

BACTERIOSE EM MANDIOCA *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* INTERAÇÃO PLANTA-PATÓGENO

Paulino Ricardo Ribeiro dos Santos¹; Daliana Hisako Uemura Lima¹; Rafael Yassue Massahiro¹ e Claudio Yuji Tsutsumi¹

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, CEP 85.960-000, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: paulinoricardoribeirodos@gmail.com; dalianauemura@gmail.com; rafael_yassue@hotmail.com; claudio.tsutsumi@unioeste.br

RESUMO: Xanthomonas axonopodis pv. *manihotis* é o agente causal do crestamento bacteriano em mandioca, uma das principais doenças do cultivo da mandioca na África, América Latina e Ásia, este patógeno pode comprometer milhões de pessoas que dependem da mandioca como principal fonte de calorias, perdas na produção podem chegar na sua totalidade, em condições favoráveis, sua ampla combinação de sintomas pode inferir lesões angulares, crestamento, caule exsudato, murcha e morte descendente, resultado de uma soma de eventos ao nível celular, fisiológico, metabólico, bioquímico, molecular e genético. Diversos estudos nas mais diversas áreas tentam buscar informações sobre a interação planta-patógeno, suas formas de propagação, variabilidade genética de isolados, sobrevivência do patógeno, sua caracterização fisiológica e bioquímica, resistência de algumas cultivares e avanços em biotecnologia, todos com contribuição significativa para o discernimento desta patogênese bacteriana. Este trabalho objetiva reunir informações que elucidam a maneira oportunista que esta bactéria fitopatogênica se aproveita das vantagens da vida epifítica, seu mecanismo de patogenicidade e virulência.

Palavras-chave: Manihotis esculenta (Crantz), murcha bacteriana, bactéria epifítica.

CASSAVA BACTERIAL BLIGHT IN *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* PLANTED PATHOGEN INTERACTION

ABSTRACT: Xanthomonas axonopodis pv. *manihotis* is the causal agent of bacterial blight in cassava, a main disease of the cultivation of cassava in Africa, Latin America and Asia, this pathogen may affect millions of people who depend on cassava as their main source of calories, production losses can come in full, on favorable terms, its wide combination of symptoms can infer angular injury, blight, stem exudate, wilting and downward death, the result of a sum of events at the cellular level, physiological, metabolic, biochemical, molecular and genetic. Several studies in several areas try to seek information on the plant-pathogen interaction, forms of propagation, genetic variability of isolates of the pathogen survival, physiological and biochemical characterization, resistance of some cultivars and advances in biotechnology, all with significant contribution to discernment of this bacterial pathogenesis. This study aims to gather information that elucidate the opportunistic way this phytopathogenic bacterium takes advantage of the advantages of epiphytic life, their mechanism of pathogenicity and virulence.

Keywords: Manihotis esculenta (Crantz), bacterial wilt, epiphytic bacteria

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é considerada uma cultura de destaque em vários países e tem grande importância social e econômica, devido à facilidade de adaptação às mais diversas condições edafoclimáticas e por suprir a necessidade alimentar da população mais carente (Groxko, 2012). Em países subdesenvolvidos onde a mandioca é a base alimentícia, variedades ricas em nutrientes teriam grande vantagem, tanto pelo baixo custo de produção da cultura, quanto pelo suprimento das necessidades nutricionais da população (Mezette et al., 2009). A mandioca, *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae), é um arbusto perene, pertencente à família Euphorbiaceae (Blagbrough et al., 2010)

Enquanto alguns estudos indicam que a mandioca tem vários centros de origem, outros sugerem que as espécies cultivadas foram originadas no extremo sul da Amazônia brasileira, 9000 anos atrás, onde hoje ainda é cultivada (FAO, 2013). Atualmente, acredita-se que a Amazônia seja a região do mundo onde a mandioca apresenta o maior número de formas de aproveitamento ou utilização (Albuquerque et al., 2008).

Porém a cultura enfrenta alguns desafios, como resultado da alta heterozigose, fraca capacidade de floração e propagação clonal através de estacas, muitas dessas restrições podem ser mais susceptíveis de resolução através de abordagens biotecnológicas, além disso, a produção de alguns dos novos produtos de elevado valor a partir de raízes de mandioca pode também ser facilitada por meio de manipulação genética (Blagbrough et al., 2010).

Sendo praticamente impossível encontrar uma linha pura na natureza, que pode transportar um carácter recessivo como uma mutação no fenótipo usando análise genética convencional, portanto exploração de que a variação genética para característica quantitativa ou qualitativa precisa de espécies moleculares ferramentas específicas para sua análise genética (Carvalho et al., 2011).

Em alguns estados do Brasil, a cultura é importante geradora de divisas, de modo a influenciar diretamente nos hábitos da população das regiões onde é cultivada. No período de 2010 a 2013 a produção esteve crescente, associada a ganho em produtividade e expansão da área plantada (CONAB, 2014). No entanto, existem alguns problemas que limitam a sua utilização, incluindo: a susceptibilidade a doenças, a presença de glicosídeos tóxicos cianogênicos, baixo teor de proteína, e deterioração fisiológica pós-colheita (Blagbrough et al., 2010). Segundo Carvalho et al. (2011) em programa de reprodução assistida para melhorar a qualidade da cultura encontrou em mandioca açucarada, baixo rendimento, na região do Cerrado do Brasil, tem sido associada com a sua baixa resistência ao cretamento bacteriano

mandioca (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) e adaptação local, devido à sazonalidade do clima regional.

A importância da mandioca na agricultura mudou drasticamente. Entre 1980 e 2011, a área colhida mundial de mandioca cresceu 44%, 13,6 a 19,6 milhões de hectares, o que foi o maior aumento percentual entre as cinco principais culturas alimentares do mundo (FAO, 2013). Por outro lado, a mandioca sofre com estresses bióticos e abióticos que incluem: agentes patogênicos (particularmente virais e bacterianos), a posse de glicosídeos cianogênicos, um prazo de validade curto das raízes colhidas entre 2-3 dias, o conteúdo nutricional pobre em termos de quantidade e qualidade da proteína e baixa abundância de micronutrientes importantes (Blagbrough et al., 2010).

Neste sentido, dois fenômenos são apontados como responsáveis pela sua deterioração, sendo um de ordem fisiológica ou enzimática deterioração primária e outro de ordem microbiológica deterioração secundária, a primeira provocada pela descoloração e aparecimento de estrias ou veias azuladas no sistema vascular da polpa, assim, enquadra-se como a causa inicial da perda de aceitabilidade de raízes *in natura* nos mercados a segunda, é provocada por microrganismos que ocasionam a decomposição do produto (Alves et al., 2005).

Nos últimos 15 anos, tem-se feito esforços significativos para uma melhor compreensão da cultura da mandioca e em especial sobre os mecanismos de defesa da mandioca contra bacteriose, uma doença que reduz significativamente a sua produção (Lopez 2006).

Esta revisão propõe discutir informações a cerca da interação da cultura da mandioca e sua principal doença, o cretamento bacteriano ou bacteriose em mandioca (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) a fim de auxiliar pesquisadores, estudantes e produtores na tomada de decisão.

A FASE EPIFÍTICA

Bactérias patogênicas que adentram os tecidos vegetais de uma planta resistente são usualmente imobilizadas pela resposta de hipersensibilidade, a qual é deletéria para a bactéria, porém algumas vantagens epifíticas são possíveis, pois esses patógenos assentam sobre a superfície epidérmica (Pascholati, et al., 2008).

Plantas hospedeiras e não hospedeiras, desde plantas invasoras até plantas forrageiras, fazem parte do ciclo de vida das bactérias fitopatogênicas, servindo de repositório de inóculo para a cultura agrônômica (Marcuzzo, 2009).

Além disso, as bactérias fitopatogênicas não disponibilizam nenhum mecanismo capaz de invadir ativamente o hospedeiro ou a superfície intacta, nesse sentido, sempre necessitam de uma abertura, como estômatos e hidatódios ou de ferimentos causados fisicamente (Pascholati, et al., 2008). A câmara sub-estomática funciona como uma via, de trânsito livre para as bactérias, que na grande maioria das vezes emergem com secreção bacteriana de polissacarídeos extracelulares (EPS) provavelmente uma substância não identificável pela célula (Reis e Olivares, 2006). Polissacarídeos extra e intracelular produzidos por bactérias *Xam* são conhecidos por desempenhar papéis importantes em interações patogênicas de plantas.

Além disso, a (EPS) também propicia para as bactérias a possibilidade de formação de microcolônias que frequentemente são observadas aderidas umas as outras e à superfície foliar através de microfibrilas (Borges, 2006).

Essas bactérias podem viver epifiticamente com seu hospedeiro sem causar doença, porém ao passo que alguns eventos importantes a nível celular, acontecem, e o resultado final culmina em infecção na planta, desenvolvimento de sintomas e a doença (Pascholati, et al., 2008).

Atualmente a produção agrícola de nosso país, propicia que, tanto espécies anuais quanto perenes fornecem condições adequadas para a ocorrência de surtos epidemiológicos de doenças bacterianas devido a populações epifíticas presentes em plantas hospedeiras e, principalmente, em plantas não hospedeiras como plantas invasoras, portanto, o controle destas plantas é imprescindível (Marcuzzo, 2009).

A colonização de algumas bactérias nos espaços intercelulares resulta em sintomas como manchas, podridão-mole, hipertrofia e morte dos meristemas apicais e a colonização dos vasos do xilema resulta em sintomas como murcha, morte dos meristemas apicais e cancos (Borges, 2006). Além do mais, as plantas são organismos sésseis e frequentemente são atacadas por agentes patogênicos e mesmo assim são capazes de se defender graças à presença de uma imunidade inata de vários níveis (Diaz-Tatis et al., 2015)

A notoriedade da interação entre bactérias patogênicas e planta hospedeira é desvendada pela necessidade de um reconhecimento gênico mútuo, as bactérias possuem um gene avirulento homólogo ao gene de resistência da planta (Borges, 2006).

Consequentemente, quanto maior o número de níveis maior o número de genes envolvidos, tomamos como exemplo a mandioca que contém 35 000 genes no seu genoma, é possível que vários dos genes responsáveis por estas diferenças estão envolvidos neste contexto. Mesmo sendo observado que bactérias na superfície de aderência de filoplanos, de diversas espécies, estão em uma região que possui características bastante hostis para a colonização de microrganismos, como por exemplo, alta incidência de radiações ultravioleta, rápidas flutuações de temperatura e umidade relativa, limitada disponibilidade de nutrientes, impactos mecânicos frequentes ocasionados, por exemplo, por partículas presentes no vento e gotas de chuva (Borges, 2006). Outro fator importante é a sobrevivência e transmissão do patógeno por vetores como insetos.

Zandjanakou-Tachin et al., (2007) em estudo que propôs estudar a detecção, sobrevivência e transmissão de *Xam* em mandioca por vetores insetos, salientaram que o patógeno foi encontrado nas fezes, nos intestinos, e nas pernas e mandíbulas de *Zonocerus variegatus*. Além disso, o patógeno sobreviveu pelo menos uma semana no intestino do inseto e de pelo menos 5 semanas em fezes mantidos sob condições controladas.

OS MECANISMOS DE DEFESA DA PLANTA

Os mecanismos de defesa de uma planta podem ser estruturais e bioquímicos, ambos pré e/ou pós-formados em relação à tentativa de penetração do patógeno no hospedeiro. Os mecanismos estruturais constituem-se em barreiras físicas à penetração e/ou colonização do patógeno, enquanto que os mecanismos bioquímicos englobam substâncias capazes de inibir o desenvolvimento do patógeno ou gerar condições adversas para a sobrevivência nos tecidos do hospedeiro, devendo estar presentes em concentração adequada nas partes invadidas e em forma acessível ao patógeno (Silva et al., 2008).

Observamos o exemplo a seguir, alguns tricomas quebrados são vistos como frágeis, pois são pelos ou escamas na superfície da folha e caule, com função de secreção ou não, colapsando facilmente sob ligeira pressão, possibilitam a entrada dos patógenos na planta (Reis e Olivares, 2006). Ao mesmo passo que, também desempenham uma papel antagônico ao relatado, quando em boas condições. Os tricomas assim como outros elementos estruturais ou bioquímicos podem atuar como mecanismo de resistência pré-formado, o grau de envolvimento varia com o patossistema e ainda dentro deste patossistema pode haver variação dependendo da idade da planta, do órgão e/ou tecido atacado, bem como as condições ambientais e nutricionais (Stangarlin et al., 2011).

Borges (2006) ressalta que em algumas espécies vegetais já foi observado, biofilmes e também agregados microbianos compostos por fungos e bactérias e que sistematicamente esta junção pode ter dado início a uma comunidade dependente de modificações microambientais e de ações mútuas ou em separadas.

As bactérias patogênicas, parasitas facultativos, se caracterizam principalmente por sua versatilidade quanto à sobrevivência na célula vegetal da planta hospedeira, na sua interação com a planta, estirpes virulentas iniciam o processo de patogenicidade em sítios específicos próximos ou com acesso facilitado ao local de estabelecimento da doença (Reis e Olivares, 2006).

No momento em que uma bactéria fitopatogênica adere à superfície de uma planta e inicia o processo de invasão, a célula vegetal de imediato organiza internamente uma mudança, que chamamos de polarização, e a partir deste organiza a sua defesa (Stangarlin et al., 2011).

Todavia, barreiras bioquímicas como mecanismo de defesa pré-formadas envolvem a presença de fenóis, alcaloides, fotoxinas, glicosídeos cianogênicos e glicosídeos fenólicos e as barreiras pós-formadas podem ser, por exemplo, fitoalexinas e proteínas, e também radicais livres oriundos de estresse oxidativo (Silva et al., 2008).

DESENVOLVIMENTO DA DOENÇA

Um longo período de chuva com uma precipitação regular, alternando entre chuva forte e calor, seco e dias de sol é mais uma fator que favorece o aumento da expressão da doença.

O crestamento bacteriano pode ocorrer com diferentes intensidades dependendo da cultivar de mandioca, bem como do próprio patógeno que apresenta variações quanto à agressividade de isolados (Portz et al., 2008). Em condições favoráveis ao desenvolvimento da doença, temperatura entre 20- 30 °C e precipitação acima de 1200 mm no período da estação chuvosa, (Massola e Bedendo, 2005; Anjos et al., 2011). Neste caso, em contato com os tecidos vasculares, a bactéria obstrui a passagem dos assimilados e acumula suas células no local, e também pode formar caloses.

Os fatores de virulência estão associados na sua grande maioria, a superfície bacteriana ou são secretados, chamados de fatores extracelulares de virulência (Pascholati, et al., 2008).

A célula bacteriana deste patógeno possui o formato de bastonete fino com 0,5 x 0,2 micra, é gram-negativa, movimenta-se por um flagelo polar (monótrica), possui células não encapsuladas e não formadoras de esporos, é aeróbica, seu crescimento é acentuado, sem formar pigmentos em meios com açúcares, não induz reação de hipersensibilidade em folhas de fumo e não causa podridão em tubérculos de batata ou raízes de mandioca (Massola e Bedendo, 2005). Os primeiros sintomas observados a campo iniciam-se com aparecimento de pequenas manchas encharcadas e poligonais nas folhas.

Para Massola e Bedendo (2005), *Xam* tem potencial para reduzir a produção e inviabilizar novos cultivos, pois, o patógeno pode ser disseminado a longas distâncias pelo próprio material propagativo.

A disseminação de *Xam* na mesma área de plantio ocorre pela chuva, que espalha células bacterianas presentes na exsudação das plantas infectadas para plantas sadias. A penetração da bactéria nas plantas sadias se realiza através dos estômatos e feridas presentes nas folhas. A umidade relativa alta durante 12 horas e temperatura próxima a 23 °C são suficientes para o estabelecimento da doença. A disseminação da bactéria é através do plantio de manivas-sementes contaminadas, principalmente em novas áreas onde a doença ainda não está presente (Anjos et al., 2011).

Plantas infectadas mostram inicialmente murcha nas folhas jovens, manchas irregulares de aspecto aquoso nos folíolos, sintomas de natureza sistêmica como cancro e exsudação de goma (pus) nas hastes e morte descendente das folhas, culminando com a morte da planta (Anjos et al., 2011).

A partir disso as manchas evoluem para irregulares, atacando grandes áreas, culminando em coloração parda (Figura 1). Nessa fase a bactéria se transloca para o pecíolo e haste através do xilema, dando início a infecção sistêmica da planta (Figura 2). Em seguida inicia-se a fase onde ocorre a exsudação de goma nas hastes, com murcha e posterior secamento das folhas, que permanecem aderidas à haste e morte descendente.



Figura 1 - Sintoma típico da forma não sistêmica, devido ao ataque de *X. axonopodis* pv. *manihotis*, Marechal Cândido Rondon, 2014.



Figura 2 - Sintoma típico da forma sistêmica, devido ao ataque de *X. axonopodis* pv. *manihotis*, Marechal Cândido Rondon, 2014.

Cortes longitudinais das ramas atacadas revelam necrose dos feixes vasculares, em casos mais graves as raízes exibem descoloração dos feixes vasculares e apodrecimento (Massola & Bedendo, 2005).

O CONTROLE

O pré-requisito para um eficiente controle da bacteriose em mandioca é o entendimento da epidemiologia e ciclo da doença. Segundo Kimati et al. (2005), o controle químico de fitobactérias, além do seu elevado custo, possui apenas três antibióticos

disponíveis no Brasil, a estreptomicina, tetraciclina e kasugamicina. Por isso, seu uso é limitado apenas para culturas de elevado valor econômico ou em programas de pesquisas.

Contudo, é necessária a utilização do controle cultural da bacteriose, ou melhorar o teor de matéria orgânica no solo, adicionando estrume e rotação de cultura com leguminosas, restringindo a sobrevivência do patógeno.

Kimati et al.(2005), salienta que o uso do material propagativo sadio, rotação de cultura, eliminação das plantas doentes, uso de ferramentas desinfetadas, controle de plantas daninhas que possam ser hospedeiro do patógeno, contribuem para o maior controle da bacteriose. Kuhn et al. (2006) estudando o efeito do extrato aquoso de cúrcuma no controle de *Xam* observou que, embora existisse atividade antibacteriana a *Xam*, os extratos de cúrcuma, nas concentrações utilizadas, não apresentam efeito curativo em manivas de mandioca infectadas pelo patógeno. Rossi e Almeida (2010) citam o uso de bacteriófagos como agente antimicrobiano e a possibilidade de seu uso também na agricultura. Uma rotação na época de plantio também pode trazer bons resultados na diminuição da incidência da doença.

Brancaglione et al., (2009) estudando a eficiência de argila silicatada no controle de *Xanthomonas axonopodis pv passiflorae* obteve resultado satisfatório com concentrações de 1 e 2%. Todavia, Antoine e Kerstin (2015) usando tratamento físico e químico para controle de *Xanthomonas axonopodis pv. manihotis* em sementes de mandioca, obteve êxito no controle do agente patogênico utilizando água quente entre 50°C e 60°C por 30 minutos.

AVANÇOS NA BIOTECNOLOGIA

Recentes estudos tem identificado isolados de *Xanthomonas axonopodis pv. manihotis* em regiões de países africanos pela primeira vez (Wonni et al., 2015).

A maioria das estirpes de *Xam* estudadas até à data contêm entre um e cinco transcritores ativadores que, em outras *Xanthomonas*, têm sido demonstrados para induzir sintomas de doença por indução de expressão de genes do hospedeiro que permitem que o agente patogênico possa alcançar a virulência completa (Cohn et al., 2014).

Para que a colonização obtenha êxito dentro da célula vegetal, as diferentes espécies de bactérias fitopatogênicas têm desenvolvido proteínas efetoras que são injetadas no citoplasma das células vegetais através do sistema de secreção do tipo três (Gil et al., 2011).

A translocação de proteínas efetoras para o citoplasma da célula vegetal serve de duas funções principais, a primeira é a de ser reconhecida por proteínas vegetais no caso de uma

interação incompatível ou resistência, a segunda função refere-se à supressão no caso de uma interação compatível ou susceptibilidade (Diaz-Tatis et al., 2015)

Lopez et al. (2005) observando o perfil de expressão gênica em resposta a infecção de *Xam* em mandioca, caracterizou que a indução de uma dezena de genes foi resultado em resposta à inoculação do patógeno e ainda em contraste, genes que codificam proteínas envolvidas na fotossíntese e metabolismo foram regulados.

A descoberta dos mecanismos moleculares responsáveis pela defesa planta-patógeno pode fornecer informações valiosas na busca de alternativas de controle da doença, estes mecanismos envolver a regulação ao nível da transcrição (Daurelio et al., 2011). Análise histológica e molecular de respostas de defesa contra *Xam* em mandioca, têm mostrado serem ativadas em ambas as variedades resistentes e sensíveis, mas são mais rápidos e mais intensos em plantas resistentes (Lopez et al., 2005).

Existe atualmente uma "primeira geração" de microarrays *Xam* e são esperados em breve novos candidatos, a fim de avaliar a expressão desses genes de infecção. Esforços estão sendo dirigidos para criar um consórcio para estabelecer a sequência completa do genoma de *Xam* através de um projeto de colaboração entre investigadores e institutos na Colômbia e França (Lopez et al., 2006).

Além disso, ferramentas para o melhoramento molecular estão sendo desenvolvidos através da construção sobre a sequência do genoma (Prochnik, et al., 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância econômica e alimentar da mandioca a nível mundial propicia a necessidade de exploração de novas tecnologias para melhoria no manejo da cultura, no controle integrado de pragas e doenças, na colheita e pós-colheita, na segurança alimentar, no desenvolvimento de novos produtos e derivados, na geração alternativa de biocombustíveis, tudo isso afim de que a cultura possa contribuir significativamente com informações de qualidade para formulação e gestão das políticas agrícolas, de abastecimento e da segurança alimentar e nutricional, além de ser o instrumento principal no qual agentes econômicos tomam com base no processo de tomada de decisão dos seus investimentos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A.; CARNEIRO, J. E. S.; CECON, P. R.; ALVES, J. E. S. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*) **Planta Daninha** v.26, n.2, Viçosa, Apr./June 2008

ALVES, A; CANSIAN, R. L.; STUART, G.; VALDUGA, E. Alterações na quantidade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.2, p.330-337, 2005.

ANJOS, J. R. N.; SILVA, M. S.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F. Principais Doenças da Mandioca no Cerrado. In: VIEIRA, E.A. & FIALHO, J. F. **Mandioca no Cerrado**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, p. 118-121, 2011

ANTOINE, F. A; KERSTIN, W. Physical and chemical treatments for the control of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in cassava seeds **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences** v.3, n.1, pp:54-59, 2015

BLAGBROUGH, I. S.; BAYOUMI, S. A. L.; ROWAN, M. G.; BEECHING, J. R. Cassava: An appraisal of its phytochemistry and its biotechnological prospects **Phytochemistry** v.71, pp:1940–1951, 2010

BORGES, L. E. **Caracterização estrutural da associação epifítica e endofítica entre microrganismos e plantas em um ambiente agrícola tropical** Dissertação Rio de Janeiro, 104f. (Mestrado em Biociências e Biotecnologia, com ênfase em Biologia Celular) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2006

BRANCAGLIONE, P.; SAMPAIO, A. C.; FISCHER, I. H.; ALMEIDA, A. M.; FUMIS, T. F. Eficiência de argila silicatada no controle de *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*, in vitro e em mudas de maracujazeiro-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, n.3, p. 718-724, 2009

CARVALHO, L. J. C. B.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; SOUZA, C. R. B. A genomic assisted breeding program for cassava to improve nutritional quality and industrial traits of storage root. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, n. 4, p. 289-296, 2011

COHN, M.; BART, R. S.; SHYBUT, M.; DAHLBECK, D.; GOMEZ, M.; MORBITZER, R.; HOU, B.; FROMMER, W. B.; LAHAYE, T.; STASKAWICZ, B. J. *Xanthomonas axonopodis* Virulence Is Promoted by a Transcription Activator-Like Effector-Mediated Induction of a SWEET Sugar Transporter in Cassava **Molecular Plant-Microbe Interactions** V.27, n.11, pp:1186-1198, 2014

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária** Companhia Nacional de Abastecimento – v.2 – Brasília : Conab, 2014

DAURELIO, L. D.; PETROCELLI, S.; BLANCO, F.; HOLUIGUE, L.; OTTADOA, J.; ORELLANO, E. G. Transcriptome analysis reveals novel genes involved in nonhost response to bacterial infection in tobacco **Journal of Plant Physiology** v.168, pp:382–391, 2011

DIAZ-TATIS, P. A.; TRUJILLO-BELTRAN, C. A.; BERNAL-GIRALDO, A. J.; LOPEZ-CARRASCAL, C. E. HPAF de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* regula negativamente genes relacionados con metabolismo y defensa en hojas de yuca. **Actualidades Biológicas**, v.37, n.102, pp:245-254, 2015

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, FAO **Save and Grow: Cassava A guide to sustainable production intensification** 140 pp. 2013 Disponível em: <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pdf/SG-Cassava-Brief.pdf>

GIL, J.; BOHÓRQUEZ, L.; CASTIBLANCO, L. B.; BERNAL, A.; LOPEZ, C.; La proteína PTHB de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* es autoactiva en ensayos de doble híbrido. **Acta Biológica Colombiana**, v.16, n.1, pp:109-120, 2011

GROXKO, M. Mandiocultura - **Análise da Conjuntura Agropecuária, SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento/ DERAL - Departamento de Economia Rural**, 15p., 2012

KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, v. 2, p. 449-455. 2005.

KUHN, J. O.; PORTZ, R. L.; STANGARLIN, J. R.; DEL ÁGUILA, M.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; FRANZENER, G. Efeito do extrato aquoso de cúrcuma (*Curcuma longa*) em *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* Semina: Ciências Agrárias, v. 27, n. 1, p. 13-20, 2006

LOPEZ, C.; SOTO, M.; RESTREPO, S.; PIÉGU, B.; COOKE, R.; DELSENY, M.; TOHME, J.; VERDIER, V. Gene expression profile in response to *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* infection in cassava using a cDNA microarray **Plant Molecular Biology** v.57, n.3, pp:393-410, 2005.

LOPEZ, C.; RESTREPO, S.; VERDIER, V. Limitaciones de la bacteriosis vascular de yuca: nuevos avances **Acta Biológica Colombiana**, v.11 suplemento.1, 2006

MASSOLA, N. S. J.; BEDENDO, I. P. Doenças da mandioca (*Manihot esculenta*). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, v. 2, p. 449-455. 2005.

MARCUZZO, L. L., Importância das populações epifíticas na epidemiologia de enfermidades bacterianas **Revista de Ciências Agroveterinárias** Lages, v.8, n.2, p. 146-151, 2009

MEZETTE, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; PARRA, E. S. B.; VERGANI, J. M. S.; VALLE, T. L. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, v.68, n.3, pp:601-609, 2009

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J. S.; CIA, P. **Interação planta-patógeno – Fisiologia, Bioquímica e Biologia Molecular** Edição 3, Piracicaba: FEALQ, 627p. 2008

PORTZ, R.L.; KUHN, O.J.; FRANZENER, G.; STANGARLIN, J.R. Caracterização de isolados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.3, p.413-419, 2008.

PROCHNIK, S.; REDDY, P.; DESANY, B.; RABINOWICZ, P.; MOHIUDDIN, M.; RODRIGUEZ, F.; et al. The Cassava Genome: Current Progress, Future Directions **Tropical Plant Biology** v.5,n.1, p:88-94, 2012

REIS, V. M.; OLIVARES, F. L. Vias de penetração e infecção de plantas por bactérias Embrapa Agrobiologia, **Documentos 216**, 34p.2006

ROSSI, L. P. R.; ALMEIDA, R. C. C. Bacteriófagos para controle de bactérias patogênicas em alimentos **Revista Instituto. Adolfo Lutz** v.69, n.2, 2010

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos **Scientia Agraria Paranaensis** v.10, n.1, p 18-46, 2011

SILVA, R. A.; REIS, V. M.; BALDANI, J. I.; OLIVARES, F. L. Defesa de plantas contra o ataque de fitopatógenos **Documentos 250** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 49p. 2008

ZANDJANAKOU-TACHIN, M.; FANOU, A.; LE GALL, P.; WYDRA, K. Detection, Survival and Transmission of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* and *X. axonopodis* pv. *vignicola*, Causal Agents of Cassava and Cowpea Bacterial Blight, respectively, in/by Insect Vectors **Journal Phytopathology** v.155, p:159–169, 2007

WONNI, I.; OUEDRAOGO, L.; DAO, S.; TEKETE, C.; KOITA, O.; TAGHOUTI, G.; PORTIER, P.; SZUREK, B.; VERDIER, V. First report of cassava bacterial blight caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in Burkina Faso **Plant Disease** v.99, n.4 pp:551, 2015