



**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA DA MANCHA PARDA E QUEIMA DAS
FOLHAS DA MANDIOCA**

MARTHONY DORNELAS SANTANA

GARANHUNS-PE

FEVEREIRO/2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO AGRÍCOLA

**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA DA MANCHA PARDA E QUEIMA DAS
FOLHAS DA MANDIOCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em PRODUÇÃO AGRÍCOLA da Unidade Acadêmica de Garanhuns da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Área de concentração: Sistemas Agrícolas

Mestrando: Marthony Dornelas Santana

Orientador: Prof. Ueder Pedro Lopes

Co-orientador: Prof. Sami J. Michereff

GARANHUNS-PE

FEVEREIRO/2018

**EPIDEMIOLOGIA COMPARATIVA DA MANCHA PARDA E QUEIMA DAS
FOLHAS DA MANDIOCA**

MARTHONY DORNELAS SANTANA

Data de defesa: 23/02/2018

COMISSÃO EXAMINADORA

MEMBROS TITULARES

Dr. Ueder Pedro Lopes (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Garanhuns

Dr. Domingos Eduardo Guimarães Tavares de Andrade (Examinador externo)
Instituto Agronômico de Pernambuco

Dr. Ricardo Brainer Martins (Examinador externo)
Universidade Federal de Alagoas

Dedicatória

Aos meus pais José Fernandes e Maria de Fátima e meu avô Geraldo Fernandes (in memoriam) que dignamente me apresentaram à importância da família e o caminho da honestidade e persistência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por me proporcionar saúde, paz e as oportunidades para continuar trilhando meu caminho.

Aos meus pais e à minha irmã Iris Mayara, pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e à Unidade Acadêmica de Garanhuns, por disponibilizar toda estrutura necessária para realização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Agrícola, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

À Central de Laboratórios de Garanhuns (Cenlag), pela disponibilidade de estrutura e equipamentos para realização desta pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Ueder Pedro Lopes, pelos ensinamentos, amizade, paciência e orientação durante a execução deste trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Sami Michereff, pelo aprendizado, treinamentos, discussões e colaboração no projeto.

À Dr^a. Rejane Freitas Lopes, pelo auxílio nas discussões e colaboração no projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização do mestrado.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (Facepe), pelo apoio financeiro ao projeto APQ-1542-5.01/15.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto Universal CNPq 454010/2014.

À toda equipe do Laboratório de Fitopatologia, em especial à Gabriela Alves e Evair Julião.

Aos meus amigos da turma 2016.1 (Pós-graduação em Produção Agrícola) pelos momentos divertidos e de aprendizado.

Muito obrigado a todos que tive o prazer de conviver nessa fase maravilhosa de minha vida.

BIOGRAFIA

Marthony Dornelas Santana, filho de José Fernandes Santana Costa e Maria de Fátima Dornelas Santana. Nascido em 18 de junho de 1992, na cidade de Garanhuns, PE. Em 2011, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, graduando-se em 2015. No ano de 2016, iniciou o curso de Mestrado em Produção Agrícola na Universidade Federal Rural de Pernambuco, submetendo-se à defesa de dissertação em 23 de fevereiro de 2018.

RESUMO GERAL

As manchas foliares são um dos principais problemas na cultura da mandioca, com destaque para a mancha parda (MP) e a queima das folhas (QF), causadas por *Passalora henningsii* e *Passalora vicosae*, respectivamente. A ocorrência destas manchas foliares em plantios comerciais na região Nordeste, particularmente no estado de Pernambuco, aliada à escassez de informações, demonstram a necessidade de estudos mais aprofundados acerca destas doenças. Neste trabalho foi realizado um estudo *in vitro* a fim de avaliar o efeito da temperatura e luminosidade sobre o crescimento/germinação dos conídios. Foi verificado que de *P. vicosae* apresenta uma faixa mais ampla de temperatura favorável ao seu crescimento, quando comparado à *P. henningsii*. Esta característica, intrínseca do patógeno, permite que a doença se desenvolva em diferentes épocas do ano e em diferentes regiões de cultivo. Além disso, foi verificado que conídios de *P. vicosae* apresentaram redução na porcentagem de germinação na presença de luz, enquanto para *P. henningsii* não houve qualquer influência, apresentando germinação similar tanto na presença quanto na ausência de luz. A fim de entender melhor o comportamento das doenças, foi realizado um estudo de epidemiologia comparativa da MP e QF em áreas de cultivo nas regiões do Agreste e Zona da Mata de Pernambuco. De modo geral, os resultados demonstraram a maior ocorrência de MP no Agreste, onde predominam temperaturas médias mais baixas e umidade elevada. Já na Zona da Mata, onde as temperaturas foram mais elevadas ao longo de todo o período de avaliação, houve predominância da QF. Para ambas as doenças, os maiores níveis de severidade foram observados nos estratos inferiores das plantas, estando correlacionados também com o aumento da idade das plantas. A desfolha ocorreu mais precocemente no Agreste do que na Zona da Mata, mas atingiu níveis similares em ambas as regiões, chegando a 25% em todas as áreas de cultivo analisadas. Tanto MP quanto QF foram reduzidas pela aplicação do fungicida flutriafol, mostrando que o controle químico pode ser uma estratégia de controle destas manchas foliares. De modo geral, os resultados obtidos neste estudo permitem o melhor entendimento da epidemiologia da MP e QF, que são doenças ainda pouco estudadas. As informações geradas poderão ser úteis no desenvolvimento de estratégias de manejo, que visem reduzir os danos causados por essas doenças na cultura da mandioca.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; *Passalora henningsii*; *Passalora vicosae*; cercosporóides; manchas foliares.

ABSTRACT

Leaf spots are one of the main problems affecting the cassava production, especially brown leaf spot (BLS) and blight leaf spot (BliLS) caused by *Passalora henningsii* and *Passalora vicosae*, respectively. The occurrence of these leaf spots in commercial areas in the northeastern region of Brazil, mainly in the state of Pernambuco, and the absence of information demonstrate the need for further studies on these diseases. In this study, the effect of temperature and luminosity on conidial growing/germination was evaluated in vitro. The range of temperature that was favorable to the growth of *P. vicosae* was broader than *P. henningsii*. This is an intrinsic characteristic of the pathogen that allows the disease to develop in different seasons and growing regions. The percentage of germination of conidia was reduced in the presence of light for *P. vicosae*, whereas for *P. henningsii* the germination was similar both in the presence or absence of light. To better understand the behavior of the diseases, a comparative epidemiology of BLS and BliLS was performed in growing areas in the regions of the Agreste and Zona da Mata of Pernambuco. The results demonstrated that BLS occurs more frequently in the Agreste, whose temperatures are lower and the humidity is high. In the Zona da Mata, with higher temperatures during the evaluation period, there was predominance of BliLS. Levels of severity were highest in the lower leaves, and were correlated with the increase of the age of the plants. Defoliation occurred earlier in the Agreste than in Zona da Mata, reaching similar levels in both regions (25% in all growing areas). Both BLS and BliLS severity were reduced by application of the fungicide flutriafol, showing that the chemical control may be a strategy to control these leaf spots. In general, the results obtained in this study allow a better understanding of the epidemiology of BLS and BliLS, which are little studied diseases. The information may be useful in the development of management strategies aiming to reduce the damage caused by these diseases in the cassava crop.

Keywords: *Manihot esculenta*; *Passalora henningsii*; *Passalora vicosae*; cercosporoids; leaf spots.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sintomas de mancha parda (<i>Passalora henningsii</i>) em plantas de mandioca.....	17
Figura 2 – Sintomas de queima das folhas (<i>Passalora vicosae</i>) em plantas de mandioca.....	17
Figura 3 – Crescimento de colônias de <i>Passalora henningsii</i> (A) e <i>Passalora vicosae</i> (B), em diferentes temperaturas (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C).	26
Figura 4 – Efeito da luz sobre a taxa de germinação de conídios de <i>Passalora henningsii</i> e <i>Passalora vicosae</i> , em dois experimentos independentes (A e B).....	27
Figura 5 – Blox plot do período de incubação e latente da mancha parda (A) e queima das folhas (B) em plantas de mandioca inoculadas artificialmente.....	27
Figura 6 – Curva de progresso da severidade da mancha parda (A e B) e queima das folhas (C e D) da mandioca em áreas localizadas nas regiões do Agreste (A e C) e Zona da Mata (B e D) de Pernambuco.....	28
Figura 7 – Desfolha em plantas de mandioca cultivadas em áreas do Agreste (A) e Zona da Mata (B).....	30
Figura 8 – Severidade da mancha parda (A) e queima das folhas (B) em folhas localizadas no estrato inferior, mediano e superior de plantas de mandioca.....	30
Figura 9 – Valores de médias mensais de temperatura (T), umidade relativa (UR) e precipitação (P) nas regiões do Agreste (A) e Zona da Mata (B), durante os meses de junho a dezembro de 2017.....	30
Figura 10 – Curva de progresso da severidade da mancha parda (A e C) e queima das folhas (B e D) da mandioca no experimento I (A e B) realizado no município de São João e experimento II (C e D) realizado no município de Garanhuns.....	33

Figura 11 – Valores de médias mensais de temperatura (T), umidade relativa (UR) e precipitação (P) no município de Garanhuns-PE, durante os meses de junho a dezembro de 2017.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença (AACPSD) e Severidade máxima (SevMáx.) da mancha parda (MP) e queima das folhas (QF) em áreas de cultivo no Agreste e Zona da Mata.....	29
Tabela 2 – Correlação entre a severidade da mancha parda (MP) e queima das folhas (QF) e as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa e precipitação) nas regiões do Agreste e Zona da Mata.....	32
Tabela 3 – Valores da Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença (AACPSD) e severidade máxima (SevMáx) da mancha parda (MP) e queima das folhas (QF) em áreas de cultivo nos municípios de São João (Exp. I) e Garanhuns (Exp. II).....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. A Cultura da Mandioca	14
2.2. Cercosporóides da mandioca	15
2.3. Epidemiologia de manchas foliares da mandioca	18
2.4. Caracterização das principais regiões de cultivo de mandioca no Nordeste brasileiro	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Efeito da temperatura sobre o crescimento micelial de <i>P. henningsii</i> e <i>P. vicosae</i>	21
3.2. Efeito da luz sobre a germinação de conídios de <i>P. henningsii</i> e <i>P. vicosae</i>	21
3.3. Estimativa do período de incubação e latente da mancha parda e queima das folhas.....	22
3.4. Epidemiologia da mancha parda e queima das folhas no Agreste e Zona da Mata.....	22
3.4.1. Seleção das áreas	22
3.4.2. Avaliação da severidade das doenças e da desfolha das plantas	22
3.4.3. Obtenção de dados climáticos	23
3.4.4. Análise dos dados	23
3.5. Epidemiologia comparativa da mancha parda e queima das folhas em uma mesma área de cultivo.....	24
3.5.1. Plantio e condução da cultura.....	24
3.5.2. Obtenção de inóculo, inoculação e aplicação de fungicida	24
3.5.3. Avaliação da severidade da doença e da desfolha das plantas	25
3.5.4. Análise dos dados	25
4. RESULTADOS	26
5. DISCUSSÃO.....	35
6. CONCLUSÕES.....	38
7. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas mais expressivas e de maior produção no mundo, ficando atrás somente da soja, trigo, arroz e batata (FAO, 2014). No Brasil, seu cultivo ocorre em todas as regiões, sendo em torno de 85% da produção destinada à fabricação de farinha, consumida especialmente pela população de baixa renda, e o restante direcionado à indústria alimentícia (FIALHO et al., 2011). Nas regiões Sudeste, Sul e Centro-oeste, encontram-se plantios tecnificados que se destinam a atender às demandas das indústrias de farinha e fécula. Já no Norte e Nordeste, predominam cultivos em pequena escala, destinados à fabricação artesanal de farinha e de outros alimentos.

A cultura da mandioca pode ser infectada por diversos patógenos. No entanto, as doenças causadas por fungos se destacam por sua abrangência, uma vez que a infecção pode ocorrer nas manivas utilizadas no plantio, na planta em fase de produção e nas raízes em pós-colheita (VIDAL et al, 2009; REDDY, 2015; MASSOLA JUNIOR, BEDENDO e OLIVEIRA, 2016).

Dentre os fungos que atacam a mandioca, estão os cercosporóides, que são especialmente abundantes e diversificados em áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia, Austrália, América Central e América do Sul (HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ e DIANESE 2008, 2009). Estes fungos têm sido associados a importantes manchas foliares, incluindo a mancha parda (*Passalora henningsii*) e a queima das folhas (*Passalora vicosae*). Estas doenças causam lesões e queda prematura das folhas, levando à redução da fotossíntese e, conseqüentemente, redução na produção (TERI et al., 1980). Embora ocorram em diferentes regiões de cultivo, pouco se conhece a respeito de sua epidemiologia, portanto, este estudo teve por objetivo comparar a epidemia da mancha parda e queima das folhas da mandioca nas diferentes regiões de cultivo de Pernambuco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A Cultura da Mandioca

A mandioca (*M. esculenta*), pertencente à família Euphorbiaceae, é uma planta dicotiledônea, arbustiva e de crescimento perene. Acredita-se que seja originária da América do Sul, muito provavelmente do Brasil, tendo sido mais tarde introduzida na África e Ásia (VIANA et al., 2002). O gênero *Manihot* consiste de cerca de 100 espécies, sendo grande parte comumente encontrada naturalmente no Brasil (REDDY, 2015).

A planta da mandioca é considerada rústica e com capacidade de adaptação às mais diversas condições de clima e solo. Seu cultivo ocorre em regiões de clima tropical e subtropical, com precipitação pluviométrica variável (de 600 mm a 1.200 mm de chuvas bem distribuídas), e temperatura média de aproximadamente 25 °C. Temperaturas inferiores a 15 °C prejudicam o desenvolvimento vegetativo da planta e, por isso, não tem sido realizado o cultivo em períodos mais frios. A altitude favorável à cultura é bastante variável, podendo ser cultivada desde próximo ao nível do mar até mil metros de altitude. Os solos mais recomendados são os profundos com textura média de boa drenagem (SILVA, 2016).

Tradicionalmente, a mandioca tem sido usada principalmente para a alimentação humana e animal (FIALHO e VIEIRA, 2011; FUHRMANN, 2015). Na alimentação humana, a principal forma de consumo nos países das Américas é na forma fresca, à exceção do Brasil, que apresenta a farinha de mesa como o seu principal produto. No geral, a mandioca é utilizada como alimento de subsistência entre os povos da América do Sul, tendo como vantagens a elevada produtividade, o elevado teor calórico e a disponibilidade durante todo o ano (MEZETTE, 2013). Diversos subprodutos da mandioca, como folhas e caule, são utilizados como matéria-prima para indústria (REDDY, 2015). Além da alimentação humana e do uso industrial, a parte aérea das plantas é comumente utilizada para a alimentação animal no Nordeste brasileiro.

A mandioca constitui uma das principais culturas exploradas no mundo e, entre as tuberosas, perde em produção apenas para a batata (*Solanum tuberosum*). O cultivo da mandioca é registrado em mais de 100 países, sendo que o Brasil participa com 10%

da produção mundial (EMBRAPA, 2017). De acordo com o último levantamento da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção mundial de raiz de mandioca correspondeu a 270,28 milhões de toneladas no ano de 2014. O Brasil aparece como o quarto maior produtor, com 23,24 milhões de toneladas de raízes, ficando atrás da Nigéria, Tailândia e Indonésia (com 54,83, 30,03 e 23,44 milhões de toneladas, respectivamente) (FAO, 2017; CONAB, 2017). Em 2015, o setor de mandioca ocupou o quinto lugar em valor de produção agrícola entre as culturas permanentes do Brasil, com uma receita bruta de 8,2 bilhões de reais, perdendo apenas para a soja, cana-de-açúcar, milho e arroz (CONAB, 2017). Na safra 2016, a produção brasileira foi de 23,71 milhões de toneladas, com uma área plantada de 1,55 milhões de hectares (IBGE, 2016).

No Brasil, a mandioca é cultivada em todas as regiões, sendo que, no Sudeste, Sul e Centro-Oeste, encontram-se plantios mais tecnificados, que se destinam a atender às demandas das indústrias de farinha e fécula. Já no Norte e Nordeste, a produção é de subsistência, destinada principalmente à fabricação artesanal de farinha e outros alimentos regionais, com uma produção de tubérculo de 42,6 e 20,1%, respectivamente (IBGE, 2016). A maior parte (cerca de 85%) da produção da mandioca no país é destinada à fabricação de farinha, que é consumida sobretudo pela população de baixa renda, sendo o restante direcionado à indústria alimentícia (FIALHO et al., 2011). O estado do Pará é o maior produtor de raízes, com uma safra estimada de 5,17 milhões de toneladas em 2017, seguido por Paraná e Bahia, com 2,76 e 1,75 milhões de toneladas, respectivamente. Juntos, estes estados representam metade da produção nacional (CONAB, 2017). O estado de Pernambuco também contribui com a produção nacional de tubérculos de mandioca (SOUZA, 2009).

2.2. Cercosporíides da mandioca

A cultura da mandioca pode ser atacada por diversas doenças, incluindo podridões radiculares (*Phytophthora* sp., *Fusarium* sp. e espécies da família Botryosphaeriaceae), manchas foliares, como mancha parda (*Passalora henningsii*), queima das folhas (*Passalora vicosae*), mancha branca (*Passalora manihotis*) e mancha preta (*Cercospora manihobae*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), oídio (*Oidium manihotis*), ferrugem (*Uromyces manihotis*), viroses, como mosaico

comum (*Cassava common virus*), mosaico das nervuras (*Cassava vein mosaic virus*) e mosaico africano (*African cassava mosaic virus*), bacterioses (*Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*) e nematóides (REDDY, 2015; MASSOLA JUNIOR, BEDENDO e OLIVEIRA, 2016; LIU et al., 2016).

As doenças causadas por fungos destacam-se como as principais na cultura, uma vez que a infecção pode ocorrer desde as manivas utilizadas para o plantio, na planta na fase de produção e nas raízes em pós-colheita (MATTOS et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2008; VIDAL et al., 2009). Os fungos causadores de manchas foliares são, em sua maioria, pertencentes ao grupo dos cercosporóides. Inclusive, estas doenças eram comumente conhecidas como cercosporioses da mandioca, por serem causadas por espécies dos gêneros *Cercospora* e *Cercosporidium* (MASSOLA JUNIOR, BEDENDO e OLIVEIRA, 2016). No entanto, de acordo com estudos de Crous et al. (2003), sabe-se que estas doenças são causadas por espécies pertencentes ao gênero *Passalora*. Estes patógenos ocorrem em todas as partes do mundo, são especialmente abundantes e diversificados em áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia, Austrália, América Central e América do Sul (BEILHARZ et al., 2002; BRAUN et al., 2004; HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ e DIANESE 2008, 2009).

Dentre as manchas foliares da mandioca, destacam-se a mancha parda (MP) e a queima das folhas (QF), por apresentarem maior ocorrência nas áreas de cultivo. Os principais danos causados por essas doenças são a redução da área foliar e a desfolha prematura, que reduzem a área fotossintética, afetando diretamente a produção de raízes (LOZANO e BOOTH, 1974; TERI et al., 1978; MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016). Além disso, a redução da parte aérea leva à redução na produção de massa verde, que pode ser utilizada na alimentação animal.

A MP da mandioca, causada pelo fungo *Passalora henningsii* (Allesch.) R.F. Castañeda e U. Braun, caracteriza-se por manchas inicialmente pequenas, amareladas e arredondadas, que posteriormente atingem 5 a 10 mm de diâmetro, com coloração pardo-avermelhada e formato angular, com bordos mais escuros e circundados por um estreito halo amarelado (TERI et al., 1978; MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016) (Figura 1). A QF da mandioca, causada por *Passalora vicosae* (A.S. Mull. e Chupp) Crous, Alfenas e R.W. Barreto, se caracteriza por manchas grandes e irregulares, sem bordo definido (TERI et al., 1978; MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016). Embora possam atingir folhas novas, estas doenças são comumente verificadas em folhas mais velhas (TERI et al., 1978) (Figura 2).



Figura 1. Sintomas de mancha parda (*Passalora henningsii*) em plantas de mandioca.



Figura 2. Sintomas de queima das folhas (*Passalora vicosae*) em plantas de mandioca.

2.3. Epidemiologia de manchas foliares da mandioca

O cultivo da mandioca é realizado em diferentes regiões no Brasil e do mundo, abrangendo uma ampla gama de condições climáticas. Isso implica em uma grande variação na intensidade das doenças, uma vez que o clima é um fator essencial para ocorrência de doenças e desenvolvimento de epidemias (MADDEN, 2007).

Embora a MP e a QF ocorram em diferentes regiões de cultivo, pouco se conhece sobre sua epidemiologia. Ambas as doenças causam danos similares na cultura, que se caracterizam por lesões e queda prematura das folhas, o que leva à redução da fotossíntese e consequentemente danos na produção. TERI et al. (1980) verificaram perdas de até 23% da produção em variedades suscetíveis com sintomas de mancha parda. Para queima das folhas, as pesquisas ainda são escassas. Isso se deve, provavelmente, à semelhança dos sintomas com a mancha parda, podendo ter sido considerada e contabilizada nos estudos anteriores como sendo mancha parda, já que a caracterização da espécie se deu mais tardiamente (TERI et al., 1978).

Para a mancha parda é comum sua presença em regiões com temperaturas elevadas e de alta pluviosidade. Em alguns estudos como de Souza et al. (1991) no estado do Maranhão, verificaram maior incidência da mancha parda no período chuvoso, enquanto, no período seco, predominava outra doença foliar, a mancha branca. Já no estado da Paraíba, Morais et al. (2014) observaram baixos índices de severidade da mancha parda, cujo aumento foi relacionado com as chuvas. Da mesma forma, estudos de epidemiologia de manchas foliares da mandioca, realizados na Colômbia, mostraram uma alta desfolha da planta sob condições adequadas de clima, principalmente em áreas mais chuvosas (TERI et al., 1981). A doença ocorre com maior intensidade em folhas mais velhas de plantas acima de cinco meses de idade (WYDRA e VERDIER, 2002). Apesar disso, tem sido verificado que plantas jovens, de dois meses de idade, quando infectadas artificialmente, apresentam sintomas da doença. A sobrevivência do fungo de uma safra a outra ocorre pelos restos culturais, sendo o transporte de conídios realizado normalmente pela ação do vento ou da chuva (MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016). O uso de cultivares resistentes é uma das principais medidas de controle da doença e diversas variedades de mandioca têm sido avaliadas no Brasil, na busca de fontes de resistência (VIÉGAS, 1941; SANTOS et al., 2004; MASSOLA et al, 2016). Outras medidas podem contribuir para

a redução da doença, como a utilização de um maior espaçamento entre plantas, o que reduz a umidade no interior da lavoura, a eliminação de espécies nativas de mandioca, como *M. glaziovii* e *M. piauhyensis*, que podem servir como fonte de inóculo (VIÉGAS, 1941; MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016), e a pulverização com benzimidazóis (TERI et al., 1978).

A queima das folhas predomina em períodos chuvosos e em áreas quentes, podendo ocorrer simultaneamente em áreas com a presença de mancha parda (LOZANO e BOOTH, 1974). Também afeta principalmente as folhas mais velhas de plantas acima de cinco meses de idade, podendo causar desfolha severa em plantas suscetíveis (LOZANO e BOOTH, 1974; SILVA e ANDRADE, 2011; MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016). Alguns estudos sobre a resistência de genótipos têm sido realizados e medidas de controle usuais para a mancha parda têm se mostrado efetivas na redução da queima das folhas (MASSOLA JUNIOR; BEDENDO; OLIVEIRA, 2016). No entanto, informações sobre a sua epidemiologia comparativa e manejo ainda são escassas.

2.4. Caracterização das principais regiões de cultivo de mandioca no Nordeste brasileiro

Nas regiões produtoras de mandioca no Nordeste, é possível identificar três tipos de clima: tropical, semi-árido e equatorial úmido. No tropical, são encontradas temperaturas mais altas (variando entre 24°C e 26°C) e duas estações bem definidas, sendo uma seca e uma chuvosa, com índices pluviométricos anuais oscilando entre 1.800 a 2.000 mm. O semi-árido possui temperaturas elevadas e chuvas irregulares, o que faz com que as áreas sejam secas, devido aos longos períodos de estiagem. Já no equatorial úmido, predomina a alta umidade relativa do ar, com temperaturas elevadas e chuvas regulares durante todo o ano (SANTOS et al., 2008).

Estas diferenças encontradas na região Nordeste também são observadas no estado de Pernambuco, que apresenta três regiões bem definidas: Zona da Mata, Agreste e Sertão. O Planalto da Borborema, principal formação geológica na faixa de transição da Zona da Mata para o Agreste, tem altitude média de 400m, ultrapassando os 1.000 m nos pontos mais elevados (FERREIRA et al., 2008). Essa variação torna-se

responsável pela caracterização climática das diferentes regiões, com áreas variando de seca a úmida e quente a pouco fria, bem como áreas com regime e intensidade de chuvas bem diferenciados.

A Zona da Mata, que abrange uma extensa faixa litorânea, apresenta um clima predominantemente pseudotropical, com fortes chuvas no outono e inverno, com médias pluviométricas anuais entre 1.000 e 2.200 mm, e temperaturas variando de acordo com a época de chuvas, com média anual superior a 25 °C (FERREIRA et al., 2008). O Agreste, que é uma extensa faixa de terra localizada entre o sertão tipicamente semiárido e a Zona da Mata, apresenta condições climáticas diversificadas. Por ser uma região de ecótono, possui clima semiárido nas áreas baixas e clima úmido nos brejos de altitude, apresentando áreas mais úmidas e outras mais secas, com médias pluviométricas anuais de 800 e 1.000 mm e temperatura média em torno de 25°C (ARAÚJO FILHO et al., 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A variedade Sambaqui (SCS254), foi utilizada em todos os experimentos por ser suscetível à MP e QF e uma das mais plantadas no estado de Pernambuco.

Para preparo da suspensão de conídios foram coletadas folhas com sintomas típicos de mancha parda e queima das folhas em áreas de cultivo de mandioca. As folhas foram mantidas em câmara úmida, por dois dias e, em seguida, lavadas com água destilada contendo Tween (0,02%). A concentração das suspensões foi estimada com auxílio de câmara de Neubauer.

3.1. Efeito da temperatura sobre o crescimento micelial de *P. henningsii* e *P. vicosae*

Isolados de *P. henningsii* e *P. vicosae* previamente caracterizados (CUNHA, 2017) foram obtidos na coleção de culturas do Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE/UAG).

Dois isolados de cada espécie foram crescidos por 20 dias em meio de cultura Batata Dextrose Ágar (BDA), a 25° C. Em seguida, discos de substrato contendo estrutura do patógeno (micélio) de 5 mm foram retirados e transferidos para o centro de placas de petri de 6 cm de diâmetro contendo meio BDA. As placas foram arcondicionadas nas temperaturas de 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. Para cada combinação isolado-temperatura, foram utilizadas cinco placas (repetições). Após 30 dias de incubação, o diâmetro das colônias foi aferido com auxílio de um paquímetro digital, medindo-se as colônias em duas direções perpendiculares. Os dados de diâmetro médio das colônias foram utilizados para ajustar uma curva de crescimento referente a cada uma das espécies. Baseado no modelo ajustado, foi determinada a temperatura ótima para o crescimento dos isolados.

3.2. Efeito da luz sobre a germinação de conídios de *P. henningsii* e *P. vicosae*

Uma alíquota de (200 µL) da suspensão de conídios de MP e QF com concentração de $5,0 \times 10^5$ conídios.mL⁻¹, foi transferida para placas de Petri contendo

meio BDA, que foram arcondicionadas em câmaras de crescimento (BOD) a 25 °C, por 12h, na presença ou na ausência de luz. A avaliação da porcentagem de conídios germinados foi realizada com o auxílio de um microscópio ótico, com aumento de 200x. O experimento foi composto por conídios de MP e QF com cinco repetições para cada isolado com a contagem de 100 conídios por repetição. Foram considerados conídios germinados aqueles que apresentaram o tubo germinativo maior ou igual à largura do conídio. Os dados de porcentagem de germinação de conídios na presença e ausência de luz foram comparados pelo teste Tukey a 5% de significância. O experimento foi realizado duas vezes.

3.3. Estimativa do período de incubação e latente da mancha parda e queima das folhas

Plantas de mandioca foram cultivadas em vasos de 8 litros por 80 dias. Aos 40 dias, as plantas foram inoculadas com suspensão de conídios com concentração de $8,0 \times 10^5$ conídios.mL⁻¹. As plantas foram mantidas em câmara úmida por 48 horas e, posteriormente mantidas em ambiente aberto com temperatura média de 22,9 °C. Os sintomas da doença e os sinais (conídios) do patógeno foram avaliados diariamente até os 40 DAI. Para avaliação dos sinais do patógeno foi utilizado uma lupa de mão com aumento de 10 vezes. No total, foram avaliadas 30 lesões de cada doença.

3.4. Epidemiologia da mancha parda e queima das folhas no Agreste e Zona da Mata

3.4.1. Seleção das áreas

Foram selecionadas seis áreas de cultivo de mandioca, sendo três na região do Agreste (município de São João) e três na Zona da Mata de Pernambuco (município de Goiana). Todas as áreas foram plantadas em junho de 2017. Os tratos culturais, como preparo de solo, adubação e controle de plantas daninhas, foram semelhantes em todas as áreas.

3.4.2. Avaliação da severidade das doenças e da desfolha das plantas

As avaliações das doenças (severidade e desfolha) foram realizadas mensalmente, do primeiro ao sétimo mês de cultivo. Em cada área, foram selecionadas 30 plantas, pela técnica de caminhamento em "W" (COCHRAN, 1977). Em cada planta, foram amostradas nove folhas, sendo três do estrato superior, três do estrato médio e três do estrato inferior (MICHEREFF; ANDRADE; NORONHA, 2006).

A severidade da mancha parda e queima das folhas foi quantificada com o auxílio das escalas propostas por LIMA FILHO (2018) e LEITE (2018), respectivamente.

A desfolha foi estimada conforme descrito por WILLIS et al. (1969), levando-se em consideração a altura total do caule e a altura até a primeira folha na haste principal. A porcentagem de desfolha foi calculada utilizando a fórmula: $D (\%) = APF/ATC \times 100$, onde: D = Desfolha, APF = Altura da primeira folha na haste principal, ATC = Altura total do caule.

3.4.3. Obtenção de dados climáticos

Os dados de umidade relativa, temperatura e precipitação foram obtidos durante todo o período de avaliação das áreas, em estações meteorológicas instaladas nas respectivas regiões de avaliação: i) São João/PE -Latitude: $-8,8833^\circ$; Longitude: $-36,5166^\circ$; Altitude: 822.76 m (Agreste); a 229 km da capital do estado (Recife); ii) Goiana/PE -Latitude: $-7,6442^\circ$; Longitude: $-34,9499^\circ$; Altitude: 13 m (Zona da Mata); a 64 km da capital do estado (Recife).

3.4.4. Análise dos dados

Com os dados de severidade, foi calculada a área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da MP e QF, de acordo com a seguinte equação: $AACPD = \{\Sigma[(y_i + y_{i+1})/2] \cdot (t_{i+1} - t_i)\} / n$, onde y_i e y_{i+1} correspondem aos valores de severidade registrados em duas avaliações consecutivas, $t_{i+1} - t_i$ corresponde ao intervalo entre as duas avaliações, e n é a duração do período de avaliação (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Os dados de AACPD e severidade máxima foram comparados pelo teste t de Student a 5% de significância.

A relação entre os valores de severidade e os dados meteorológicos foi analisada por meio do teste de correlação de Pearson, ao nível de 5% de significância utilizando o programa SigmaPlot.

Com os dados da severidade obtido de todas as plantas, durante todo o período de avaliação, foi calculada a severidade média nos diferentes estratos da planta (inferior, médio e superior).

3.5. Epidemiologia comparativa da mancha parda e queima das folhas em uma mesma área de cultivo

3.5.1. Plantio e condução da cultura

Foram conduzidos dois experimentos, sendo um instalado no município de São João (experimento I) e outro no município de Garanhuns (experimento II), em junho de 2017. Todos os tratamentos culturais, como preparo de solo, adubação e controle de plantas daninhas, foram realizados conforme o recomendado para a cultura da mandioca.

Cada parcela foi constituída de seis fileiras, sendo as quatro fileiras centrais utilizadas para as avaliações e as demais consideradas bordaduras. Visando evitar a disseminação de inóculo entre as parcelas, foi feito o cultivo de uma faixa de cinco metros contendo milho. O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados, com 8 tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de plantas infectadas naturalmente (testemunha) e de plantas artificialmente inoculadas com *P. henningsii* e *P. vicosae*, submetidas ou não ao tratamento com fungicida flutriafol.

3.5.2. Obtenção de inóculo, inoculação e aplicação de fungicida

Plantas de dois meses de idade foram inoculadas, por meio da pulverização da suspensão de conídios com concentração de $5,0 \times 10^5$ conídios.mL⁻¹, em ambas as faces da folha. Como testemunha, foram utilizadas plantas pulverizadas com água. Aos cinco dias após a inoculação, foi realizada a aplicação do fungicida flutriafol (0,5 L.ha⁻¹), com auxílio de um pulverizador costal ajustado para aplicar um volume de 600 L.ha⁻¹.

Os dados climáticos durante a realização do experimento foram obtidos da estação meteorológica de Garanhuns, localizada a 15 Km do exp. I e 10 km do Exp. 2.

3.5.3. Avaliação da severidade da doença e da desfolha das plantas

A avaliação das doenças (severidade e desfolha) foi realizada mensalmente, do segundo ao sétimo mês de cultivo das plantas, conforme descrito no item 3.4.2.

3.5.4. Análise dos dados

A AACPSD foi calculada conforme descrito no item 3.4.4. Os valores de AACPS e severidade máxima da mancha parda e queima das folhas foram submetidos à análise de variância e ao teste de médias Tukey a 5% de significância.

4. RESULTADOS

Os isolados de *P. henningsii* e *P. vicosae* apresentaram crescimento diferenciado quando submetidos a diferentes temperaturas. *Passalora henningsii* foi capaz de se desenvolver em temperaturas variando de 15 a 30 °C, com máximo de crescimento aos 26,5 °C (Figura 3). Enquanto *P. vicosae* apresentou crescimento em uma faixa de temperatura mais ampla, de 10 a 35 °C, com máximo de crescimento aos 27,1 °C.

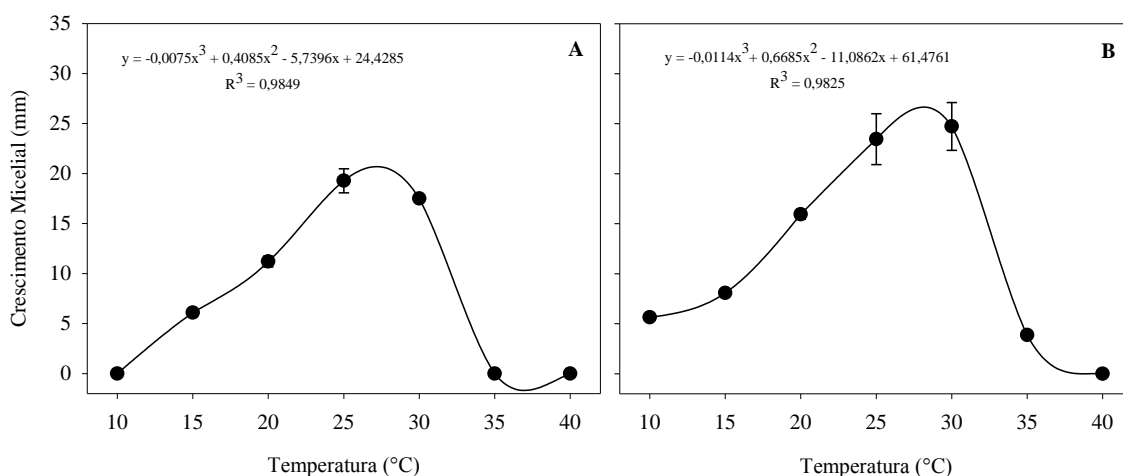


Figura 3. Crescimento de colônias de *Passalora henningsii* (A) e *Passalora vicosae* (B), em diferentes temperaturas (10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C), por 30 dias. Cada ponto representa a média do diâmetro da colônia de dois isolados. Barras verticais correspondem ao desvio padrão.

Foi verificada a influência da luz sobre a germinação de conídios de *P. vicosae*, uma vez que a porcentagem de germinação foi menor na presença (41%) do que na ausência de luz (76%) ($P \leq 0,05$) (Figura 4). Para *P. henningsii*, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre a porcentagem de germinação na presença (78%) e na ausência de luz (72%). A fim de confirmar os dados, o experimento foi repetido e resultados similares foram obtidos. Os isolados de *P. henningsii* apresentaram taxa de germinação similar na presença (72%) e na ausência de luz (69%) ($P > 0,05$), enquanto os isolados de *P. vicosae* apresentaram uma porcentagem de germinação maior na ausência de luz (72%) do que na presença de luz (50%) ($P \leq 0,05$). Portanto, para *P. vicosae*, houve uma redução de cerca de 30% na taxa de germinação na presença de luz.

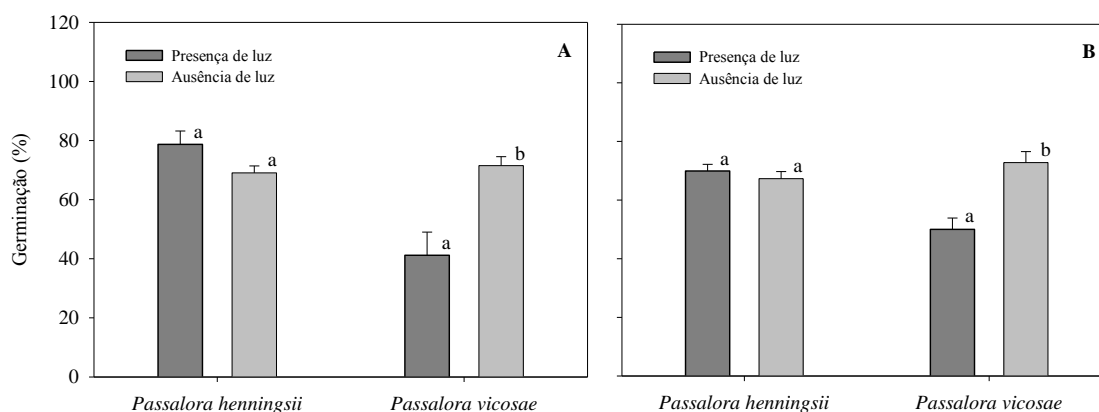


Figura 4. Efeito da luz sobre a taxa de germinação de conídios de *Passalora henningii* e *Passalora vicosae*, em dois experimentos independentes (A e B). Os valores correspondem à média de cinco repetições. Letras diferentes representam diferença entre as médias. Barras verticais correspondem ao desvio padrão.

O período de incubação e o período latente foram menores para MP do que para QF (Figura 5). Enquanto os sintomas da MP foram observados a partir dos 16 dias após a inoculação (DAI), os de QF se iniciaram somente a partir dos 26 DAI. O período de incubação médio da MP foi de 24,6 dias e o de QF foi de 28,1 dias. Já o período latente médio da MP foi de 29,1 dias e o de QF foi de 35,8 dias ($P \leq 0,05$).

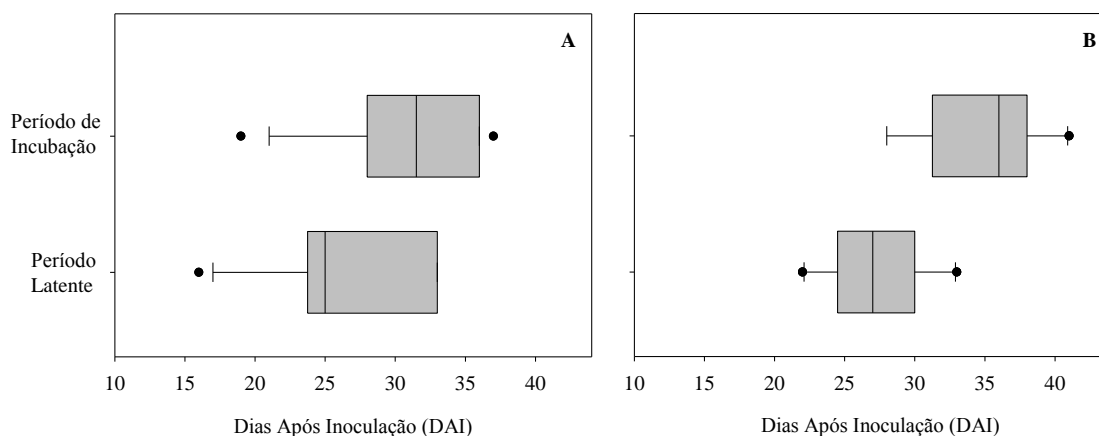


Figura 5. Box plot do período de incubação e latente da mancha parda (A) e queima das folhas (B) em plantas de mandioca inoculadas artificialmente. Os dados representam a média de 30 lesões.

Foi verificada a ocorrência e a epidemia da MP e QF em ambas as regiões de cultivo no Nordeste brasileiro (Agreste e Zona da Mata). O início da epidemia das duas doenças, em todas as áreas de cultivo avaliadas, ocorreu a partir dos 60 dias após o plantio (DAP) (Figuras 6). A mancha parda progrediu mais lentamente no início da

epidemia nas áreas cultivadas no Agreste, atingindo 0,1% de severidade aos 150 DAP, e aumentou consideravelmente aos 210 DAP, alcançando 0,3% de severidade (Figura 6A). Já nas áreas da Zona da Mata, o comportamento da doença foi diferente, uma vez que a severidade aumentou rapidamente no início da epidemia, atingindo 0,2% aos 150 DAP, porém, a doença tendeu a se estabilizar, mantendo este valor de severidade aos 210 DAP (Figura 6B).

Para a queima das folhas, a intensidade de doença foi diferente nas áreas cultivadas no Agreste e Zona da Mata (Figura 6). No Agreste, a doença alcançou 1,4% de severidade aos 150 DAP, não ultrapassando 1,7% aos 210 DAP (Figura 6C). Por outro lado, nas áreas da Zona da Mata, o progresso da doença foi inicialmente lento, atingindo 1,7% aos 150 DAP, porém aumentou rapidamente, chegando a 4,8% aos 210 DAP (Figura 6D).

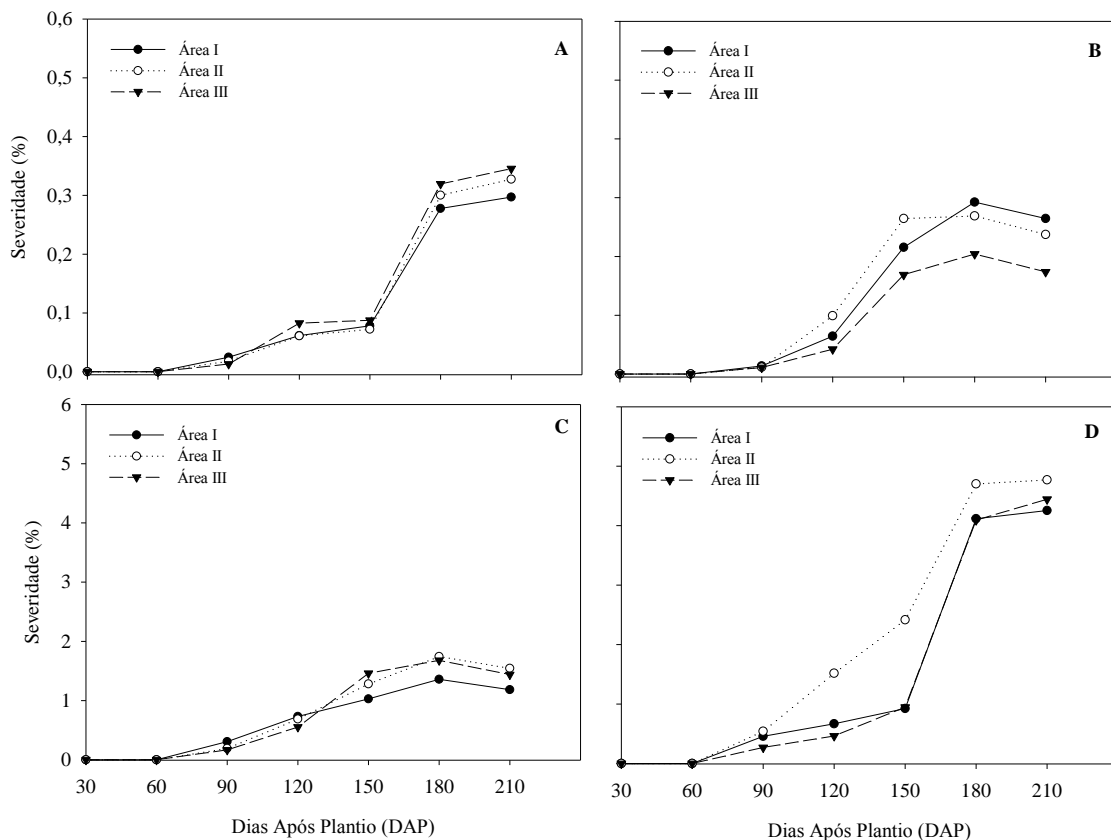


Figura 6. Curva de progresso da severidade da mancha parda (A e B) e queima das folhas (C e D) da mandioca em áreas localizadas nas regiões do Agreste (A e C) e Zona da Mata (B e D) de Pernambuco. Cada ponto representa a média dos valores de severidade de 30 plantas.

De uma forma geral, a MP atingiu maiores níveis de severidade no Agreste, enquanto a QF foi predominante na Zona da Mata. A AACPSD média da MP foi similar entre as áreas de cultivo no Agreste e Zona da Mata ($P > 0,05$), embora a severidade máxima (SevMáx) da doença tenha sido maior no Agreste (Tabela 1). Para QF, a AACPSD média e a SevMáx foram maiores nas áreas da Zona da Mata ($P \leq 0,05$). Comparando as duas doenças, a intensidade (SevMáx) da MP foi menor, não ultrapassando 0,3%, enquanto a de QF atingiu 4,7% (Tabela 1).

Tabela 1: Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença (AACPSD) e Severidade máxima (SevMáx.) da mancha parda (MP) e queima das folhas (QF) em áreas de cultivo no Agreste e Zona da Mata

Regiões	AACPSD				SevMáx			
	Área I	Área II	Área III	Média	Área I	Área II	Área III	Média
Agreste (MP)	17,7	18,4	20,2	18,8* a	0,3	0,3	0,3	0,3 a
Zona da Mata (MP)	21,5	22,8	15,2	19,8 a	0,2	0,2	0,2	0,2 b
Agreste (QF)	120,6	140,3	137,2	132,7 a	1,3	1,7	1,6	1,5 a
Zona da Mata (QF)	249,0	347,1	239,8	278,6 b	4,2	4,7	4,4	4,4 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna e no mesmo grupo não diferem pelo teste t de Student a 5% de significância.

Considerando as duas regiões, verificou-se que a desfolha das plantas de mandioca foi mais precoce no Agreste, com início aos 150 DAP, alcançando em média 18,7% (Figura 7A). Na Zona da Mata, a desfolha iniciou somente aos 180 DAP, com média de 19,8% (Figura 7B). Observa-se que a desfolha, independente do período inicial alcançou faixa máxima semelhante, impossibilitando a diferenciação nas diferentes regiões, apresentando em torno de 25% de desfolha para todas as áreas de cultivo.

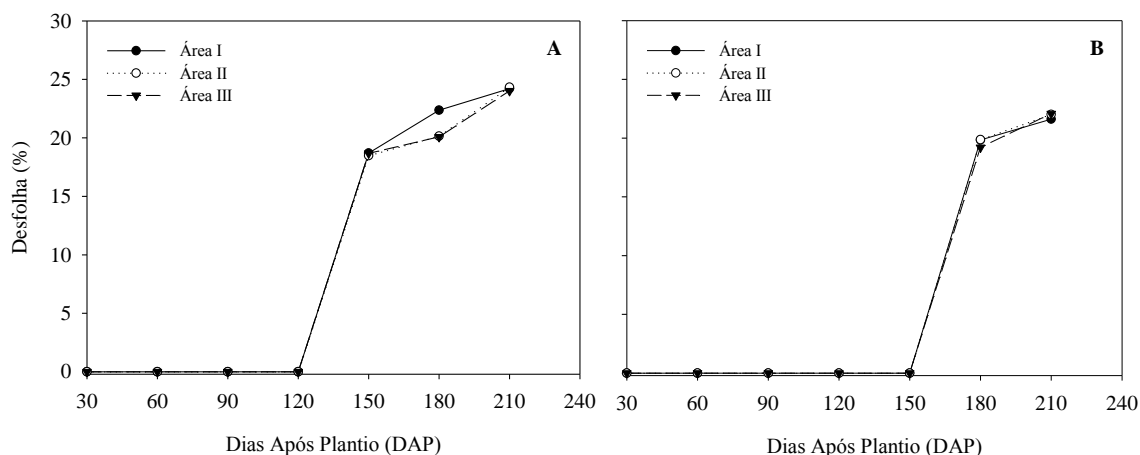


Figura 7. Desfolha em plantas de mandioca cultivadas em áreas do Agreste (A) e Zona da Mata (B). Cada ponto representa a média dos valores de severidade de 30 plantas.

Houve diferença na intensidade das doenças, de acordo com a localização das folhas na planta ($P \leq 0,05$), sendo que as folhas localizadas no estrato inferior apresentaram os maiores valores (Figura 8). Para MP, os valores de severidade foram, em média, 0,01% no estrato superior, 0,1% no estrato mediano e 0,22% no estrato inferior (Figura 8A). Para QF, a severidade média foi de 0,2%, 1,8% e 2,80%, nos estratos superior, mediano e inferior, respectivamente (Figura 8B).

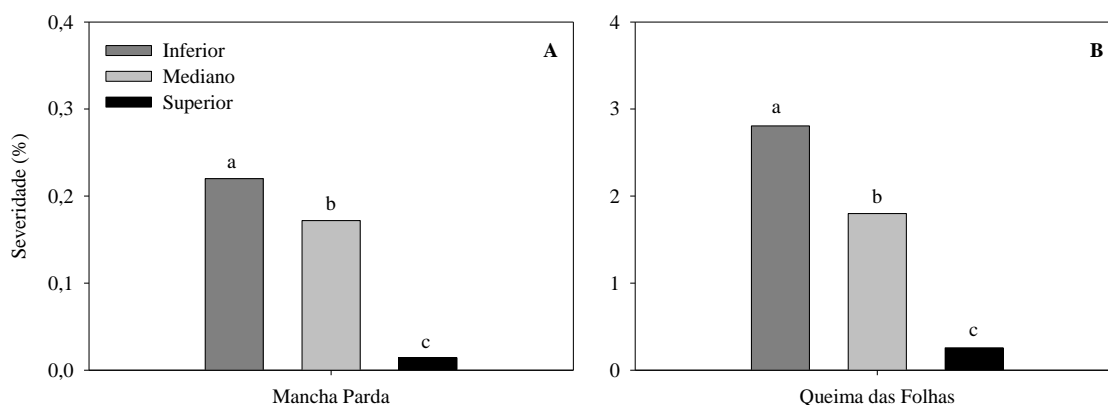


Figura 8. Severidade da mancha parda (A) e queima das folhas (B) em folhas localizadas no estrato inferior, mediano e superior de plantas de mandioca. Valores representam a severidade média de 1260 plantas, obtidas em áreas de cultivo no Agreste e Zona da Mata. Barras seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

Os dados climáticos (temperatura, umidade relativa e precipitação) obtidos durante todo o período do experimento revelaram uma clara distinção entre as regiões do Agreste e Zona da Mata (Figura 9). A temperatura no Agreste variou de 17,9 a 25,3

°C, com média de 20,4 °C, enquanto na Zona da Mata, a temperatura média foi mais elevada (23,7 °C), variando de 22,7 a 26,4 °C. A umidade relativa do ar variou de 74,4 a 94,1% no Agreste, com média de 83,1%, enquanto que na Zona da Mata variou de 77,6 a 86,3%, com média de 81,5%. O valor acumulado de precipitação foi de 602,2 mm no Agreste e 929 mm na Zona da Mata.

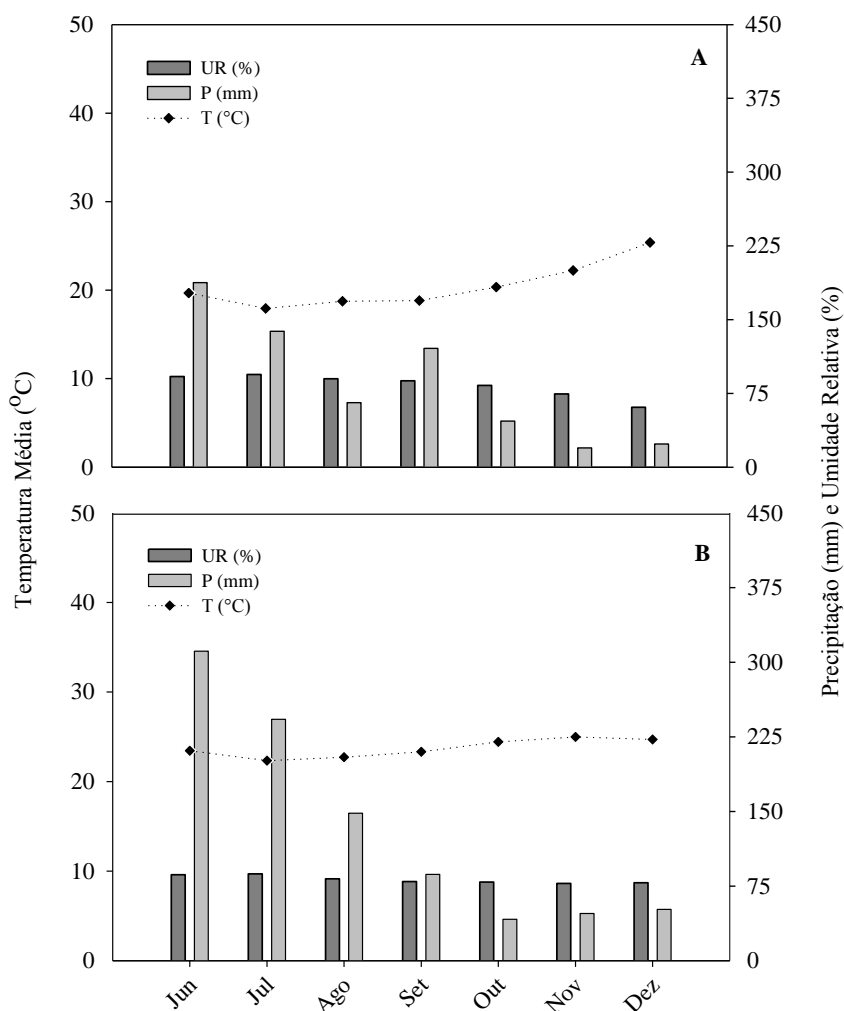


Figura 9. Valores de médias mensais de temperatura (T), umidade relativa (UR) e precipitação (P) nas regiões do Agreste (A) e Zona da Mata (B), durante os meses de junho a dezembro de 2017.

Foi observada uma correlação positiva e significativa entre a severidade da MP e a temperatura em ambas as regiões ($P \leq 0,05$) (Tabela 2). Por outro lado, houve uma correlação negativa com a umidade relativa e precipitação. Para QF, o padrão de correlação foi semelhante ao observado para a MP.

Tabela 2: Correlação entre a severidade da mancha parda (MP) e queima das folhas (QF) e as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa e precipitação) nas regiões do Agreste e Zona da Mata

Variáveis climáticas	Severidade da MP		Severidade da QF	
	Agreste	Zona da Mata	Agreste	Zona da Mata
Temperatura (°C)	0,940	0,867	0,738	0,979
Umidade relativa (%)	-0,921	-0,933	-0,784	-0,804
Precipitação (mm)	-0,825	-0,967	-0,954	-0,844

Valores em negrito são significativos pelo teste de correlação de Pearson a 5% de significância.

A comparação da epidemia de mancha parda e queima das folhas foi realizada utilizando plantas infectadas naturalmente e plantas artificialmente inoculadas com *P. henningsii* (MP) e *P. vicosae* (QF), submetidas ou não ao tratamento com fungicida flutriafol. Ambas as doenças foram detectadas no campo aos 60 dias após o plantio (DAP), aumentaram rapidamente dos 90 aos 120 DAP e estabilizaram a partir dos 150 DAP. No entanto, QF apresentou os maiores valores de severidade ao longo de todo o período de avaliação (Figura 10 A e B).

No experimento I, realizado no município de São João/PE, o valor de severidade máxima (SevMáx) da MP e QF em plantas artificialmente inoculadas foi de 0,22% para MP e 1,15% para QF. No entanto, estes valores de severidade foram reduzidos quando as plantas inoculadas receberam a aplicação do fungicida, não ultrapassando 0,03% para MP e 0,33% para QF. Em plantas naturalmente infectadas, o valor de severidade de MP e QF não ultrapassou 0,08% e 0,78%, respectivamente, mesmo na ausência de fungicida.

Resultados similares foram encontrados no experimento II, realizado em Garanhuns/PE. Em plantas artificialmente inoculadas, a severidade máxima foi de 0,15% para MP e 1,64% para QF. Na presença do fungicida, houve uma maior redução da severidade da MP, que atingiu o máximo de 0,03%, quando comparada com a QF, que atingiu 1,0%. Plantas naturalmente infectadas apresentaram valores de severidade que não ultrapassaram 0,03% e 0,33%, para MP e QF, respectivamente, mesmo na ausência de fungicida (Figura 10 C e D).

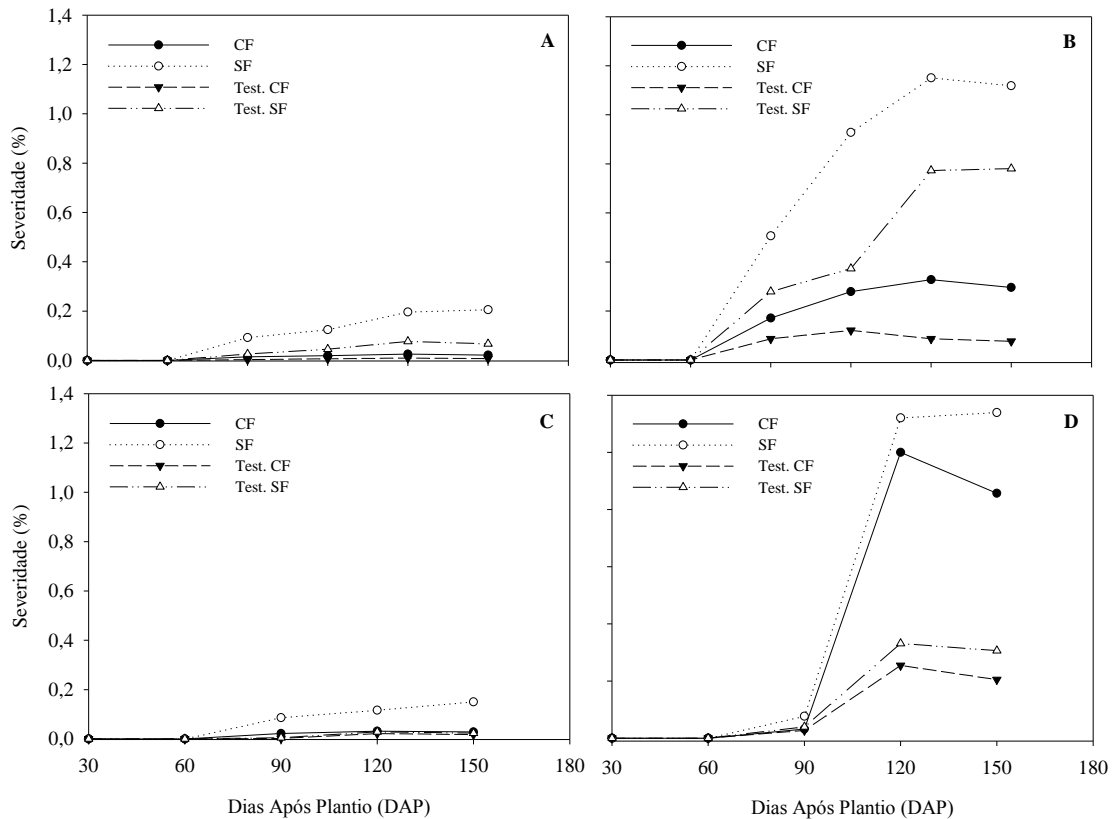


Figura 10. Curva de progresso da severidade da mancha parda (A e C) e queima das folhas (B e D) da mandioca no experimento I (A e B) realizado no município de São João e experimento II (C e D) realizado no município de Garanhuns. CF - Plantas artificialmente inoculadas que receberam a aplicação de fungicida; SF -Plantas artificialmente inoculadas, não tratadas com fungicida; Test. CF -Plantas não inoculadas (infectadas naturalmente) que receberam a aplicação de fungicida; Test. SF -Plantas não inoculadas (infectadas naturalmente) não tratadas com fungicida. Os dados correspondem à média de três repetições.

A intensidade da doença, obtida por meio da AACPSD, foi maior para QF do que para MP ($P \leq 0,05$) em todos os tratamentos, de ambos os experimentos (Tabela 3). Foi possível verificar o efeito do tratamento com fungicida na redução da severidade de ambas as doenças ($P \leq 0,05$). No entanto, esse efeito foi mais evidente para a MP, com redução de até 82%, em média, comparada com 55% de redução de QF.

Tabela 3: Valores da Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença (AACPSD) e severidade máxima (SevMáx) da mancha parda (MP) e queima das folhas (QF) em áreas de cultivo nos municípios de São João (Exp. I) e Garanhuns (Exp. II). CF - Plantas artificialmente inoculadas que receberam a aplicação de fungicida; SF -Plantas artificialmente inoculadas, não tratadas com fungicida; Test. CF -Plantas não inoculadas (infectadas naturalmente) que receberam a aplicação de fungicida; Test. SF -Plantas não inoculadas (infectadas naturalmente) não tratadas com fungicida.

Tratamento	AACPSD		SevMáx	
	Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
MP SF	15,80*d	8,34 cd	0,22dc	0,15 cd
MP CF	2,11 e	2,02 d	0,03 e	0,03 cd
QF SF	94,33 a	60,52 a	1,15a	1,64 a
QF CF	27,80 c	43,81 b	0,33 c	1,00 b
MP Test. SF	5,44 de	1,35 d	0,08 e	0,03 d
MP Test. CF	0,64 e	0,96 d	0,01 e	0,02 d
QF Test. SF	54,44a	15,70 c	0,79 b	0,33 c
QF Test. CF	9,96 de	11,52 c	0,12 e	0,25 cd

Os valores correspondem à média de três repetições. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

As condições climáticas durante a realização dos experimentos de epidemiologia comparativa da MP e QF (experimentos I e II) foram favoráveis ao progresso das doenças (Figura 11). As temperaturas variaram de 17,5 a 26,5 °C, com média de 20,4°C. A umidade relativa média variou de 60,8 a 94,1%, com média noturna de 83%, e o valor acumulado de precipitação foi de 600 mm.

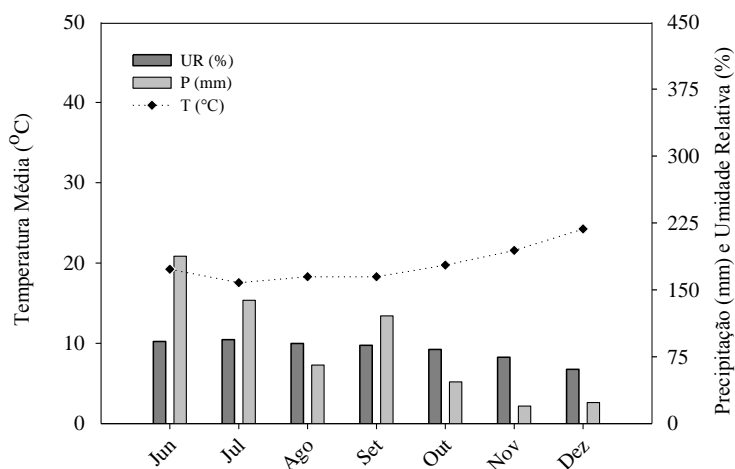


Figura 11. Valores de médias mensais de temperatura (T), umidade relativa (UR) e precipitação (P) no município de Garanhuns-PE, durante os meses de junho a dezembro de 2017.

5. DISCUSSÃO

O fungo *Passalora vicosae* foi capaz de se desenvolver, *in vitro*, em uma faixa mais ampla de temperatura, apresentando uma temperatura ótima de crescimento maior quando comparado à *Passalora henningsii*. Esta característica é importante por permitir que a doença se desenvolva em diferentes épocas do ano e em diferentes regiões de cultivo.

A presença de luz influenciou negativamente a germinação de conídios de *P. vicosae*. Porém, tal efeito não foi observado para *P. henningsii*, cuja germinação foi similar tanto na presença quanto na ausência de luz. Estas respostas diferenciadas têm sido relatadas para diversos patógenos (ANDRADE et al., 2007; CASA et al., 2007; MAIA et al., 2015) e têm uma implicação direta nas condições ideais para ocorrência da infecção.

As condições climáticas (precipitação, temperatura e umidade) apresentadas no período inicial dos experimentos foram favoráveis, proporcionando o aparecimento e o desenvolvimento das doenças. Segundo Marchetti et al. (1976), para iniciar o processo de infecção, os cercosporóides, em geral, necessitam de um período de molhamento foliar entre 6 e 10 horas, com temperaturas que variam de 15 a 30 °C.

Os primeiros sinais de MP apareceram aos 16 dias após a inoculação (DAI). Em estudos do processo infeccioso de *P. henningsii* (= *Cercospora henningsii*), os primeiros conídios foram observados a partir dos 11 DAI (BABU et al. 2009). Esta diferença no período latente pode ser considerada normal, uma vez que o processo infeccioso dos patógenos pode ser influenciado por diversos fatores, como condições ambientais, variedade e idade da planta, dentre outros (MADDEN, 2007). O período latente da MP foi, em média, sete dias menor do que o da QF. Períodos latentes mais curtos implicam em maior número de ciclos do patógeno, o que leva à maior quantidade de inóculo disponível.

A ocorrência de MP e QF foi predominante nas folhas baixas das plantas de mandioca, como verificado em outros estudos (TERI et al., 1978; MICHEREFF et al., 1998). Esta maior intensidade das doenças no estrato inferior pode estar relacionada ao microclima diferenciado, uma vez que tende a apresentar maior umidade, favorecendo a infecção do patógeno (MADDEN, 2007). Além disso, a maior proximidade com folhas velhas caídas ao solo pode implicar em uma maior quantidade de inóculo neste estrato. Outro fator que deve ser levado em consideração é a característica de desenvolvimento

das plantas de mandioca, com a rápida emissão de folhas novas. Desta forma, mesmo que ocorra infecção no estrato superior, os sintomas serão observados somente quando as folhas já estiverem mais velhas e, possivelmente, localizadas no estrato mediano ou inferior.

Foi verificada uma correlação negativa entre a severidade das doenças e a precipitação. Em um primeiro momento, este dado parece contraditório, já que as doenças geralmente são favorecidas em condições de alta umidade. Em pesquisas prévias, realizadas no estado da Paraíba, no Nordeste brasileiro, foi demonstrado que a intensidade da MP possui correlação positiva com a precipitação (MORAIS et al., 2014). Porém, é importante considerar que o avanço da idade das plantas (e, portanto, sua maior suscetibilidade) coincidiu com a redução das chuvas. De fato, ambas as doenças foram menos intensas no início do ciclo da cultura, atingindo níveis elevados a partir do quinto mês. Estudos sobre a MP têm demonstrado que a doença atinge maiores severidades em plantas mais velhas, geralmente a partir dos três meses de cultivo (TERI et al., 1984; MORAIS et al., 2014).

Os níveis de severidade da MP foram maiores na região do Agreste, enquanto a QF foi predominante na Zona da Mata. No Agreste, predominam temperaturas médias mais baixas e umidade mais elevada do que as registradas na Zona da Mata. A infecção, a produção de inóculo e a disseminação de *P. henningsii* são favorecidas em condições de alta umidade (AYESU-OFFEI e ANTWI-BOASIAKO, 1996), como as encontradas no Agreste. Na Zona da Mata, onde as temperaturas foram mais elevadas, o fungo *P. vicosae* foi favorecido, uma vez que apresenta maior crescimento nestas condições.

De modo geral, houve uma tendência de estabilização da severidade das doenças aos 180 DAP. Tal fato pode ser atribuído à desfolha das plantas de mandioca, o que pode ter levado a subestimativas da severidade, uma vez que a última avaliação foi realizada com número menor de folhas, restantes nos estratos mediano e superior das plantas. Foi verificado que a desfolha foi mais precoce no Agreste em relação à Zona da Mata, mas atingiu níveis similares em ambas as regiões.

Plantas inoculadas com a mesma quantidade de inóculo de *P. henningsii* e *P. vicosae* apresentaram diferentes intensidades de doença, sendo a severidade da QF, em média, 11 vezes maior do que a de MP. Vale ressaltar que as lesões de MP são pequenas e, por isso, é requerido um número elevado de lesões para que se obtenham valores elevados de severidade (LIMA FILHO et al., 2018). Por outro lado, a QF apresenta lesões grandes, fazendo com que, mesmo com um pequeno número de lesões, o valor de

severidade seja alto (LEITE et al., 2018). Esta severidade diferenciada entre a MP e a QF foi também observada por Teri et al. (1978), embora com níveis menos discrepantes. No entanto, os valores obtidos foram maiores para ambas as doenças do que os obtidos neste estudo, provavelmente devido à metodologia de amostragem das folhas, que priorizou folhas do estrato inferior das plantas (TERI et al., 1978).

Os níveis de severidade da MP e da QF foram reduzidos pela aplicação do fungicida flutriafol, pertencente ao grupo dos triazóis, que é o único fungicida registrado para o controle de MP na cultura da mandioca no Brasil (MAPA, 2018). Resultados similares foram obtidos pela aplicação de fungicidas do grupo dos benzimidazóis e ditiocarbamatos (TERI et al., 1984). Embora tenha sido provado que estas doenças podem levar a perdas de mais de 30% da produção em cultivares suscetíveis (TERI et al., 1984), o controle químico ainda é pouco usual.

De modo geral, os resultados obtidos neste estudo permitem o melhor entendimento da epidemiologia da MP e QF, que são doenças ainda pouco estudadas. As informações geradas poderão ser úteis no desenvolvimento de estratégias de manejo, que visem reduzir os danos causados por essas doenças na cultura da mandioca.

6. CONCLUSÕES

- O fungo *Passalora vicosae* foi capaz de se desenvolver, *in vitro*, em uma faixa de temperatura maior que *P. henningsii*;
- A germinação de conídios de *P. vicosae* é influenciada negativamente pela luz;
- O período de incubação e latente da mancha parda é menor do que o de queima das folhas;
- A ocorrência de mancha parda e queima das folhas foi predominante nas folhas baixas das plantas de mandioca;
- Os níveis de severidade da mancha parda foram maiores na região do Agreste, enquanto a queima das folhas foi maior na Zona da Mata;
- Plantas inoculadas com a mesma quantidade de inóculo de *P. henningsii* e *P. vicosae* apresentaram maior severidade de queima das folhas do que de mancha parda;
- O fungicida flutriafol foi capaz de controlar a mancha parda e a queima das folhas.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, G.C.G. *et al.* Características culturais e severidade da mancha foliar de *Quambalaria eucalypti* sob diferentes regimes de temperatura, luz e período de molhamento foliar. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 329-334, 2007.

ARAÚJO FILHO, J.C. *et al.* **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos – UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 252p, 2010.

AYESU-OFFEL, E. N.; ANTWI-BOASIAKO, C. Production of microconidia by *Cercospora henningsii* Allesch, cause of brown leaf spot of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and tree cassava (*Manihot glaziovii* Muell.-Arg.). **Annals of Botany**, v. 78, n. 5, p. 653-657, 1996.

BABU, Ahmed M. *et al.* Scanning electron microscopy of the infection process of *Cercospora henningsii* on cassava leaves. **Journal of phytopathology**, v. 157, n. 1, p. 57-62, 2009.

BEILHARZ, Vyrna *et al.* Two additional species of Verrucisporota, one with a *Mycosphaerella* teleomorph, from Australia. **Mycotaxon**, v. 82, p. 357-366, 2002.

BRAUN, U. *et al.* Some cercosporoid hyphomycetes from Brazil-III. **Cryptogamie, Mycologie**, v. 25, n. 3, p. 221-244, 2004.

CAMPBELL, C. L. *et al.* **Introduction to plant disease epidemiology**. John Wiley & Sons, 1990.

CASA, R. T. *et al.* Efeito da temperatura e de regimes de luz no crescimento do micélio, germinação de conídios e esporulação de *Stenocarpella macrospora* e *Stenocarpella maydis*. **Fitopatologia brasileira**, v. 32, n. 2, p. 137-142, 2007.

COCHRAN, W. G. Sampling Techniques. **John Wiley & Sons**, v. 20, n. 1, p. 1–10, 1977.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura nacional da cultura da mandioca do mês de janeiro**. 2017, p. 19.

CROUS, Pedro W. *et al.* ***Mycosphaerella* and its anamorphs: 1. Names published in *Cercospora* and *Passalora***. Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS), 2003.

CUNHA, D. S. **Caracterização dos agentes causais da mancha parda, mancha branca e queima das folhas da mandioca**. Dissertação (mestrado) - Garanhuns, PE: UFRPE/UAG, 2017.

FAO - Fundation Agricultural Organization. **Participação dos continentes na produção de mandioca em 2014**. FAOSTAT Database Gateway- FAO. Roma. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 01 Jun. 2015.

FAO - Fundation Agricultural Organization. **Produção de mandioca em 2017**. FAOSTAT Database Gateway- FAO. Roma. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 01 Jan. 2018.

FERREIRA, R. V. **Mapeamento Geomorfológico e de Processos Erosivos da Bacia Hidrográfica do Rio Botafogo – PE utilizando técnicas de geoprocessamento**. Tese de Doutorado – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Seleção participativa de variedades de mandioca na agricultura familiar**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

FUHRMANN, E. **Caracteres morfo-agronômicos e bioquímicos de clones elite de mandioca de mesa com raízes de polpas amarelada e rosada**. Tese (Doutorado) - Brasília, DF: UnB, 2015.

HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; DIANESE, J. C. New cercosporoid fungi from the Brazilian Cerrado. Species on hosts of the families Anacardiaceae, Araliaceae, Bombacaceae, Burseraceae and Celastraceae. **Mycotaxon**, 2008.

HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; DIANESE, J. C. New cercosporoid fungi from the Brazilian Cerrado 2. Species on hosts of the subfamilies Caesalpinioideae, Faboideae and Mimosoideae (Leguminosae s. lat.). **Mycotaxon**, v. 107, n. 1, p. 1-24, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola. (2016)**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>. Acesso em: 15 dez. 2017.

LEITE, I.C. H L. et al. Standard area diagram set for assessment of blight leaf spot severity on cassava leaves. **Journal of Plant Pathology**, 2018 (*in press*).

LIMA FILHO, F. A S. et al. Quantify severity of brown leaf spot of cassava using standard area diagram based on the central leaflet leads to faster estimates than using the leaf. **European Journal of Plant Pathology**, 2018 (*in press*).

LIU, Z. *et al.* Taxonomy and phylogeny of cercosporoid fungi (*Mycosphaerellaceae*) from China 1. **Phytotaxa**, v. 278, n. 3, p. 212-224, 2016.

LOZANO, J. C.; BOOTH, R. H. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **PANS Pest Articles e News Summaries**, v. 20, n. 1, p. 30-54, 1974.

MADDEN, L. V. *et al.* **The study of plant disease epidemics**. American Phytopathological Society (APS Press), 2007.

MAIA, A. J., *et al.* Produção de esporos e efeito da temperatura e luminosidade sobre germinação e infecção de *Pseudocercospora vitis* em videira. **Phytopathologia**, v. 41, n. December, p. 287–291, 2015.

MARCHETTI, M. A. *et al.* The effects of temperature and dew period on germination and infection by urediospores of *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, v. 66, n. 4, p. 461-463, 1976.

MASSOLA JÚNIOR, N. S.; BEDENDO, I. P.; OLIVEIRA, S. A. S. Doenças da Mandioca. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. eds. **Manual de Fitopatologia: Doenças de Plantas Cultivadas**. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. p. 515-522).

MATTOS, P. L. P. *et al.* Cultivo da mandioca nas regiões norte e nordeste do Brasil. **Agricultura: tuberosas amiláceas latinoamericanas**. São Paulo: Fundação Cargill, p. 448-504, 2002.

MEZETTE, T. F. **Diversidade agronômica, bioquímica e molecular de acessos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) coletados em diferentes regiões do Brasil.** Tese (Doutorado) – São Paulo, SP: USP, 2013.

MICHEREFF, S. J. *et al.* Escala diagramática e tamanho de amostras para avaliação da severidade da mancha parda da mandioca (*Cercosporidium henningsii*). **Agrotropica**, v. 10, n. 3, p. 143-148, 1998.

MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; NORONHA, M. A. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade do carvão da folha do caupi. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 51-56, 2006.

MORAIS, M. S. *et al.* Epidemiology of diseases affecting cassava shoot in Alagoa Nova City, Paraíba. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 3, p. 264-269, 2014.

OLIVEIRA, A. M. G. *et al.* Doenças da mandioca. In: EMBRAPA. **Curso sobre o cultivo da mandioca.** Cruz das Almas: EMBRAPA – CNPMFT. 2008.

REDDY, P. P. **Plant protection in tropical root and tuber crops.** Springer. Bangalore, Karnataka, India, 335 p., 2015.

SANTOS, P. C. *et al.* **Enciclopédia do Estudante: geografia do Brasil: aspectos físicos, econômicos e sociais.** São Paulo: Moderna, 68p., 2008.

SANTOS, R. P. *et al.* Avaliação de cultivares de mandioca, para consumo in natura, quanto à resistência à mancha parda da folha. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 232-237, 2004.

SILVA, A. R. Manejo e conservação do solo. In: ALVES, R. N.; MODESTO JÚNIOR, (editores técnicos). **Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria.** Brasília, DF: Embrapa, 2016.

SILVA, D. V. *et al.* Leaf anatomy of cassava (*Manihot esculenta* Crantz. cv. IAC-12) after herbicides application to control weeds in Minas Gerais, Brazil. **Acta Agronômica**, v. 66, n. 3, 2017.

SOUSA, E. A. P.; DIAS, A. S. Doenças da cultura da mandioca no Maranhão. São Luiz, EMAPA. EMAPA-MA. **Comunicado técnico**. v. 19. 1991.

SOUZA, C. **Acumulação de fitomassa em variedades de mandioca submetidas a diferentes épocas de corte**. Tese (Doutorado em Agronomia) Centro de Ciências agrárias, Universidade Federal da Paraíba. 2009. 146f.

TERI, J. M.; LOZANO, J.C.; THURSTON, H. D. Epidemiology of cassava brown leaf spot. **Fitopatologia Brasileira** 3: 341-344, 1981.

TERI, J. M.; MTAKWA, P. W.; MSHANA, D. Cassava yield losses from brown leaf spot induced by *Cercosporidium henningsii*. **Tropical root crops: production and uses in Africa**, Cameroon. 79-81, 1984.

TERI, J.; THURSTON, H.; LOZANO, J. Effect of brown leaf spot and *Cercospora* leaf blight on cassava productivity. **Tropical Agriculture**, Trinidad and Tobago 57, 239-243, 1980.

TERI, J.; THURSTON, H.; LOZANO, J. The *Cercospora* leaf diseases of cassava. **Proceedings of the Cassava protection workshop**, CIAT, Cali, Colombia, 7-12 November, 1977. 1978: CIAT, 101-116.

VIANA, A. E. S. *et al.* Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 58-63, 2002.

VIDAL, Á. M. *et al.* Micropropagação de variedades de mandioca cultivadas no Nordeste. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 5, n. 1, p. 479-483, 2009.

VIÉGAS, A. P. Manchas das folhas da mandioca, produzidas por *Cercosporas*. **Bragantia**, v. 1, n. 3, p. 233-248, 1941.

WILLIS, W. G. *et al.* Effects of Leaf and Stem Diseases on Yield and Quality of Alfalfa Forage 1. **Crop science**, v. 9, n. 5, p. 637-640, 1969.

WYDRA, K.; VERDIER, V. Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. **Agriculture, ecosystems e environment**, v. 93, n. 1-3, p. 211-226, 2002.