

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / ORIGINAL RESEARCH PAPER

RESÍDUOS ORGÂNICOS NO CONTROLE DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* EM MARACUJAZEIRO AMARELO (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)

Organic Residues in Control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* in Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)

Residuos orgánicos en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* en maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)

Renato Bernardes FERREIRA¹, Antonia Alice Costa RODRIGUES¹, Flávio Henrique R. MORAES², Erlen Keila Candido e SILVA¹, Ivaneide de Oliveira NASCIMENTO¹.

¹ Laboratório de Fitopatologia, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, UEMA. Cx. Postal 09, CEP: 65054-970, São Luís, MA, Brasil.

² Mestrado em Biologia Parasitária – UNICEUMA. Rua Josué Montello, n.º. 1, Renascença II, CEP: 65075-110, São Luís, MA, Brasil.

For correspondence. accrodrigues@outlook.com, alicecosta@cca.uema.br

Received: 1st August 2014, **Returned for revision:** 13th December 2014, **Accepted:** 12nd March 2015.

Associate Editor: Hernán Mauricio Romero.

Citation / Citar este artículo como: Ferreira RB, Rodrigues AAC, Moraes FHR, Silva EKC, Nascimento IO. Resíduos orgânicos no controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Acta biol. Colomb. 2015;20(3):111-120. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n3.44720>

RESUMO

A fusariose é uma importante doença na cultura do maracujá e causa severa limitação na produção de frutos e redução da longevidade dos pomares. Objetivou-se avaliar o efeito de resíduos orgânicos *in vitro* e *in vivo* como medida alternativa no controle da fusariose do maracujazeiro, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Foram avaliadas seis concentrações *in vitro* (0, 2, 4, 6, 8 e 10 %), na forma de extrato aquoso, na inibição do crescimento micelial e *in vivo* (0, 20, 40, 60, 80 e 100 g kg⁻¹), incorporados ao solo, para o controle de *Fusarium*. Os resíduos orgânicos utilizados foram folhas de eucalipto, bagaço do coco babaçu e casca de mandioca. Nestes resíduos foram realizadas análises nutricionais e microbiológicas. Foi confirmada a patogenicidade dos isolados testados, o que comprova a fusariose em maracujazeiro amarelo *in vivo*. O bagaço do coco babaçu foi o que apresentou maiores concentrações de N, P e K. As espécies fúngicas presentes com maior frequência foram *Penicillium* sp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus ochraceus*. *In vitro* o extrato de bagaço do coco babaçu obteve inibição significativa a 6 % e os extratos de folhas de eucalipto e casca de mandioca a 10 %. *In vivo* a concentração de 60 g kg⁻¹ de bagaço do coco babaçu e 80 g kg⁻¹ de casca de mandioca foram eficientes no controle da fusariose. O resíduo de eucalipto não influenciou o desenvolvimento da murcha do fusário no maracujazeiro em casa de vegetação. É possível utilizar resíduos orgânicos para o controle da fusariose em maracujazeiro amarelo.

Palavras chave: biocontrole, fusariose, resíduos orgânicos, supressividade.

ABSTRACT

The fusarium is an important disease in yellow passion fruit that causes severe limitation in fruit production and reduced longevity of the orchards. This study aimed to evaluate the effect of organic residues *in vitro* and *in vivo* as alternative control in *Fusarium* of yellow passion fruit, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Six concentrations were evaluated *in vitro* (0, 2, 4, 6, 8 and 10 %), in the form aqueous extracts, in the mycelial growth inhibition and *in vivo* (0, 20, 40, 60, 80 and 100 g kg⁻¹), incorporated on soil for the *Fusarium* control. The organic residues used were eucalyptus leaves, bagasse babassu and cassava peeling. These residues were subjected to nutritional and microbiological analyzes. The pathogenicity of isolates tested was confirmed, which proves the presence



of *Fusarium* in yellow passion fruit *in vivo*. Bagasse babassu presented the highest N, P and K concentration. Fungal species with higher frequency were *Penicillium* sp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* and *Aspergillus ochraceus*. There was a significative inhibition *in vitro* of the bagasse babassu extract at 6 % and other two residues at 10 %. *In vivo* the 60 g kg⁻¹ of bagasse babassu and 80 g kg⁻¹ of cassava peeling were efficient for *Fusarium* control. Eucalyptus leaves presented no effect on development of *Fusarium* wilt in yellow passion fruit in the greenhouse. The organic residues can be used for the *Fusarium* control in yellow passion fruit.

Keywords: biocontrol, *Fusarium*, organic waste suppressiveness.

RESUMEN

La fusariosis, es una importante enfermedad en el cultivo de maracuyá que causa una severa limitación en la producción de frutos y una reducción en la longevidad del cultivo. Este trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto de residuos orgánicos *in vitro* e *in vivo* como medida alternativa para el manejo de la fusariosis en el maracuyá, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Se evaluaron seis concentraciones *in vitro* (0, 2, 4, 6, 8 y 10 %) en forma de extracto acuoso, e igual número, para la inhibición del crecimiento micelial *in vivo* (0, 20, 40, 60, 80, 100 g kg⁻¹), incorporados al suelo para el control de *Fusarium*. Los residuos orgánicos utilizados, fueron hojas de eucalipto, bagazo de coco babasú y cáscara de yuca. Estos residuos fueron sometidos a análisis nutricionales y microbiológicos. Se confirmó la patogeneidad de los aislados evaluados, lo que comprobó la presencia de fusariosis en el maracuyá amarillo *in vivo*. La bagazo babasú, presentó las mayores concentraciones de N, P y K. Las especies fúngicas presentes con mayor frecuencia fueron *Penicillium* sp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* y *Aspergillus ochraceus*. En el proceso *in vitro*, el extracto de babasú presentó inhibición significativa en la concentración del 6 % y, en los extractos de hojas de eucalipto y cáscara de yuca la del 10 %. A nivel *in vivo*, la concentración de 60 g kg⁻¹ de bagazo babasú y 80 g kg⁻¹ de cáscara de mandioca, fueron eficientes en el control de fusariosis. El residuo de eucalipto no influyó el desarrollo de la mancha de fusarium del maracuyá en vivero. Es posible utilizar residuos orgánicos para el control de fusarium en el cultivo de maracuyá amarillo.

Palabras clave: control alternativo, *Fusarium*, residuos orgánicos, supresión.

INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* possui mais de 500 espécies distribuídas pelos trópicos, principalmente no Brasil, onde ocorrem mais de 100 espécies, com o maracujá amarelo ocupando 95 % da área cultivada comercialmente (Silva, 2004), fato que torna o país o maior produtor mundial com cerca de 60 % da produção (Arêdes *et al.*, 2009). No entanto, a sua crescente produção tem vindo acompanhada de problemas em relação ao surgimento de doenças no pomar, isto porque este aumento não tem sido acompanhado por cuidados que evitem a disseminação de doenças, aumentando e agravando-as, chegando a inviabilizar o cultivo em determinadas regiões (Santos Filho *et al.*, 2004).

Diante do grande número de doenças que afeta o maracujazeiro está a fusariose, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* Purss., um fungo habitante do solo que coloniza os vasos da planta através de pequenos ferimentos ou aberturas naturais nas raízes, causando obstrução do xilema e morte da planta. Após o apodrecimento das raízes, o sintoma ocorre na forma de murcha, iniciando-se nas extremidades do ramo, e com a retirada da casca da planta observa-se os tecidos escurecidos a partir do colo da planta. No Brasil foi inicialmente constatada na região de São Paulo em 1968 em plantas da variedade “rosado” (*Passiflora edulis*) (Fischer *et al.*, 2005).

O manejo tradicional da fusariose é realizado principalmente através da aplicação de fungicidas, não registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). No entanto, devido a contaminação

do ambiente, os prejuízos causados à saúde do homem e o surgimento de linhagens resistentes do patógeno, tem-se buscado atualmente, medidas alternativas no manejo da doença que vise principalmente restaurar a biodiversidade. Para isso lança-se mão de princípios agroecológicos no sentido de manejar cuidadosamente o agroecossistema sem provocar danos desnecessários ou irreparáveis, buscando devolver sua elasticidade e força, ao mesmo tempo em que se esforça para combater as pragas, doenças ou deficiências do solo (Altieri e Nicholls, 2003). Dentre estas alternativas destaca-se a potencialidade do uso de resíduos vegetais incorporados ao solo, contribuindo para o aumento da comunidade microbiana complexa, auxiliando na atividade antagonista ao microrganismo patogênico, promovendo a supressividade do solo, melhorando sua fertilidade e resistência das plantas as doenças (Café Filho e Lobo Júnior, 2000; Cruz *et al.*, 2013). Pesquisas mostram que a adição de resíduos ao solo pode desencadear o processo de supressividade a doenças (Termorshuizen *et al.*, 2006; Bonanomi *et al.*, 2007).

Partindo da premissa que a adição de resíduos orgânicos ao solo pode promover o controle biológico de patógenos de solo e levando em consideração a abundante disponibilidade dos resíduos de bagaço do coco babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), casca de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e folhas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hooker M.) no estado, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito da incorporação destes resíduos orgânicos como medida alternativa no controle da fusariose do maracujazeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia e em condições de casa de vegetação, com temperatura de 27 °C e umidade relativa 85 %, localizados no Núcleo de Biotecnologia Agrônômica da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

Coleta de material vegetal e isolamento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*

Para detecção da fusariose foram coletadas plantas apresentando sintomas de murcha e escurecimento vascular, nos seguintes pólos de produção de maracujá localizados na Ilha de São Luís/MA: Quebra Pote, Bom Jardim II, Cinturão Verde, Panaquatira e Sítio Bom Jesus/ Cidade Olímpica.

O isolamento do *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* foi realizado a partir de fragmentos da região do colo de plantas sintomáticas. Os fragmentos passaram por desinfestação com álcool a 70 %, hipoclorito de sódio a 50 %, seguida de lavagem com água destilada e esterelizada. Realizada a desinfestação, os fragmentos foram plaqueados em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA). Três dias após isolamento foi efetuada a identificação dos isolados do patógeno com auxílio de microculturas, observando-se as características morfológicas dos macroconídios, microconídios e conidióforos (Menezes e Assis, 2004).

Obtenção, análises físico-químicas e microbianas dos resíduos orgânicos

O material utilizado para preparo dos resíduos vegetais foi coletado em diferentes localidades conforme as peculiaridades de cada espécie onde: as cascas de mandioca foram adquiridas em propriedades rurais e em pólos agrícolas de produção de mandioca para fabricação de farinha; o bagaço do coco babaçu foi adquirido da produção extrativista, através do Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco Babaçu (MIQCB) e da Associação em Áreas de Assentamento no Estado do Maranhão (ASSEMA), como resultado da prensagem das amêndoas do coco babaçu para retirada do óleo e as folhas de eucalipto foram coletadas de plantas adultas no Campus da UEMA.

Em laboratório, o material vegetal passou pelo processo de lavagem, homogeneização e secagem em estufa a 60 °C durante 72 h, sendo triturados em moinho de faca e armazenados em recipientes fechado a 25 °C ± 1, até sua utilização.

Para análise das propriedades químicas, os resíduos foram encaminhados para o Laboratório de Análises de Solo da EMBRAPA Semi-Árido em Petrolina/PE.

A análise microbiológica de cada resíduo foi realizada no Laboratório de Fitopatologia da UEMA, de acordo com Nakasone *et al.* (1999) com modificações. Os extratos aquosos foram preparados pela imersão em água destilada por 24 h a 25 °C, seguidos de filtração em papel de filtro. Para quantificação das bactérias totais, 100 µl do extrato aquoso a 10 %, foi espalhado com auxílio da alça de Drigalski

sobre placas de Petri contendo meio de cultura BDA. No levantamento dos fungos totais, espalhou-se 0,5 g de cada resíduo sobre o meio BDA contendo antibiótico. As placas foram incubadas à temperatura ambiente (± 26 °C) sob alternância luminosa (12 h no claro/ 12 h no escuro), nos dois experimentos. As avaliações foram realizadas após 24 h para detecção das bactérias, através da contagem das unidades formadoras de colônias e, após 72 h para identificação das espécies fúngicas, com base nas características morfológicas, com auxílio de chaves dicotômicas (Singh *et al.* 1991; Barnett e Hunter, 1998; Leslie e Summerell, 2006). Os resultados foram analisados pelo número de espécies fúngicas e frequência de colônias bacterianas presentes nos resíduos.

Teste de patogenicidade dos isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*

Os testes de patogenicidade foram realizados em casa de vegetação, onde as mudas de maracujazeiro amarelo foram plantadas em vasos de 2 Kg contendo solo autoclavado e esterco bovino na proporção 3:1, e inoculadas com os isolados do patógeno obtidos durante a coleta em campo.

A inoculação foi realizada através do método de ferimento das raízes, onde foram efetuados sulcos em um dos lados do sistema radicular das plantas para ruptura das raízes, sendo então depositados, nesses sulcos 20 mL da suspensão de conídios por planta, na concentração de 1x10⁶ conídios/mL. A concentração foi ajustada através da contagem de esporos em câmara de Neubauer. Após inoculação, as plantas foram mantidas por 120 dias em casa de vegetação para posterior avaliação da severidade.

A avaliação foi realizada 120 dias após a inoculação (de acordo com pré-teste) com base em escala de notas (Cia *et al.*, 1977), com modificações, onde: nota 1 – plantas sadias; nota 2 – escurecimento interno somente na parte basal das raízes e até 35 % das folhas amareladas; nota 3 – escurecimento acima da parte basal das raízes e até 75 % das folhas amareladas; nota 4 – plantas mortas. Após quantificação do amarelecimento foliar, as plantas foram colhidas para avaliação do escurecimento dos vasos xilemáticos por meio de corte longitudinal no colo das plantas (Dias, 2000).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com dez tratamentos (isolados do patógeno) e três repetições, sendo a unidade experimental um vaso contendo uma planta. Os dados obtidos foram avaliados pelo programa ASSISTAT e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos dos resíduos orgânicos no crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*

Para obtenção dos extratos, os resíduos previamente preparados foram pesados e imersos em água destilada e esterilizada, nas concentrações de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 %, e permaneceram por 24 h a 25 °C. Em seguida foram filtrados

através de membrana de celulose a 0,22 μm , adaptada a seringa, 100 μl de cada extrato foram depositados sobre o meio de cultura BDA e espalhados com alça de Drigalski. Discos de micélio com 6 mm de diâmetro, do isolado mais virulento foram transferidos para o centro das placas contendo os extratos. Em seguida, as placas foram incubadas em estufa B.O.D. a 25 ± 1 °C.

A avaliação da inibição do crescimento micelial foi realizada conforme Nakasone *et al.* (1999) com modificações, a partir da leitura, a cada 24 horas, do diâmetro da colônia em dois sentidos diametralmente opostos, com auxílio de uma régua milimetrada. As leituras foram concluídas no sétimo dia, período em que o crescimento do fungo na placa testemunha, contendo somente água destilada esterilizada, preencheu todo diâmetro da placa.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 6 x 3, sendo seis concentrações e três extratos. Cada tratamento foi constituído de placas contendo patógeno e extrato, com cinco repetições e a unidade experimental foi representada por uma placa de Petri. Os dados foram transformados em $\sqrt{x} + 0,5$ e submetidos ao teste de Tukey a 5 % probabilidade.

Efeito de diferentes concentrações dos resíduos orgânicos no controle da fusariose do maracujazeiro *in vivo*

Visando determinar a melhor concentração dos resíduos orgânicos no controle da fusariose, plantas de maracujazeiro amarelo foram transplantadas para vasos com capacidade para 2 kg, contendo solo autoclavado incorporado aos resíduos de babaçu, mandioca e eucalipto, nas concentrações de 0, 20, 40, 60, 80 e 100 g.kg⁻¹ de solo.

O isolado utilizado neste experimento foi selecionado durante o teste de patogenicidade, sendo escolhido o isolado que apresentou sintomas mais severos da fusariose. O preparo do inóculo, a inoculação e a avaliação foram realizadas de acordo com a metodologia já descrita acima. A avaliação foi realizada através da severidade da doença, com base em escala de notas (Cia *et al.*, 1977), com modificações, 120 dias após a inoculação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições. A unidade experimental foi composta por um vaso contendo duas plantas. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS

Análise das propriedades químicas e microbiológicas dos resíduos orgânicos

A análise química mostrou diferença no teor nutricional entre os resíduos orgânicos (Tabela 1). O bagaço do coco babaçu apresentou maiores concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio com 40, 60; 9,05 e 12,81 g.kg⁻¹ respectivamente. Demonstrou também a maior concentração de manganês (332,00 mg.kg⁻¹) e de magnésio (3,51 g.kg⁻¹).

Na análise das bactérias totais, o resíduo de eucalipto apresentou o maior número de colônias de bactérias com frequência de 24,71 %, seguido pelos resíduos de bagaço do coco babaçu e mandioca com frequências de 21,18 % e 18,82 % respectivamente.

Na avaliação dos fungos totais (Tabela 2) as espécies observadas com maior frequência foram *Penicillium* sp.

Tabela 1. Características das principais propriedades químicas dos resíduos orgânicos.

RESÍDUOS	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Mn
Casca de Mandioca	6,09	1,15	7,81	2,79	1,39	8,00
Folhas de Eucalipto	20,01	1,15	9,81	11,10	2,48	190,00
Bagaço do Coco Babaçu	40,60	9,05	12,81	0,67	3,51	332,00

* Os valores de N, P, K, Ca e Mg, são apresentados em g.kg⁻¹.

**O valor de Mn é apresentado em mg.Kg⁻¹.

Tabela 2. Identificação e número de colônias de fungos detectados em 0,5 g dos resíduos de bagaço do coco babaçu, mandioca e eucalipto, após incubação em meio BDA.

RESÍDUOS	Eucalipto	Babaçu	Mandioca	TOTAL
<i>Aspergillus niger</i>	4	11	1	37
<i>Aspergillus flavus</i>	12	1	2	15
<i>Aspergillus ochraceus</i>	-	17	26	65
<i>Fusarium</i> sp.	-	1	-	2
<i>Penicillium</i> sp.	28	40	-	86
<i>Mucor</i> sp.	-	12	-	12
Total*	44	82	29	373

*Soma total das colônias obtidas nas repetições.

(Link.), *Aspergillus niger* van Tieghem, *A. flavus* Link e *A. ochraceus* Wilhelm. No resíduo de bagaço do coco babaçu, foi detectada a maior diversidade de colônias fúngicas, com seis espécies identificadas, destacando-se dos demais resíduos, pela presença de *Mucor* sp. e *Fusarium* sp. No resíduo de eucalipto foram constatadas a presença de *Aspergillus niger*, *A. flavus* e *Penicillium* sp., e no resíduo de mandioca as espécies *Aspergillus niger*, *A. flavus* e *A. ochraceus*.

Teste de patogenicidade e seleção dos isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*

Na figura 1 pode-se observar que todos os dez isolados obtidos na coleta em campo de cultivo de maracujá foram patogênicos, não havendo diferença significativa quanto sua agressividade, indicando que todas as plantas demonstraram sintomas da fusariose. No entanto, o isolado quatro, oriundo do pólo agrícola de Panaquatira, apresentou maior severidade, sendo este selecionado para ser usado nos demais testes deste trabalho.

Efeito de diferentes concentrações de extratos aquosos dos resíduos na inibição do crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*

De acordo como os resultados apresentados na tabela 3, pode-se observar que os extratos aquosos inibiram o crescimento do fungo, demonstrando a ação eficiente na inibição do crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*.

O extrato de bagaço do coco babaçu proporcionou a inibição do crescimento micelial de *F. oxysporum* em todas as concentrações testadas, no entanto a concentração de 6 % foi a que demonstrou maior eficiência. O extrato da casca de mandioca promoveu inibição parcial do crescimento micelial nas concentrações de 2 % e 10 %, já no extrato de eucalipto as concentrações mais eficientes foram as de 8 % e 10 %, sendo que a concentração de 10 % proporcionou inibição total do fungo em meio de cultura (Tabela 3).

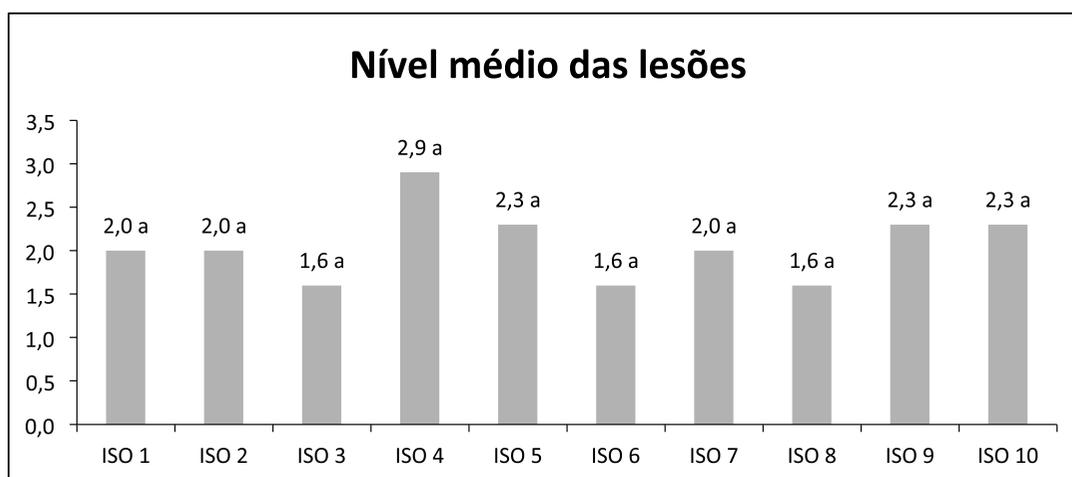


Figura 1. Nível médio das lesões (severidade) obtidas através da escala de notas utilizadas no experimento de seleção dos isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* inoculados em plantas de maracujazeiro amarelo em casa de vegetação.

Tabela 3. Efeito dos extratos aquosos de bagaço do coco babaçu, casca de mandioca e eucalipto em diferentes concentrações na inibição do crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *in vitro*.

Concentração%	Babaçu	Mandioca	Eucalipto
0	2,21 aA	2,52 aA	2,46 aA
2	1,87 abAB	1,34 bB	2,26 aA
4	0,65 bcD	1,74 aB	2,26 aA
6	0,30 cD	1,74 aB	2,40 aA
8	0,74 bCD	1,50 aAB	0,21 bD
10	1,42 bB	1,18 bcBC	0,00 cE
MÉDIA	1,19	1,67	1,41

CV % = 27,74

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Efeito de diferentes concentrações dos resíduos orgânicos no controle da fusariose do maracujazeiro amarelo *in vivo*

O resultado da incorporação dos resíduos orgânicos ao solo demonstrou que os resíduos bagaço do coco babaçu a 80 g.kg⁻¹ e casca de mandioca a 60 g.kg⁻¹, apresentaram efeitos positivos no controle da doença, enquanto que o resíduo de folhas de eucalipto não apresentou diferença significativa em nenhuma das concentrações testadas (Tabela 4).

DISCUSSÃO

O resíduo mais eficiente na redução da fusariose do maracujazeiro foi o bagaço do coco babaçu, o que pode ser justificado pelo seu teor nutricional. Morales *et al.* (2012) relata que no manejo de doenças de plantas deve ser levado em consideração, principalmente, a ação conjunta dos nutrientes, que impossibilitarão o desenvolvimento fúngico através da ação conjunta de vários mecanismos de inibição do patógeno. O fornecimento de nutrientes através da incorporação de resíduos orgânicos pode auxiliar ou mesmo controlar doenças de plantas, segundo Basseto *et al.* (2007) um dos nutrientes de maior influência sobre as doenças é o potássio, pois age aumentando a espessura da parede celular, proporcionando maior rigidez dos tecidos e promovendo a rápida recuperação após injúrias, e conseqüentemente torna a planta resistente ao desenvolvimento de alguns patógenos.

Yergeau *et al.* (2006) verificou que a população de *Fusarium* sofreu influência com a manipulação do nível de fósforo no solo, reduzindo a incidência da fusariose na cultura do aspargo (*Asparagus officinalis* L.) em campo. Esses dados corroboram com os resultados obtidos neste trabalho, onde os maiores níveis de fósforo foram detectados nos resíduos de mandioca e babaçu, que proporcionaram maior controle da doença do maracujazeiro.

A redução de doença com incorporação de resíduos também foi observado por Pinto *et al.* (2010), quando incorporou casca de camarão associada a casca de *Pinus* na concentração de 4 %, constatando a supressividade

da fusariose em crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* L.), causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* e promoveu o crescimento da planta, devido um aumento nas concentrações dos nutrientes presentes no substrato, como nitrato, magnésio, cálcio, sódio, cloreto e fósforo.

A análise microbiológica dos resíduos mostraram que fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* foram encontrados em maior quantidade, sugerindo-se que estes estão contribuindo para a supressividade do solo a doença, promovendo atividade biocontroladora. Vários experimentos utilizando fontes de matéria orgânica apresentaram eficiência contra fitopatógenos (Veras *et al.*, 2007; Ambrosio *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2009; Castaño *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2013), devido à comunidade microbiológica associada a ela e a complexa relação que mantém com a microbiota habitante do solo.

De acordo com Castaño *et al.* (2011) a natureza química dos materiais a partir do qual o composto orgânico é preparado, determinará a população de microrganismos presente neste. Dentre populações de microrganismos responsáveis pela supressividade de patógenos de plantas, *Aspergillus* spp. e *Pseudomonas* spp., apresentam específica taxa de produção de um metabólito antifúngico que promove alterações fisiológicas em *F. oxysporum* e *Streptomyces* spp., atuando de forma mais intensa na rizosfera estimuladas pela produção de exsudados vegetais (Weller *et al.*, 2002).

Em testes realizados para verificar a influência de microrganismos antagonistas na ocorrência da murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum* Smith) em tomateiro, Uesugi e Tomita (2002) comparando a utilização de compostos orgânicos frescos e esterilizados, constataram que nos tratamentos com material esterilizado o percentual de plantas com sintomas foi significativamente maior, cerca de 40 %, enquanto no composto *in natura* o percentual de incidência chegou a 26,31 %, os autores relacionaram a ação antagônica de microrganismos saprófitos à supressão da doença. Resultados semelhantes foram encontrados

Tabela 4. Efeito dos resíduos orgânicos de babaçu, mandioca e eucalipto em diferentes concentrações no controle da fusariose do maracujazeiro amarelo em casa de vegetação.

Concentração (g.Kg ⁻¹)	Babaçu	Mandioca	Eucalipto
0	2,4 a	4,0 a	3,0 a
20	2,2 a	3,0 ab	2,0 a
40	2,1 ab	3,6 ab	2,6 a
60	2,3 a	2,4 b	3,0 a
80	1,2 b	2,8 ab	2,5 a
100	1,6 ab	2,8 ab	2,6 a
MÉDIA	0,97	1,04	1,73
CV%	25,4	24,6	32,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

por Suárez-Estrella *et al.* (2007), quando isolaram microrganismos de resíduos oriundos de compostos orgânicos hortícolas e relacionaram a atividade desses organismos à supressão de *F. oxysporum* f. sp. *melonis*, identificando várias espécies de *Aspergillus*, como sendo o microrganismo de maior abundância no composto, sendo considerado potencial agente biocontrolador da doença estudada. Esses dados reforçam os resultados obtidos neste trabalho, confirmando a influência da composição da microbiota dos resíduos na redução da severidade da fusariose em maracujazeiro.

Os isolados de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae* testados mostraram variação na agressividade evidenciando variabilidade genética na população, resultados semelhantes foram encontrados por Bueno *et al.* (2010), que verificaram que a população fúngica de *Fusarium solani* em maracujazeiro amarelo apresentou variabilidade quanto a agressividade evidenciando a diversidade genética da espécie.

As concentrações dos extratos aquosos testados inibiram o crescimento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *passiflorae*, evidenciando eficácia destes extratos no controle deste fungo. O mesmo foi verificado por Ferreira *et al.* (2009), que constataram que extratos de nim e citronela proporcionaram redução do crescimento micelial desse mesmo patógeno nas concentrações de 4 % e 6 % respectivamente.

Os resultados obtidos com o extrato de eucalipto reforçam o que foi relatado por Felix *et al.* (2007), que utilizou os extratos vegetais de eucalipto e citronela (*Cymbopogon nardus* Rendle.) constatando total inibição do crescimento micelial e da esporulação de *Glomerella cingulata* (Stonem), ressaltaram, ainda, que o princípio ativo do eucalipto, o eucaliptol é um antimicrobiano comprovadamente eficiente e sua presença contribuiu significativamente para inibição do crescimento micelial de fungos.

Além da inibição de crescimento micelial de *Fusarium*, esse resíduo também apresentou efeito sobre outros fitopatógenos como relata Bonaldo *et al.* (2004), que constataram a eficiência da utilização de extrato aquoso de eucalipto no controle de *Colletotrichum lagenarium* (Pass.) em pepino (*Cucumis sativus* L.), que além de inibir a germinação dos esporos e a formação de apressórios do fungo *in vitro*, ainda apresentou grande potencial em induzir resistência local no pepino contra a antracnose.

Nos resíduos orgânicos, encontram-se substâncias que exercem ação fungicida, bactericida e nematicidas, por isso se tornam uma ferramenta adequada na utilização para o controle de fitopatógenos (Silva *et al.*, 2006), principalmente pelo fato de muitos desses resíduos serem de fácil acesso para pequenos e médios produtores, sendo que a mandioca é abundante em áreas rurais da região Nordeste, aliando-se assim a disponibilidade dos resíduos, a eficiência destes em controlar fitopatógenos, diminuindo os custos com o controle de doenças e proporciona o uso de resíduos locais evitando a entrada de insumos externo nas propriedades rurais.

Vale ressaltar, que pesquisas com resíduos de bagaço do coco babaçu e casca de mandioca no controle de fitopatógenos são raros, mas tornam-se extremamente importantes como alternativas agroecológicas para agricultura familiar.

Os resultados da incorporação dos resíduos ao solo indicou a bagaço do coco babaçu e casca de mandioca como eficientes no controle da fusariose do maracujazeiro. Na análise microbiológica, o bagaço do coco babaçu foi o resíduo que apresentou maior quantidade de espécies fúngicas (tabela 2), além de ter apresentado a segunda maior quantidade de colônias bacterianas. Isso comprova o alto grau de atividade microbiológica do resíduo, que pode ter contribuído significativamente no controle da doença através da ação antagônica dos microrganismos presentes. A incorporação de mandioca associado à solarização proporcionou o controle da murcha de fusarium em tomateiro, inativando completamente o *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 2 até o 7º dia após a instalação do ensaio, através da liberação dos compostos orgânicos voláteis oriundos da decomposição da mandioca (Wong *et al.*, 2011)

As análises microbiológicas são importantes para quantificar e identificar as comunidades microbianas presentes no resíduo e relacioná-las ao controle da doença. Sabe-se que existem alguns princípios que tornam possível o controle de fitopatógenos utilizando resíduos orgânicos incorporados ao solo, destacando-se a escassez de alimento para o patógeno, aumentando a comunidade microbiológica do solo e a competição por recursos em geral e diminuindo a disponibilidade de nutrientes (Postma *et al.*, 2008), proporcionando uma ação biótica e abiótica a partir da incorporação dos resíduos.

Com o aumento da microbiota do solo vários mecanismos de ação podem estar envolvidos na interação patógeno-hospedeiro destacando-se antibiose, parasitismo, competição, predação e indução de resistência no hospedeiro, formando uma complexa relação para obtenção de recursos essenciais a sobrevivência, que impossibilita a prevalência de apenas um microrganismo, e também a ocorrência da doença (Bettiol e Guini, 2005).

A manutenção da diversidade microbiológica do resíduo de bagaço do coco babaçu pode está relacionada também às altas concentrações N, P, K e Mn encontradas nas análises desse resíduo (tabela 1). Segundo Liu *et al.* (2008), altos índices de elementos nutricionais no solo favorecem a diversidade microbiológica, auxiliando na ciclagem de nutrientes e na disponibilização dos mesmos para as plantas, que tendem a adquirir maior adaptabilidade e resistência quando a disponibilidade nutricional é favorável, reforçando o papel da supressividade do solo na inibição do desenvolvimento da doença.

A Mandioca possui alta concentração de ácido cianídrico, substância altamente tóxica para a maioria dos

organismos vivos (Wong *et al.*, 2011). Nascimento (2005) em experimento realizado *in vivo* também comprovou a eficiência da utilização do resíduo da mandioca no biocontrole da murcha bacteriana em tomateiro, causada por *R. solanacearum*, na concentração de 20 g.Kg⁻¹ de solo, após 30, 45 e 65 dias da incorporação, resultando na diminuição da severidade da doença. Veras *et al.* (2007) verificaram também que o bagaço do coco babaçu incorporada ao solo na concentração de 20 g.Kg⁻¹, promoveu a supressividade da fusariose em quiabeiro, constatando alto índices nutricionais e microbiológicos do resíduo. A autora relacionou o resultado positivo aos níveis nutricionais do resíduo e a atividade antagônica dos microrganismos.

Na incorporação de resíduos para controle de doenças é importante salientar que cada patossistema responde de forma específica, fazendo uso de diferentes mecanismos de ação. Termorshuizen *et al.* (2006) estudaram 18 resíduos e compostos de vários países da Europa em sete patossistemas diferentes para verificar a possível supressão e relacioná-la ao potencial fator inibidor de cada resíduo, em 54 % dos casos estudados verificou-se supressão da doença e em apenas 3 % a doença ocorreu de forma significativa, constatando nas análises com *Fusarium oxysporum* e com *Rhizoctonia solani* que o maior fator supressor foi à competição com os demais microrganismos da rizosfera.

Testando o efeito de compostos orgânicos e de adubos comumente comercializados, Van der Gaag *et al.* (2007) constataram que a ação dos nutrientes e a presença da microbiota ativa dos compostos influenciou na supressão à *F. oxysporum* f. sp. *cyclamini*, onde a relação estabelecida pelos microrganismos possibilitou a ação antagônica ao patógeno, influenciada pela presença dos fertilizantes que disponibilizaram maior quantidade de nutrientes para manutenção das comunidades biológicas, reforçando o efeito conjunto dos nutrientes e diversidade microbiana na redução da fusariose do maracujazeiro.

Cruz *et al.* (2013), estudando a fusariose do tomateiro verificaram que a incorporação das leguminosas leucena, feijão guandu, amendoim forrageiro e feijão de porco foram eficientes no controle da doença, reduzindo a severidade. Essa redução pode ter ocorrido pelo aumento da atividade microbiana e da matéria orgânica presente no solo, sendo *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus* e *Rhizopus stolonifer* as espécies prevalentes nos resíduos estudados.

Esses resultados mostram-se importantes frente à mudança de paradigma na agricultura e trazem para agroecologia mais uma ferramenta adequada ao processo sustentável que a humanidade necessita e almeja, solucionando de forma coerente os possíveis problemas fitossanitários decorrentes, diminuindo a utilização indiscriminada de agrotóxicos, já que é crescente a procura por alimentos mais nutritivos e sem substância tóxicas.

CONCLUSÕES

Os resíduos orgânicos de bagaço do coco babaçu e casca de mandioca possuem potencial para o controle da fusariose do maracujazeiro amarelo. Pesquisas adicionais são necessárias para elucidar com maior precisão a forma como o complexo mecanismo de controle atua e identificar a exata influência de cada um dos elementos envolvidos, principalmente em campo, onde a amplitude do controle abrange ainda mais fatores que influenciam ou não, a ocorrência da doença.

REFERENCIAS

- Altieri MA, Nicholls CI. Agroecologia: resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. *Cienc Ambien.* 2003;27:141-153.
- Ambrosio MMQ, Bueno CJ, Padovani CR, Souza NL. Controle de fitopatógenos do solo com materiais vegetais associados à solarização. *Summa Phytopathol.* 2008;34(4):354-358. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052008000400010>
- Arêdes AF, Pereira MWG, Gomes MEM, Rufino JLS. Análise econômica da irrigação na cultura do maracujá. *Rev Econ UEG.* 2009;51:67-86.
- Barnett HL, Hunter BB. *Illustrated genera of imperfect fungi.* 4th ed. Minnesota: APS Press; 1998. 218 p.
- Basseto MA, Ceresini PC, Valério Filho WV. Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. *Summa Phytopathol.* 2007;33:56-62.
- Bonaldo SM, Schwan-Estrada KRF, Stargarlin JR, Tessmann DJ, Scapim CA. Fungitoxicidade, atividade elicitora de fitoalexinas e proteção de pepino contra *Colletotrichum lagenarium*, pelo extrato aquoso de *Eucalyptus citriodora*. *Fitopatol Bras.* 2004;29(2):128-134.
- Bonanomi G, Antignani V, Pane C, Scala F. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *J Plant Pathol.* 2007;89(3):311-334.
- Bettiol W, Ghini R. Solos Supressivos. In: Michereff SJ, Andrade DEGT, Menezes M, editors. *Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais.* Recife: UFRPE, Imprensa Univertária; 2005. p.125-148.
- Bueno CJ, Fischer IH, Parisi MCM, Furtado EL. Comportamento do maracujazeiro amarelo, variedade afruec, ante uma população de *Fusarium solani*, agente causal da podridão do colo. *Arq Inst Biol.* 2010;77(3):533-537.
- Café Filho AC, Lobo Júnior M. Manejo de fatores físicos e culturais para o controle de patógenos de solo. *Rev An Patol Plantas.* 2000;8:267-301.
- Castaño R, Borrero C, Avilés M. Organic matter fractions by SP-MAS 13C NMR and microbial communities involved in the suppression of *Fusarium* wilt in organic

- growth media. *Biol Control*. 2011;58(3):286-293. Doi: 10.1016/j.biocontrol.2011.05.011
- Cia E, Gripp-Papp LL, Soave J, Ferraz CAM. Resistência de novos cultivares de algodoeiro a *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* e a *Xanthomonas malvaceum*. *Summa Phytopathol*. 1977;3(1):260-270.
- Cruz SMC, Rodrigues AAC, Silva EKC, Oliveira, LJMG. Supressividade por incorporação de resíduo de leguminosas no controle da fusariose do tomateiro. *Summa Phytopathol*. 2013;39(3):180-185. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052013000300006>
- Dias MSC. Principais doenças fungicas e bacterianas do maracujazeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. 2000;21(206):34-38.
- Felix KCS, Silva JC, Carnaúba JP, Oliveira A, Amorim EPR. Atividade antifúngica de extratos vegetais e óleos essenciais sobre *Glomerella cingulata* em frutos de mamão. *Fitopatol Bras*. 2007;32:119.
- Ferreira RB, Rodrigues AAC, Catarino AM, MORAES FHR. Utilização dos resíduos orgânicos de nim e citronela no controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* em maracujazeiro amarelo. *Rev Bras Agroecol*. 2009;4:893-896.
- Fischer IH, Kimati H, Rezende JAM. Doenças do maracujazeiro. In: Kimati H, Amorim L, Rezende JAM, Bergamin Filho A, Camargo LEA, editors. *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4.ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres; 2005;2:467-474.
- Leslie JF, Summerell BA. *The Fusarium laboratory manual*. 1 ed. USA: Blackwell publishing; 2006. 388 p.
- Liu ZH, Jiang LH, Xiao LL, Ardter RH, Zhang WJ, Zhang YL, *et al*. Effect of N and K fertilizers on yield and quality of greenhouse vegetable crops. *Pedosphere*. 2008;18(4):496-502. Doi: 10.1016/S1002-0160(08)60040-5
- Menezes M, Assis JP. Guia prático para fungos fitopatogênicos. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2004.
- Morales RGF, Santos I, Tomazeli VN. Influência da nutrição mineral foliar sobre doenças da parte aérea da cultura do trigo. *Rev Ceres*. 2012;59(1):71-76. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100010>
- Nascimento AS. Biocontrole de murcha bacteriana em tomateiro por meio da incorporação de resíduos orgânicos ao solo [Dissertação de Mestrado]. São Luís: Mestrado em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão; 2005. 104 p.
- Nakasone AK, Bettiol W, Souza RM. Efeito de extratos aquosos de matéria orgânica sobre fitopatógenos. *Summa Phytopathol*. 1999;25:330-335.
- Pinto ZV, Bettiol W, Morandi MAB. Efeito de casca de camarão, hidrolisado de peixe e quitosana no controle da murcha de *Fusarium oxysporum* f. sp. *chrysanthemi* em crisântemo. *Trop Plant Pathol*. 2010;35(1):16-23.
- Postma J, Schilder MT, Bloem J, Leeuwen-Haagsma WK. Soil suppressiveness and functional diversity of the soil microflora in organic farming systems. *Soil Biol Biochem*. 2008;40(9):2394-2406. Doi: 10.1016/j.soilbio.2008.05.023
- Suárez-Estrella FS, Vargas-Garcia C, Lopez MJ, Capel C, Moreno J. Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Crop Prot*. 2007;26:46-53. Doi: 10.1016/j.cropro.2006.04.003
- Santos Filho HP, Laranjeira FF, Santos CCF, Barbosa CJ. Doenças do maracujazeiro. In: Lima AA, Cunha MAP, editors. *Maracujá: Produção e qualidade na Passicultura*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; 2004. p. 241-280.
- Silva JR. *Maracujá: produção, pós-colheita e mercado*. Fortaleza: Instituto Frutal; 2004. 77 p.
- Silva MB, Rosa MB, Brasileiro BG, Almeida V, Silva CA. Desenvolvimento de produtos a base de extrato de plantas para o controle de doenças em plantas. In: Venzon M, Júnior TJP, Pallini A, editors. *Controle alternativo de pragas e doenças*. Viçosa: EPAMIG/UFV; 2006. p. 221-222.
- Singh K, Frisvad JC, Thrane U, Mathur SB. *An illustrated manual on identification of some seed-borne Aspergilli, Fusaria, Penicillia and their Mycotoxins*. Denmark: Danish government Institut of seed pathology for developing countries; 1991. 133 p.
- Termorshuizen AJ, Van Rijn E, Van Der Gaag DJ, Alabouvette C, Lagerlof JF, Malandrakis AA, *et al*. Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biol Biochem*. 2006;38(8):2461-2477. Doi: 10.1016/j.soilbio.2006.03.002
- Uesugi CH, Tomita CK. Murcha bacteriana: doses crescentes de composto orgânico aumentam a incidência de murcha bacteriana. *Cultivar HF [Internet]*. 2001 [citado 01 jun 2015];2(11):12-14. Disponível em: http://www.grupocultivar.com.br/arquivos/hf11_murchabacteriana.pdf
- Van Der Gaag DJ, Van Noort FR, Stapel-Cuijpers LHM, Kreij C, Termorshuizen AJ, Van Rijn E, *et al*. The use of green waste compost in peat-based potting mixtures: Fertilization and suppressiveness against soilborne diseases. *Sci Hortic*. 2007;114(4):289-297.
- Veras MS, Silva AC, Rodrigues AAC. Incorporação de resíduos orgânicos no controle da fusariose em quiabeiros. *Rev Bras Agroecol*. 2007;2(1):1190-1193.
- Weller DM, Raaijmakers JM, Gardener BBM, Thomashow LS. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annu Rev Phytopathol*. 2002;40:313-325. Doi: 10.1146/annurev.phyto.40.030402.110010

Wong LC, Ambrósio MMQ, Souza NL. Sobrevivência de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Raça 2 submetido a técnica da solarização associada à incorporação de folhas de mandioca. Summa Phytopathol. 2011;37(2):129-133. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052011000200008>

Yergeau E, Sommerville DW, Matheux E, Vujanovic V, Hamel C, Whalen JK, *et al.* Relationships between *Fusarium* population structure, soil nutrient status and disease incidence in field-grown asparagus. FEMS Microbiol Ecol. 2006;58(3):394-403.