

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO – PPG-ATU

SOLARIZAÇÃO DO SOLO NO CONTROLE DA QUEIMA-DA-SAIA EM ALFACE

ROSENDO GALILEO LÓPEZ MACEDO

Manaus, Amazonas

Junho, 2016

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA – INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO – PPG-ATU

SOLARIZAÇÃO DO SOLO NO MANEJO DA QUEIMA-DA-SAIA EM ALFACE

ROSENDO GALILEO LÓPEZ MACEDO

ORIENTADORA: Dra. ROSALEE A. COELHO NETTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido-PPG-ATU como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas

Junho, 2016

Folha de aprovação



MCTI Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO

Ata da Defesa Presencial de Dissertação de Mestrado de ROSENDO GALILEO LÓPEZ MACEDO, aluno(a) do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Agricultura no Trópico Úmido, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, realizada no dia 17 de junho de 2016.

Aos 17 dias do mês de junho de 2016, às 15h00min, na Sala de Aula do Prédio do PPG-ATU, Campus III, INPA/MS, realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada "SOLARIZAÇÃO DO SOLO NO MANEJO DA QUEIMA DA SAIA EM ALFACE" do(a) aluno(a) ROSENDO GALILEO LÓPEZ MACEDO, sob a orientação do(a) Prof(a) Dr(a), ROSALEE A. COELHO NETTO (INPA), em conformidade com o Artigo 52 do Regimento Geral da Pós-Graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (MCTI-INPA) e Artigo 60 do Regimento Interno do PPG-ATU como parte de suas atividades para conclusão e obtenção do título de "MESTRE EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO". A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: ARICLÉIA DO MORAES CATARINO (INPA), JÂNIA LILIA DA SILVA BENTES (UFAM), LUADIR GASPAROTTO (EMBRAPA – AMAZÔNIA OCIDENTAL). O Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão, convidando os membros e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, O Sr. Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos membros da Banca Examinadora esta decidiu por O Certificado de conclusão do Curso de mestrado e o Diploma o aluno receberá somente o título após cumprir as exigências do Art. 54 do Regulamento Geral dos programas de Pós Graduação Stricto Sensu datado de 29 de fevereiro de 2008. Serão conferidos ao(a) aluno(a) após a apresentação, um prazo máximo de 30 (trinta) dias após a Defesa da versão definitiva contendo as modificações sugeridas pela Banca e impressa em 02 (duas) cópias e 1 (uma) cópia em meio digital (arquivo preferencialmente em .pdf, que inclua todo o texto, figuras e outras matérias que fazem parte da dissertação). Nada mais havendo, a sessão foi encerrada, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora. Em Manaus (AM), aos 29 dias do mês de outubro de 2016.

BANCA EXAMINADORA:

Nome	Parecer	Assinatura
ARICLÉIA DO MORAES CATARINO	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
JÂNIA LILIA DA SILVA BENTES	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
LUADIR GASPAROTTO	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
<input type="checkbox"/> com "Distinção"	<input type="checkbox"/> com "Distinção e Louvor"	

Manaus (AM), 17 de junho de 2016

Obs.:

Ficha catalográfica

M 141 Macedo, Rosendo Galileo Lopez

Solarização do solo no manejo da queima-da-saia em alface /

Rosendo Galileo Lopez Macedo --- Manaus: [s.n.], 2016.

43 f.: il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2016.

Orientadora: Rosalee Albuquerque Coelho Netto Área de
concentração: Agricultura no Trópico Úmido

1. *Rhizoctonia solani* 2. Fungos - alface. 3. Controle de doenças.
I. Título.

CDD 632.9

Sinopse

Este estudo foi realizado para avaliar o efeito da solarização do solo com filme plástico transparente no controle da queima-da-saia, causada por *Rhizoctonia solani* em plantas de alface

Dedico

A meus queridos pais Norma e

José, e aos meus irmãos

AGRADECIMENTOS

A Prof. Dra. Rosalee A. Coelho Netto pela receptividade, orientação, ajuda, paciência, oportunidade oferecida e aos ensinamentos para minha formação profissional.

Aos técnicos do laboratório de fitopatologia Luiz Alberto Guimarães e Marilene Maia Braga pela ajuda recebida no processo deste trabalho.

Ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, pela formação oferecida por meio do Programa Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, e em especial ao coordenador do Programa Dr. Rogério Eiji Hanada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Ao Prof. Dr. Luiz Antônio Cândido pelos dados fornecidos da Estação Climática da Reserva Adolpho Ducke.

Aos colegas e amigos Carlos Alexandre, Danilo Machado, Rodolfo Carvalho, Edigelson Braz, Lorena Bentolila, Juziele Barbosa pela motivação e apoio deste trabalho.

SOLARIZAÇÃO DO SOLO NO MANEJO DA QUEIMA-DA-SAIA EM ALFACE

RESUMO - A queima-da-saia, causada pelo fungo patogênico *Rhizoctonia solani*, é uma importante doença da cultura de alface no Brasil. O presente estudo teve o objetivo de avaliar uma alternativa de controle da doença, ambientalmente aceitável e de baixo custo. O estudo foi desenvolvido na Estação Experimental de Hortaliças Alejo von der Pahlen, localizada no km 14 da rodovia AM 10, município de Manaus, AM. *Rhizoctonia solani* foi isolado de plantas de alface apresentando sintomas da doença e, posteriormente, foi identificado segundo ao número de núcleos e ao grupo de anastomose ao qual pertence. Para avaliar o efeito da solarização do solo por períodos de 0, 14, 30 e 45 dias, utilizaram-se canteiros de 1 x 1 m e 20 cm de altura contendo solo adubado com composto orgânico na proporção de 8 L.m⁻². O solo dos canteiros foi infestado com 300 g de trigo.m⁻² colonizados pelo fungo *R. solani*. Após a infestação, o solo dos canteiros foi e coberto com filme de polietileno de 150 µm de espessura até o final do período de solarização. Após a solarização, mudas de alface crespa (cv. Monica) com cinco folhas definitivas foram transplantadas para os canteiros. O experimento teve o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo a unidade experimental um canteiro com nove plantas de alface. A severidade da doença foi avaliada a cada três dias. Com os dados de severidade foram elaboradas as curvas de progresso da doença e calculadas as áreas abaixo das curvas de progresso da doença. Houve uma redução significativa da severidade da doença de 67, 66 e 58% aos 45, 30, e 15 dias de solarização, este resultado mostra o potencial da solarização como uma alternativa de controle da doença em plantas de alface, sendo a solarização por 15 dias a mais vantajosa para os agricultores do Amazonas possibilitando a volta do uso do solo mais rapidamente para o cultivo, com a mesma eficiência no controle da doença obtida nos tratamentos com períodos mais longos de solarização.

Palavra-chave: *Rhizoctonia solani*, solarização do solo, controle alternativo

SOIL SOLARIZATION IN THE OF THE BOTTOM ROT IN LETTUCE

ABSTRACT- The bottom rot, caused by the fungus *Rhizoctonia solani* is an important lettuce disease in Brazil. This study aimed evaluate an alternative disease control, environmentally acceptable and cost effective. The study was conducted at the Horticultural Experimental Station Alejo von der Pahlen, located at kilometer 14 of the highway AM 10, Manaus, AM. *Rhizoctonia solani* was isolated from lettuce plants showing disease symptoms and was characterized by the nuclei number and the anastomosis group to which it belongs. To evaluate the effect of soil solarization for 0, 14, 30 and 45 days, was used beds of 1 x 1 m and 20 cm highy containing soil and organic compound in a proportion of 8 L.m⁻². The soil of the beds was infested with 300 g.m⁻² of wheat colonized by *R. solani*. After infestation, the soil of the beds and was covered with polyethylene film 150 mm thick until finish the solarization period. After solarization, crisp lettuce seedlings (cv. Monica) with five leaves were transplanted to the beds. The experiment had a completely randomized design with four replications, and the experimental unit a construction with nine lettuce plants. Disease severity was assessed every three days. With the severity, data were developed the disease progress curves and calculated the areas under the disease progress curves. There was a significant reduction in disease severity of 67, 66 and 58% at 45, 30, and 15 solarization days, this result indicates the potential of solarization as a disease control alternative to lettuce. Solarization for 15 days was more advantageous for Amazonian farmers, allowing then to use the soil more quickly for cultivation with the same efficiency in disease control obtained in treatments with longer periods of solarization.

Keywords: *Rhizoctonia solani*, soil solarization, control alternative.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
3. OBJETIVOS	20
3.1 Geral	20
3.2 Específico	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Local da pesquisa	21
4.2. Procedência do isolado de <i>Rhizoctonia solani</i>	21
4.3. Preparo do inóculo de <i>R. solani</i>	21
4.3. Solarização do solo no controle da queima-da-saia	22
5. RESULTADOS E DISCUSÃO	25
6. CONCLUSÃO	29
7. AGRADECIMENTOS	29
8. REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa bastante consumida e amplamente cultivada em todo o mundo (Bezerra Neto *et al.* 2005), tendo grande importância na alimentação humana pois se constitui fonte de vitamina e sais minerais (Ziech *et al.*, 2014)

No Brasil, a alface é a terceira hortaliças mais cultivada e apresenta sérios problemas fitossanitários causados por vírus, fungos e bactérias, que limitam a produção. Entre eles estão o mosaico causado pelo vírus do mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus*- LMV), o vira-cabeça, causado pelo complexo de vírus do gênero *Tospovirus*, a mancha bacteriana causada por *Pseudomonas cichorii* Stapp e doenças fúngicas como a septoriose (*Septoria lactucae* Passerini.) o míldio (*Bremia lactucae* Regel.), a podridão-de-esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary), a mancha-de-cercospora (*Cercospora longissima* (Cugini) Saccardo) e a queima-de-*Rhizoctonia* ou queima-da-saia causada por *Rhizoctonia solani* Kuhn. (Kimati *et al.* 1997). No estado do Amazonas, a queima-da-saia, também conhecida como mela, se constitui um dos principais problemas fitossanitários da cultura, com prevalência em 80% das plantas em unidades produtivas do município de Manaus (Gentil e Silva 2011).

Rhizoctonia solani é uma espécie complexa e economicamente importante de patógeno veiculado pelo solo. Possui uma ampla gama de hospedeiras e é de ocorrência mundial. Apresenta grande capacidade competitiva saprofítica no solo e produz estruturas de resistência, chamadas de escleródios, que possibilitam ao fungo sobreviver, no mínimo por um ano, no solo de uma determinada área (Youssef *et al.* 2012; Anderson 1982).

No Brasil, *R. solani* causa perdas importantes em várias culturas, como algodão (*Gossypium hirsutum* L.), batata (*Solanum tuberosum* L.), alface (*Lactuca sativa* L.), eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Em plantas novas de alface, pode causar

podridão de colo e, em plantas adultas, a queima-da-saia. Ambas as doenças podem causar prejuízos acentuados no cultivo (Foltran e Teixeira 2004; Goulart *et al.* 2011; Dias *et al.* 2013).

Apenas um fungicida, à base de pencicuron (fenilureia), tem uso autorizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA-AGROFIT 2016) para o controle de *R. solani* em alface. Esse fungicida tem classificação toxicológica II (altamente tóxico) e Classificação ambiental II (Produto muito perigoso para o meio ambiente). Enfoques em questões ambientais e em novos sistemas de produção têm estimulado pesquisas voltadas à utilização de controle alternativo aos agrotóxicos, para doenças causadas por patógenos habitantes do solo (Baptista, 2006).

A solarização do solo é uma técnica de manejo de doenças de plantas que consiste na cobertura do solo úmido com polietileno transparente, com posterior exposição ao sol por períodos variáveis (Katan *et al.*, 1976). Durante o processo, o solo atinge temperaturas letais e subletais a muitos micro-organismos. As temperaturas chegam a até 50 °C, na camada superficial (10 cm profundidade) e a 38 °C, nas mais profundas (20 cm de profundidade). Esse aumento de temperatura resulta em alterações microbiológicas, químicas e físicas que levam, frequentemente, a um aumento de produção dos cultivos (Stapleton 2000; Patrício 2006). Solarização do solo pode ser uma alternativa de controle de doenças causadas por patógenos veiculados pelo solo (Freitas *et al.* 2009).

2. REVISÃO DE LITERATURA

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa originária da região mediterrânea, que pertence à família Asteraceae, sendo que a altura desta planta varia de 15 a 40 cm de acordo com a variedade a ser cultivada (IPNI, 2016; MBG, 2016), esta planta também é caracterizada por ser delicada e sensível às condições climáticas como temperatura, luminosidade e concentração de dióxido de carbono. No entanto, é uma das hortaliças mais apreciada e de preferência no consumo da população no mundo. No Brasil, a alface crespa é a preferida e a mais consumida, chegando a representar cerca de 70% do mercado. O ciclo de produção da alface é de 45 a 60 dias o que permite que sua produção seja realizada durante o ano inteiro e com rápido retorno de capital (Embrapa, 2014). É consumida *in natura* principalmente em saladas. A alface é, normalmente, produzida perto das áreas metropolitanas, nos chamados cinturões verdes, próximos aos grandes centros consumidores, devido à alta perecibilidade do produto na pós-colheita, resultado do alto teor de água e grande área foliar (Henz e Suinaga 2009). Nas regiões de clima mais ameno do Sul e do Sudeste do Brasil as cultivares de alface mais cultivadas são as crespas e lisas e, nas regiões tropicais, as alfases de verão, foram melhoradas para adaptar-se a pluviosidade e temperaturas elevadas, tanto do tipo lisa, Elisa, Regiane e Regina (Diamante *et al.*, 2013) quanto do tipo crespa, Verônica (Rodrigues *et al.*, 2008).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), no censo agropecuário que foi publicado nesse ano, informa que, a produção de alface no Brasil foi de 576.338,00 t, sendo o estado de São Paulo o principal produtor com 215.510,00 t, seguido do estado de Rio de Janeiro com 143.370,00 t. Em 2012 a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (Abcsem, 2014); realizou um levantamento socioeconômico da produção das principais hortaliças produzidas no Brasil, determinando-se que as três principais hortaliças com maior produção foram a melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.) o tomate (*Solanum*

lycopersicum L.) e o alface, sendo que a produção do alface para 2012 foi de 1.624 milhões de toneladas. No entanto, a produção do alface no estado do Amazonas é pouco expressivo. O Estado situa-se na vigésima segunda posição no *ranking* nacional na produção da alface, com 767,00 t (IBGE, 2006). Segundo o relatório de acompanhamento trimestral do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (Idam, 2014), a produção de Jan-dez de 2011 foi de 57.377,30 pés, destacando-se no Estado os municípios produtores de Careiro da Várzea, Iranduba e Manaus.

Na região amazônica as constantes chuvas torrenciais, em alguns meses do ano, a alta umidade relativa do ar e a umidade do solo causam perdas consideráveis para os agricultores, pois danificam as plantas e proporcionam um ambiente favorável à proliferação de fitopatógenos, principalmente bactérias e fungos, provocando redução significativa na produção e na qualidade das hortaliças (Hensz e Suniga, 2009).

Um dos principais problemas fitossanitário no cultivo da alface é o surgimento da doença queima-da-saia, sendo o agente causal o fungo fitopatogênico *Rhizoctonia solani*. Segundo Gentil e Silva (2011), em Manaus, 80% dos cultivos de alface apresentaram sintomas característicos dessa doença. *Rhizoctonia solani*, é um importante patógeno veiculado pelo solo possuindo uma vasta gama de hospedeiras e causa importantes doenças em muitas plantas cultivadas em todo o mundo (Botelho *et al.* 2001). Em alface, causa a queima-da-saia (Rodrigues *et al.* 2008; Gentil e Silva 2011). Na fase Teleomórfica o fungo é denominado *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, representante da ordem *Cantharellales*. Em regiões úmidas e quentes forma basidiocarpos sobre as hospedeiras. Comumente é encontrado na forma micelial, não produzindo esporos, e sobrevivendo como saprófita no solo, por meio de estruturas de resistência chamadas escleródios (Amorim 2011; Dias *et al.* 2013). *Rhizoctonia solani* apresenta micélio com células multinucleadas (Yousef *et al.* 2012).

Os sintomas causados por *R. solani* podem variar ligeiramente sobre as diferentes plantas hospedeiras, com a fase de crescimento em que a planta é infectada e com as condições ambientais predominantes. Caso o ataque do patógeno ocorra antes da emergência da plântula, a doença é referida como tombamento de pré-emergência. Se o ataque se dá após a emergência, a doença é denominada tombamento de pós-emergência. Em outras plantas hospedeiras o patógeno causa podridão de órgãos de armazenamento e manchas foliares (Agrios 2005). Este patógeno, estando presente no solo ou nas sementes, ocasiona redução no estande, devido à morte de plântulas (Goulart 2002). Vários fatores podem influenciar no progresso da doença, entre eles a temperatura, a umidade do solo e a concentração de inóculo (Oliveira *et al.* 2008).

Rhizoctonia solani é uma espécie complexa composta geneticamente por grupos de isolados que são identificados segundo a fusão de hifas com isolados-teste ou isolado padrão, que possibilita sua classificação em grupos de anastomose (AG) (Ogoshi 1987; Sneh *et al.*, 1991; Vilgalys e Cubeta 1994). Existem 14 AG em *R. solani* do AG-1 até AG-13 e AG-BI e grupos intraespecíficos (ISG) baseado em evidências de reação de anastomose, patogenicidade, morfologia, fisiologia, aparência cultural, estudos serológicos, análise de ácidos graxos, eletroforese de proteínas e estudos de ácidos nucleicos, que permitiu a identificação de 23 ISG dentre os AG de *R. solani* (Carling *et al.*, 2002).

Quando os isolados pertencem ao mesmo AG, as hifas, quando se encontram, fusionam a parede e a membrana celular, resultando em troca de conteúdo celular, enquanto hifas de isolados de AG diferentes não são capazes de se fundir (Anderson, 1982; Ogoshi, 1987; Sneh *et al.*, 1991).

Em alface *R. solani* causa a queima-da-saia, nas plantas adultas que estão próximas à colheita, que são as mais afetadas. As folhas basais e medianas das plantas afetadas apresentam murcha e seca, podendo levar à morte da planta. Junto à nervura central e na base do limbo foliar pode ser encontrado micélio vigoroso branco, no início da doença e pardacento, num

estágio mais avançado. Com o desenvolvimento da doença pode-se encontrar sobre as folhas, numerosos escleródios, de cores branca e pardo-escuro. As condições climáticas favoráveis à ocorrência da queima-da-saia são alta umidade junto às plantas e temperatura entre 15-25 °C (Kimati *et al.*, 1997; Grosch *et al.*, 2004).

Várias medidas são sugeridas para o manejo da queima-da-saia em alface como rotação de culturas com plantas não hospedeiras do fungo, remoção de plantas doentes e, quando estas medidas não são suficientes para solucionar o problema, fungicidas são, frequentemente, aplicados (Embrapa, 2014).

No Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) realizou análises de resíduos de agrotóxicos em várias culturas como laranja (*Citrus sinensis* L.), cenoura (*Daucus carota* L.), abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.), maçã (*Malus domestica* L.), alface e outros, sendo que em 240 amostras tomadas da alface, 93 destas amostras (39%) apresentaram presença de ingredientes ativos não autorizados para esta cultura, e encontraram-se com maior frequência os seguintes ingredientes ativos não autorizados: ditiocarbamato, carbendazim, clorpirifos, acefato, piraclostrobina e dimetoato, ou contendo resíduos de agrotóxicos autorizados, mas em concentrações superior (1 a 15 vezes) ao Limite Máximo de Resíduo (LMR) estabelecido para a mesma (Anvisa, 2014).

Em geral, o Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa, 2016), em seu histórico de registro de agrotóxicos e afins mostra que houve aumento de produtos químicos formulados de 90 em 2005 para 277 no 2016, relacionando assim o aumento de ingrediente ativo dos agrotóxicos que foram comercializados de 2009 até o 2016 em valores de 300 mil a mais de 500 mil toneladas, segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama, 2016)

O uso de agrotóxicos para o controle de doenças na agricultura, afeta o meio ambiente (Tavella 2011). Pelaez *et al.* (2015), aponta que o Brasil consome cerca de 20% dos agrotóxicos

comercializado no mundo, e que aproximadamente 20% destes produtos estão sendo banidos pela União Europeia. Além de que o uso destes produtos químicos é indesejável devido a seus impactos tóxicos sobre os seres humanos, animais e para o meio ambiente.

Por isso, novas alternativas ao uso de fungicidas estão sendo desenvolvidas para a substituição de usos de agrotóxicos para controle de pragas, doenças e plantas invasoras. Dentre estes a solarização do solo pode ser uma alternativa sustentável que não libera nenhum resíduo químico perigoso, e é uma alternativa segura, simples, eficaz e ecológica para o desenvolvimento da agricultura (Kapoor, 2013). A solarização do solo foi desenvolvido pelos pesquisadores Katan e Greenberge no Israel (Katan *et al*, 1976), inicialmente Greenberge notou (por acaso), que deixar folhas de polietileno no solo durante o verão leva ao aquecimento intenso do solo, e esta observação foi reafirmada com posteriores pesquisas realizadas em outros países, que a solarização eleva a temperatura no solo, mas também melhora os processos biológicos do solo e conseqüentemente contribuía na redução das doenças além das mortes físicas dos patógenos pelo aumento da temperatura (Katan, 2015). Deste modo, a solarização do solo consiste no aquecimento do solo úmido, empregando radiação solar por meio da cobertura com filme plástico, elevando a temperatura do solo a níveis prejudiciais às estruturas de resistências dos patógenos que se mobilizam ou habitam no solo (Chen e Katan 1980). Por meio da solarização, importantes mudanças nas propriedades físicas, química e biológicas do solo ocorrem (Katan *et al*. 1976). Nas propriedades físicas e químicas, há aumento de carbono orgânico, aumento da umidade do solo e maior condutividade elétrica devido a maior permanência da umidade e liberação de nutrientes minerais como N, P, K, Ca^{2+} , Mg^{2+} , e diminuindo a população de patógenos como fungos, bactérias e nematoides que causam doença nos órgãos da planta que estão em contato com o solo, e também tem efeito na eliminação de plantas daninhas (Chellemi, 1993; Grinstein *et al*, 1995; Candido *et al*, 2011; Sofi *et al*. 2014;

Sofio *et al.* 2013), sendo assim, a solarização uma alternativa aos agrotóxicos para controle patógenos e pragas que habitam no solo. (Fenoll *et al.* 2011; Katan, 2015).

A eficácia da solarização é uma função que está diretamente relacionada ao tempo e a temperatura, quanto mais tempo o solo este exposta a radiação solar, maior será a temperatura atingida à estrutura do patógeno, afetando o seu desenvolvimento (Vitale *et al.*, 2013). O mecanismo pelo qual a solarização afeta o desenvolvimento do patógeno consiste quando a radiação solar atravessa o filme plástico que é convertida em radiação infravermelha, produzindo o efeito estufa, elevando a temperatura e inativa termicamente, muitos patógenos e pragas habitantes do solo (Stapleton, 2000). Por exemplo, de 2-4 semanas de exposição à 37 °C podem ser necessárias para matar 90% da população para a maioria dos fungos mesófilos (organismo que crescem melhor em temperaturas moderadas 15-35 °C), enquanto que, 1-6 horas de exposição à 47 °C, podem ser suficientes para se obter o mesmo resultado (Stapleton e De Vay, 1982). Durante a solarização do solo, comumente as temperaturas chegam acima de 45 ° (Ihara *et al.*, 2014) dependendo do tipo de solo, estação do ano, localização, profundidade do solo e outros fatores. As temperaturas elevadas enfraquecem aos organismos do solo (Klein *et al.* 2007). A solarização do solo é eficaz contra fungos patogênicos como *Verticilium dahliae* Kleb. (murcha), *Fusarium oxysporum* Schlecht. (murcha) e *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitz. (podridão do tubérculo), nematóides, especialmente *Meloidogyne javanica* (treub) chitwood (galha da raiz) (Katan *et al.*, 1976; Matheron e Porchas 2010)

Alterações biológicas também são observadas no solo após a solarização. Muitos micro-organismos mesófilos, que crescem entre 15-35 °C são destruídos (Michereff *et al.*, 2005), criando um vácuo biológico parcial, e substratos e nutrientes no solo são disponibilizados para outros micro-organismos após o tratamento. Muitos parasitas de plantas e patógenos habitantes do solo não são capazes de competir por esses recursos. Assim, muitos microrganismos antagonistas têm mais condições de sobreviver à solarização, ou de colonizar rapidamente o

substrato do solo disponibilizado após o tratamento. Bactérias como *Bacillus* spp. e *Pseudomonas* spp., fungos como *Trichoderma*, e alguns nematoides de vida livre (Wang *et al.*, 2004; Pathma *et al.*, 2011), apresentaram aumento na população após solarização. O aumento da população desses organismos benéficos pode fornecer, a curto ou longo prazo, mudanças no equilíbrio biológico do solo, impedindo direta ou indiretamente a recolonização de pragas e fitopatógenos, pela produção de hormônios e enzimas ou através do efeito antagônico, proporcionando um ambiente saudável para as raízes e aumento da produtividade das planta (Pathma e Sakthivel, 2012; Stapleton, 2000).

Outras mudanças que ocorrem durante a solarização está o incremento na concentração dos nutrientes minerais solúveis, comumente observado após tratamento como as concentrações de amônio e nitrato e de outros minerais, incluindo o cálcio, magnésio, fosforo, potássio, isso devido, a que os microrganismos do solo, incluindo os nitrificantes, são mais ativos a 45–50 °C, e que este aumento de nutrientes também é observado analisando os tecidos foliares (Ghini *et al.*, 2003; Varner *et al.*, 2008; Butler *et al.*, 2014; Ihara *et al.*, 2014)

Sob condições favoráveis a solarização pode fornecer um excelente controle dos patógenos habitantes do solo no campo, estufa e viveiros. No entanto sob algumas condições do ambiente, muitos patógenos termotolerantes como aqueles que estão distribuído profundamente no solo, são difícil de erradicar, portanto é desejável combinar a solarização com outras técnicas de manejo de doenças apropriadas para melhorar de maneira geral a eficácia do tratamento ou para minimizar a sua duração. A solarização é compatível com outras numerosos métodos de manejo de pragas físicos químicos e biológicos. Isto não quer dizer que a solarização é sempre melhor quando combinado com outros métodos. Muitos ensaios de campo mostraram que, sob as condições existentes, a eficácia da solarização ou de outra estratégia de manejo por si só não poderia ser melhorado por meio da combinação dos tratamentos (Stapleton 2000).

A solarização também pode ser combinada com a adição de resíduos orgânicos, como restos de cultura, adubo verde e esterco aumentando o efeito dos tratamentos individuais. A incorporação destes materiais orgânicos por si só, podem reduzir a população de patógenos habitantes do solo, alterando a composição da microflora residente, ou do ambiente físico do solo. Combinando estes materiais com a solarização pode-se, por vezes aumentar significativamente a atividade biocida dos resíduos orgânicos. As concentrações de compostos voláteis provenientes da decomposição de materiais orgânicos como álcool, aldeídos, sulfetos e isotiocianatos foi significativamente mais elevada em solos solarizados (Gamliel e Stapleton 1993; Stapleton 2000; Freitas *et al.* 2009).

A adição de agentes de controlo biológico ao solo antes ou após a solarização, a fim de obter um resultado persistente, tem sido avaliada pelos pesquisadores (Stapleton 2000; Levy *et al.* 2015).

Komariah *et al.* (2011) estudaram, em campo, o efeito da combinação da solarização com a adição de farelo de arroz sobre as propriedades do solo (teor de matéria orgânica, de água disponível, relação C/N). Durante a solarização a temperatura máxima do solo, na profundidade de 30 cm foi de 38 °C e na superfície foi de 77 °C, 32 °C maior de que o tratamento controle (solo nu). O teor de matéria orgânica do solo foi aumentado, produzindo solos mais férteis, promovendo o aumento no diâmetro e no peso da cabeça (5,6 cm e 367,7 g) do brócolis (*Brassica oleracea* Plenck.), quando comparado com o tratamento controle (4,2 cm e 99,7 g).

Levy *et al.* (2015) estudaram o efeito da solarização do solo e de *Trichoderma harzianum* na indução de resistência ao mofo cinzento (*Botrytis cinerea* Pers.) e ao oídio (*Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun & Shishkoff), em plantas de pepino (*Cucumis sativus* L), morango (*Fragaria vesca* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Houve uma redução na severidade de mofo cinzento de 55-88% em pepino, morango e feijão e de 94-99% de oídio em plantas de morango.

Matheron e Porchas (2010) avaliaram o potencial da solarização e da inundação do solo como ferramenta de manejo para o controle de murcha de fusarium em plantas de alface. Solos naturalmente infestados com *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* foram solarizados por 2 a 8 semanas, diminuindo a severidade da doença em 42-91%, em comparação com parcelas não solarizadas. Nas parcelas inundadas não se observou controle satisfatório da doença. Nas parcelas solarizadas a média da temperatura do solo, a 5 cm de profundidade, durante um mês, foi de 49 °C o que sugere a prática da solarização como uma ferramenta eficaz para o controle de murcha de fusarium em alface.

Patricio *et al.* (2006) avaliaram o efeito da solarização do solo, sobre a viabilidade de *R. solani* AG-4 dentro e fora de uma casa-de-vegetação. Para isso bolsas de náilon contendo solo esterilizado em autoclave, e misturado a grãos de trigo colonizado com *R. solani* foram enterradas a 10 e 20 cm de profundidade em parcelas solarizadas ou não dentro e fora da casa-de-vegetação. A sobrevivência do patógeno foi avaliada em meio ágar-água, em placas de Petri. Após 20 e 30 dias de solarização na casa-de-vegetação e após 30 e 45 dias de solarização no campo o patógeno foi erradicado.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar metodologia, ambientalmente aceitável e de baixo custo para os agricultores, para o manejo da queima-da-saia em alface no estado de Amazonas.

3.2 Específico

- Avaliar o efeito da solarização do solo no manejo da queima-da-saia em alface;
- Definir o período mais adequado de duração da solarização.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local da pesquisa

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Fitopatologia da Coordenação de Sociedade Ambiente e Saúde (CSAS), localizado no Campus III, do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e na Estação Experimental de Hortaliças Alejo von der Pahlen, localizada no km 14 da rodovia AM 10, município de Manaus, AM.

4.2. Procedência do isolado de *Rhizoctonia solani*

Foi utilizado um isolado de *R. solani* identificado como INPA 2773 procedente de planta de alface com sintomas da queima-da-saia, coletada na Estação Experimental de Hortaliças Alejo von der Pahlen em 10/02/2015. No laboratório de fitopatologia os escleródios presentes na planta foram desinfestados em álcool 70%, por 30 segundos e em solução de hipoclorito de sódio 1% por 30 segundos, seguidas de duas lavagens com água destilada esterilizada. Os escleródios foram transferidos para meio de cultivo de batata-dextrose-agar (BDA) em placas de Petri (Youssef *et al.* 2012), e foram incubados por três dias, sob fotoperíodo de 12 horas fornecido por lâmpadas fluorescentes (tubular 30 w T8 tipo luz do dia 6400k) localizadas 50 cm acima das placas, e temperatura de 25 ± 2 °C. Após o crescimento da colônia, foram preparadas lâminas para identificação morfológica do fungo sob microscópio ótico (Leica Microsystems, Model DM2000, Germany). A cultura foi preservada *in vitro* pelo método de conservação de Castellani (Catellani, 1967), à temperatura de laboratório (25 ± 2 °C).

4.3. Preparo do inóculo de *R. solani*

Para produção do inóculo de *R. solani* sacos de polietileno, com capacidade para 1 kg, contendo 150 g de grãos de trigo e 100 mL de água foram esterilizados em autoclave. Após

duas horas de embebição do trigo, na boca de cada saco foi fixado, com uma liga de borracha, um anel de cano de PVC (40 mm de largura x 38 mm de diâmetro). A abertura do cano foi fechada com um tampão de algodão recoberto com papel. A esterilização foi realizada duas vezes, em dias consecutivos a 120 °C por 25 minutos. Após resfriamento do trigo, foram transferidos, para cada saco, três discos de 5 mm de diâmetro de colônia de *R. solani* cultivada meio de BDA por 4 dias. Após 15 dias de incubação, sob temperatura de 25 °C e revolvimento do material dos sacos a cada dois dias, o inóculo foi quantificado.

Para quantificação do inóculo, 10 g de trigo colonizado e 90 mL de água destilada esterilizada foram colocadas num liquidificador (Black & Decker do Brasil, Potencia 400watts) e triturados por três minutos, e a contagem dos fragmentos do micélio foi quantificada na câmara de Neubauer sob o microscópio ótico (Leica Microsystems, Model DM2000, Germany) observando-se 4×10^8 unidades formadoras de colônias (UFC).g⁻¹.

4.3. Solarização do solo no controle da queima-da-saia

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram os períodos de solarização: 45, 30, 15 e 0 dias (testemunha) e a unidade experimental se constituiu em um canteiro de 1 x 1 m delimitado com tábuas de madeira de 20 cm largura contendo nove plantas de alface. Os canteiros foram adubados com composto orgânico na proporção de 8 L.m⁻². A infestação do solo com *R. solani* foi feita distribuindo-se e incorporando-se uniformemente de 300 g.m⁻² de grãos de trigo colonizado pelo fungo ao solo da parcela até a profundidade de 15 cm. Antes da solarização, para se avaliar a viabilidade do inóculo, foram transplantadas, para todas as parcelas, mudas de alface com cinco folhas definitivas e, após três dias, foi observada a presença de sintomas da doença nas plantas e as plantas eliminadas. Para a solarização, o solo foi umedecido até a capacidade de campo e coberto com filme plástico de 150 µm de espessura pelos períodos

respectivos de tratamento, iniciando com o tratamento de 45 dias e incluindo novos canteiros na solarização a cada 15 dias para que a solarização de todos os tratamentos estivesse encerrada na mesma época. A temperatura do solo nos canteiros foi registrada três vezes por dia, às 10, 12 e 14 horas utilizando-se termômetros de mercúrio (R. fuess, Berlin-Steglitz) que permaneceram fixos a 5, 10 e 15 cm de profundidade em cada tratamento.

O experimento foi conduzido no período que compreende a época chuvosa (novembro a março) de 2015, e a temperatura, umidade relativa e precipitação estão indicadas na Figura 1 (Inmet, 2015), correspondente ao período experimental de solarização do solo. A solarização foi iniciada no dia 294 do calendário Juliano (24.10.2015), para o tratamento com 45 dias de solarização, no dia 309 (08.11.2015) para o tratamento com 30 dias de solarização e no dia 324, (23.11.2015) para o tratamento com 15 dias, até finalizar o período de solarização no dia 338 (08.12.2015). Sementes de alface crespa (cv. Monica) foram semeadas em bandejas multicelulares de isopor (três a cinco sementes por célula e foi feito desbaste para uma planta por célula, aos 20 dias da semeadura) contendo o substrato (Tropstrato HT Hortaliças, Vida Verde Indústria e Comércio de Insumos Orgânicos Ltda., Mogi Mirim, SP). As mudas foram transplantadas para os canteiros quando atingiram cinco folhas definitivas, aos 25 dias da semeadura.

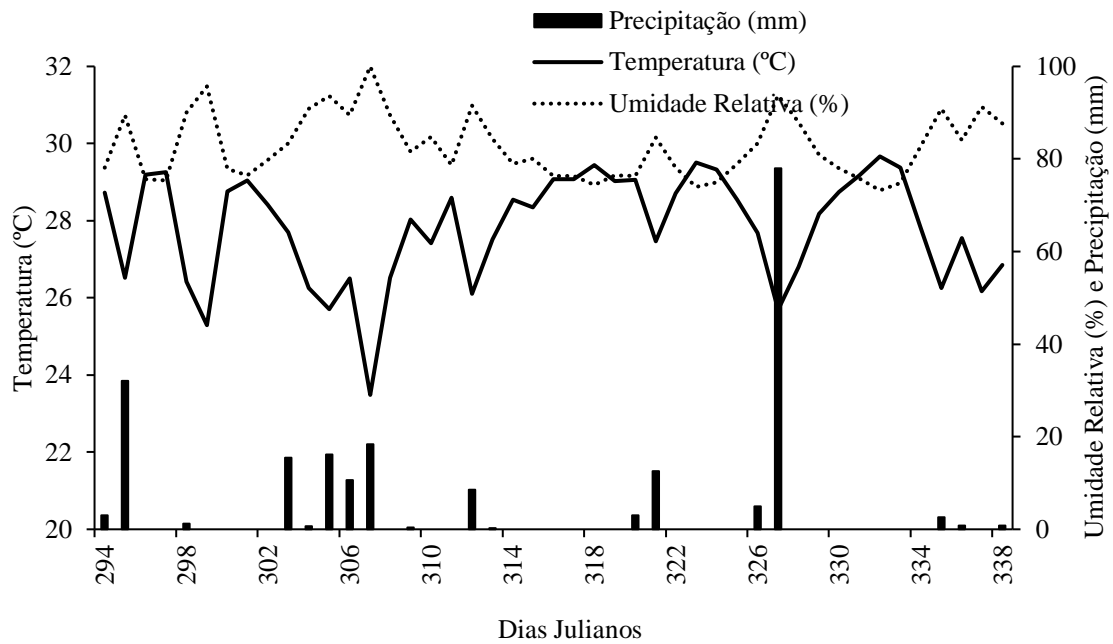


Figura 1. Temperatura, umidade relativa e precipitação pluvial médias no período do dia 294 (24/10/15) até 338 (07/12/15). Fonte: Boletim climatológico da Estação Climática da Reserva Ducke, Manaus, AM.

Após o período de solarização os filmes plásticos foram removidas dos canteiros e as mudas de alface transplantadas. Seis dias após o transplante, iniciaram-se as avaliações de severidade de doença, estimando-se a área doente de cada planta, a cada três dias. Foram feitas cinco avaliações até que a severidade em uma das parcelas atingisse 100%.

Com os dados de severidade foram elaboradas as curvas de progresso da doença e calculadas as áreas abaixo das curvas de progresso da doença (AACPD) de acordo com Campbell e Madden (1990).

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Onde: n= número de avaliações;

$y_i + y_{i+1}$ = valores de severidade observados em duas avaliações sucessivas;

$(t_{i+1} - t_i)$ = intervalo de dias entre duas avaliações

Os valores das AACPD foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise estatística foi utilizado o programa Assisat 7.7- beta (Silva e Azevedo 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSÃO

Nesta pesquisa verificou-se redução na severidade da doença de 67, 66 e 58% nos períodos de 45, 30 e 15 dias de solarização, respectivamente, em relação a parcela não solarizada, 0 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Áreas abaixo das curvas de progresso da queima-da-saia em alface (AACPD) cultivado sob diferentes períodos de solarização.

Dias de solarização	AACPD¹	Redução severidade (%)
45	126,83 b	67
30	129,20 b	66
15	161,92 b	58
0	389,66 a	0
CV%	41,45	

¹Na coluna, as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na primeira avaliação da severidade não se observaram sintomas da doença nas unidades experimentais, no entanto, na segunda avaliação a doença foi observada em todas as unidades experimentais (Figura 2). Este rápido surgimento da doença provavelmente foi devido a revolver o solo das camadas inferiores, na hora de realizar o preparo para uniformizar o canteiro para receber as mudas da alface, expondo assim o patógeno da camada inferior para a superfície expondo-a em contato com as mudas da alface. Segundo Grosch e Kafo (2003) e Grosch *et al* (2004) *R. solani* tem seu melhor desenvolvimento em temperaturas inferiores a 35 C°, deste modo, o fato de revolver o patógeno das camadas inferiores (5, 10 e 15 cm, onde as temperaturas foram superiores a 35 C°) para a superfície do solo no momento da semeadura das mudas, deu-se as condições necessária de temperatura ao patógeno para o seu desenvolvimento,

infestando desse modo as mudas no início do crescimento. Porém nas terceira, quarta e quinta avaliações houve redução da severidade em todas as parcelas que foram expostas a solarização aos 15, 30 e 45 dias (figura 2), como resultado da emissão de novas folhas pelas plantas e menor contato delas com o solo. Entretanto, o tratamento controle, teve queda da severidade na terceira avaliação, mas aumento na quarta e quinta avaliações. Vários pesquisadores relatam que a temperatura superior a 35 °C afeta o desenvolvimento do patógeno inibindo o seu crescimento (Patrício *et al.*, 2006; Matheron e Porchas, 2010; Komariah *et al.*, 2011) porque a maioria dos organismos no solo é afetada negativamente por temperaturas superiores a 39 - 40 °C (Stapleton e DeVay 1982). Pesquisas relatam que as temperaturas registradas durante a solarização tem efeito na viabilidade e desenvolvimento do patógeno *R. solani*, mas também outros mecanismos podem estar envolvidos no controle, como microrganismos que podem interagir e suprimir o desenvolvimento do patógeno devido a competição por espaço e nutrientes disponíveis no solo ou devido a micoparasitismo, como relatado por Patrício *et al.* (2006) que registraram temperaturas média de 40 - 45 °C a 10 e 20 cm de profundidade quando o solo foi solarizado. Além de ser suprimido pela temperatura, outros microrganismos possivelmente suprimiram o desenvolvimento do patógeno, pois quando cultivados em placas contendo meio de cultivo foi possível observar o crescimento do patógeno *R. solani*, mas outros microrganismos também cresceram ao lado do patógeno como *Fusarium*, *Penicillium*, *Mucor* e *Trichoderma*, sendo que este último é utilizado como controlador biológico de fitopatógenos agindo como micoparasita, alimentando-se do conteúdo celular de outros fungos como *R. solani* (Benitez *et al.*, 2004). Apesar de que nem sempre as temperaturas atingidas é suficiente para inibir o desenvolvimento dos patógenos situados nas camadas inferiores, podendo sobreviver em profundidades mais baixas (Katan 1981) como aconteceu neste experimento quando o solo foi revolvido das camadas inferiores na hora de uniformizar o canteiro para semeadura das mudas, ficando doentes devido as primeiras folhas estarem em contato com a superfície do solo que foi revolvido, mas com uma recuperação rápida após crescimento de novas folhas que não entraram

em contato com a superfície do solo. Porém, neste experimento não se tenha testado a viabilidade do patógeno *R. solani* nas diferentes profundidades do solo pode-se pressupor que a solarização do solo nas camadas inferiores de 10 cm e 15 cm, a solarização por si só não foi suficiente no controle, devido como relatado neste experimento, tendo enfraquecido a viabilidade do patógeno.

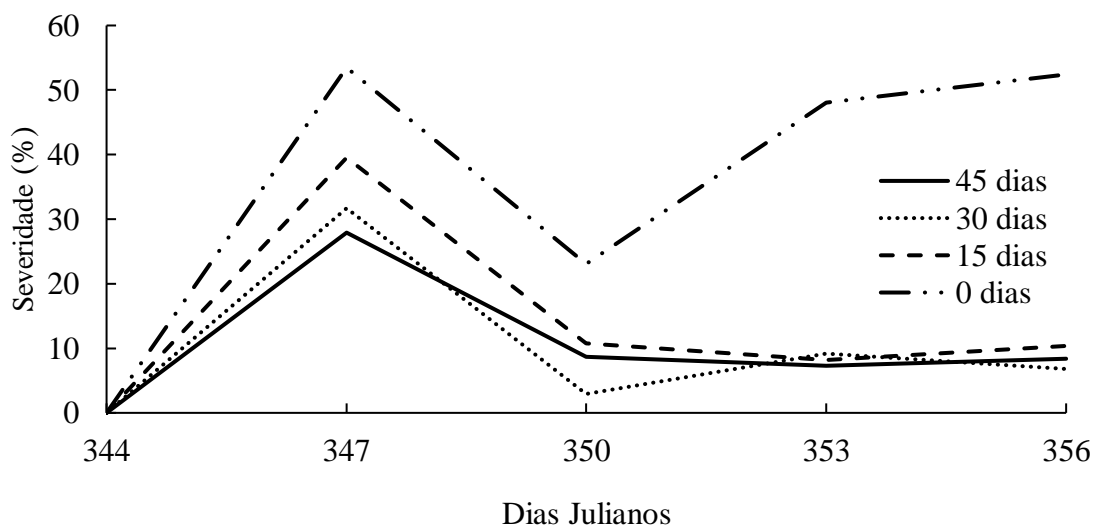


Figura 2. Curvas de progresso da severidade da queima-da-saia em plantas de alface, cultivadas em solo solarizado por 45, 30, 15 e 0 dias, em Manaus, AM.

Neste experimento a temperatura no solo variou, em média, de 42,4 °C com 45 dias de solarização a 5 cm de profundidade até 32,7 °C com 15 dias de solarização a 15 cm de profundidade (Tabela 2), afetando o patógeno *R. solani*, que tem melhor crescimento em temperaturas entre 20 a 30 °C (Grosch e Kafo, 2003). Trabalhos relatam que o aumento da temperatura no solo, além de diminuir a população patogênica em valores de 55 e 66% (Jayaraj e Radhakrishnan 2008; Yildiz *et al.*, 2010), melhora o desenvolvimento e saúde da planta reduzindo a incidência da doença em mais de 50% em plantas de alface, esta melhoria pode estar relacionada a disponibilidade de nutrientes liberados na solarização aumentando a

mineralização e disponibilizando de nitrogênio na forma de NH_4^+ , estimulando o crescimento da planta, reduzindo a incidência da doença e suprimindo o desenvolvimento do patógeno (Patrício et al., 2006b; Ghini et al., 2003). Outros autores relatam que a solarização além de reduzir a população patogênica tem efeito na diminuição de pragas e plantas daninhas. Yildiz *et al.* (2010) conseguiram reduzir o surgimento das diversas plantas daninhas que afeta o crescimento de plantas de morango (*Fragaria ananassa* Duchesne) quando expostas a solarização durante 45 dias também teve controle sobre o patógeno *Macrophomina phaseolina* quando foi exposta por um período de 20 horas a temperaturas de 50 °C. No entanto, existem relatos que a eficiência da solarização é otimizada quando há combinação com outros métodos reduzem a população patogênica quando é combinada com matéria orgânica Martinez *et al.*, 2011).

Tabela 2. Média das temperaturas (°C) registradas aos 5, 10 e 15 cm de profundidade em parcelas solarizadas por 45, 30, 15 e 0 dias, em Manaus, AM.

Profundidade (cm)	5	10	15
Solarização (Dias)			
45	42,4	37,7	34,5
30	38,8	35,6	33,7
15	37,3	34,9	32,7
0	35,4	33,2	32,1

Neste estudo embora não se tenha quantificado a população do patógeno antes e após a solarização os resultados evidenciam que a solarização desempenhou papel significativo sobre as populações do patógeno e este tratamento deve ser recomendada para os produtores de alface do Amazonas. Como a eficiência na redução da severidade da doença foi similar entre os tratamentos, o período de solarização de 15 dias é mais vantajoso para os agricultores por imobilizar a área por um menor período.

6. Conclusão

Solarização do solo nos períodos de 45, 30 e 15 dias reduziu igualmente a severidade da queima-da-saia em alface. A solarização por 15 dias foi mais vantajosa para o agricultor por imobilizar o solo por menor período de tempo.

7. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para realização desta pesquisa, ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPG-ATU) e ao Laboratório de Fitopatologia do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (Inpa).

8. REFERÊNCIAS

- ABCSEM. 2014. Levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. (<http://www.abcsem.com.br>). Acesso: 27/08/14.
- Adesina, M.F.; Grosch, R.; Lembke, A.; Vatchev, T.D.; Smalla, K. 2009. In vitro antagonists of *Rhizoctonia solanitestred* on lettuce: rhizosphere competence, biocontrol efficiency and rhizosphere microbial community response. *Federation of European Microbiological Societies*, 69: 62-74.
- Anderson, N.A. 1982. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. *Annual Reviews Phytopathology*, 20: 329-347.
- Agrios, G. N. 2005. *Plant pathology*. 5 Ed. Elsevier Academic Press, New York, 922p.
- Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A. 2011. Manual de Fitopatologia. 4 ed. Ceres, São Paulo, 704p.
- Anderson, N.A. 1982. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. *Annual Reviews Phytopathology*, 20: 329-347.
- ANVISA. 2014. Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos-PARA. (<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect>). Acesso: 27/04/2016.
- Ayhan Yildiz, A.; Benlioglu, S.; Boz, O.; Kemal Benlioglu, K. 2010. Use of different plastics for soil solarization in strawberry growth and time–temperature relationships for the control of *Macrophomina phaseolina* and weeds. *Phytoparasitica*, 38(5): 463–473.
- Baptista, M.J.; Lopes, C.A.; Souza, R.B.; Furumoto, O. 2006. Efeito da solarização e biofumigação durante o outono, na incidência de murcha bacteriana e produtividade de batata. *Horticultura Brasileira*, 24: 99-102.
- Benítez, T.; Rincón, A.M.; Limón, M.C.; Codón, A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International microbiology*, 7:249-260.
- Botelho, S.A.; Rava, C.A.; Leandro, W.M. 2001. Supressividade induzida a *Rizoctonia solani* pela adição de diferentes resíduos vegetais. *Fitopatologia Brasileira*, 31(1): 35- 42.
- Butler, D.M.; Burrelle, N.K.; Albano, J.P.; Mccollum, T.G.; Murato, J.; Shenna, C.; Rosskopf, E.N. 2014. Anaerobic soil disinfestation (ASD) combined with soil solarization as a methyl bromide alternative: vegetable crop performance and soil nutrient dynamics. *Plant Soil*, 378: 365-381.
- Campbell, C.L.; Madden, L.V. 1990. *Introduction to plant disease epidemiology*. 1 Ed. John Willey, New York, 532p.
- Carling, D.E.; Baird, R.E.; Gitaitis, R.D.; Brainard, K.A.; Kuninaga, S. Characterization of AG-13, a newly reported anastomosis group of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 92:893-899. 2002.
- Castellani, A.A. 1967. Maintenance and cultivation of the common pathogenic fungi of man in sterile distilled water: further researches. *Journal of Tropical Medicine e Hygiene*, 70: 181-184.

- Chellemi, D.O.; Olson, S.M.; Scott, J.W.; Mitchell, D.J.; McSorley, R. 1993. Reduction of Phytoparasitic Nematodes on Tomato by Soil Solarization and Genotype. *The Society of Nematologists*, 25: 800-805.
- Chen Y.; Katan J. (1980). Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Science*, 103: 271-277.
- Diamante, M.S.; Júnior, S.S.; Inagaki, A.M.; Silva, M.B.; Dallacort, R. 2013. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, 44(1): 133-140.
- Dias, P.P.; Berbara, R.L.L.; Fernando, M.C.A. 2013. Controle de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* por biopreparados de isolados de *Trichoderma* spp. *Summa Phytopathologica*, 39(4): 258-262.
- Embrapa hortaliças. 2014. Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface. (<http://www.cnph.embrapa.br>). Acesso: 27/04/2016.
- Fenoll, J.; Ruiz, E.; Hellín, P.; Martínez, C.M.; Flores, P. 2011. Rate of loss of insecticides during soil solarization and soil biosolarization. *Journal of Hazardous Materials*, 185: 634-638.
- Foltran, B.N.; Teixeira, E.S. 2004. Incidência de *Rhizoctonia* sp. em plantas de alface (*Lactuca sativa* L) cultivadas em solo com polímero hidrorretentor. *Ciências Agrárias e Ambientais*, 2(4): 71-79.
- Freitas, A.S.; Ambrosio, M.M.Q.; Queiroga, R.C.F.; Souza, F.Q.; Pereira, F.M. 2009. Efeito da solarização e materiais orgânicos na incidência de patógenos em mudas de mamoeiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 4(3): 108-114.
- Gamliel, A.; Stapleton, J.J. 1993. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. *The American Phytopathological Society*, 83(9): 889-905.
- Gentil, D.F.O.; Silva, I.M. 2011. Problemas fitossanitários em unidades produtivas de hortaliças em Manaus, Amazonas, Brasil. *Horticultura Brasileira*, 29(2): 2416-2422.
- Ghini, R.; Patricio, F.R.A.; Souza, M.D.; Sinigaglia, C.; Barros, B.C.; Lopez, M.E.B.M.; Tessarioli Neto, J.; Cantarella, H. 2003. Efeito da solarização sobre propriedades físicas, químicas e biológicas de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 71-79.
- Goulart, A.C.P.; Assis, J.B.; Ciampi, M.B.; Ceresini, P.C. 2011. Ocorrência de mela causada por *Rhizoctonia solani* AG4-HGI em plântulas de algodoeiro no Brasil. *Summa Phytopathologica*, 37(1): 68-69.
- Goulart, A.C.P.; 2002. Efeito do tratamento de sementes de algodão com fungicidas no controle do tombamento de plântulas causadas por *Rhizoctonia solani*. *Fitopatologia Brasileira*, 27(4): 399-402.
- Grinstein, A.; Kritzman, G.; Hetzroni, A.; Gamliel, A.; M. Moth, M.; Katan. J. 1995. The border effect of soil solarization. *Crop Protection*, 14(4): 315-320.
- Grosch, R.; Kofoet, A. 2003. Influence of temperature, pH and inoculum density on bottom rot in lettuce caused by *Rhizoctonia solani*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110(4): 366-378.

- Grosch, R.; Schneider, J.H.M.; Kafoet, A. 2004. Characterisation of *Rhizoctonia solani* anastomosis groups causing bottom rot in field-grown lettuce in Germany. *European Journal of Plant Pathology*, 110: 53-62.
- Henz, G.P.; Suinaga, F. 2009. Tipos de alface cultivados no Brasil. EMBRAPA HORTALIÇAS (Comunicado Técnico). Brasília. 7p.
- Ibama – Instituto do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis (<http://ibama.gov.br>). 2016: 28/04/2016.
- IDAM. 2013. Relatorios de atividades 2012 (<http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2014/01/RAIDAM2012.pdf>). Acesso: 27/04/2016.
- Ihara, H.; Kato, N.; Takahashi, S.; Nagaoka, K. 2014. Efeito da solarização do solo na atividade subsequente de nitrificação a temperaturas elevadas. *Soil Science and Plant Nutrition*, 60: 824-831.
- INMET. 2015. Instituto Nacional de Meteorologia. (http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php). Acesso 12/05/2016.
- IPNI- International Plant Names Index (<https://www.ipni.org>). Acesso: 20/04/2016.
- Jayaraj, J.; Radhakrishnan, N.V. 2008. Enhanced activity of introduced biocontrol agents in solarized soils and its implications on the integrated control of tomato damping-off caused by *Pythium* spp. *Plant Soil*, 304:189–197.
- Kapoor, R.T. 2013. Soil Solarization: Eco-friendly Technology for Farmers in Agriculture for Pest Management. 2nd International Conference on Advances in Biological and Pharmaceutical Sciences (ICABPS'2013) Sept 17-18, 2013 Hong Kong.
- Katan, J. (1981). Solar heating (solarization) of the soil for control of soilborne pests. *Annual Review of Phytopathology*, 19: 211–236.
- Katan, J. 2015. Soil solarization: the idea, the research and its development. *Phytoparasitica*, 43: 1-4.
- Katan, J.; Greenberger, A.; Alon, H.; Grinstein, A. 1976. Solar Heating by Polyethylene Mulching for the Control of Diseases Caused by Soil-Borne Pathogens. *Phytopathology*, 66: 683-689.
- Kimati, L.H.; Amorim, A.; Bergamin Filho, L.E.A.; Camargo, J.A.M.; Rezende. 1997. *Manual de fitopatologia*. 3era ed. Ceres, São Paulo, 705p.
- Klein, E.; Katan, J.; Austerweil, M.; Gamliel, A. 2007. Controlled laboratory system to study soil solarization and organic amendment effects on plant pathogens. *Phytopathology*, 97(11): 1476-1483.
- Komariah; Ito, K.; Onishi, T.; Senge, M. 2011. Soil properties affected by combinations of soil solarization and organic amendment. *Paddy Water Environmental*, 9: 357-366.
- Levy, N.O.; Harel, Z.M.; Elad, Y.; David, E.R.; Jurkevitch, E.; Katan, J. 2015. Induced resistance to foliar diseases by soil solarization and *Trichoderma harzianum*. *Plant Pathology*, 64: 365-374.

- Londres, F. 2011. Agrotóxicos no Brasil: um guia em ação para defesa da vida. 1era ed. Rio de Janeiro. 190pp.
- MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) 2016. Agrofit (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários). (<http://www.agricultura.gov.br>). Acesso em 26/04/16.
- Martínez, M.A.; Martínez, M.C.; Bielza, P.; Tello, J.; Lacasa, A. 2011. Effect of biofumigation with manure amendments and repeated biosolarization on *Fusarium densities* in pepper crops. *J. Ind. Microbiology. Biotechnology*. 38:3-11.
- Matheron, M.E.; Porchas, M. 2010. Evaluation of soil solarization and flooding as management tools for fusarium wilt of lettuce. *Plant Disease*, 94(11): 1323-1328.
- Missouri Botanical Garden (<http://www.missouribotanicalgarden.org>). Acesso: 28/04/2016.
- Ogoshi, A. 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Annual Review of Phytopathology*, 25: 125-143.
- Oliveira, A.C.C.; Souza, P.E.E.; Pozza, A.; Manerba, F.C.; Lopes, M.F. 2008. Metodologias de inoculação de *Rhizoctonia solani* na cultura da cenoura. *Ciências e Agrotecnologia*, 32(3): 992-995.
- Pathma, J.; Rahul, G.R.; Kennedy, R.K.; Subashri, R.; Sakthivel, N. 2011. Secondary metabolite production by bacterial antagonists. *Journal of Biological Control*, 25: 165-181.
- Pathma, J.; Sakthive, N. 2012. Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, 26: 1-19.
- Patrício, F.R.A.; C. Sinigaglia, B.C. Barrosa, B.C.; Freitas, S.S.; Tessarioli Neto, J.; Cantarella, H.; Ghinid. 2006. Solarization and fungicides for the control of drop, bottom rot and weeds in lettuce. *Crop Protection* 25: 31–38.
- Patrício, F.R.A.; Kimati, H.; Neto, J.T.; Petenatti, A.; Barros B.C. 2006. Solarização do solo em casa-de-vegetação e campo para o controle de *Rhizoctonia solani* AG-4. *Summa Phytopathologica*, 33(3): 245-251.
- Patrício, H.R.A.; Sinigaglia, C.; Barros, B.C.; Freitas, S.S.; Tessarioli Netto, J.; Cantarella, H.; Ghini, R. 2006. Solarization and fungicides for the control of drop, bottom rot and weeds in lettuce. *Crop Protection* 25: 31-38.
- Pelaez, V.M.; Silva, L.R.; Guimarães, T.A.; Ri, F.D. Teodorovicz, T. 2015. A (des)coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, 14: 153-178.
- Rodrigues, I.N.; Lopes, M.T.G.; Lopes, R.; Gama, A.S.; Christiano P Milagres, C.P. 2008. Desempenho de cultivares de alface na região de Manaus. *Horticultura Brasileira*, 26(4): 524-527.
- Silva, F.A.S.; Azevedo, C.A.V. Assistência Estatística - ASSISTAT versão 7.7 beta. Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN, Universidade Federal de Campina Grande - Campus de Campina Grande - PB. 2014. Disponível em: [Disponível em: Disponível em: \(<http://www.assistat.com/indexp.html>\)](http://www.assistat.com/indexp.html). Acesso: 01/03/2016
- Sneh, B.; Burpee, L.; Ogoshi, A. 1991. *Identification of Rhizoctonia species*. St. Paul, Minnesota, 132p.

- Sofi, T.A.; Tewari, A.K.; Razdan, V. K.; Koul, V.K. 2014. Long term effect of soil solarization on soil properties and cauliflower vigor. *Phytoparasitica* 42:1-11.
- Stapleton, J.J.; De Vay, J.E. 1982. Effect of Soil Solarization on Populations of Selected Soilborne Microorganisms and Growth of Deciduous Fruit Tree Seedlings. *Disease control and Pest management*, 72(3): 323-326.
- Stapleton, J.J. 2000. Soil solarization in various agricultural production systems. *CropProtection*, 19: 837-841.
- Stapleton, J.J.; Devay, L.E. 1986. Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection*, 5(3): 190-198.
- Tavella, L.B.; Silva, I.N.; Fonte, L.O.; Dias, J.F.M.; Silva, M.I.L. 2011. O uso de agrotóxicos na agricultura e suas consequências toxicológicas e ambientais. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, 7(2): 6-12.
- Varner, R.S.; McSorley, R.; Gallaher, R.N. 2008. Soil nutrient and plant responses to solarization in an agroecosystem utilizing an organic nutrient source. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23(2): 149–154.
- Vilgalys, R.; Cubeta, M.A. 1994. Molecular systematics and population biology of *Rhizoctonia*. *Annual Reviews phytopathology*, 32: 135-155.
- Vincenzo Candido, V.; Addabbob, T.; Miccolisa, V.; Castronuovo, D. 2011. Weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. *Scientia Horticulturae* 130(3): 491-497.
- Vitale, A.; Castello, I.; Emeilio, A.D.; Mazzarella, R.; Perrone, G.; Epifani, F.; Polizzi, G. 2013. Short-term Effects of soil solarization in suppressing *Calonectria microsclerotia*. *Plant Soil*, 368: 603-617.
- Wang, K-H.; McSorley, R.; Marshall, AJ; Gallaher, R.N. 2004. Nematode community changes associated with decomposition of *Crotalaria juncea* amendment in litterbags. *Applied Soil Ecology*, 27:31–45.
- Youssef, D.F.; Souza, G.R.; Nechet, K.L.; Vieira, B.A.H. 2012. Caracterização de isolados de *Rhizoctonia* associados à queima foliar em Roraima. *Revista Agro@ambiente*, 6(2): 158-165.
- Ziech, A.R.D.; Conceição, P.C.; Luchese, A.V.; Paulus, D.; Ziech, M.F. 2014. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(9): 948–954.
- Zoffo, M.N.; Larregla, S.; Garbisu, C.; Guerrero, M.M.; Lacasa, C.M.; Lacasa, A. 2013. Application of sugar beet vinasse followed by solarization reduces the incidence of *Meloidogyne incognita* in pepper crops while improving soil quality. *Phytoparasitica*, 41:181-191.