

Metodologia para avaliação da resistência da mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento



ISSN 1809-5003

Agosto, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78

Metodologia para avaliação da resistência da mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento

*Saulo Alves Santos de Oliveira
Marcondes Araujo da Silva
Marco Antônio Sedrez Rangel
Vanderlei da Silva Santos
Rudiney Ringenberg
Eder Jorge de Oliveira*

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Cruz das Almas, BA
2016

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa - s/n, Caixa Postal 007
44380-000, Cruz das Almas, Ba
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
SAC: www.embrapa.br/fale-conosco/sac/
www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Francisco Ferraz Laranjeira*

Secretária-executiva: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Membro: *Áurea Fabiana Apolinário Albuquerque*

Cícero Cartaxo de Lucena

Clóvis Oliveira de Almeida

Eliseth de Souza Viana

Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Jacqueline Camolese de Araújo

Leandro de Souza Rocha

Tullio Raphael Pereira de Pádua

Supervisão editorial: *Francisco Ferraz Laranjeira*

Revisão gramatical: *Everton Hilo de Souza*

Normalização bibliográfica: *Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro*

Editoração e tratamento de imagem: *Maria da Conceição Pereira B. dos Santos*

Fotos da Capa: *Saulo Alves Santos de Oliveira*

1ª edição

Versão online: Agosto (2016).

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Metodologia para avaliação da resistência da mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento. / Saulo Alves Santos de Oliveira... [et al.]. – Dados eletrônicos. – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016.

21p. il. . (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-5003; 78).

1. Mandioca. 2. Doença de planta. 3. Epidemiologia. I. Oliveira, Saulo Alves Santos de. II. Silva, Marcondes Araújo da. III. Rangel, Marco Antônio Sedrez. IV. Santos, Vanderlei da Silva. V. Ringenberg, Rudiney. VI. Oliveira, Eder Jorge de. VII. Título. VIII. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	14
Conclusões	20
Referências	20

Metodologia para avaliação da resistência da mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento

Saulo Alves Santos de Oliveira¹

Marcondes Araujo da Silva²

Marco Antônio Sedrez Rangel¹

Vanderlei da Silva Santos¹

Rudiney Ringenberg¹

Eder Jorge de Oliveira¹

Resumo

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é o principal alimento básico nos países em desenvolvimento e fonte de matéria-prima para a indústria de farinha, amido e etanol. Entretanto, existem várias restrições fitossanitárias à produção de mandioca, especialmente às doenças da parte aérea como a bacteriose (CBB), causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*, a antracnose (CAD) (*Colletotrichum gloeosporioides* f.sp. *manihotis*) e o superalongamento (SED) (*Sphaceloma manihoticola*). Para a geração de cultivares resistentes, metodologias mais eficientes para a seleção se fazem necessárias, especialmente quando se pretende avaliar um grande número de genótipos simultaneamente. O objetivo deste trabalho foi propor modificações em escalas arbitrárias, comumente utilizadas na seleção para resistência a CBB, CAD e SED, viabilizando a avaliação de grande número de genótipos. Um total de 50 genótipos (47 híbridos e três variedades comerciais) foi avaliado com base em escalas de doença propostas na literatura em comparação às escalas modificadas propostas no trabalho. Para todas as comparações, correlações positivas entre a

¹ Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas - BA

² Bolsista de Pós-Doutorado, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas - BA

média de cinco plantas e a taxa máxima da doença foram encontradas. Em conclusão, o procedimento de avaliação aqui proposto é eficiente e suporta a seleção de plantas com resistência múltipla, podendo ser usado para grande número de genótipos e em curto espaço de tempo.

Palavras-chave: Epidemiologia, *Manihot esculenta* Crantz, doenças de parte aérea, escalas de notas

Methodology to evaluate the cassava resistance against bacterial blight, anthracnose and superelongation diseases

Abstract

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a staple crop for developing countries and a source of raw industrial material as flour, starch and ethanol. However, there are several biotic constraints to cassava production, especially aboveground diseases, such as bacterial blight (CBB) caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*, anthracnose (CAD) (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *manihotis*) and superelongation (SED) (*Sphaceloma manihoticola*). Fast and reliable methods are necessary to select resistant genotypes from Breeding Programs. The aim of this study is to propose modifications on arbitrary scales (note scales) that are commonly used in the screening for resistance to CBB, CAD and SED to evaluate a large number of genotypes. A total of 50 genotypes, including 47 cassava hybrids and three Brazilian commercial varieties, were evaluated based on the disease scales that are proposed in the literature versus our modified scales. For all comparisons, positive correlation among the means of five plant lines and the maximum disease rates were found. In conclusion, the evaluation procedure proposed here is very efficient and supports the multiple resistance screening of a large number of genotypes in a short time.

Keywords: Epidemiology, *Manihot esculenta* Crantz, Aboveground disease, Rate scale

Introdução

A mandioca é um dos recursos alimentares mais importantes para países do continente Africano, da América latina e da Ásia, como a Nigéria, Brasil, Indonésia e Tailândia (FAO, 2013). Essa cultura é o alimento básico para seres humanos e animais, e é utilizada como fonte de matéria-prima para a produção de amido, farinha, etanol e biopolímeros nos países em desenvolvimento (ARYEE et al., 2006; SUPPAKUL et al., 2013). No entanto, a produção de mandioca é fortemente limitada, principalmente, por fatores fitossanitários, tais como insetos e doenças. A bacteriose (CBB), a antracnose (CAD) e o superalongamento (SED) estão entre as doenças mais destrutivas da parte aérea.

O agente causal da CBB é a bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* Bondar (Vauterin) (Xam), importante patógeno em campos de mandioca em todo o mundo. Os sintomas desta doença são caracterizados pela presença de lesões encharcadas de água, lesões necróticas angulares sobre o limbo foliar, lesões necróticas nos pecíolos e haste com gomose (exsudação de goma). De acordo com Mansfield et al. (2012), espécies de *Xanthomonas axonopodis* estão entre o “Top 10” das bactérias fitopatogênicas mais importantes, sendo Xam o patovar mais destrutivo do gênero.

A CAD, causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *manihotis* Henn (Penz) Sacc, é uma doença destrutiva caracterizada por cancos nas hastes, ramos e frutos, manchas foliares e morte descendente (a partir dos ponteiros) (MAKAMBILA, 1987; FOKUNANG et al., 2000). Em alguns casos, ocorre a morte total da planta. Por isso, a utilização de estacas de plantas com sintomas de CAD deve ser evitada.

O fungo *Sphaceloma manihoticola* Bitanc. & Jenkins (teleomorfo *Elsinoe brasiliensis* Bitanc. & Jenkins) é o agente causal da SED em mandioca. Os sintomas típicos da doença são alongamento exagerado

dos entrenós das hastes jovens e pecíolos, devido à liberação de ácido giberélico pelo fungo. Além disso, ocorrem também manchas foliares necróticas, hipertrofia e cancrós nas hastes, pecíolos e limbo foliar (ALVAREZ; MOLINA, 2000). O superalongamento é uma doença importante porque afeta a qualidade da estaca (ou seja, do material de plantio) e, quando grave, pode reduzir os rendimentos.

Diferentes medidas de manejo podem ser utilizadas para evitar as perdas com as doenças da parte aérea. O uso de cultivares resistentes a diversos agentes patogênicos é a prática de manejo mais eficaz no sistema de produção de mandioca, pois os custos de produção são bem menores em relação ao uso de pesticidas químicos.

Na avaliação da resistência de plantas é importante que o método utilizado seja confiável, consistente, reprodutível, rápido e fácil de usar, e aplicável a qualquer estágio da doença. Existem duas maneiras diferentes de avaliar o nível de doença da parte aérea: as escalas percentuais (ou escalas diagramáticas) e as escalas arbitrárias, quando a nota é atribuída a cada nível de doença. Para avaliação da resistência de mandioca em condições de campo, o método mais comum é o uso da escala arbitrária (ALVAREZ; MOLINA, 2000; FOKUNANG et al., 2000; WYDRA; VERDIER, 2002).

O objetivo deste trabalho foi propor nova metodologia para seleção de resistência às doenças CBB, CAD e SED, permitindo a avaliação de grande número de genótipos com base em uma única nota da taxa máxima de cada uma das doenças avaliadas no campo e compreender melhor a distribuição da resistência entre as diferentes variedades e híbridos que são gerados pelo Programa de Melhoramento Genético da Mandioca da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado em parcelas de campo da Embrapa Agropecuária Oeste, (22° 16' 42,5" S, 54° 49' 12,7" W, 452 msnm) em Dourados, MS, Brasil. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho com uma paisagem plana e o clima da região é classificado como Cwa (sistema de Köppen), ou seja Subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18 °C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22 °C), com uma precipitação média anual de 1.400 mm.

No experimento de campo em 2013 foram utilizados 50 genótipos, incluindo 47 híbridos de mandioca, obtidos a partir de ensaios clonais (plantas a partir de sementes F1) de cruzamentos controlados entre acessos de germoplasma e que diferem em algumas características, tais como: o teor de matéria seca, compostos cianogênicos, resistência à mosca branca, produtividade e arquitetura; juntamente com três variedades: 'BRS Formosa'; 'Baianinha' e 'Fécua Branca'. As F1 foram geradas por três diferentes cruzamentos entre as cultivares: (i) 'BRS Kiriris × MECU-72', acessos iniciados com '2011-08-xx'; (ii) 'Fécua Branca × Cidade Rica' (família 2011-10-xx) e (iii) 'Cascuda × BRS Verdinha' (família 2001-12-xx). Os genótipos foram plantados em parcelas de campo sob condições naturais de infecção das doenças para estabelecer um banco de dados para suas reações a CBB, CAD e SED. Para avaliar a gravidade das três doenças, cinco manivas de mandioca sadias por genótipo, cada uma com aproximadamente 20 cm de comprimento, foram plantadas em sulcos de 4 m de comprimento com espaçamento de 0,90 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. A avaliação da severidade para CBB, CAD e SED foi feita oito meses após o plantio.

As medições da severidade das doenças de cada planta atacada por CBB, CAD e SED foram determinadas por escalas de notas, tal como definido em diferentes estudos para cada doença como se segue, sendo que para CBB e SED, também foram utilizadas escalas

modificadas para permitir a avaliação com base na nota máxima da doença (MaDSN)

Para CBB a escala utilizada foi a descrita por Muyolo (1984), em que 1 = sem sintomas; 2 = apenas manchas angulares nas folhas; 3 = queima das folhas, murcha, desfolha e exsudação de goma nos caules e pecíolos; 4 = queima das folhas, murcha, desfolha e morte descendente das hastes; e 5 = desfolhamento completo e morte descendente de brotos laterais.

A CAD foi avaliada com escala descrita por Muimba (1982), em que 1 = sem sintomas; 2 = desenvolvimento de cancras rasos nas hastes na parte inferior da planta; 3 = desenvolvimento de cancras na parte superior da planta com cancras mais velhas nas hastes tornando-se maiores e mais profundas; 4 = desenvolvimento de lesões marrom-escuro sobre os brotos verdes, pecíolos e folhas e colapso dos ponteiros; e 5 = murcha, secamento dos brotos e folhas jovens com morte de parte ou de toda a planta.

O SED foi avaliado de acordo a escala descrita por Alvarez e Molina (2000), onde 1 = plantas sem sintomas visíveis; 2 = algumas manchas ou verrugose nas folhas ou pecíolos; 3 = verrugose nos pecíolos e caules e deformação severa das folhas; 4 = alongamento, verrugose nas folhas, pecíolos e caules e deformação severa nas folhas com escaldadura; e 5 = morte descendente após severo alongamento.

Para avaliar CBB e SED com base na nota máxima da doença, a escala modificada proposta variou de 1-5 para SED e 1-6 para CBB como segue:

SED, onde 1 = sem sintomas; 2 = presença de sintomas apenas nas folhas (mancha foliar); 3 = sintomas de mancha foliar com verrugose nos pecíolos e/ou hastes; 4 = verrugose nas folhas, pecíolos e hastes com sinal claro de alongamento; e 5 = alongamento severo, verrugose nas folhas, pecíolos e hastes (que ficam bastante finas) ou morte descendente.

CBB, onde 1 = sem sintomas; 2 = manchas angulares nas folhas na parte inferior das plantas; 3 = extensa mancha foliar na parte superior da planta; 4 = lesão necrótica na haste e/ou pecíolos com exsudação de goma; 5 = murcha, desfolha e morte descendente de brotos laterais; e 6 = morte da maior parte ou morte total da planta.

As escalas arbitrárias descritas na literatura e as modificadas propostas foram comparadas por meio da avaliação concomitante de 50 genótipos (incluindo acessos de germoplasma e híbridos). Visando garantir os resultados imparciais, pelo menos dois avaliadores independentes foram utilizados para cada escala. Para a comparação da literatura e escalas propostas, os valores médios para a avaliação de cada parcela foram comparados com a nota da severidade máxima da doença (MaDSN), sendo esse procedimento realizado para as três doenças. As notas obtidas com as escalas da literatura também foram transformadas para o índice da doença (ID), com base em McKinney (1923), usando a fórmula:

$$ID = \frac{\sum (\text{nota atribuída} \times \text{número de plantas com a mesma nota atribuída}) \times 100}{(\text{número total de plantas avaliadas} \times \text{nota máxima da escala})}$$

Os experimentos foram instalados em linhas simples com cinco plantas de cada genótipo e as cultivares comerciais 'BRS Formosa', 'Baianinha' e 'Fécula Branca' foram utilizadas como parâmetros de resistência / suscetibilidade a CAD, CBB e SED.

As plantas foram caracterizadas como resistentes (R) quando os valores de MaDSN atribuídas a cada uma das doenças foram menores ou iguais a dois ($\text{MaDSN} \leq 2$); moderadamente resistentes (MR) quando os valores de MaDSN atribuídas a cada uma das doenças foram maiores que 2 e menores que 3 ($2 < \text{MaDSN} < 3$); suscetíveis (S) quando os valores de MaDSN atribuídas a cada uma das doenças foram iguais ou maiores do que 3 e menores que 4 ($3 \leq \text{MaDSN} < 4$); e extremamente sensível (ES) quando os valores de MaDSN foram iguais ou superiores a 4 ($\text{MaDSN} \geq 4$).

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software R (R Development Core Team, 2011). O teste de correlação de Spearman foi realizado para avaliar as associações entre a média da nota da doença (MeDN) da avaliação de cinco plantas e a nota da severidade máxima da doença (MaDSN) e também valores entre o ID e a MaDSN

Com o objetivo de classificar os acessos em diferentes grupos de acordo com sua resistência às três doenças, uma abordagem de agrupamento Bayseano foi realizada usando o modelo Gaussiano de mistura finita e algoritmo “EM” implementado no pacote “Mclust” no software R, seguido de um agrupamento por K-médias (K-means) dos valores MaDSN, utilizando-se o número de clusters identificados pela abordagem citada anteriormente. Teste de correlação de Spearman foi realizado para identificar as relações par-a-par entre as três diferentes doenças da parte aérea.

Resultados e Discussão

A avaliação realizada no campo mostrou diferenças entre os genótipos testados quanto à resistência a CBB, CAD e SED. Para esta análise, foram utilizados 45 genótipos devido à morte de cinco acessos provocada pela CBB e, conseqüentemente, a falta de MaDSN para as doenças CAD e SED destes acessos.

Para todas as comparações, uma correlação positiva entre a média de cinco plantas por linhas e a severidade máxima de doença foi encontrada. Quando os valores médios de CBB, a nota da doença (MeDN) e a nota da severidade máxima da doença (MaDSN) foram comparadas (Figura 1A), uma forte correlação positiva foi observada ($\rho = 0,89, P < 0,001$). Outras comparações mostraram os mesmos resultados, e correlações positivas foram encontradas para CAD ($\rho = 0,88, P < 0,001$) e SED ($\rho = 0,85, P < 0,001$) (Figura 1B e 1C).

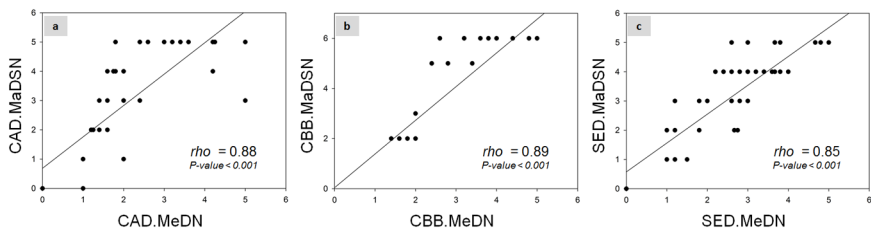


Figura 1. Correlação entre a média das notas da doença (MeDN) e o método de avaliação proposto pela nota da severidade máxima da doença (MaDSN) para (A) antracnose da mandioca (CAD), (B) bacteriose da mandioca (CBB) e (C) superalongamento (SED) com base no teste de correlação de Spearman. Os valores de correlação (ρ) e significância (P value) entre os dois parâmetros são mostrados na figura.

A comparação das diferentes metodologias para a avaliação da resistência a CBB, CAD e SED mostrou que o MaDSN é um método rápido e confiável para estimar o índice da doença para acessos com diferentes origens genéticas. A superestimativa da severidade da doença não é um problema para a seleção da resistência na mandioca; uma vez que esta cultura é propagada por sementes assexuadas (manivas), todas as plantas são clonadas a partir da planta mãe e a mesma reação para a doença é esperada. Portanto, a severidade máxima da doença reflete o grau de suscetibilidade de um genótipo específico. Este tipo de propagação garante uniformidade genética e a manutenção das características da planta mãe. Portanto, se genótipos apresentarem uma nota da doença próxima do limite (por exemplo, “6” para CBB e “5” para CAD e SED), provavelmente com elevada pressão de inóculo e condições ambientais favoráveis, todas as plantas do mesmo acesso tendem a exibir a suscetibilidade máxima da doença.

As vantagens obtidas com o uso da técnica de seleção proposta (com base no MaDSN) será particularmente importante nas fases iniciais de seleção, quando grande número de clones (acessos de germoplasma ou híbridos) requerem avaliação. Os resultados destes estudos serão utilizados para desenvolver técnicas rápidas de seleção de resistência a CBB, CAD e SED, no campo e em casa de vegetação, assim como em germoplasma e em futuras cultivares de mandioca.

A metodologia MaDSN é uma técnica robusta para identificar diferenças na resistência/suscetibilidade para várias doenças (CBB, CAD e SED), uma vez que as variedades padrão foram agrupadas de acordo com seu nível de resistência. A abordagem baseada em grupos Bayesianos agrupou os diferentes genótipos em cinco grupos (Log.Likelihood = -66,17 e BIC = -311,32) com base nos valores MaDSN (Figura 2).

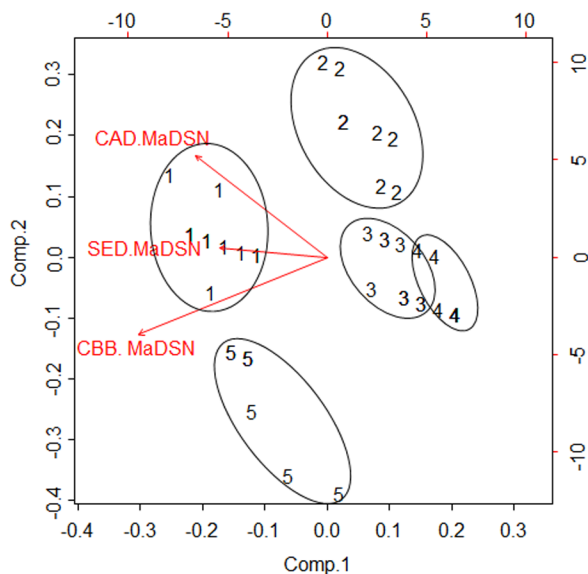


Figura 2. K-média da análise de agrupamento para a nota da severidade máxima da doença (MaDSN) de cultivares comerciais e de genótipos híbridos de mandioca para resistência à bacteriose (CBB), antracnose (CAD) e superalongamento (SED). Cada um dos cinco grupos é representado por um número (1 a 5).

O primeiro grupo (grupo '1') foi composto por 12 híbridos de mandioca, que foram considerados extremamente suscetíveis a todas as doenças avaliadas (Figura 2) e os valores médios de MaDSN para este grupo foram de 5,8, 4,8 e 4,3 para CBB, SED e CAD, respectivamente (Tabela 1). Este grupo foi composto por 26,09% do total de genótipos que foram utilizados neste estudo e foi o maior grupo. No Grupo '2' (Figura 2) encontram-se os acessos

resistentes ao CBB (MaDSN média = 2,0), moderadamente suscetíveis à SED (MaDSN média = 2,9), mas extremamente suscetíveis à CAD (MaDSN média = 4,8) (Tabela 1).

O terceiro grupo (Grupo '3') foi composto de genótipos híbridos e variedades comerciais que apresentaram resistência moderada à CBB (MaDSN média = 2,0), resistência à CAD (MaDSN média = 1,5) e suscetibilidade ao SED (MaDSN média = 3,7) (Tabela 1). Este grupo foi o segundo maior, com 21,74% das plantas avaliadas. A cultivar 'BRS Formosa' é resistente à CBB em locais de altitude elevada do semiárido, não sendo muito bem adaptada às condições do Centro-Oeste brasileiro, fator este que poderia explicar as diferenças no nível de resistência/suscetibilidade da cultivar nesta avaliação.

O grupo '4' apresentou características superiores com relação à resistência a todas as doenças (Figura 2). Este grupo englobou uma das cultivares mais adotadas do Centro-Sul do Brasil, a 'Fécula Branca', considerada resistente à CBB em condições de campo (FUKUDA et al., 2002). A média MaDSN para este grupo foi de 2,0, e os valores para CAD e SED foram de 1,3 (Tabela 1), indicando que os genótipos deste grupo possuem resistência múltipla às principais doenças da mandioca que ocorrem na Região Centro-Sul do Brasil. Notavelmente, todos os acessos que foram classificados no grupo '4' foram provenientes do cruzamento de 'BRS Kiriris × MECU-72', a primeira é resistente também à podridão da raiz e a segunda resistente também à mosca branca (FUKUDA et al., 2002; CARABALÍ et al., 2010).

O último grupo ('5') englobou genótipos extremamente suscetíveis a CBB e SED com média MaDSN = 6,0 e 4,0, respectivamente, mas moderadamente resistentes ao CAD (MaDSN média = 2,4). A distribuição dos genótipos entre os grupos '2', '4' e '5' foi 17,39% do total analisado para cada grupo.

Tabela 1. Média da severidade máxima da doença (MaDSN), para CBB, SED e CAD, percentagem de plantas doentes e identificação dos genótipos em cada grupo formado para as condições experimentais do ensaio realizado em Dourados-MS.

Grupos	CBB ^a	SED	CAD	% plantas por grupo	Genótipos pertencentes ao grupo
Grupo '1'	5.8 ^b / (ES) ^c	4.3 / (ES)	4.8 / (ES)	26.09%	2011-08-12; 2011-08-15; 2011-10-34; 2011-10-36; 2011-10-38; 2011-10-39; 2011-10-40; 2011-10-42; 2011-10-43; 2011-10-44; 2011-10-46; 2011-12-25.
Grupo '2'	2.0 / (R)	2.9 / (MR)	4.0 / (ES)	17.39%	2011-08-14; 2011-08-21; 2011-08-22; 2011-12-22; 2011-12-24; 2011-12-26; 2011-12-29; 2011-12-31
Grupo '3'	2.1 / (MR)	3.7 / (S)	1.5 / (R)	21.74%	2011-08-11; 2011-08-18; 2011-08-19; 2011-08-26; BRS Formosa; Baianinha; 2011-12-27; 2011-12-28; 2011-12-30
Grupo '4'	2.0 / (R)	1.3 / (R)	1.3 / (R)	17.39%	Fécula Branca; 2011-08-10; 2011-08-13; 2011-08-16; 2011-08-17; 2011-08-20; 2011-08-23; 2011-08-25
Grupo '5'	6.0 / ES	4.0 / (ES)	2.4 / (MR)	17.39%	2011-08-27; 2011-08-29; 2011-10-33; 2011-10-35; 2011-10-37; 2011-10-41; 2011-10-45; 2011-12-21

^a**CBB** = Bacteriose da mandioca; **CAD** = Antracnose da mandioca; **SED** = Superalongamento da mandioca.

^bAnálise descritiva com base nos seguintes parâmetros: ≤ 2 (resistente); > 2 e < 3 (moderadamente resistente); ≥ 3 e < 4 (suscetível); ≥ 4 (extremamente suscetível).

^c**R** = resistente; **MR** = moderadamente resistente; **S** = suscetível; **ES** = extremamente suscetível.

Com a análise da média MaDSN para cada doença foi possível identificar o nível de suscetibilidade/resistência dos acessos e variedades e a presença de genótipos com resistência múltipla a CBB (MaDSN = 2,0), CAD (MaDSN = 1,0) e SED (MaDSN = 1,0), como mostrado por diferentes híbridos como: 2011-08-23, 2011-08-13, 2011-08-20 e também pela variedade comercial 'Fécua Branca'.

Quando a hipótese de ligação entre a resistência das doenças da parte aérea foi testada, encontrou-se correlações positivas entre CBB, CAD e SED (Tabela 2). Os valores MaDSN de CBB foram positivamente correlacionados com aqueles de CAD ($\rho = 0,48, P < 0,001$) e SED ($\rho = 0,48, P < 0,001$), e com a interação entre CAD e SED ($\rho = 0,46, P < 0,01$).

Tabela 2. Matriz de correlação de Spearman evidenciando a correlação (ρ) entre as três doenças da mandioca com base na nota da severidade máxima da doença (MaDSN).

	CBB ^a .MaDSN	SED.MaDSN	CAD.MaDSN
CBB.MaDSN	-		
SED.MaDSN	0,48***	-	
CAD.MaDSN	0,48***	0,46**	-

^aCBB = Bacteriose da mandioca; CAD = Antracnose da mandioca; SED = Superalongamento da mandioca.

**Significativo para $P < 0,01$

***Significativo para $P < 0,001$

A correlação positiva entre as doenças pode estar ligada com a genealogia dos híbridos, uma vez que foram usados F_1 de três cruzamentos, possivelmente com as características da interação sinérgica entre estas três doenças. No campo, é muito comum observar plantas com mais de um sintoma da doença e, em muitos casos, é possível notar sobreposição de sintomas da CBB e CAD, provavelmente causado por alterações nos tecidos e morte das células. Correlações positivas entre CBB e CAD também foram observados em experimentos de campo realizados por diferentes pesquisadores na Nigéria), Gana e Benin, não havendo em literatura dados sobre a interação entre SED e as demais doenças da parte aérea (FOKUNANG et al., 2000; WYDRA; VERDIER, 2002).

Conclusões

A metodologia de avaliação aqui proposta (com base no MaDSN) é capaz de selecionar um grande número de genótipo de mandioca quanto à resistência a CBB, CAD e SED, de forma confiável e rápida, sob condições naturais. Além disso, novos experimentos devem ser realizados para confirmar a correlação entre estas três doenças e como explorar essas informações para o melhoramento da mandioca.

Referências

- ALVAREZ, E.; MOLINA, M. L. Characterizing the *Sphaceloma manihoticola* fungus, causal agent of superelongation disease in cassava. **Plant Disease**, v. 84, p. 423-428, 2000.
- ARYEE, F. N. A.; ODURO, I.; ELLIS, W. O.; AFUAKWA, J. J. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. **Food Control**, v. 17, p. 916-922, 2006.
- CARABALÍ, A.; BELLOTTI, A. C.; MONTOYA-LERMA, J.; FREGENE, M. Resistance to the whitefly, *Aleurotrachelus socialis*, in wild populations of cassava, *Manihot tristis*. **Journal of Insect Science**, v. 10, p. 170-180, 2010.
- FOKUNANG, C. N.; AKEM, C. N.; DIXON, A. G. O.; IKOTUN, T. Evaluation of a cassava germplasm collection for reaction to three major diseases and the effect on yield. **Genetic Resource and Crop Evolution**, v. 47, p. 63-71, 2000.
- FUKUDA, W. M. G.; SILVA, S. O.; IGLESIAS, C. Cassava breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 2, p. 617-638, 2002.
- WYDRA, K.; VERDIER, V. Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 93, p. 211-226, 2002.

MAKAMBILA, K. A.; ADENIYI, M. O.; TERRY, E. R. Inoculation artificielle de tiges manioc avec *Colletotrichum manihotis*. Henn. **Agronomie Tropicale**, v. 37, p. 172-175, 1982.

MANSFIELD, J.; GENIN, S.; MAGORI, S.; CITOVSKY, V.; SRIARIYANUM, M.; RONALD, P.; DOW, M.; VERDIER, V.; BEER, S. V.; MACHADO, M. A.; TOTH, I.; SALMOND, G.; FOSTER, G. D. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 13, p. 614–629, 2012.

MCKINNEY, R. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, p. 195-218, 1932.

MUIMBA, K. A. **Predisposition of cassava plants to infection by *Colletotrichum manihotis* Henn, and some factors involved in the initiation of anthracnose disease.** 1982. 241 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Dept of Agric. Biology, University of Ibadan, Nigeria. 1982.

MUYOLO, G. **Studies on the interaction between *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* Berthet and Bondar and *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *manihotis* Chev, on cassava and its effects on yield.** 255 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – University of Ibadan, Dept of Agric. Biology, , Nigeria. 1984.

R Development Core Team. R: **A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. acesso em: 08 jun. 2015.

SUPPAKUL, P.; CHALERNSOOK, B.; RATISUTHAWAT, B.; PRAPASITTHI, S.; MUNCHUKANGWAN, N. Empirical modeling of moisture sorption characteristics and mechanical and barrier properties of cassava flour film and their relation to plasticizing-antiplasticizing effects. **LWT-Food Science and Technology**, v. 50, p. 290-297, 2013.



Mandioca e Fruticultura

CGPE 12830

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

