

Fatores que afetam a sobrevivência de *Aspergillus niger* e sua relação com a podridão vermelha do caule do sisal

Cristiano Oliveira do Carmo, Priscila Fonseca Tavares, Rafael Mota da Silva, Caroline Lopes Damasceno, Jefferson Oliveira Sá, Ana Cristina Fermino Soares

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, CEP 44.380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil. E-mails: cristian_oli10@yahoo.com.br, pristavares25@hotmail.com, rafamotaprego@hotmail.com, carolinedamas@yahoo.com.br, jefferson_de_sa@yahoo.com.br, ferminosoares@gmail.com

Resumo: A podridão vermelha do sisal (*Agave Sisalana*) causada pelo fungo *Aspergillus niger* é o principal problema fitossanitário, que vem contribuindo para o declínio na produtividade do sisal na Bahia, Brasil. O uso dos resíduos de sisal vem sendo recomendado para a adubação da lavoura, mas essa prática pode contribuir para a proliferação da podridão vermelha. O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência de *A. niger* em dois solos da região produtora de sisal na Bahia e a utilização de extrato aquoso do resíduo no controle alternativo da podridão vermelha. Os experimentos consistiram da avaliação da sobrevivência de *A. niger*, pela técnica de quantificação das unidades formadoras de colônias (UFC), em resíduo de sisal fresco, seco fermentado e seco não fermentado e em dois tipos de solo com a incorporação desses resíduos. Extratos aquosos dos resíduos foram avaliados quanto ao efeito na germinação de esporos de *A. niger* e no controle da podridão vermelha em mudas de sisal. O solo argiloso com resíduo de sisal fresco favoreceu o aumento da população de *A. niger*. Entretanto, o resíduo fermentado e o seco não fermentado inibiram o desenvolvimento do fungo. O resíduo fresco de sisal estimulou a sobrevivência e a germinação de esporos de *A. niger* e causou o aumento na severidade da doença. As plantas de sisal tratadas com o extrato aquoso de resíduo fermentado, na concentração de 45%, apresentaram o menor grau de severidade da doença. O resíduo fresco favorece o crescimento de *A. niger* e a severidade da podridão vermelha. Entretanto, o mesmo resíduo quando fermentado inibe este fungo e promove o controle da podridão vermelha.

Palavras chave: *Agave Sisalana* - Doenças, Fungos, Controle alternativo.

Factors affecting the survival of *Aspergillus niger* and its relation to Red Stem Sisal Rot

Abstract: Red rot of the sisal (*Agave Sisalana*) stem caused by the fungus *Aspergillus niger* is the main phytosanitary problem, causing a decline in sisal productivity. The use of sisal residues has been recommended for crop fertilization, however, there are indications that this practice contributes to the spread of the disease. The objective of this work was to evaluate the survival of *A. niger* in two soils of the sisal producing region of Bahia and the use of aqueous extract of the sisal residue in the alternative control of red rot. The experiments consisted of the evaluation of the survival of *A. niger* in fresh, dry fermented and dry unfermented sisal residue and the addition of the residues in two types of soils of the sisal region, determining the number of colony forming units (CFU). In order to evaluate the aqueous extracts of sisal residues, spore germination and red rot control were evaluated in sisal seedlings. The clay soil with fresh sisal residue favored the increase of the *A. niger* population. However, the fermented residue and the unfermented dried inhibited fungus development. Fresh sisal residue stimulated survival, increased disease severity, and spore germination of *A. niger*. However, the concentration of 45% of aqueous extract of fermented residue presented the lowest degree of severity of the disease. The fresh sisal residue favors the growth of *A. niger*, favoring the severity of the red sisal rot, but the fermented residue inhibits.

Keywords: *Agave Sisalana* - Diseases, Fungi, Alternative control.

Introdução

O sisal (*Agave sisalana* Perrine) é uma planta monocotiledônea, xerófita e de clima quente, que se adaptou bem na região do semiárido do nordeste brasileiro. O Brasil é considerado o maior produtor, representando 69% da produção global de fibra de sisal. Das suas folhas, apenas as fibras duras que representam apenas 3-5% do peso total da planta são utilizadas para fins comerciais (Murali & Morchhale, 2014). Os restantes 95-97% são resíduos sólidos e líquidos que podem ser utilizados na alimentação animal, como bioinseticida, na síntese de fármacos esteroides em indústrias farmacêuticas, como fertilizantes orgânicos (Ribeiro et al., 2015), na produção de nematocidas (Damasceno et al., 2015 & Jesus et al., 2015), mas na maioria dos casos são descartados nas propriedades agrícolas.

A região nordeste concentra a maior produção de fibras de sisal do Brasil, a qual se caracteriza por ser a principal fonte de renda da agricultura familiar da região, que em 2016 produziu aproximadamente 132.920 mil toneladas, atingindo uma área plantada 206.327 mil hectares, destacando o estado da Bahia como maior produtor com cerca de 127.500 mil toneladas Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] (2017).

Entretanto, a cultura do sisal vem enfrentando sérios problemas com a ocorrência da podridão vermelha do caule, ocasionando um declínio na produtividade de sisal (Coutinho et al., 2006, Abreu, 2010, Silva, 2012 & Gama et al., 2015). A incidência da podridão vermelha do sisal varia entre as regiões de cultivo, sendo que em algumas não ultrapassa 5% da área, enquanto em outras pode alcançar 40% (Abreu, 2010). Nos últimos dez anos, no Estado da Bahia, tem sido constatado um aumento significativo na incidência da podridão vermelha do sisal, resultando em perdas para os produtores.

A podridão vermelha do sisal é causada pelo fungo *Aspergillus niger* (*Trichocomaceae*, *Ascomycota*) (Kirk et al., 2008, Coutinho et al., 2006 & Soares et al., 2006). Este agente patogênico está contribuindo para a diminuição contínua da plantação de sisal na região semi-árida da Bahia, proporcionando o abandono das culturas devido à alta incidência da doença (Gama et al., 2015). Este fungo possui crescimento aeróbico, é encontrado na serrapilheira e na matéria orgânica em

decomposição e, além de sobreviver como saprófita, também é parasita de plantas (Schuster et al., 2002).

A intensidade da doença pode, em alguns casos, estar relacionada ao tipo de solo ou às práticas adotadas pelos produtores no que se refere à utilização de mudas, à colheita de folhas sem critério e à utilização de resíduos oriundo do processo de desfibramento da folha na adubação das lavouras (Coutinho et al., 2006). O uso dos resíduos do próprio sisal vem sendo recomendado, em alguns casos, para a adubação da lavoura ou como cobertura morta (Lima et al., 2013). Contudo, essa prática é um risco para a disseminação da podridão vermelha, considerando que as folhas utilizadas para a extração da fibra, podem ser oriundas de plantas com sintomas da podridão vermelha e também podem ter lesões causadas por este fungo. Portanto, os resíduos podem servir como fonte de inóculo e de disseminação da doença. Além disso, estudos demonstraram que o extrato da folha de sisal estimula a germinação dos esporos de *A. niger* e promove o aumento na incidência e severidade da podridão vermelha em condições de casa de vegetação (Souza, 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a sobrevivência de *A. niger* em dois tipos de solo da região semiárida produtora de sisal na Bahia, com a incorporação do resíduo do desfibramento de folhas de sisal, fresco, seco e seco fermentado e, avaliar o efeito do extrato aquoso do resíduo no controle alternativo da podridão vermelha do sisal.

Material e métodos

Local de realização do experimento

Este trabalho foi desenvolvido no laboratório de Microbiologia Agrícola e casa de vegetação na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia [UFRB], localizada em Cruz das Almas, Bahia. A cidade está situada a 12°40'19" S (latitude sul) e 39°06'22" O (longitude oeste de Greenwich), tendo 220 m de altitude. O clima é tropical quente e úmido, Aw a Am, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 24,5 °C e umidade relativa de 80% (Almeida, 1999). Os experimentos foram instalados entre os meses de Outubro de 2012 a Abril de 2013.

Preparo do inóculo de *Aspergillus niger*

Um isolado patogênico de *A. niger*, mantido na coleção de culturas do Laboratório de Microbiologia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, foi multiplicado em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar) e incubado a temperatura ambiente (28 ± 2 °C) por um período de 10 dias. Foram adicionados 20 mL de água destilada esterilizada com duas gotas de Tween 20® a cada placa de *A. niger* e os conídios foram raspados com uma alça de Drigalsky. A determinação da concentração de esporos da suspensão foi realizada em câmara de Neubauer e microscópio ótico, ajustando-se a concentração para 10^7 conídios mL⁻¹.

Avaliação da sobrevivência de *Aspegillus niger* em diferentes solos da região sisaleira

Amostras compostas de dois solos de áreas produtoras de sisal nos municípios de Conceição do Coité e Jacobina no Estado da Bahia foram coletadas próximo ao sistema radicular das plantas de sisal e acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade para 100 mL. As análises químicas e físicas das amostras de solo foram realizadas pelo Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz [USP/ESALQ] (tabela 1).

Tabela1 - Características químicas das amostras de solo coletadas nos municípios de Jacobina (S1, Argiloso) e Conceição do Coité (S2, Médio-arenoso).

Macronutrientes										
Solos	pH	M.O	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
S1(argiloso)	6,8	37	13	6,4	128	16	13	150,9	164,3	92
S2(M-arenoso)	5,5	24	7	0,9	45	28	22	73,7	95,9	77
Micronutrientes										
Solos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Si	B	Cu	Fe
S1(argiloso)	0,56	0,9	7	28,3	1,1	4	25,6	0,56	0,9	7
S2(M-arenoso)	0,36	0,7	38	1,5,8	2,96	20	12,1	0,36	0,7	38
Solos	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Si	B	Cu	Fe

Unidades: M.O. (g.dm⁻³); P (mg.dm⁻³); K, Ca, Mg, H+Al, SB e T (mmolc.dm⁻³); V %. B; Cu, Fe, Mn, Zn, Na e Si (mg.dm⁻³). Métodos: pH em CaCl₂ (acidez ativa) - CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O.- Dicromato/Colorimétrico; Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio - Resina trocadora de íons; H+Al (acidez potencial) - pH SMP; Boro - água quente/microondas; Cu, Fe, Mn e Zn - extração DTPA - TEA em pH 7,3; Na - extração duplo ácido; Si - extração CaCl₂ 0,01mol.L⁻¹.

Como fonte de matéria orgânica foi utilizado o resíduo obtido do desfibramento das folhas de sisal, coletado no momento do desfibramento e transportado em sacos para o Laboratório de Microbiologia Agrícola. Utilizou-se o resíduo fresco, após fermentado e seco em estufa de ventilação forçada a 45 °C por três dias, e seco sem fermentar. Estes foram incorporados ao solo na proporção de resíduo e solo de 1:3 (v/v). Em seguida as amostras de solo foram infestadas com *A. niger* com a adição de 3 mL da suspensão de esporos do fungo. O solo do tratamento controle recebeu apenas 3 mL de água destilada esterilizada. Logo após a infestação com *A. niger*, as amostras foram incubadas em B.O.D à 28 ± 2 °C por um período de 28 dias.

Para a padronização da quantidade de água em todos os tratamentos, os potes de plástico contendo o solo com os tratamentos foram pesados individualmente e a reposição da umidade foi realizada periodicamente, por pesagem dos potes com o solo e adição de água destilada esterilizada para manter o peso inicial. Subamostras de solo foram retiradas a cada sete dias e submetidas à diluição seriada e plaqueamento em meio semi-seletivo (meio BDA acrescido de 6% de NaCl e 1 mL.L⁻¹ de Tormicina), de acordo a Berjak (1987) com alterações. Foram plaqueadas três placas das diluições 10⁻² e 10⁻³ e incubadas por um período de três dias em câmara tipo B.O.D à 28 ± 2 °C, para a contagem e cálculo do número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por

grama de solo seco.

As amostras foram retiradas quatro amostras por um período de 28 dias, determinando-se a curva de crescimento populacional de *A. niger* nos diferentes tratamentos ao longo do tempo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, sendo 2 solos e 4 tratamentos, com três repetições.

Avaliação da sobrevivência de *A. niger* no resíduo de sisal

Amostras de três tipos de resíduo de sisal (seco sem fermentar, fermentado e fresco) foram coletadas e acondicionadas em recipientes plásticos com capacidade para 100 mL, sem esterilização. As amostras dos resíduos foram infestadas e incubadas em câmara tipo B.O.D e avaliadas como descrito anteriormente. A quantidade de inóculo de *A. niger*, presente no resíduo do sisal foi comparado através dos tratamentos controles que foi adicionado apenas 3 mL de água destilada esterilizada.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (tratamentos) + 3 (controles) X 4 (avaliações), com 3 repetições.

Efeito do extrato aquoso de resíduo de sisal sobre a severidade da doença

Os extratos aquosos foram preparados através de infusão, onde foram utilizadas 100g do resíduo por litro de água destilada para cada um dos extratos (Torres et al., 2006). Para avaliação do efeito do extrato aquoso na severidade da podridão vermelha do sisal, mudas de sisal foram plantadas em sacos de polietileno (21 x 14,5 cm) com capacidade para 1 dm³, contendo solo de área de pastagem do *Campus* da UFRB de Cruz

das Almas

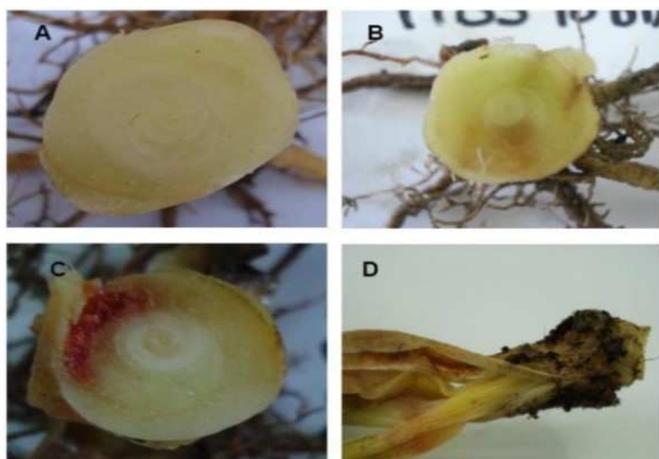
Para a inoculação de *A. niger*, foram feitas lesões padronizadas nas mudas (quatro perfurações equidistantes, com 1 cm de profundidade e 1 mm de diâmetro, no caule), conforme descrito por Sá (2009). As mudas foram parcialmente imersas em recipientes contendo os extratos aquosos de resíduo de sisal, nas concentrações de 0%, 30%, 45%, 60% e 75% (v/v), por doze horas, exceto no tratamento controle, no qual as mudas foram imersas em água destilada por doze horas.

As mudas foram retiradas do extrato, colocadas em bandejas plásticas para secar ao ar livre por quinze minutos e, em seguida, inoculadas com *A. niger* por meio da adição de 2 mL de suspensão de esporos na concentração de 10⁷ conídios.mL⁻¹ nas raízes e no caule, com o auxílio de uma pipeta automática, e plantadas imediatamente após a inoculação.

No tratamento controle positivo foi aplicado somente água destilada esterilizada no local das lesões e no tratamento controle negativo, as mudas sofreram fermentos, foram imersas em água e inoculadas com a suspensão de *A. niger*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (extratos) X 4 (doses) com dois controles (positivo e negativo), com 20 repetições.

Após o período de 21 dias, foram avaliadas 20 plantas de cada parcela do experimento para determinação da severidade da doença, utilizando-se a escala de notas descrita por Sá (2009) (Figura 1).

Figura 1 - Avaliação da severidade da podridão vermelha do sisal em mudas inoculadas com *Aspergillus niger*. Escala de notas proposta por Sá (2009): **(A) nota 0** - planta sadia; **(B) nota 1**- sintoma inicial, **(C) nota 2** - vermelhidão dos tecidos internos do caule e **(D) nota 3** - planta morta.



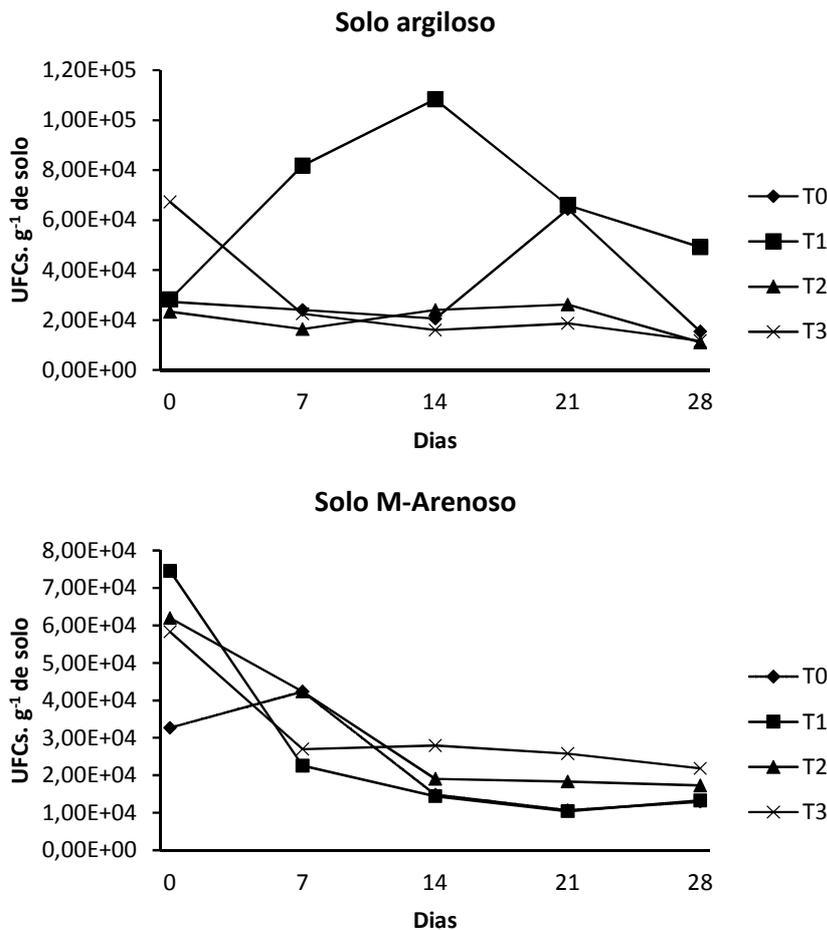
Resultados e discussão

Sobrevivência de *A. niger* em dois tipos de solo da região Semiárida produtora de sisal na Bahia.

A sobrevivência de *A. niger* em solo argiloso e médio-arenoso, incorporado com o resíduo de sisal, variou durante o período de avaliação (Figura 2). Inicialmente o número maior de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de *A. niger* foi observado no solo arenoso. Em solo argiloso incorporado com resíduo de sisal fresco, ocorreu um aumento na população durante os primeiros 14 dias de incubação do solo, constatando o declínio na população deste fungo, após esse período. No tratamento com resíduo de

sisal seco houve um decréscimo na população aos sete dias após a incubação. Para os tratamentos composto de solo argiloso sem adição de resíduo e solo argiloso com resíduo de sisal seco e fermentado, durante os primeiros 14 dias de avaliação não houve variação na população de *A. niger*. Todavia, para o tratamento com solo argiloso sem resíduo ocorreu um aumento da população de *A. niger* aos 21 dias, seguido de um decréscimo aos 28 dias (Figura 2). O aumento da população de *A. niger* em solo argiloso com adição de resíduo fresco nos 14 dias da avaliação pode está relacionada à grande quantidade de carboidratos presentes no resíduo de sisal fresco (Zhang et al., 2014).

Figura 2 - Sobrevivência de *Apergillus niger* em solo argiloso e médio arenoso da região sisaleira em 28 dias de incubação. T0: Solo sem resíduo de sisal; T1: Solo com resíduo de sisal fresco T2: Solo com resíduo de sisal seco fermentado; T3: Solo com resíduo de sisal seco.



Em relação aos tratamentos constituídos de solo médio-arenoso, observou-se variação de UFC de *A. niger* entre os tratamentos no tempo zero. A população de *A. niger* no tratamento contendo solo arenoso sem adição de resíduo de sisal foi menor que os demais tratamentos, ocorrendo um aumento aos sete dias após a infestação do solo. Observou-se um decréscimo nas UFC de *A. niger* no solo com e sem adição de resíduo de sisal, aos 14 dias após a infestação do solo, em relação ao tempo zero, não ocorrendo variação na população até os 28 dias após a incubação do solo com o fungo.

A avaliação da sobrevivência de *A. niger* no solo indica que o resíduo fermentado inibiu o desenvolvimento do fungo o que explica o declínio na população de *A. niger* no solo. Como solos arenosos têm baixo teor de matéria orgânica e retenção de água, foi verificada baixa sobrevivência de *A. niger* neste tipo de solo, independente da incorporação do resíduo. Entretanto, devido aos solos argilosos possuírem maior teor de matéria orgânica e retenção de água que os solos arenosos, o *A. niger* sobrevive melhor nestes solos. Os tratamentos controle demonstraram que nas condições em que o experimento foi realizado, *A. niger* encontrava-se em baixa população no solo.

De modo geral, este trabalho indica que o *A. niger* tem baixa capacidade de sobrevivência no solo, o que vem sendo demonstrado em outros trabalhos (Soares et al., 2007 & Sá, 2014), nos quais, solos coletados nas áreas produtoras de sisal apresentam baixíssimas populações de *A.*

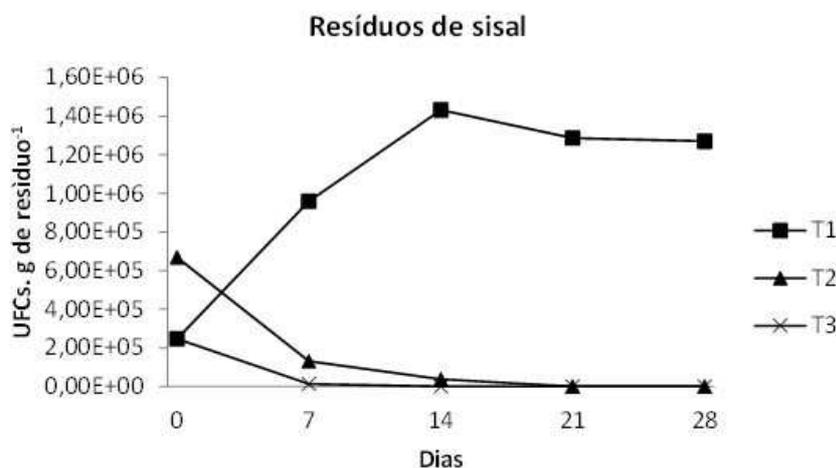
niger.

Avaliação da sobrevivência de *A. niger* no resíduo de sisal

Quando avaliado em diferentes resíduos de sisal, variações no comportamento populacional de *A. niger* foram observadas em períodos de tempo distintos (Figura 3). Nos tratamentos controle, não foram observadas colônias de *A. niger*. Pela quantidade de inóculo inicial (6×10^6 esporos.g⁻¹ de resíduo), a população de *A. niger* encontrada no tempo zero da incubação do resíduo, sugere que houve um decréscimo rápido na população ou uma baixa germinação e desenvolvimento de *A. niger* nos resíduos, exceto para o resíduo seco fermentado no campo, que apresentou uma população alta de *A. niger*, quando inoculado, mas esta população caiu rapidamente nos primeiros sete dias de incubação.

No resíduo fresco de sisal (T1), *A. niger* apresentou menor número de unidades formadoras de colônias (UFC) no tempo zero, em relação ao resíduo de sisal fermentado (T2), mas a população aumentou durante o período de incubação, até os 14 dias, seguida por um decréscimo da população entre os 14 e 28 dias de incubação. Entretanto, este resíduo manteve uma população superior a do tempo zero de incubação, demonstrando que houve crescimento de *A. niger* no resíduo fresco e que o fungo consegue sobreviver no resíduo fresco (Figura 3). Segundo Souza e Soares (2013) o extrato aquoso da folha de sisal estimula o desenvolvimento de *A. niger*.

Figura 3 - Sobrevivência de *Apergillus niger* em diferentes resíduos de sisal. T1: Resíduo fresco; T2: Resíduo de sisal seco, fermentado no campo; T3: Resíduo de sisal seco sem fermentar.



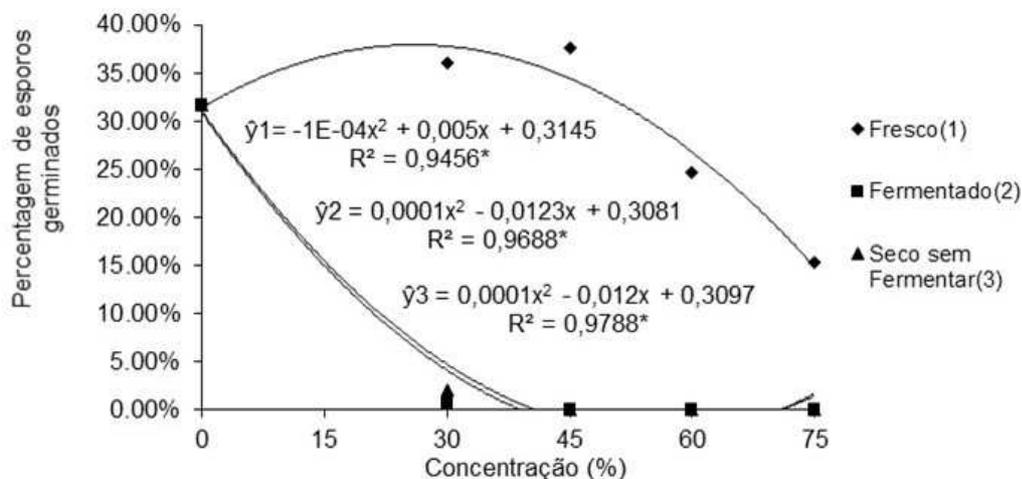
Foi observado, no entanto, que quando inoculado no resíduo de sisal seco fermentado (T2), inicialmente a população de *A. niger* foi superior, em relação aos tratamentos com resíduo de sisal fresco (T1) e resíduo de sisal seco sem fermentar (T3), observando-se um decréscimo na população de *A. niger* após sete dias de inoculação, evidenciando que o resíduo de sisal fermentado inibe o desenvolvimento do fungo. O resíduo não fermentado, mas seco não estimulou o aumento na população de *A. niger*, possivelmente por que, após a adição de água ao resíduo, para que todos os tratamentos tivessem a mesma umidade, observou-se que o resíduo entrou em processo de fermentação, o qual pode ter inibido o desenvolvimento do fungo. A população de *A. niger* no resíduo seco não fermentado caiu rapidamente, e, após 7 dias não foram detectadas colônias de *A. niger* no resíduo seco não fermentado.

Segundo Soares et al. (2007), o resíduo fermentado inibe o desenvolvimento do fungo.

Silva (2012) demonstrou que o líquido do resíduo fermentado tem efeito biofúngica e controla o crescimento micelial e esporulação de *A. niger*, o que explica o declínio na população de *A. niger* no resíduo fermentado.

A maior população de *A. niger* no resíduo fresco do sisal pode estar relacionada com o estímulo deste resíduo na germinação de esporos, conforme relatado por Souza (2010). Após 18 horas de incubação dos esporos de *A. niger* com os diferentes extratos de resíduo de sisal, observou-se um aumento na germinação de esporos no tratamento contendo resíduo de sisal fresco em relação aos demais tratamentos, sendo que as concentrações entre 30 e 45% do extrato fresco favoreceram a maior germinação de esporos. Entretanto, com o aumento das concentrações do extrato aquoso de sisal fresco foi observada a redução na germinação de esporos de *A. niger* (Figura 4).

Figura 4- Efeito de diferentes concentrações dos extratos de resíduos fresco, fermentado e seco de sisal, na germinação de esporos do fungo *Apergillus niger*.

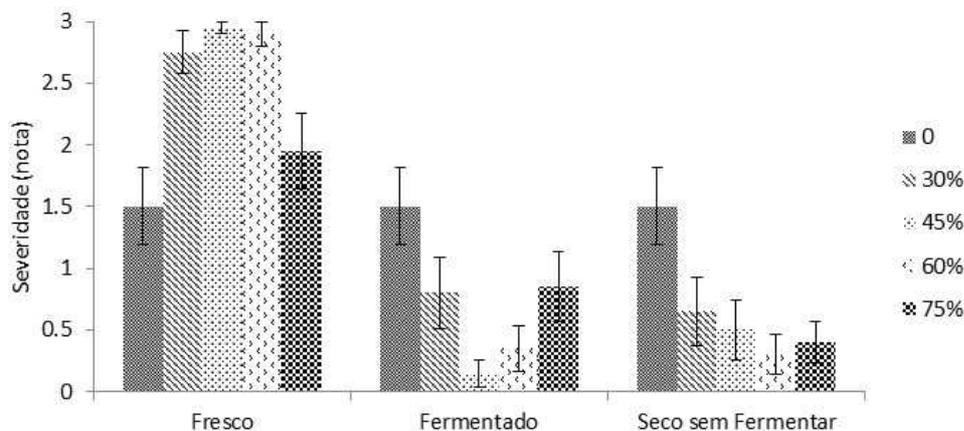


Nos tratamentos contendo diferentes concentrações de extrato de resíduo de sisal fermentado e resíduo seco sem fermentar, obteve-se uma redução gradativa de esporos germinados até 100% de inibição, observado nas concentrações acima de 30% de extrato, e ambos os tratamentos obtiveram comportamento semelhante.

Avaliação da severidade da podridão vermelha

Com relação à severidade da podridão vermelha do sisal, avaliando o tratamento contendo diferentes concentrações do resíduo fresco de sisal verificou-se um aumento na severidade (Figura 5). Com base na escala de notas Sá (2009) foi possível constatar que o tratamento com o resíduo fresco de sisal, independente das concentrações, favoreceu a doença.

Figura 5 - Severidade da podridão vermelha em mudas de sisal tratadas por imersão das raízes e caule em diferentes concentrações de extratos de resíduos de sisal por 12 horas e inoculadas com *Apergillus niger*.



O aumento na germinação de esporos no tratamento composto por resíduo de sisal fresco pode ter favorecido a maior severidade da podridão vermelha nas diferentes concentrações testadas do resíduo fresco de sisal. Este aumento na germinação de esporos pode estar associado aos elevados teores de açúcares, encontrados no resíduo de sisal fresco, como as saponinas que são formadas por cadeias de açúcares, sendo um dos principais componentes do resíduo do sisal (Zhang, et al. 2014 & Ribeiro et al., 2015). Souza e Soares (2013), trabalhando com extrato aquoso da folha de sisal, relataram um aumento no crescimento micelial, esporulação, germinação de esporos de *A. niger* e na severidade da podridão vermelha do caule de sisal.

Entretanto, ocorreu uma diminuição na severidade da podridão vermelha do sisal nos tratamentos contendo resíduo de sisal fermentado e seco sem fermentar. O menor nível de severidade foi observado no tratamento com resíduo fermentado na concentração de 45%. A redução na severidade da doença provavelmente está associada ao processo de fermentação, no qual são liberadas substâncias, como metabólitos secundários produzidos pelas bactérias, fungos e leveduras, podendo apresentar ação fungitóxica direta, inibindo o crescimento micelial e a germinação de esporos, quanto pela indução de fitoalexinas produzidas pelas plantas (Schwan-Estrada et al., 2000).

O resíduo fresco de sisal estimula a germinação de esporos e o crescimento de *A. niger*, podendo atuar como fonte de inóculo de *A. niger* e disseminação da podridão vermelha nos

plantios de sisal. Portanto, não se deve recomendar a adubação dos plantios de sisal com resíduo fresco de sisal. Contudo, o resíduo fermentado inibe o crescimento e sobrevivência do fungo, reduzindo a severidade da doença, podendo este ser utilizado para adubação.

Conclusão

O resíduo fresco de sisal favorece o crescimento de *A. niger*, contribuindo para o aumento da severidade da podridão vermelha do sisal;

O resíduo fermentado do sisal inibe o crescimento de *A. niger*, reduzindo a severidade da podridão vermelha do sisal;

Recomenda-se a adubação dos plantios de sisal com o resíduo fermentado, uma vez que este inibe o crescimento do fungo e a severidade da doença.

Referências

Abreu, K. C. L. M. (2010). *Epidemiologia da podridão vermelha do sisal no Estado da Bahia*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil.

Almeida, O. A. (1999). *Informações meteorológicas do CNP: mandioca e fruticultura tropical*. (Documento, n.34). Cruz das Almas-Ba: Embrapa.

- Berjak, P. (1987). Stored seeds: The problems caused by micro-organisms (with particular reference to the Fungi). In: Nasser, L. C., Wetzel, M. M., & Fernandes, J. M. *Advanced International Course on Seed Pathology* (pp.38-50). Passo Fundo. ABRATES.
- Coutinho, W. M., et al. (2006). Bole rot of sisal caused by *Aspergillus niger* in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, 31(6), 605.
- Damasceno, J. C. A., et al. (2015). Resíduo líquido de sisal (*Agave sisalana* Perrine) no controle do nematoide das galhas no tomateiro. *Horticultura Brasileira*, 33 (2), 155-162. <https://doi.org/10.1590/hb.v33i2.302>
- Gama, E. V. S., et al. (2015). Homeopathic drugs to control red rot disease in sisal plants. *Agronomy for Sustainable Development*, 35 (2), 649-656.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*, 30 (3), 1-83.
- Jesus, F. N., et al. (2015). Control of the banana burrowing nematode using sisal extract. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 783-791. doi 10.1007/s13593-014-0264-z
- Kirk, P., et al. (2008). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (10th edition). UK: CAB International.
- Lima Neto, A. J., et al. (2013). Biofertilizante bovino, cobertura morta e revestimento lateral dos sulcos na produção de pimentão. *Revista Caatinga*, 26 (3), 1-8.
- Murali, S., & Morchhale, R. K. (2014). Sisal (*Agave sisalana*) Fibre Extraction for Sustainable Employment Generation in India. *Technologies for Sustainable Rural Development: Having Potential of Socio-Economic Upliftment* (pp. 184-196). New Delhi: Allied Publishers Pvt. Ltd.
- Ribeiro, B. D., et al. (2015). Use of micellar extraction and cloud pointpreconcentration for valorization of saponins fromsisal (*Agave sisalana*) waste. *Food and bioproducts processing*, 9 4, 601- 609.
- Sá, J. O. (2009). *Patogênese de Aspergillus niger e biocontrole da podridão vermelha do sisal por Trichoderma spp.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil.
- Sá, J. O. (2014). *Controle biológico da podridão vermelha do Sisal (Agave sisalana Perrine) com Trichoderma ssp. e Actinobactérias.* Tese de Doutorado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil.
- Schuster, E et al. (2002). On the safety of *Aspergillus niger* – a review. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 59 (4-5), 426-435.
- Schwan-Estrada, K. R. F et al. (2000). Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. *Revista Floresta*, 30 (1-2), 129-137.
- Silva, J. R. Q. (2012). Agente etiológico da podridão vermelha do sisal: Densidade populacional, sobrevivência, caracterização genética e de agressividade. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil.
- Soares, A. C. F., et al. (2006). *Aspergillus niger* como agente causal de manchas foliares e podridão do pseudocaule do sisal. *Anais do Congresso Brasileiro de Fitopatologia*. Salvador, BA, Brasil, 39.
- Soares, A. C. F., et al. (2007). Extrato do resíduo fresco e seco do sisal no controle de *Aspergillus niger* agente causal da podridão vermelha do sisal. *Fitopatologia Brasileira*, 32, 218.
- Souza, L. S. S. (2010). *Extratos aquosos de alho (Allium sativum L.) e sisal (Agave sisalana Perrine) no controle de Aspergillus niger e da podridão vermelha do sisal.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil.
- Souza, L. S. S., & Soares, A. C. F. (2013). Extrato aquoso de alho (*Allium sativum* L.) no controle de *Aspergillus niger* causador da podridão vermelha em sisal. *Tecnológica*, 17 (2), 124-128.

Torres, A. L., et al. (2006). Efeito de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*. *Bragantia*, 447-457.

Zhang, X., et al. (2014). Isolation, structural characterization and antioxidant activity of a neutral polysaccharide from Sisal waste. *Food Hydrocoll.* 39, 10–18.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.12.012>

Recebido em: 29/05/2015

Aceito em: 27/04/2018