo o meio MS em discos foliares de mamoeiro *Sunrise solo*. Para identificar quais elementos estariam causando efeito individualmente, os nutrientes que compõem o meio MS foram analisados. Alguns nutrientes proporcionam o aumento da produção de esporângios, notadamente o Boro, e que as fontes de nitrogênio induziram as maiores inibições na produção de esporângios de *P.palmivora*.

Palavras-chave: meio MS, nutrição mineral, mamão, *Carica papaya*.

ABSTRACT

SILVA, M.C. **Effect of nutrients in the production of sporangia by *Phytophthora palmivora***. Cruz das Almas, 2012. Dissertation (Master in Agricultural Microbiology). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Among the diseases that affect papaya, the one caused by *Phytophthora palmivora*, stands out as one of the most important. This soil-borne pathogen may be influenced by various environmental factors, including nutrients. Soil nutrients related to the production of sporangia by *P. palmivora* isolated from papaya were studied. The Murashige and Skoog (MS) medium was used as a source of macro and micronutrients. The number of sporangia was determined in papaya leaf discs treated with MS medium. To identify which components were individually affecting sporangia formation, several nutrients from the MS medium were tested. Some nutrients provided an increased production of sporangia, notably boron, whereas nitrogen sources induced the greatest inhibition in the production of sporangia by *P. palmivora*.

Keywords: MS medium, mineral nutrition, *Carica papaya*, papaya.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor e exportador de mamão. Devido a sua posição na produção mundial, a cultura é economicamente relevante no país (FAO, 2010). Uma série de pragas acomete a cultura, o que compromete a sua produtividade, ocasionando em perdas na produção. Dentre elas destaca-se a podridão do pé e dos frutos causadas pelo Oomiceto *Phytophthora palmivora*. Esse patógeno é favorecido por diversos fatores ambientais tais como alta umidade, temperatura entre 20 e 30 °C , além de chuvas e ventos que facilitam a disseminação do esporângios, estruturas de reprodução destes Oomicetos (LUZ et al., 2001; SILVA, 2001).

Um dos fatores conhecidos na redução da incidência e controle das doenças, são os nutrientes minerais (GRAHAN e WEBB, 1991; HUBER, 1994). Plantas equilibradas nutricionalmente são vigorosas, expressam seu potencial genético, resultando em plantas de boa aparência, saudáveis. Porém, a falta ou excesso de um nutriente pode facilitar o estabelecimento de patógenos, causando doenças (HUBER, 2007).

Para o estabelecimento de uma doença é necessária à interação entre o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Inóculo suficiente, patógeno agressivo, hospedeiro suscetível e condições ambientais favoráveis são os fatores mais importantes para que a doença se desenvolva. Considerando-se o ambiente, os elementos químicos são mencionados como fatores responsáveis pelo aumento ou redução da severidade de ataque dos patógenos (ZAMBOLIM e VENTURA, 1993).

Os nutrientes presentes no solo constituem um fator abiótico de fácil manipulação. Quando a composição de solo não é a ideal para a cultura, facilmente se corrige esse problema por meio de adubação, acrescentando o nutriente que está em déficit. Portanto, esse conhecimento também pode ser usado para alterar o ciclo de vida de um patógeno. A manipulação de nutrientes no ambiente do solo é um importante controle cultural de doenças de plantas e um componente integrante da produção agrícola (HUBER, 1989).

Se um elemento diminui a incidência de uma doença, o acréscimo deste, desde que não interfira no desenvolvimento da planta, pode ser usado como uma

forma de controle do patógeno (HUBER, 1989). Diversos trabalhos retratam a importância dos nutrientes para as plantas, e como reduzem a incidência ou controlam as doenças (GRAHAN e WEBB, 1991; HUBER, 1994). Porém há uma carência de trabalhos sobre como os nutrientes podem interferir no patógeno, em suas estruturas ou em partes do seu ciclo. No caso da podridão do pé do mamoeiro essa escassez de informações também ocorre. No que talvez seja o único estudo a respeito, Dianese et al. (2009) relataram uma redução na intensidade da podridão do pé do mamoeiro após aplicação de fosfito de potássio, cálcio e magnésio.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de nutrientes na produção de esporângios de *Phytophthora palmivora* isolado de mamoeiro afetado pela podridão do pé.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados três experimentos para avaliar o efeito de macro e micronutrientes na produção de esporângios de *Phytophthora palmivora* em discos foliares de mamoeiro da cultivar *Sunrise Solo*.

Nos três experimentos utilizou-se o meio MS (Murashige e Skoog, 1962) e meios com variações de 14 soluções fontes de macro e micronutrientes com suas respectivas concentrações: Nitrato de amônio (NH_4NO_3), 1650 mg/L; Nitrato de potássio (KNO_3), 1900 mg/L; Cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 441 mg/L; Sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 370 mg/L; Fosfato de potássio (KH_2PO_4), 170 mg/L; EDTA dissódico (Na_2EDTA), 37,25 mg/L; Iodeto de potássio (KI), 0,83 mg/L; Sulfato de ferro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 27,85 mg/L; Sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 16,9 mg/L; Sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 8,6 mg/L; Ácido bórico (H_3BO_3), 6,2 mg/L; Molibdato de sódio ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 0,25 mg/L; Cloreto de cobalto ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), 0,025 mg/L; e Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 0,025 mg/L.

O experimento 1 foi instalado para verificar a influência do meio de cultura MS completo, composto pelas 14 soluções, na produção de esporângios, e para determinar o momento ótimo para a avaliação dos experimentos 2 e 3. Para isso, foram colocados 4 discos foliares com inóculo de discos com micélio de 8 dias de

idade em 20 ml do meio MS completo, em copos de 50 ml, acondicionados em bandejas cobertas com filme plástico, em ambiente com luz constante e temperatura média de 25 °C. O tratamento controle constou de discos foliares depositados em água destilada. Foram feitas avaliações diárias até o quinto dia. Em cada avaliação retirou-se 3 discos foliares de cada copo, sendo preparadas lâminas para observação e contagem ao microscópio. Utilizaram-se 10 repetições por tratamento (MS completo e água destilada) em cada dia de avaliação. Para os dados de contagem obtidos para cada tratamento foram ajustados modelos do tipo sigmóide por meio de regressão não-linear com auxílio do programa TableCurve 2D. O modelo foi considerado adequado caso possuísse coeficiente de determinação superior a 95% e ausência de padrão no gráfico de resíduos.

Os experimentos 2 e 3 foram instalados para avaliar a influência das 14 soluções de macro e micronutrientes, de forma conjunta e isolada, respectivamente, na produção de esporângios. O experimento 2 verificou o efeito da retirada de uma das 14 soluções de macro e micronutrientes do meio MS completo e o experimento 3 avaliou a influência do meio contendo uma das 14 soluções de macro e micronutrientes. Nos dois experimentos, utilizou-se também como controles o meio MS completo e meio com água destilada, totalizando 16 tratamentos (Tabela 1).

Nos experimentos 2 e 3, foram colocados 4 discos foliares com inóculo de 8 dias de idade, em 20 ml dos meios, em copos de 50 ml, acondicionados em bandejas cobertas com filme plástico, em ambiente com luz constante e temperatura média de 25 °C. As avaliações foram realizadas no 3º dias após a instalação dos experimentos, quando 3 discos foliares foram retirados de cada copo para o preparo das lâminas para contagem ao microscópio. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 16 tratamentos e 10 repetições. Os dados foram transformados para $\log(x + 10)$ visando o atendimento das pressuposições da análise de variância e submetidos ao teste F da análise de variância. As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico Assistat.

Tabela 1. Tratamentos utilizados nos experimentos para avaliar o meio MS com retirada de solução (experimento 2) e com meios contendo acréscimo de uma das soluções (experimento 3) de macro e micronutrientes pelo teste da isca com discos foliares de mamão *Sunrise Solo*.

Tratamentos	Experimento 2	Experimento 3
T1	MS completo	MS completo
T2	MS - Nitrato de amônio	Nitrato de amônio
T3	MS - Nitrato de potássio	Nitrato de potássio
T4	MS - Cloreto de cálcio	Cloreto de cálcio
T5	MS - Sulfato de magnésio	Sulfato de magnésio
T6	MS - Fosfato de potássio	Fosfato de potássio
T7	MS - EDTA dissódico	EDTA dissódico
T8	MS - Iodeto de potássio	Iodeto de potássio
T9	MS - Sulfato de ferro	Sulfato de ferro
T10	MS - Sulfato de manganês	Sulfato de manganês
T11	MS - Sulfato de zinco	Sulfato de zinco
T12	MS - Ácido bórico	Ácido bórico
T13	MS - Molibidato de sódio	Molibidato de sódio
T14	MS - Cloreto de cobalto	Cloreto de cobalto
T15	MS - Sulfato de cobre	Sulfato de cobre
T16	Água destilada	Água destilada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de esporângios de *Phytophthora palmivora* seguiu um padrão sigmóide, tanto para em água quanto em meio MS (Figura 1). Esse padrão sigmóide é evidenciado pelo alto coeficiente de determinação do ajuste do modelo, acima de 0,99 nos dois casos. O fato de um mesmo modelo ter sido ajustado aos dois tratamentos permite que seja feita uma comparação direta com base nos valores dos parâmetros estimados pelo modelo. Assim, pode-se observar que os tratamentos diferiram tanto na intensidade de produção de esporângios quanto na velocidade de formação. Em água, a assíntota de

produção de esporângios estimada pelo modelo (1801 esporângios por disco de micélio) foi mais que o dobro da estimada para o meio MS (764 esporângios por disco de micélio). A maior velocidade de produção de esporângios em água é evidenciada pelo menor número de dias necessários para alcançar 50% da produção máxima (1,5 dias), comparados com 3,12 dias em meio MS. Como o meio MS é composto por macro e micronutrientes, fez-se necessário saber qual ou quais desses nutrientes estariam inibindo ou promovendo a produção dos esporângios.

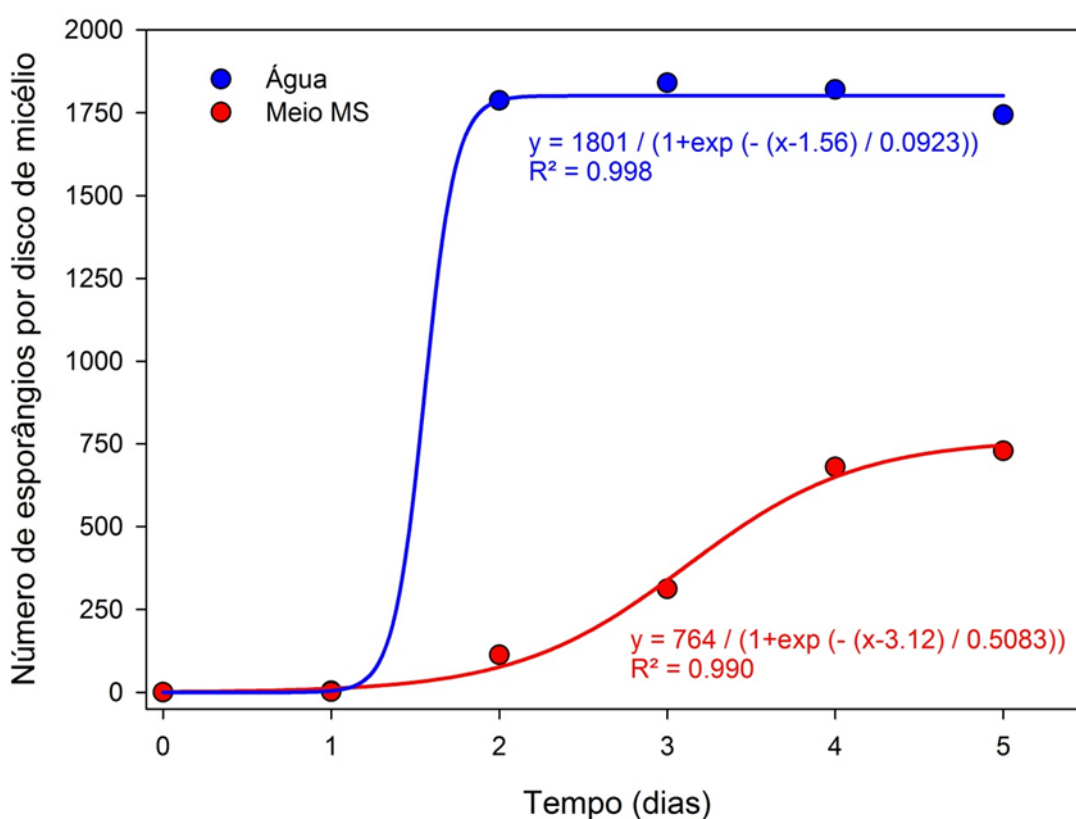


Figura 1. Dinâmicas da produção de esporângios de *Phytophthora palmivora* na borda de discos foliares de mamão *Sunrise solo*, pelo teste da isca em água e no meio Murashige & Skoog (MS).

É possível observar que houve uma resposta diferencial (Tabela 2), quando foi retirado um elemento. Alguns aumentaram a produção de esporângios em

relação ao meio MS enquanto outros diminuíram. Outros, ao serem retirados não causaram interferências em relação ao meio MS, usado como referência.

Observa-se que a maior porcentagem de inibição ocorreu nos tratamentos MS - EDTA-Na, MS - NH_4NO_3 , MS - MgSO_4 e MS - CaCl_2 , indicando que a retirada desses elementos do meio leva a uma redução significativa na produção de esporângios de *P. palmivora* (Tabela 2). É possível que o próprio nutriente esteja exercendo essa inibição ou que esteja associado a outro elemento formando um composto que inibe a produção. Solos que contem esses elementos nessas proporções poderiam estar relacionados com a condutividade ao patógeno. Em seguida observa-se outro grupo, composto dos tratamentos MS - MnSO_4 , MS - CoCl_2 , MS - KI, MS - CuSO_4 e MS - KH_2PO_4 , onde ocorreu inibição, porém em menor grau que o grupo anterior (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de esporângios de *Phytophthora palmivora* pelo teste da isca em discos foliares de mamão *Sunrise Solo* em água, em meio Murashige & Skoog (MS) e meio MS subtraído de cada nutriente, inibição em relação à água (%) e diferença da inibição em relação ao meio MS.

Tratamentos	Esporângio/disco foliar	Inibição em relação à água (%)	Diferença em relação ao meio MS
ÁGUA	1676,67 a	0,00	-84,40
MS- NaMoO_4	632,97 b	62,25	-22,15
MS- HBO_3	465,27 c	72,25	-12,15
MS- ZnSO_4	413,00 c	75,37	-9,03
MS- KNO_3	296,00 d	82,35	-2,05
MS- FeSO_4	275,95 d	83,54	-0,86
MS	261,63 d	84,40	0,00
MS- MnSO_4	158,90 e	90,52	6,12
MS- CoCl_2	144,92 e	91,36	6,96
MS-KI	135,03 e	91,95	7,55
MS- CuSO_4	125,48 e	92,52	8,12
MS- KH_2PO_4	118,28 e	92,95	8,55
MS-EDTA-Na	36,93 f	97,80	13,40
MS- NH_4NO_3	24,05 f	98,57	14,17
MS- MgSO_4	8,13 f	99,52	15,12
MS- CaCl_2	5,85 f	99,65	15,25

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam médias estatisticamente pertencentes ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott (5%).

A produção de esporângios foi maior nos tratamentos MS – NaMoO₄, MS – HBO₃ e MS – ZnSO₄ em relação ao meio MS. O MS – NaMoO₄, foi o que mais se destacou, com inibição cerca de 22 pontos percentuais menor que o meio MS, sugerindo que nessas concentrações, quando presentes nos solos, poderiam está relacionados à característica de supressividade do solo a *P.palmivora*.

Um grupo não apresentou diferenças significativas em relação ao MS, composto pelos tratamentos MS – KNO₃ e MS – FeSO₄, ou seja, esses tratamentos não interferem na produção de esporângios.

Ao analisar esses nutrientes individualmente, observou-se também uma faixa de variação. Alguns deles aumentaram a porcentagem de inibição, enquanto outros diminuíram (Tabela 3).

Tabela 3. Produção de esporângios de *Phytophthora palmivora* pelo teste da isca com discos foliares de mamão *Sunrise Solo* em água, em meio Murashige & Skoog (MS) e cada nutriente que o compõe individualmente, inibição em relação à água (%) e diferença da inibição em relação ao meio MS.

Tratamentos	Esporângio/disco foliar	Inibição em relação à água (%)	Diferença em relação ao meio MS
H ₃ BO ₃	2068,33 a	-28,60	-111,59
CuSO ₄ .5H ₂ O	1656,67 b	-3,01	-86,00
ÁGUA	1608,33 b	0,00	-82,99
CoCl ₂ .6H ₂ O	1560,00 b	3,00	-79,99
MnSO ₄ .H ₂ O	1493,33 b	7,15	-75,84
KI	1365,00 c	15,13	-67,86
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	1336,67 c	16,89	-66,10
KH ₂ PO ₄	1148,33 d	28,60	-54,39
MgSO ₄ .7H ₂ O	1085,00 d	32,54	-50,45
CaCl ₂ .2H ₂ O	869,98 e	45,91	-37,08
MS	273,63 f	82,99	0,00
ZnSO ₄ .7H ₂ O	196,98 f	87,75	4,76
FeSO ₄ .7H ₂ O	149,22 f	90,72	7,73
NA ₂ EDTA	41,30 g	97,43	14,44
NH ₄ NO ₃	0,58 g	99,96	16,97
KNO ₃	0,00 g	100,00	17,01

Letras minúsculas iguais na mesma coluna indicam médias estatisticamente pertencentes ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott (1%).

O boro foi o único elemento que quando adicionado induziu aumento significativo na produção de esporângios de *P.palmivora*, quando comparado ao resultado da água. Esse elemento é requerido em pequenas quantidades pelas plantas, porém faz parte do metabolismo de compostos fenólicos e biossíntese de lignina, que conferem resistência das plantas a diversos patógenos (ZAMBOLIM et al., 2005). No entanto, RUARO et al. (2009), em trabalho para controle de hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae*, constataram que ao aumentar a quantidade de boro, diminuiu-se a severidade da doença. Apesar disso, deve-se considerar que um mesmo elemento pode atuar de maneira distinta em diferentes patógenos ou mesmo em diferentes partes do ciclo de relações patógeno-hospedeiro.

Os tratamentos $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ e $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ também apresentaram estímulo à produção de esporângios de *P. palmivora*, pois se comportaram de forma semelhante a água. No entanto, esses nutrientes são considerados como inibidores de algumas doenças. Por exemplo, o manganês auxilia no controle de doenças de plantas, porém depende das interações químicas e microbiológicas para tanto (ZAMBOLIM et al., 2005).

Outro grupo, formado pelos tratamentos KI, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ e $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, foi observado como causador do aumento da produção dos esporângios de *P.palmivora*. O $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, fonte de cálcio, retrata resultados obtidos no capítulo 1, que indica altos teores do elemento, proporciona redução na produção de esporângios de *P.palmivora*. O potássio confere resistência a algumas plantas, porém deve ser analisado em conjunto com outros elementos. Por exemplo, na cultura da bananeira quando os níveis de potássio estão elevados em relação ao cálcio e magnésio, as plantas desenvolvem sintomas do mal-do Panamá (ZAMBOLIM et al., 2005). Estudos feitos avaliando a influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja, mostraram que quando colocados as maiores quantidades dos elementos e na mesma proporção, proporcionaram redução na severidade e na taxa de progresso da doença (BALARDIN et al., 2006). Há relatos que o molibdênio inibe a formação de esporângios de *Phytophthora cinnamomi* e *P. dreschleri* (HALSALL, 1977). O cálcio promoveu inibição de esporângios de *Phythium splendens* em trabalho com solos que apresentavam teores elevados desse elemento (KO e KAI, 1989).

Os tratamentos $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ e $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ se comportaram de forma semelhante ao tratamento do meio MS (Murashige e Skoog), portanto não podem ser considerados inibidores ou estimulantes da produção de esporângios em relação ao meio MS. O $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, nesse experimento foi usado como fonte de ferro, porém no capítulo 1, quando avaliado nos solos, apresentou uma correlação negativa com a produção de esporângio significativa. O Zinco já foi relatado por conferir resistência a algumas doenças, porém é considerado essencial ao crescimento, esporulação e virulência de alguns patógenos radiculares, portanto podendo aumentar ou reduzir a incidência de doenças (ZAMBOLIM et al., 2005).

Os tratamentos Na_2EDTA , NH_4NO_3 e KNO_3 induziram menor produção de esporângios. Assim, solos que apresentem esses compostos em tais concentrações poderiam ser considerados supressivos. Observa-se que dois desses tratamentos estão na forma de nitratos, que são comumente utilizados como fertilizantes e que poderiam, indiretamente, exercer algum tipo de controle de *P. palmivora*, porém há necessidade de validação in vivo.

O uso de meio de cultura em trabalhos relacionados com a redução da incidência de doenças ocorre, devido às concentrações dos nutrientes presentes no meio, pois altera estruturas dos patógenos, a exemplo do meio B5, em associação de *Glycine max*, as concentrações de cálcio e potássio, resultaram em inibição a *Phytophthora sojae*, indicando supressividade à doença podridão do caule (SUGIMOTO et al., 2006). Resultados semelhantes foram encontrados no meio MS, para o cálcio, que inibiu a produção de esporângios de *Phytophthora palmivora*, porém para o potássio não ocorreu o mesmo, obtendo taxa de inibição menor.

BORRERO et al. (2012) utilizaram nitrato de amônio e constataram redução na severidade da murcha de *Fusarium* do tomateiro. Essa fonte de nutriente também reduziu a produção de esporângios de *P. palmivora* no presente trabalho. GUEST e DANIEL, (2006) realizou estudo com fosfonato de potássio, em plantas de *Arabidopsis thaliana* inoculadas com *P. palmivora*, constatando interferência sobre o patógeno, que teve seu desenvolvimento restrito. As hifas se desenvolveram, porém a produção de esporângios foi inibida.

Os resultados obtidos neste trabalho referem-se apenas a uma fase do ciclo de *P. palmivora*, a produção de esporângios, a influência dos nutrientes deve ser estudada em outras fases do ciclo de vida do patógeno. Trata-se apenas de

um ponto inicial, onde devem ser feitas investigações em longo prazo, esses resultados servirão como base para futuros experimentos em casa de vegetação e, eventualmente, para experimentos de campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALARDIN, R.S.; DALLAGNOL, L.J.; DIDONÉ, H.T.; NAVARINI, L. Influência do fósforo e do potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**. 31:462-467. 2006.

BORRERO, C.; TRILLASB, M.I.; DELGADO, A.; AVILÉS, M. Effect of ammonium/nitrate ratio in nutrient solution on control of Fusarium wilt of tomato by *Trichoderma asperellum* T34. **Plant Pathology** 61 p132–139. : 2012.

DIANESE, A.C.; BLUM, L.E.B.; DUTRA, J.B; LOPES, L.F. Aplicação de fosfito de potássio, cálcio ou magnésio para a redução da podridão-do-pé do mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2309-2314, nov, 2009.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Produção de alimentos e de commodities agrícolas**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 19/05/2012

GRAHAM, R. D.; WEBB, M. J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTWEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, Inc., 329-370. 1991.

GUEST, D.; DANIEL, R. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora*-challenged *Arabidopsis thaliana*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. 67: p194–201. 2006.

HALSALL, D. M. Effects of certain cations on the formation and infectivity of *Phytophthora* zoospores. 2. Effects of copper, boron, cobalt, manganese, molybdenum, and zinc ions. **Canadian Journal of Microbiology** 23: 1002-1010. 1977.

HUBER, D.M. **Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro-and microelements**. 1989. 217 p.

HUBER, D.M. The influence of mineral nutrition on vegetables diseases. **Horticultura Brasileira** 12: 206 – 214.1994.

HUBER, D.M.; HANEKLAUS, S. Managing nutrition to control plant disease. **Landbauforschung Volkenrode** 57: 313-322. 2007.

LUZ, E. D. M. N.; SANTOS, A. F. dos; MATUSUOKA, K.; BEZERRA, J. L. **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Livraria e Editora Rural, 2001. 754p.

KO, W.H.; KAI, C.W. Evidence for the role of calcium in reducing root disease incited by *Pythium* spp. In: **Soilborne plant pathogens: management of diseases with macro-and microelements**. 1989. 217 p.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen. 15, p. 473-497, 1962.

RUARO, L.; NETO, V.C.L.; JUNIOR, P.J.R. Influência do boro, de fontes de nitrogênio e do pH do solo no controle de hémia crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae*. **Tropical Plant Pathology**. 34: 231-238. 2009.

SILVA, G. S, Podridão das raízes e dos frutos. In: LUZ, E.D.M.N., SANTOS, A.F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA.J.L. (Eds.). **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Livraria e Editora Rural – LTDA., p. 413-423. 2001.

SUGIMOTO, T.; WATANABE, K.; YOSHIBA, S.; AINO, M.; MATSUYAMA, M.; MAEKAWA, K.; IRIE, K. The Effects of Inorganic Elements on the Reduction of Phytophthora Stem Rot Disease of Soybean, the Growth Rate and Zoospore Release of *Phytophthora sojae*. **Hyogo Agricultural Institute for Agriculture, Forestry and Fisheries**, 1533 Minamino-oka, Befu, Kasai, Hyogo 679-0198, Japan, 2006.

ZAMBOLIM, L., VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral. **Rev An Patol Plantas**, Passo Fundo, v. 1, p.275-318, **1993**.

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 e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**. 153-181. 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível demonstrar a existência de solos supressivos à produção de esporângios por *P. palmivora*. No universo das amostras utilizadas, demonstrou-se também que as características do solo, pH, V%, H+Al e Al, foram as que mais se relacionaram com a produção de esporângios e os elementos Fe, Ca e Na podem ser usados para os solos mais ou menos condutivos. Apesar disso, reconhece-se que a ampliação do número de amostras deve ser necessária para uma confirmação mais categórica dessas informações.

A influência dos nutrientes observadas refere-se apenas a uma fase do ciclo de vida de *P. palmivora*, a produção de esporângios. Os maiores percentuais de inibição do patógeno foram obtidos por Na₂EDTA, NH₄NO₃ e KNO₃, com 98, 99,97 e 100% respectivamente. Porém essa interferência deve ser estudada em outras fases do ciclo de vida de *P. palmivora*, e outras fontes dos nutrientes deve ser testado, o que pode ser objeto de estudo de futuros trabalhos envolvendo este patossistema.

Este trabalho representa um estudo pioneiro e o possível início de uma linha de pesquisa sobre a atuação de compostos químicos nas fases do ciclo de vida de *P. palmivora* causador da podridão do pé e do fruto.