

DANILO ISAAC VERA COELLO

**COMPONENTES EPIDEMIOLÓGICOS E PROGRESSO DA
SIGATOKA NEGRA EM BANANEIRA E BANANEIRA-DA-TERRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

Vera-Coello, Danilo Isaac, 1973
V473c Componentes epidemiológicos e progresso da
2004 Sigatoka negra em bananeira e bananeira-da-terra / Danilo
Isaac Vera Coello. – Viçosa : UFV, 2003.
ix, 49f. : il. ; 29cm

Orientador: Luiz Antônio Maffia
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa

Inclui bibliografia

1. Sigatoka, Mal de – Equador - Epidemiologia. 2.
Banana – Doenças e pragas – Aspectos ambientais. 3.
Mycosphaerella fijiensis. 4. *Musa*. 5. Fungos fitopatogê-
nicos. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 634.77294

DANILO ISAAC VERA COELLO

**COMPONENTES EPIDEMIOLÓGICOS E PROGRESSO DA
SIGATOKA NEGRA EM BANANEIRA E BANANEIRA-DA-TERRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA: 17 de dezembro de 2003.

Prof. Eduardo Seiti Gomide Mizubuti
(Conselheiro)

Prof. Robert Weingart Barreto

Dr. Trazilbo José de Paula Júnior

Prof. Onkar Dev Dhingra

Prof. Luiz Antonio Maffia
(Orientador)

A meus pais: Hipólito e Isabel.
A meus Irmãos: Diana, Javier e Yona.
À 'Mima', minha esposa.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Programa de Modernização de Serviços Agropecuários (PROMSA) do Equador, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Maffia, pela dedicação, amizade e orientação.

Aos conselheiros Prof. Dr. Eduardo Seiti Gomide Mizubuti e Prof. Dr. Acelino Couto Alfenas, pela orientação e pelas valiosas sugestões durante o desenvolvimento deste projeto.

Ao Dr. Trazilbo José de Paula (EPAMIG), Prof. Robert Weingart Barreto e Prof. Onkar Dev Dhingra, pelas valiosas sugestões.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia da UFV, pelos ensinamentos.

À Dra. Carmen Suárez Capello (INIAP - Equador), pela amizade, pela orientação e pelos esforços em me ensinar os primeiros passos na Fitopatologia.

A meus pais Hipólito e Isabel, meu irmão Javier e minhas irmãs Diana e Yona, pela formação inicial e apoio.

À Minha esposa Dexi, pela força e pelo apoio incondicional.

Aos colegas de pós-graduação, em especial, Fernando e sua esposa Lydice, Luciano, Valdir e Glorita, pelo convívio e amizade.

A meus amigos da república Brainer, Aderlan, Aderval, Eduardo e Evander, pelo convívio.

A todos que, involuntariamente, não foram citados, mas que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO 1	
Variabilidade patogênica de isolados equatorianos de <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	5
RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS	9
RESULTADOS.....	12
DISCUSSÃO	16
LITERATURA CITADA	21
CAPÍTULO 2	
Progresso da sigatoka negra, causada por <i>Mycosphaerella fijiensis</i> , em bananeira e bananeira-da-terra, nas condições do Equador	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS.....	33
DISCUSSÃO	35
LITERATURA CITADA	39
CONCLUSÕES GERAIS	49

RESUMO

VERA COELLO, Danilo Isaac, MS. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2003. **Componentes epidemiológicos e progresso da Sigatoka negra em bananeira e bananeira-da-terra.** Orientador: Luiz Antonio Maffia. Conselheiros: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti e Acelino Couto Alfenas.

A sigatoka negra, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis*, ocasiona perdas que oscilam entre 50 a 100% na produção de bananeira e bananeira-da-terra. Visando obter informação sobre epidemias da sigatoka negra em ambas as musáceas, realizaram-se dois experimentos. No primeiro, avaliaram-se os componentes epidemiológicos: períodos de incubação e latente médio; severidade aos 24 e 40 dias; frequência de infecção; intervalo, em dias, para atingir a severidade máxima; dias transcorridos do aparecimento de sintomas até atingir a severidade máxima; e as áreas abaixo da curva da severidade e da porção necrosada. Verificou-se que *M. fijiensis* não foi específico para bananeira ou bananeira-da-terra e que as populações variam quanto à agressividade. A inoculação artificial em mudas pode ser usada para avaliar componentes de resistência de diferentes genótipos à doença. No segundo experimento, estudou-se o progresso da doença em plantações comerciais de bananeira 'Williams' e bananeira-da-terra 'Barraganete', durante as épocas seca e chuvosa. Independentemente da época avaliada, os valores de área abaixo da curva da severidade estimados para bananeira foram maiores que para bananeira-da-terra. Na época chuvosa, o progresso da

doença foi maior que na época seca. Em bananeira-da-terra, detectou-se correlação significativa da severidade e o número de horas semanais com temperatura entre 24 e 28°C e umidade relativa maior de 90%, quando se consideraram os valores das variáveis climatológicas registrados quatro e três semanas antes da severidade, nas épocas seca e chuvosa, respectivamente. Não se detectou correlação significativa de severidade e intensidade de precipitação pluviométrica, nas duas épocas avaliadas. Este é o primeiro relato de estudos de sigatoka negra em bananeira-da-terra no Equador, nas épocas seca e chuvosa. É, também, o primeiro estudo de componentes epidemiológicos de isolados equatorianos de *M. fijiensis*. Os resultados obtidos serão importantes para subsidiar o manejo da sigatoka negra, bem como programas de melhoramento que visem obter resistência a *M. fijiensis*.

ABSTRACT

VERA COELLO, Danilo Isaac, MS. Universidade Federal de Viçosa, December 2003. **Epidemiological components and progress of black sigatoka in bananas and plantains.** Adviser: Luiz Antonio Maffia. Committee members: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti and Acelino Couto Alfenas.

Black sigatoka, caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis*, is the most important leaf disease of banana and plantain crops, causing 50 to 100% production losses. To generate information regarding black sigatoka epidemics on both Musacea, two experiments were conducted. In the first, isolates of *M. Fijiensis* obtained from diseased leaves of banana and plantain from several regions of Ecuador, were inoculated in banana and plantain plantlets. The following epidemic components were evaluated: mean incubation and latent periods, initial severity, infection frequency, number of lesions/leaf area, days to reach maximum severity, area under disease progress curve for severity, and area under disease progress curve of leaf necrosis. Regarding all components, it was found that *M. fijiensis* was not specific for either banana or plantain, and that there is variability in fungal aggressiveness. It was concluded that artificial inoculation of *M. fijiensis* in plantlets can be used in evaluating disease resistance components of different genotypes. In the second experiment, disease progress was studied in commercial crops of banana 'Williams' and plantain 'Barraganete', during dry and rainy seasons. In both seasons, area under disease progress curve (AUDPC) on banana was higher than AUDPC for

plantain. Values of AUDPC in plantain were higher in the rainy season than in the dry season. Correlation analysis was done between weather variables and disease severity in plantains. Disease severity was not correlated with temperature, relative humidity, or precipitation. Significant correlation was detected between severity and both number of hours with temperature ranging from 24 to 28 °C and relative humidity higher than 90%, when these variables were registered four or three weeks before severity assessment, in either dry or rainy seasons, respectively. This is the first report of epidemiological studies of Black Sigatoka in plantains in the dry and rainy seasons, in Ecuador. It is also the first study of aggressiveness components of *M. fijiensis*, which may become important to assist future breeding programs to obtain resistance against the pathogen.

INTRODUÇÃO GERAL

A banana (*Musa* cv. AAA) e a banana-da-terra (*Musa* cv. AAB), são musáceas importantes e componentes básicos na cesta familiar, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Hoje, essas musáceas são cultivadas em mais de 100 países (6), com produção mundial superior a 80 milhões de Tm/ano (4). Equador e Brasil estão entre os principais produtores mundiais da banana, com mais de 7 e 6 milhões de Tm, respectivamente (4). No Equador, mais de 90% da produção das bananeiras destinam-se à exportação (8), enquanto no Brasil, 87% da produção destinam-se ao consumo interno (4). Apesar de ter menor área cultivada, em algumas regiões a bananeira-da-terra é a fonte principal de sustento de pequenos agricultores.

A sigatoka negra, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (7,10), mais severa que a sigatoka amarela, é considerada o maior problema fitossanitário de ambas as musáceas (1,11). Em decorrência da doença, ocorrem redução na produção (9,12) e na qualidade dos frutos, por haver maturação prematura dos cachos (1,6), ocasionando perdas que podem atingir até 100 % da produção.

A sigatoka negra ocorre nas principais regiões produtoras de bananeira e bananeira-da-terra no mundo. No Equador, após seu aparecimento há mais de 17 anos (1), estabeleceu-se rapidamente, principalmente pelo fato de as cultivares comerciais de *Musa* cv. AAA e de *Musa* cv. AAB serem suscetíveis à

doença. No Brasil, a doença foi reportada no final da década passada (2), e já atingiu importantes áreas produtoras (5).

A pulverização de fungicidas é a medida mais utilizada no controle da doença. No Equador, as pulverizações baseiam-se em calendários de aplicações, e, em alguns casos, são realizadas mais de 30 aplicações por ano, sem recomendação técnica embasada em trabalhos científicos. O uso intensivo de fungicidas aumenta o custo de produção, o risco de seleção de populações do patógeno resistentes a fungicidas e a poluição do ambiente. Na cultura de bananeira-da-terra, com o incremento das exportações nos últimos dois anos, planejam-se implantar as mesmas medidas de controle da doença usadas para a bananeira. No Brasil, vem-se trabalhando na obtenção de variedades resistentes à doença, e há vários genótipos promissores que se encontram em processo de avaliação no campo (3).

Estudos relacionados à epidemia da doença em ambas as musáceas são, ainda, incipientes, e a maioria dos relatos provém da Ásia, África e da América Central. No Equador, pouco se conhece acerca da variabilidade patogênica do fungo, do progresso da doença sob condições naturais de manejo, assim como o efeito das condições ambientais no progresso da epidemia. No Brasil, esses conhecimentos são ainda mais escassos.

Em vista do exposto, os objetivos deste trabalho foram investigar:

- i) a possível especificidade de *M. fijiensis* para bananeira e bananeira-da-terra;
- ii) a variabilidade patogênica em população de isolados equatorianos de *M. fijiensis*;
- iii) o progresso da sigatoka negra em bananeira e bananeira-da-terra, nas épocas seca e chuvosa; e
- iv) a correlação da temperatura, umidade relativa e da precipitação à severidade da doença em bananeira-da-terra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carlier, J., Foure, E., Gaulh, F., Jones, R.D., Mourichon, X. & Romero, R. 2000. Black leaf streak. In Diseases of banana, abacá and enset. D. R. Jones. Ed. Wallingford, UK.
2. Cordeiro, Z. J. M., Matos, A. P. de & Oliveira da Silva. 1998. Black sigatoka confirmed in Brazil. Infomusa 7:31.
3. Cordeiro, Z. J. M., Kimati, H. & Dias, C.T. dos S. 1999. Resistência de genótipos de bananeira ao mal-de-sigatoka. Summa Phytopathologica 25:318-324.
4. FAO. 2003. World production <http://www.fao.org/default.htm>, 2002 (consultado em 15 de junho de 2003).
5. Gasparotto, M. L., Pereira, J. C., Coelho, A. F., Pereira, M. C. 2000. Recent appearance of black sigatoka in banana plantations of Brazilian amazonia. Acta Horticulturae. 531:293-294.
6. Marín, D.H., Romero, R.A., Guzman, M., and Sutton, T.B. 2003. Black sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. Plant Disease 87:208-222.
7. Meredith, D.S., Lawrence, J.S., and Firman, I.D. 1973. Ascospore release and dispersal in black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*). Transactions British Mycolological Society 60:547-554.
8. SICA. 2003. Estadística agrícola. <http://www.sica.org>, 2002 (consultado em 15 de junho de 2003).

9. Stover, R.H. 1969. The *Mycosphaerella* species associated with banana leaf
Stover, R.H. 1972. Banana, plantain and abacá diseases. Kew Commonwealth Mycological Institute. England.
10. Stover, R.H. 1980. Sigatoka leaf spots of bananas and plantains. *Plant Disease* 64:750-755.
11. Zabala, M., and Bermudez, A. 1999. Black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) control costs effect on farmer profit of plantain (*Musa* cv.AAB). Harton) in the south region of Maracaibo lake. *Revista de la Facultad de Agronomia, Universidad del Zulia* 16:107-119.

CAPÍTULO 1

Variabilidade patogênica de isolados equatorianos de *Mycosphaerella fijiensis*

RESUMO

A sigatoka negra, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis*, é a doença foliar mais importante em bananeira e bananeira-da-terra, nas quais ocasiona perdas de 50 a 100% da produção. Isolados de *M. fijiensis*, obtidos de folhas de bananeira e bananeira-da-terra de diversas regiões do Equador, foram inoculados em mudas de bananeira e de bananeira-da-terra. Avaliaram-se os seguintes componentes epidemiológicos: períodos de incubação e latente médios; severidade inicial; frequência de infecção; área com lesões; intervalo, em dias, para atingir a severidade máxima; dias transcorridos do aparecimento de sintomas até atingir a severidade máxima; e as áreas abaixo da curva da severidade e da área necrótica. Baseado nas análises de todos os componentes, não há evidências de haver especificidade por hospedeiro entre isolados de *M. fijiensis*. No entanto, os isolados variaram quanto à agressividade. Conclui-se que a inoculação artificial em mudas pode ser usada para avaliar componentes de resistência de diferentes genótipos de *Musa* sp. à doença. Este é o primeiro estudo de componentes epidemiológicos de isolados equatorianos de *M. fijiensis*, e poderá ser importante para subsidiar programas de melhoramento visando obter resistência ao patógeno.

Pathogenic variability of Ecuadorian isolates of *Mycosphaerella fijiensis*

ABSTRACT

Black sigatoka, caused by the fungus *Mycosphaerella fijiensis*, is the most important leaf disease of banana and plantain crops, causing 50 to 100% production losses. Isolates of *M. fijiensis* from diseased leaves of banana and plantain from several regions of Ecuador, were inoculated in plantlets of either banana or plantain. The following epidemiological components were evaluated: mean incubation and latent periods, initial severity, infection frequency, number of lesions/leaf area, days to reach maximum severity, and area under disease progress curve for severity, and necrotic area. Based on the analyses of all components, there is no evidence of host specificity among Ecuadorian isolates of *M. fijiensis*. Nevertheless, aggressiveness varied among isolates. It was concluded that artificial inoculation of *M. fijiensis* in plantlets can be used in evaluating disease resistance components of different *Musa* sp. genotypes to the pathogen. This is the first study of aggressiveness components of *M. fijiensis*, which will become important to assist future breeding programs to obtain resistance against the pathogen.

INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* cv. AAA) e a bananeira-da-terra (*Musa* cv. AAB) são muito cultivadas e, em muitos países, são componentes básicos na dieta familiar. O consumo de ambas vem aumentando nos últimos anos, e a produção mundial em 2002 foi superior a 70.510.000 Tm (8). O Equador é um dos principais produtores mundiais da banana, com 7.561.119 Tm (8), e 90% da sua produção destinam-se à exportação (35). A banana-da-terra é destinada principalmente ao mercado interno do Equador (41), apesar de sua exportação para países da América do Sul, Estados Unidos e Europa vir aumentando (35). O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, com mais de 5 milhões de Tm/ano (8), mas responde apenas por 0,5% do volume comercializado internacionalmente (6). Em ambos os países, vários problemas fitossanitários ocorrem na bananicultura.

A sigatoka negra, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (24,38), é a doença foliar mais importante de ambas as musáceas (5,40), nas quais provoca redução da área fotossintética, com conseqüente redução do crescimento e da produção (37,44) e, principalmente, na qualidade dos frutos, por levar a maturação prematura dos cachos (5,22).

No Equador, como a cultura da bananeira tem alto valor comercial, tem-se convivido com a doença, por meio de aplicações intensivas de fungicidas. Com o aumento da exportação de banana-da-terra nos últimos anos, incrementou-se a demanda por estratégias de manejo mais racionais da doença. Não há informação disponível acerca de medidas de controle da sigatoka negra em cultivos de bananeira-da-terra, nos quais têm-se adotado as mesmas medidas de controle empregadas no da bananeira (41). Entretanto, há controvérsias quanto à adoção dessas medidas, pois se atribuem características de certa resistência para bananeira-da-terra oferecido pelo genoma balbisiana (9,23).

Situação similar de incertezas quanto à adoção de medidas de controle da doença ocorre no Brasil, em vista da constatação recente da sigatoka negra. A doença foi relatada em 1998, no Estado do Amazonas (6) e, posteriormente, no Acre, Rondônia e Mato Grosso, nos cultivares maçã, prata e outras do tipo

terra (6). À sigatoka negra e sigatoka amarela (causada por *Mycosphaerella musicola* Leach) têm-se atribuído perdas superiores a 50% da produção (5,22).

Apesar de o controle químico ser a medida mais utilizada no manejo de sigatoka negra, melhoristas e fitopatologistas têm empreendido esforços na busca de variedades resistentes à doença. O conhecimento das populações do patógeno e a identificação da variabilidade patogênica são fundamentais para subsidiar programas de melhoramento visando resistência. Porém, o estudo da variabilidade patogênica de *M. fijiensis* é, ainda, incipiente. Nos poucos trabalhos quanto à variabilidade de *M. fijiensis* não se avaliou a especificidade do patógeno em bananeira e bananeira-da-terra (15,21). Aparentemente, não há especificidade por hospedeiros em populações de *M. fijiensis*, porém, há evidências de variabilidade intraespecífica. Há relatos quanto a variações no tamanho e na forma das lesões causadas por diferentes isolados do patógeno, além de diferenças na agressividade (17), bem como quanto a isolados que induziram lesões necróticas e produziram peritécios em folhas de cultivares consideradas como altamente resistentes (27). Na África, por meio de inoculação em genótipos de musáceas provenientes de cultura de tecidos, observou-se resposta diferencial de severidade para diferentes isolados (11). Em Honduras, em experimentos de inoculações de seis isolados em plantas jovens, detectaram-se diferenças na severidade da doença (32). Em vista desta variação na agressividade dos isolados de *M. fijiensis*, é importante determinar a sua variabilidade patogênica, para que se obtenha sucesso em programas de melhoramento que visem resistência ao patógeno.

A variabilidade patogênica de isolados e os níveis de resistência do hospedeiro podem ser avaliados por meio de componentes epidemiológicos, os quais prestam-se para quantificar a contribuição de importantes fases do ciclo de vida de um patógeno, ao interagir com o hospedeiro (Parlevliet, 1979). Componentes como períodos de incubação e latente, frequência de infecção, área lesionada, área abaixo da curva de progresso da severidade e de tecido necrosado, e severidade inicial e final, podem ser úteis em epidemiologia comparativa dentro e entre patossistemas (18). Tais componentes epidemiológicos já utilizados em outros patossistemas, em estudos de variabilidade patogênica (1), ainda não foram explorados no patossistema *Musa* spp. - *M. fijiensis*. Assim, no presente trabalho, testaram-se as hipóteses

de que, no Equador, não há especificidade de *M. fijiensis* entre bananeira para bananeira-da-terra e que há variabilidade patogênica na população do patógeno. Ambas as hipóteses foram avaliadas por meio da inoculação em bananeira e em bananeira da terra de isolados do patógeno oriundos das principais regiões produtoras destas musáceas do Equador.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados em casa de vegetação do Departamento Nacional de Proteção Vegetal (DNPV) da Estação Experimental Tropical Pichilingue (EETP) do Instituto Nacional Autônomo de Investigações Agropecuárias (INIAP), Equador.

Material de plantio

Mudas de bananeira 'Williams', obtidas de cultura de tecidos, e mudas de bananeira-da-terra 'Barraganete', provenientes de plantas sabidamente sadias em cultivo tradicional, transplantadas para potes plásticos de 20 cm de diâmetro e 25 cm de altura, contendo mistura de solo, areia e casca de arroz (3:1:1), mantidas em condições de casa de vegetação, foram irrigadas em intervalos de 2 dias, até a inoculação (7 semanas de idade).

Isolados do patógeno

Utilizaram-se dez isolados de *M. fijiensis*, cinco obtidos de folhas de bananeira e cinco de folhas de bananeira-da-terra infectadas naturalmente. As folhas, com lesões necróticas em estágio 6 (necrose com centro de coloração branco-cinza) segundo escala de Fouré (10), provieram de plantações comerciais de cinco localidades no Equador: El Carmen, CHO, Guayas, La Maná e Pichilingue. Os isolados de bananeira foram denominados BCA, BCHO, BGU, BMA e BPCH e, os de bananeira-da terra, PCA, PCHO, PGU, PMA e PPCH (a primeira letra refere-se à musácea de origem, B para bananeira e P para plátano – bananeira da terra, e as demais referem-se à localidade).

Efetuiu-se isolamento monoascospórico, por meio da técnica descrita por Stover (39): as folhas doentes, foram mantidas à temperatura ambiente, dentro de sacos plásticos de 5 kg, contendo papel toalha úmido no fundo, para manter a umidade relativa alta. Após 48 h, retiraram-se as folhas dos sacos e, sob lupa, retiraram-se discos de 2 cm² de diâmetro que continham as lesões. Os discos foram submersos em água destilada e, após 5 min, colocados em tampas de placas de Petri contendo ágar-água a 2,0%, para haver descarga de ascósporos sobre o meio de cultivo. Após 2 h, retiraram-se os discos. Um ascósporo foi transferido do meio ágar-água para placa de petri contendo meio ágar-V8 (37).

Produção de inóculo

As colônias permaneceram, durante 7 dias, a 24°C, sob escuro contínuo, e, posteriormente, durante 20 dias, sob luz branca fluorescente, continuamente (15).

Prepararam-se suspensões de conídios e de material micelial, a partir das colônias esporuladas no meio ágar-V8. Para tanto, as colônias foram recortadas do meio e transferidas para tubos de ensaio, contendo 5 ml de água destilada estéril mais 0,05% ml de Tween 80. O material foi agitado em agitador elétrico (Vortex) e as suspensões do inóculo (conídios e fragmentos de micélio) foram filtradas em quatro dobras de gaze. Ajustou-se a suspensão para 10⁶ ufc ml⁻¹, por meio de hemacitômetro (2,20).

Inoculação

Utilizando-se um atomizador De Vilbiss, as mudas foram inoculadas na parte abaxial da folha número um (última folha a se abrir completamente) de cada planta, sem atingir o ponto de escorrimento. Após inoculadas, as mudas permaneceram sob escuro contínuo, umidade relativa (UR) superior a 90% e temperatura média de 27°C. Após 48 h, foram transferidas para ambiente de casa de vegetação. Irrigaram-se as plantas e se molhou o chão duas vezes por dia (nas primeiras horas da manhã e ao final da tarde), nos 40 dias seguintes, o que permitiu manter a UR acima de 90% durante a noite e períodos de menor

umidade durante o dia, para garantir a alternância de umidade necessária ao desenvolvimento dos sintomas (17,33).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso em esquema fatorial, com dez isolados do patógeno (cinco de bananeira e cinco de bananeira-da-terra), duas musáceas (bananeira e bananeira-da-terra) e quatro repetições (uma repetição= uma folha inoculada em cada planta). Plantas de banana ou de banana-da-terra, nas quais atomizou-se apenas água, foram utilizadas como testemunhas.

Componentes epidemiológicos

Avaliaram-se os seguintes componentes epidemiológicos:

- Período de incubação médio (PIM) - número de dias da inoculação ao aparecimento de sintomas, em 50% das folhas inoculadas;
- Período latente médio (PLM)- número de dias da inoculação ao aparecimento de lesões esporulantes, em 50% das folhas inoculadas;
- Severidade aos 24 (Y_{24}) e aos 40 dias (Y_{40}) – estimadas após 24 e 40 dias da inoculação, respectivamente, com base na percentagem de área foliar doente;
- Frequência de infecção (FI)- para estimá-la, depositou-se um retângulo de 10 x 12 cm no centro de cada folha inoculada, e se contou o total de lesões individuais, aos 35 dias da inoculação. Consideraram-se apenas as lesões alongadas, a partir do estágio 2, conforme Brun, citado por Stover (38);
- Intervalo para atingir a severidade máxima (DMAX)- número de dias da inoculação até que em 50% das folhas inoculadas a severidade alcançasse 100% (folha totalmente necrosada);
- Intervalo do aparecimento de sintomas à severidade máxima (DINF)- número de dias do aparecimento de sintomas até que em 50% das folhas inoculadas a severidade alcançasse 100%;
- Áreas abaixo da curva de severidade da doença (AACSEV) e da porção necrosada (AACNEC)- calculadas, respectivamente, por meio da integração trapezoidal da severidade, considerada como percentagem de área total doente (área clorótica mais necrótica) (AACSEV) e a integração da porção

necrosada da doença (percentagem só de área necrosada) (AACNEC) no tempo (34).

Análise estatística

Os dados de PIM, PLM, Y_{24} , Y_{40} , FI, AACSEV, AACNEC, DMAX e DINF foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para comparação de médias, utilizou-se o teste de Tukey. Para comparar os grupos de isolados provenientes de bananeira aos provenientes de bananeira-da-terra quanto às variáveis avaliadas, utilizaram-se contrastes de médias. O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado para examinar associações lineares entre os componentes epidemiológicos.

Efetuararam-se todas as análises estatísticas com o programa SAS, v.8.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC).

RESULTADOS

Para todos os componentes avaliados, detectou-se interação significativa de musáceas e isolados do patógeno ($P= 0,001$ para PIM, PLM, Y_{24} , Y_{40} , FI, DMAX, AASEV e AACNEC e $P= 0,003$ para DINF).

Período de incubação médio (PIM)

Em bananeira, o PIM do isolado PCHO foi significativamente mais curto que o dos demais isolados. Obteve-se maior PIM com os isolados BCA, BPCH, PCA e PMA, que não diferiu do PIM do isolado BCHO (Tabela 1). Em bananeira-da-terra, o PIM do isolado PCHO foi o menor, enquanto o dos isolados BCHO, PCA, PMA e PPCH foi o maior. Não houve diferença entre o PIM dos isolados BPCH e PGU (Tabela 1).

Para os isolados BCHO, BGU, BMA, PCA, PCHO, PGU e PMA, o valor de PIM em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCA e BPCH, o valor de PIM foi maior em bananeira, enquanto para o PPCH, o valor de PIM foi maior em bananeira-da-terra (Tabela 1).

Pela análise de contraste, em bananeira, o valor de PIM do grupo de isolados provenientes de bananeira-da-terra foi menor que o dos isolados provenientes de bananeira; em bananeira-da-terra não se detectou diferença quanto aos valores de PIM entre os grupos de isolados (Tabela 2).

Período Latente Médio (PLM)

Em bananeira, o PLM foi mais curto para o isolado PCHO, que não diferiu do dos isolados BCHO, BMA, PGU e PPCH. O PLM mais longo foi o do isolado PCA, diferente do dos demais isolados. Em bananeira-da-terra, o PLM mais curto foi o do isolado PCHO, que não diferiu do dos isolados BCA, BPCH, PGU e BMA (BMA difere de PCHO). Maiores valores de PLM ocorreram com os isolados BGU, PCA e PMA, que não diferiram do com o PPCH (Tabela 1).

Para os isolados BCA, BMA, PCHO, PGU e PPCH, o valor de PLM em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BPCH e PCA, o valor de PLM foi maior em bananeira, enquanto para BCHO, BGU e PMA, o valor de PLM foi maior em bananeira-da-terra (Tabela 1).

Pela análise de contraste, o PLM dos grupos de isolados provenientes de bananeira e de bananeira-da-terra não diferiu, em ambas as musáceas (Tabela 2).

Severidade aos 24 dias (Y_{24}). Em bananeira, obteve-se maior valor de Y_{24} com o isolado PCHO e menor valor com PCA e PMA. Os valores de Y_{24} destes últimos não diferiram do dos isolados BCA, BPCH, BGU e BMA. Em bananeira-da-terra, obteve-se maior valor de Y_{24} com o isolado PCHO e menor valor com PMA, que não diferiu do dos isolados BCA, BCHO, BGU, BMA, PCA, PGU e PPCH (Tabela 1).

Para os isolados BCA, BGU, BMA, BPCH, PCA, PGU e PPCH, o valor de Y_{24} em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCHO, PCHO e PMA, o valor de Y_{24} foi maior em bananeira (Tabela 1).

Pela análise de contrastes, em bananeira, o valor de Y_{24} estimado com o grupo de isolados provenientes de bananeira-da-terra foi maior que o dos isolados provenientes de bananeira; em bananeira-da-terra não se detectou diferença quanto aos valores de Y_{24} entre os grupos de isolados (Tabela 2).

Severidade aos 40 dias (Y_{40})

Em bananeira, observou-se maior valor de Y_{40} com o isolado PCHO, enquanto menor valor foi com PCA, que não diferiu do com os isolados BPCH e PMA. Em bananeira-da-terra, o maior valor de Y_{40} foi para o isolado PCHO. Menores valores de Y_{40} ocorreram para os isolados BGU e PMA, que não diferiram dos de BCHO, PCA, PPCH e BMA (Tabela 1).

Para os isolados BCA, BMA, BPCH, PGU e PPCH, o valor de Y_{40} em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCHO, BGU, PCHO e PMA, o valor de Y_{40} foi maior em bananeira, enquanto para PCA, o valor de Y_{40} foi maior em bananeira-da-terra (Tabela 1).

Pela análise de contraste, o valor de Y_{40} estimado com o grupo de isolados provenientes de bananeira-da-terra foi maior que o do grupo de isolados de bananeira, em ambas as musáceas (Tabela 2).

Frequência de infecção (FI). Nas duas musáceas, compararam-se nove dos dez isolados, pois na época das avaliações, ocorreu coalescência das lesões incitadas pelo isolado PCHO. Em bananeira, maiores valores de FI ocorreram com os isolados BCA, BCHO, BGU, BMA, BPCH, PGU e PPCH, enquanto os menores valores ocorreram com PCA e PMA. Em bananeira-da-terra, o maior valor de FI ocorreu com o isolado BPCH, que não diferiu do com PGU. O menor valor de FI ocorreu com os isolados BGU, PCA e PMA, que não diferiu do BCHO (Tabela 1).

Para os isolados BCA, BMA, PCA e PGU, o valor de FI em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCHO, BGU, PMA e PPCH, o valor de PLM foi maior em bananeira, enquanto para BPCH, o valor de FI foi maior em bananeira-da-terra (Tabela 1).

Pela análise de contraste, o grupo de isolados provenientes de bananeira gerou maiores valores de FI que o grupo proveniente de bananeira-da-terra, em ambas as musáceas (Tabela 2).

Intervalo para atingir a severidade máxima (DMAX)

Em bananeira, o menor valor de DMAX ocorreu para o isolado PCHO, que não diferiu do do BCHO. A DMAX mais longa ocorreu para o isolado PCA. Em bananeira-da-terra, o valor menor de DMAX foi para o isolado PCHO, que não diferiu do de BPCH e BCA. O maior valor ocorreu com o isolado BGU, que

não diferiu do dos isolados PCA, PMA e PPCH (Tabela 1). Na combinação isolado BGU - bananeira-da-terra ocorreu 65% de severidade máxima, enquanto nas demais ocorreu 100%.

Para os isolados BCA, BMA, BPCH e PCA, o valor de DMAX em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCHO, BGU, PCHO, PGU, PMA e PPCH, o valor de DMAX foi menor em bananeira (Tabela 1).

Pela análise de contraste, o valor de DMAX dos grupos de isolados provenientes de bananeira e de bananeira-da-terra não diferiu, em ambas as musáceas (Tabela 2).

Intervalo do aparecimento de sintomas à severidade máxima (DINF)

Em bananeira, ocorreu o menor valor de DINF com o isolado PCHO, que não diferiu do dos isolados BCHO, BCA e PPCH. O maior valor ocorreu com o isolado PCA. Em bananeira-da-terra, o menor valor de DINF ocorreu para o isolado PCHO, que não diferiu dos valores para BCA, BPCH e PGU. O maior valor ocorreu para o isolado BGU, que não diferiu do do PCA (Tabela 1).

Para os isolados BPCH, PCA e PCHO, o valor de DINF em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCA, BCHO, BGU, BMA, PGU, PMA e PPCH, o valor de DINF foi menor em bananeira (Tabela 1).

Pela análise de contrastes, em bananeira, o valor de DINF estimado com o grupo de isolados provenientes de bananeira foi menor que o dos isolados provenientes de bananeira-da-terra; em bananeira-da-terra não se detectou diferença quanto aos valores de DINF entre os grupos de isolados (Tabela 2).

Área abaixo da curva de severidade da doença (AACSEV)

Em bananeira, estimaram-se o maior e o menor valor de AACSEV com os isolados PCHO e PCA, respectivamente. Em bananeira-da-terra, o maior valor de AACSEV ocorreu com o isolado PCHO, que não diferiu do dos isolados BCA, BPCH e PGU. O menor valor ocorreu com o isolado BGU, que não diferiu do do PMA (Tabela 1).

Para os isolados BCA, BMA, BPCH, PCA e PGU, o valor de AACSEV em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCHO,

BGU, PCHO, PMA e PPCH, o valor de AACSEV foi maior em bananeira (Tabela 1).

Pela análise de contrastes, em bananeira, não se detectou diferença quanto aos valores de AACSEV entre os grupos de isolados, tanto em bananeira quanto em em bananeira-da-terra (Tabela 2).

Área abaixo da curva da porção necrosada (AACNEC)

Em bananeira, obteve-se o maior valor de AACNEC com o isolado PCHO. Menores valores ocorreram com os isolados BPCH e PCA, que não diferiram do PMA. Em bananeira-da-terra, obteve-se o maior valor de AACNEC com o isolado PCHO, que não diferiu daqueles estimados para os isolados BCA, BMA e PGU. O menor valor foi estimado para o isolado BGU, que não diferiu do dos PCA, PMA e PPCH (Tabela 1).

Para os isolados BCA, BMA, BPCH, PCA e PGU, o valor de AACNEC em bananeira não diferiu do em bananeira-da-terra. Para os isolados BCHO, BGU, PCHO, PMA e PPCH, o valor de AACNEC foi maior em bananeira (Tabela 1).

Pela análise de contraste, o valor de AACNEC estimado para os grupos de isolados provenientes de bananeira e de bananeira-da-terra não diferiu, em ambas as musáceas (Tabela 2).

Correlação dos componentes epidemiológicos

Obtiveram-se correlações significativas para todos os componentes analisados. Para os componentes Y_{40} , AACSEV e AACNEC obteve-se maior número de correlações em que os valores de r foram iguais ou superiores a 80% (Tabela 3).

DISCUSSÃO

Diferenças em agressividade de isolados de fitopatógenos são importantes para determinar sua variabilidade (12,18,30,45). Assim, mensurar os componentes epidemiológicos que influenciam a agressividade de isolados de *M. fijiensis* é importante para compreensão de epidemias da sigatoka negra

e manejo das mesmas. Vários autores utilizaram componentes epidemiológicos para quantificar fases do ciclo de vida de *M. fijiensis*, objetivando entender características epidemiológicas e, ou, de resistência da planta ao patógeno (7,15,32,36). Entretanto, no presente trabalho estudou-se uma gama maior de componentes epidemiológicos, buscando elucidar melhor a interação *M. fijiensis* - *Musa* spp.

Verificou-se que o PIM e o PLM variaram com isolados de *M. fijiensis*, fato também observado em mudas de bananeira em casa de vegetação (32) e em condições de campo (27,29). Assim, ambos os componentes, em vista de sua consistência e facilidade de mensuração, poderiam ser bons indicadores da agressividade de isolados. Neste trabalho, com PIM e de PLM não foi possível obter respostas diferenciadas de cultivares quanto à suscetibilidade a *M. fijiensis*, resultado similar ao obtido na Nigéria, com vários genótipos de musáceas (Mobambo *et al.*, 1996). Em vista desses resultados, sugere-se que o processo de infecção do patógeno foi similar em bananeira e bananeira-da-terra, o que é factível, em vista da suscetibilidade dos cultivares aqui testados. Apesar de ambos os componentes não terem sido adequados para diferenciar as duas musáceas quanto à suscetibilidade ao patógeno, eles são importantes epidemiologicamente, pois, menores valores de PIM e, ou, PLM podem determinar a ocorrência de maior número de ciclos secundários de doença, com conseqüente aumento da taxa de progresso e da severidade de epidemias.

Com o componente Y_{24} , não foi possível diferir as duas musáceas e, em cada uma, o valor do componente variou com o isolado. Estimou-se maior Y_{24} para isolados provenientes de bananeira-da-terra, principalmente pelo fato de o isolado PCHO ter induzido maior severidade nas duas musáceas, o que demonstra a alta agressividade e a ausência de especificidade do isolado nas duas musáceas.

O valor de Y_{40} variou com o isolado e, em geral, foi maior em bananeira que em bananeira-da-terra, o que pode ser conseqüência de maior suscetibilidade da primeira. Diferenças no componente Y_{40} em combinações musáceas x isolados também foram encontradas em outros trabalhos (16). Meredith & Lawrence (23) observaram maior percentagem de área lesionada em genótipos do subgrupo Cavendish (AAA) que nos do subgrupo Terra (AAB),

resultados similares aos obtidos na Nigéria (26). Marin *et al.* (22) notaram que as lesões em banana 'Valery' (subgrupo Cavendish, AAA) desenvolveram-se mais rápido do que 'Curraré' (subgrupo Terra, AAB). Assim, a Y_{40} é um componente importante, e sua interpretação pode ajudar a explicar o atraso no progresso de epidemias, pois menor Y_{40} pode implicar em menor produção de inóculo secundário. Em trabalhos conduzidos em condições de casa de vegetação (43), com o uso de Y_{40} foi possível diferenciar níveis de resistência (31), o que não ocorreu em condições de campo (31). Essas diferenças podem advir do fato de que esse componente pode ser influenciado pela concentração de inóculo, variável em condições naturais. Portanto, sugere-se que a Y_{40} , avaliada em condições controladas, seja um bom componente para avaliar diferenças de germoplasma quanto à resistência ou de isolados do patógeno quanto à agressividade.

Em ambas as musáceas, os valores de FI variaram frente aos isolados, o que realça as diferenças entre os isolados testados. Jacome & Schuch (16) encontraram resposta similar, ao compararem dois isolados de *M. fijiensis* em banana 'Grande Naine'. No presente trabalho, os valores de FI foram maiores em bananeira que em bananeira-da-terra. Mesmo em bananeira-da-terra, obteve-se valor alto de FI com inoculação do isolado PCHO e, em bananeira, não foi possível mensurar FI em resposta ao mesmo isolado, em vista da coalescência rápida do alto número de lesões nas folhas avaliadas. Assim, com a metodologia utilizada, foi difícil estimar a FI frente a isolados que incitem grande número de lesões. Necessitam-se estudos para determinar a concentração de inóculo ideal nas inoculações, pois concentrações inadequadas podem interferir na avaliação da reação de cultivares (42).

Associando-se a severidade da doença ao fator tempo, pode-se inferir acerca do progresso da doença (30). Com a análise temporal, integraram-se os valores da severidade ao longo do tempo, por meio da AACSEV. Estimaram-se maiores valores de AACSEV em bananeira, em virtude da sua provável maior suscetibilidade. Detectou-se diferença entre os grupos de isolados de bananeira e de bananeira-da-terra quanto aos valores de AACSEV, que foram maiores para os isolados de bananeira-da-terra, nessa musácea. A maior agressividade do isolado PCHO, refletida na maior severidade da doença, em todas as avaliações, possivelmente determinou esse resultado. Maiores valores

de AACSEV implicam em maior quantidade de tecido foliar doente, o que poderá resultar em maior número de ciclos secundários da doença, razão pela qual esse componente pode ser usado para discriminar isolados quanto à agressividade e cultivares quanto à resistência. Nesse contexto, em bananeira 'Grande Naine', em casa de vegetação, detectou-se correlação de AACSEV à agressividade de isolados (Jacome *et al.* (14,16).

A área necrótica é um componente relativamente fácil de mensurar e que pode discriminar isolados quanto à agressividade. Com os valores de AACNEC, considera-se, também, a dinâmica temporal da área necrótica. Variações entre isolados de *M. fijiensis* quanto à área necrótica foram também obtidas em genótipos de *Musa* spp. na Nigéria (27). Em vista da facilidade de mensuração, os resultados obtidos com esse componente são mais consistentes, fato também observado em outros patossistemas (25). Ademais, a maior área necrótica pode implicar em maior produção de peritécios e conseqüentemente de ascósporos, que constituem o principal inóculo secundário da doença. Essa maior produção, aliada a condições ambientais favoráveis, resulta em maior incremento da doença no campo.

O DMAX e o DINF estão associados à agressividade de um patógeno e ao grau de suscetibilidade do hospedeiro. Em bananeira-da-terra, o tempo necessário para atingir a severidade máxima foi mais longo que em bananeira. Este resultado era esperado, em vista da correlação positiva de DMAX ao PIM e negativa à Y_{40} . Assim, com menor PIM, espera-se haver maior área lesionada no tempo, o que leva à redução na área fotossinteticamente ativa e conseqüente queda na produção.

Os valores dos componentes DMAX e DINF variaram entre os isolados em cada musácea, e a correlação de ambos foi alta. A ocorrência de períodos mais curtos para atingir o máximo de severidade reflete-se na baixa resistência de um hospedeiro a determinado patógeno e, num mesmo hospedeiro, pode também indicar maior agressividade de um isolado em relação a outro(s) (19).

O componente PIM foi mais fácil e simples de avaliar, mas AACSEV, Y_{40} e AACNEC foram os componentes mais correlacionados aos demais. Desses componentes, obter-se-ia maior acurácia nas avaliações com AACNEC, pelo fato de se quantificarem lesões necróticas bem definidas.

Numa população de patógenos, os componentes de agressividade, provavelmente, atuam cumulativamente para aumentar a doença, e a determinação de apenas um componente pode não ser suficiente como estimador da agressividade (25). Assim, sugere-se que, em estudos de agressividade de isolados de *M. fijiensis*, avaliem-se os componentes PIM, PLM, Y₂₄ e AACNEC, enquanto em estudos para obtenção de variedades resistentes, utilizem-se ACL, AACSEV e AACNEC.

Com todos os componentes avaliados neste estudo, foi possível diferenciar os isolados quanto à agressividade, o que foi corroborado pela correlação significativa desses componentes, em bananeira e em bananeira-da-terra. Detectou-se variabilidade genética de isolados de *M. fijiensis* da Ásia, África e América Central, em estudos com marcadores moleculares RFLP (3,4). Não há estudos desta natureza com isolados equatorianos ou brasileiros, que corroborem a variabilidade patogênica observada. A ocorrência de reprodução sexuada e de anastomose de hifas e a capacidade já demonstrada de *M. fijiensis* em formar heterocarions (29), são fatores que aumentam a possibilidade de variação do patógeno. Em trabalhos futuros, sugere-se a utilização de técnicas moleculares, para maior entendimento da variabilidade em populações de *M. fijiensis*, e monitoramento de patótipos agressivos na população, o que seria útil para embasar programas de melhoramento genético.

Segundo o presente estudo, a inoculação artificial em mudas pode ser usada para avaliar componentes de resistência de diferentes genótipos, o que facilitaria procedimentos de seleção em programas de melhoramento de *Musa* spp. A produção de conídios, importante componente de agressividade (30), não foi quantificada neste trabalho, pois foi variável em diferentes porções da mesma folha inoculada (dados não apresentados). Dificuldade semelhante já foi relatada, e o componente teve pouco valor para detectar variações de isolados de *M. fijiensis* (23).

Este é o primeiro estudo relacionado a componentes epidemiológicos de isolados equatorianos de *M. fijiensis*. Segundo os resultados obtidos, há variabilidade em isolados do patógeno, os quais não apresentaram especificidade por bananeira ou bananeira-da terra. Essa ausência de especificidade pode afetar o manejo da sigatoka negra. Como em bananeira-

da-terra não se adotam as mesmas medidas de controle adotadas em bananeira, pode haver maior dispersão de inóculo de culturas de banana-da-terra para culturas de banana adjacentes. Com estes resultados, sugere-se a implementação de medidas conjuntas de controle da doença, que considerem a severidade em cada musácea.

LITERATURA CITADA

1. Azevedo, S.S., Michereff, S.J. & Mariano, R.L.R. Epidemiologia comparativa da podridão negra e da Alternariose do repolho no Agreste de Pernambuco. *Fitopatologia Brasileira* 27:17-26. 2002.
2. Carlier, J., Waele, D. & Escalant, J.V. Evaluación global de la resistencia de los bananos al marchitamiento por *Fusarium*, enfermedades de las manchas foliares causadas por *Mycosphaerella* y nematodos. Evaluación de comportamiento. Vézina, A. & Picq, C. (Eds). Guías técnicas INIBAP, 7. Red International para el mejoramiento del banano y plátano. Montpellier, França, 2003. 57p.
3. Carlier J, González de León D, Mourichon X, Zapater MF Genetic diversity of *Mycosphaerella fijiensis*, causal agent of black leaf streak in banana. In: Ganry J (ed) *Breeding banana and plantain for resistance to diseases and pests*, Montpellier: CIRAD/INIBAP, 1993. p. 193-199.
4. Carlier, J., Mourichon, X., Zapater, Z. & Lebrun, M.H. DNA restriction fragment length polymorphisms in *Mycosphaerella* species that cause banana leaf spot diseases. *Phytopathology* 84:751-755. 1994.
5. Carlier, J., Fouré, E., Gauhl, F., Jones, D.R., LePoivre, P., Mourichon, X., Pasberg-Gauhl, C., Romero, R.A. Black leaf streak. In: Jones, D.R. (ed) *Diseases of banana, abaca and enset*. Wallingford: CAB International, 2000. 544 p.
6. Cordeiro, Z. J. M., Matos, A. P. de & Oliveira da Silva. Black sigatoka confirmed in Brazil. *Infomusa* 7:31. 1998.
7. Craenen, K. & Ortiz, R. Influence of black sigatoka disease on the growth and yield of diploid and tetraploid hybrid plantains. *Crop Protection* 17:13-18. 1998.
8. FAO. *World production* [Http://www.fao.org/default.htm](http://www.fao.org/default.htm), 2002 [consultado em 15 de junho de 2003].
9. Firman, I.D. Susceptibility of banana cultivars to fungus leaf diseases in Fiji. *Tropical Agriculture* 49:189-196. 1972.

10. Fouré, E. Black leaf streak disease of bananas and plantains (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Study of the symptoms and stages of the disease in Gabon. Paris, IRFA-CIRAD. 1985.
11. Fullerton, R.A. & Olsen, T.L. Pathogenic variability in *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, cause of black Sigatoka in banana and plantain. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 23:39-48. 1995.
12. Garret, K.A. & Mundt, C.C. Epidemiology in mixed host populations. *Phytopathology* 89:984-989. 1999.
13. Gauhl, F. Epidemiology and ecology of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana (*Musa* spp.) in Costa Rica, América Central. Montpellier, Inibap. 1994.
14. Jacome, L. H. & Schuh, W. Effects of leaf wetness duration and temperature on development of black sigatoka disease on banana infected by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Phytopathology* 82:515-520. 1992.
15. Jacome, L. H. & Schuh, W. Spore production and artificial inoculation techniques for *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Tropical Agriculture* 70:33-38. 1993.
16. Jacome, L. H. & Schuh, W. Effect of temperature on growth and conidial production in vitro, and comparison of infection and aggressiveness in vivo among isolates of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Tropical Agriculture*. 70:51-59. 1993.
17. Jacome, L. H., Schuh, W. & Stevenson, R. E. Effect of temperature and relative humidity on germination and germ tube development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Phytopathology* 81:1480-1485. 1991.
18. Kranz, J. The methodology of comparative epidemiology. In: Kranz, J. & Rotem, J. (Eds.) *Experimental techniques in plant disease epidemiology*. Heidelberg: Springer-Verlag. 1988. p.279-290.
19. Kranz, J. Comparative epidemiology at the system levels host and pathogen. In: Kranz, J. (Ed.) *Comparative epidemiology of plant diseases*. Berlin, Springer-Verlag. 2002. 206p.
20. Leiva, M., Dita, M.A., Alvarado, Y., Acosta, M., Garcia, L. & Bermudez, A. Empleo de diferentes inóculos de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en condiciones de invernadero para evaluar el comportamiento de dos cultivares de banano. *Infomusa* 11:41-42. 2002.
21. Magalhães, K.T. Variabilidade morfológica e patogênica em isolados de *Mycosphaerella musicola* Leach. (Dissertação de Mestrado). Cruz das Almas, Universidade Federal de Bahia,. 2000.

22. Marín, D.H., Romero, R.A., Guzman, M. & Sutton, T.B. Black sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease* 87:208-222. 2003.
23. Meredith, D.S. & Lawrence, J.S. Black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*): susceptibility of cultivars. *Tropical Agriculture* 47:275-287. 1970.
24. Meredith, D.S., Lawrence, J.S. & Firman, I.D. Ascospore release and dispersal in black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*). *Transactions of the British Mycological Society* 60:547-554. 1973.
25. Miller, J.S., Johnson, D.A. & Hamm, P.B. Aggressiveness of isolates of *Phytophthora infestans* from the Columbia basin of Washington and Oregon. *Phytopathology* 88:190-197. 1998.
26. Mobambo, K.N., Gauhl, F., Pasterg-Gauhl, C. & Zuofa, K. Season and plant age effect evaluation of plantain for response to black Sigatoka disease. *Crop Protection* 15:609-614. 1996.
27. Mobambo, K.N., Pasterg-Gauhl, C., Gauhl, F. & Zuofa, K. Host response to black sigatoka in *Musa* germoplasm of different ages under natural inoculation conditions. *Crop Protection* 16:359-363. 1997.
28. Monnier, E. Variabilité génétique des *Mycosphaerella* inféodés au genre *Musa*. Essai de mise en évidence d'échanges d'informations par fusion de cellules végétatives. *Fruits* 41:15-23. 1986.
29. Mouliom, A, Lassoudière, A., Foko, J. & Fontem, D. Comparison of development of *Mycosphaerella fijiensis* and *Mycosphaerella musicola* on banana and plantain in the various ecological zones in Cameroon. *Plant Disease* 80:950-954. 1996.
30. Parlevliet, J.E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Review of Phytopathology* 17:203-222. 1979.
31. Ricker, M.D., Beute, M.K. & Campbell, C.L. Components of resistance in peanut to *Cercospora arachidicola*. *Plant Disease* 69:1059- 1064. 1985.
32. Romero, R.A. & Sutton, T. B. Reaction of four genotypes at three temperatures to isolates of *Mycosphaerella fijiensis* from geographical regions. *Plant Disease* 81:1139-1142. 1997.
33. Rotem, J., Cohen, Y. & Bashi, E. Host and environmental influences on sporulation *in vivo*. *Annual Review of Phytopathology* 16:83-101. 1978.
34. Shaner, G. & Finney, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67:105-1056. 1977.
35. SICA. 2003. *Estatística agrícola* [Http://www.sica.org](http://www.sica.org), 2002 [consultado em 15 de junho de 2003].

36. Smith, M.C., Rutter, J., Burt, P.J., Ramirez, F. & Gonzalez, O.E. Black sigatoka disease of banana: Spatial and temporal variability in disease development. *Annals of Applied Biology* 131:063-077. 1997.
37. Stover, R.H. The *Mycosphaerella* species associated with banana leaf spots. *Tropical Agriculture* 46:325-331. 1969.
38. Stover, R.H. Banana, plantain and abaca diseases. Kew, Commonwealth Mycological Institute. 1972.
39. Stover, R.H. Distribution and cultural characteristics of the pathogens causing banana leaf spot. *Tropical Agriculture* 53:111-114. 1976.
40. Stover, R.H. Sigatoka leaf spots of bananas and plantains. *Plant Disease* 64:750-755. 1980.
41. Suárez Capello, C., Vera, D., Williams, R., Ellis, M. & Norton, G. Desarrollo de un programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, para sistemas de producción basados en plátano. Pichilingue, Iniap. 2002.
42. Wroth, J.M. Variation in pathogenicity among and within *Mycosphaerella pinodes* populations collected from field pea in Australia. *Canadian Journal of Botany* 76:1955-1966. 1998.
43. Wu, L., Damicone, J.P., Duthie, J.A. & Melouk, H.A. Effects of temperature and wetness duration on infection of peanut cultivars by *Cercospora arachidicola*. *Phytopathology* 89:653-659. 1999.
44. Zabala, M. & Bermudez, A. Black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) control costs effect on farmer profit of plantain (*Musa AAB* cv. Harton) in the south region of Maracaibo Lake. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 16:107-119. 1999.
45. Zadoks, J.C. Methodology of epidemiological research. *Annual Review of Phytopathology* 10:253 - 276. 1972.

Tabela 1 - Componentes epidemiológicos estimados pela inoculação de dez isolados de *Mycosphaerella fijiensis* em mudas de bananeira e bananeira-da-terra (Bterra). Cada valor é a média de quatro repetições.

Comp ¹	Musácea	Isolado										CV ²
		BCA	BCHO	BGU	BMA	BPCH	PCA	PCHO	PGU	PMA	PPCH	
PIM	Bananeira	24,8a ³ A ⁴	22,5abA	21,8bA	21,0bA	24,8aA	25,0aA	16,3cA	20,3bA	24,8aA	20,3bB	5,5
	Bterra	21,0bcB	24,0abA	22,8bcA	21,0bcA	19,0cB	23,8abA	16,0dA	20,0cA	26,5abA	24,0abA	5,9
PLM	Bananeira	34,8bA	30,5bcB	34,3bB	33,5bcA	36,3bA	51,0aA	25,5cA	32,5bcA	38,3bB	32,5bcA	9,6
	Bterra	30,0cdA	35,0bcA	41,8abA	34,7bcA	30,0cdB	41,3abB	25,0dA	31,0cdA	44,5abA	36,5abcA	9,5
Y ₂₄	Bananeira	1,5cdA	8,5bcA	3,3bcdA	4,8bcdA	1,5cdA	0,5dA	31,0aA	9,0bcA	0,8dA	10,3bA	44,0
	Bterra	7,3bcA	0,5bcB	0,5bcA	9,0bcA	10,3bA	0,5bcA	23,5aB	8,5bcA	0,0cB	1,3bcA	66,3
Y ₄₀	Bananeira	31,5bA	36,5bA	31,3bA	32,0bA	25,3bcA	7,5cB	99,3aA	36,5bA	22,0bcA	34,0bA	22,4
	Bterra	29,3bcdA	17,0deB	8,8eB	26,7bcdeA	39,8bA	16,3deA	82,8aB	36,5bcA	8,0eB	20,0cdeA	27,1
FI	Bananeira	16,7aA	16,5aA	15,4aA	14,3aA	13,9aB	6,9bA	- ⁵	16,3aA	7,9bA	18,6aA	16,5
	Bterra	15,5bcA	7,9deB	6,0eB	12,9bcA	20,6aA	4,9eA	- ⁵	17,1abA	3,9eB	11,3cdB	17,2
DMAX	Bananeira	55,0bcdA	47,0deB	57,0bcB	52,8cdA	57,0bcA	73,3aA	39,5eB	52,0cdB	61,3bB	49,5cdB	6,1
	Bterra	58,8bcA	66,8bA	82,0aA	65,3bA	58,3bcA	73,3abA	44,0cA	61,5bA	71,5abA	67,5abA	9,5
DINF	Bananeira	30,3bcdB	24,5cdB	32,3bB	31,8bcB	32,3bcA	48,3aA	23,3dA	31,8bcB	36,5bB	29,3bcdB	10,1
	Bterra	37,8bcA	42,8bA	59,3aA	44,3bA	38,5bcA	49,5abA	27,5cA	41,0bcA	45,0bA	43,5bA	13,4
AACSEV	Bananeira	4105bcdA	4347bA	4076bcdA	4056bcdA	3748cdA	3017eA	5471aA	4311bcA	3731dA	4355bA	5,7
	Bterra	3929abA	3270bcB	1755dB	3488bcA	4130abA	3183bcA	5156aB	3983abA	2363cdB	3541bcB	15,1
AACNEC	Bananeira	3224bcA	3561bA	3212bcA	3457bcA	2228dA	1922dA	4810aA	3292bcA	2587cdA	3349bcA	11,8
	Bterra	2930abA	2172bB	354cB	2685abA	2572bA	1554bcA	4185aB	2807abA	1552bcB	1717bcB	28,9

¹Componentes epidemiológicos: PIM= período de incubação médio (dias); PLM= período latente médio (dias); Y₂₄= severidade aos 24 dias (%); Y₄₀=severidade aos 40 dias (%); FI= frequência de infecção (número de lesões/120cm² de tecido foliar). Para análise, os dados foram transformados para \sqrt{FI} ; DMAX= intervalo da inoculação à severidade máxima (dias); DINF= intervalo do aparecimento de sintomas à severidade máxima (dias); AACSEV= área abaixo da curva de severidade da doença (% x dias); AACNEC= área abaixo da curva de porção necrosada (% x dias).

²Coefficiente de variação (%).

³Em cada linha, os valores seguidos da mesma letra minúscula não diferem pelo Teste de Tukey (P=0,05).

³Para cada componente e isolado, os valores seguidos da mesma letra maiúscula não diferem pelo Teste de F (P=0,05).

⁵FI não avaliada, em vista da coalescência de lesões.

Tabela 2. Valores de F ($P > F$) obtidos nos testes de contrastes de médias de componentes epidemiológicos entre o grupo de isolados de *Mycosphaerella fijiensis* de bananeira e o grupo de bananeira-da-terra, em cada musácea.

Componente epidemiológico	Musácea	
	Bananeira	B. terra
Período de incubação médio	18,46 (0,0002)	1,72 (0,1995)
Período latente médio	3,96 (0,0557)	1,63 (0,2122)
Severidade aos 24 dias	41,94 (<0,0001)	0,94 (0,3407)
Severidade aos 40 dias	11,52 (0,0020)	11,50 (0,0020)
Frequência de infecção	13,37 (0,0011)	25,40 (<0,0001)
Intervalo para atingir a severidade máxima	1,64 (0,2107)	1,81 (0,1886)
Intervalo do aparecimento de sintomas à severidade máxima	8,44 (0,0068)	3,05 (0,0915)
Área abaixo da curva de severidade da doença	2,23 (0,1454)	3,84 (0,0598)
Área abaixo da curva da porção necrosada	0,22 (0,6418)	1,12 (0,2991)

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson (r) entre os componentes epidemiológicos de isolados equatorianos de *M. fijiensis* em bananeira e bananeira-da-terra, avaliados em casa de vegetação. Os valores de r acima e abaixo da diagonal principal foram obtidos em bananeira e bananeira-da-terra, respectivamente.

	PIM ¹	PLM	Y ₂₄	Y ₄₀	FI	DMAX	DINF	AACSEV	AACNEC
PIM		0,69	-0,86	-0,81	-0,61	0,72	0,50 ²	-0,82	-0,81
PLM	0,82		-0,67	-0,75	-0,76	0,89	0,83	-0,88	-0,82
Y ₂₄	-0,87	-0,76		0,94	0,68	-0,76	-0,60	0,88	0,83
Y ₄₀	-0,86	-0,80	0,94		0,85	-0,80	-0,67	0,93	0,89
FI	-0,80	-0,80	0,79	0,91		-0,76	-0,68	0,85	0,78
DMAX	0,72	0,80	-0,85	-0,89	-0,72		0,96	-0,93	-0,88
DINF	0,56 ³	0,70	-0,75	-0,80	-0,58 ⁴	0,98		-0,83	-0,78
AACSEV	-0,74	-0,84	0,80	0,86	0,75	-0,92	-0,87		0,95
AANEC	-0,69	-0,77	0,83	0,84	0,63	-0,95	-0,93	0,90	

¹PIM: período de incubação médio; PLM= período latente médio; Y₂₄= severidade aos 24 dias; Y₄₀= severidade aos 40 dias; FI= freqüência de infecção; DMAX= intervalo para atingir a severidade máxima; DINF= intervalo do aparecimento de sintomas à severidade máxima; AACSEV= área abaixo da curva de severidade da doença; AACNEC= área abaixo da curva da porção necrosada.

Para os valores de r, P<0,0001, exceto para ², ³ e ⁴, em que P= 0,001; 0,0002 e 0,0003, respectivamente.

CAPÍTULO 2

Progresso da sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis*, em bananeira e bananeira-da-terra, no Equador

RESUMO

Em muitos países, a banana e a banana-da-terra são componentes básicos na cesta familiar, e ambas as culturas geram renda e emprego. A doença foliar mais importante de ambas é a sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis*, que causa perdas que podem atingir 100% da produção. No Equador, estudou-se o progresso da sigatoka negra em plantações comerciais de bananeira 'Williams' e bananeira-da-terra 'Barraganete', durante as épocas seca e chuvosa. Os valores de área abaixo da curva de progresso da doença em bananeira foram maiores que os em bananeira-da-terra, independente da época avaliada. Na época chuvosa, o progresso da doença foi maior que na época seca. Em bananeira-da-terra, nas duas épocas, correlacionou-se a severidade da doença à temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica, mensurada de uma a quatro semanas antes de avaliar a severidade. A severidade correlacionou-se positivamente ao número de horas semanais com temperatura entre 24 a 28°C e com umidade relativa maior de 90%, avaliadas 4 e 3 semanas antes, nas épocas seca e chuvosa, respectivamente. Em ambas as épocas, a severidade não se correlacionou à precipitação pluviométrica. Este é o primeiro relato de estudos epidemiológicos de sigatoka negra no Equador, nas épocas seca e chuvosa.

Progress of black sigatoka, caused by *Mycosphaerella fijiensis*, in banana and plantain, in Ecuador

ABSTRACT

In several countries, banana and plantain are part of the staple food and sources of income and employment. Black sigatoka, caused by *Mycosphaerella fijiensis*, is the most important foliar disease of both Musaceae, inducing losses up to 100% production. The progress of Black Sigatoka was studied in commercial crops of banana 'Williams' and plantain 'Barraganete', during dry and rainy seasons, in Ecuador. In both seasons, area under disease progress curve (AUDPC) on banana was higher than AUDPC for plantain. Values of AUDPC were higher in the rainy season than in the dry season for plantain. In plantains, disease severity was correlated with weather variables, measured from one to four weeks before estimating severity. A significant correlation was found between severity and both number of hours with temperature ranging from 24 to 28 °C and relative humidity higher than 90%, measured at four or three weeks before severity assessment, in either dry or rainy seasons, respectively. Severity was not correlated with rainfall. For Ecuador, this is the first report of epidemiological studies of Black Sigatoka in the dry and rainy seasons.

INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa* cv. AAA) e a bananeira-da-terra (*Musa* cv. AAB) são importantes para a economia equatoriana, por serem ambas geradoras de empregos e de divisas, mediante a exportação de frutos para diversos países da América, Europa e, recentemente, da Ásia (10). Adicionalmente, a bananeira-da-terra é um dos principais produtos de consumo interno (23). No Brasil, há mais de 516.000 hectares plantados com várias cultivares de bananeira e bananeira-da-terra, e mais de 95% da produção destinam-se ao consumo interno (4). A bananeira-da-terra e, principalmente, a bananeira, são,

em algumas regiões, importantes fontes geradoras de renda e de emprego. Porém, os benefícios advindos de ambas as culturas, para ambos os países, são comprometidos pela ocorrência de doenças.

A sigatoka negra, causada pelo fungo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, é uma das principais doenças de ambas as musáceas. O patógeno causa lesões nas folhas que podem destruí-las, parcial ou totalmente. Esses danos levam à redução da atividade da planta, redução do tamanho do cacho, maturação anormal de frutos e ao enfraquecimento do rizoma. As perdas oscilam entre 50% e 100% da produção (25).

A sigatoka negra, relatada no Equador em 1986 (18), disseminou-se rapidamente nas áreas produtoras, principalmente pelo fato de as cultivares comerciais de *Musa* cv. AAA e *Musa* cv. AAB serem suscetíveis à doença. No Brasil, a doença foi relatada em 1998 (1), já se disseminou para áreas produtoras (7) e, atualmente, é a principal ameaça à cultura. Cabe salientar que até 2003, a doença ainda não havia ocorrido no Vale do Ribeira nem na região Norte de Minas, dois pólos bananicultores importantes no Brasil.

Estudos epidemiológicos da sigatoka negra são importantes para subsidiarem estratégias de manejo em áreas onde a doença já ocorre, bem como para delinear estratégias para sua exclusão em áreas indenidas. No entanto, esses estudos são escassos e têm sido conduzidos para avaliar os efeitos do ambiente nas epidemias de sigatoka negra ou como parte de trabalhos de avaliação da resistência de genótipos de *Musa* spp. Como em outros patossistemas, os fatores climáticos interferem na intensidade da sigatoka negra (25). Os fatores mais importantes que influenciam a taxa de progresso da doença são a temperatura, com ótimo entre 26-28°C, e a umidade relativa, com ótimo em níveis superiores a 90% (10,11). Em outros estudos, conduzidos com abordagem epidemiológica, avaliou-se a dinâmica diferenciada de epidemias de sigatoka negra em cultivares com variados níveis de resistência à doença (2,5,13,21).

Apesar de sua ocorrência há mais de 17 anos, pouco se conhece sobre a dinâmica temporal da sigatoka negra no Equador, sob condições naturais de manejo, bem como sobre o efeito das condições ambientais na intensidade das epidemias. Assim, no presente trabalho, testou-se a hipótese de que o progresso da doença é diferenciado em bananeira e bananeira-da-terra e

dependente da época do ano. Os resultados obtidos podem ser importantes para embasar a adoção de medidas racionais de manejo da doença.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudou-se a dinâmica de epidemias de Sigatoka negra, em bananeira 'Williams' e em bananeira-da-terra 'Barraganete', durante as épocas seca e chuvosa, em dois locais: no "Lote Herrera", da Estação Experimental Tropical Pichilingue, INIAP (local 1), e na fazenda "La Laguna" (local 2), situada a 40 km do primeiro local. O resumo das características dos dois locais encontra-se no Quadro 1.

Em ambos os locais, as áreas experimentais eram de 4.000 m². Na área experimental do local 1, havia bananeiras-da-terra 'Barraganete', de três anos de idade, plantadas em fila dupla, espaçamento 3,0 x 2,0 x 0,5 m, em consórcio a cacauzeiros e mamoeiros. No local 2, cultivava-se comercialmente bananeira 'Williams', de 5 anos de idade, em fila simples, no espaçamento de 2,75 x 2,75 m, em monocultura.

Tratos Culturais

Em bananeira, realizaram-se os tratos segundo as recomendações para produção comercial, visando o mercado internacional: desfolha semanal eliminando-se as folhas com mais de 50% de área foliar necrosada por *M. fijiensis*, adubação trimestral com base em análise de solos, seleção de filhotes baseada em vigor e na posição em relação à mãe, limpeza bimestral do pseudocaule, controle químico e manual de plantas daninhas e ensacamento dos cachos.

Em bananeira-da-terra, realizaram-se desfolhas quinzenais (eliminando as folhas com mais que 50% de área foliar necrosada), adubação semestral segundo a análise de solos, eliminação de filhotes debilitados, limpeza de pseudocaule e capinas semestrais.

Em ambos os locais, durante as avaliações, não foram aplicados fungicidas.

Obtenção de dados climáticos

Obtiveram-se dados diários de temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluviométrica (mm), na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia (INAMHI) do Equador, localizada na Estação Experimental Tropical Pichilingue, distante 600 m do plantio de bananeira-da-terra.

Com os dados de temperatura, umidade relativa e de precipitação, obtiveram-se os valores de número de horas, por intervalos semanais, com temperatura entre 24°C e 28°C; número de horas, por intervalos semanais, com umidade relativa igual ou superior a 90% e total de precipitação semanal (mm).

Progresso da doença

Em cada uma das áreas experimentais e em duas épocas do ano (seca e chuvosa), selecionaram-se, ao acaso, 25 filhotes jovens de 1,5 m de altura, com aproximadamente 2 meses de idade, para as avaliações da intensidade da doença.

As avaliações ocorreram de junho de 1999 a janeiro de 2000 (época seca) e de fevereiro a junho de 2000 (época chuvosa). Semanalmente, estimou-se a severidade da doença em cada folha das plantas avaliadas, utilizando-se a escala de notas proposta por Stover e modificada por Gaulh (8). A escala é constituída de sete notas, a saber (nota/ descrição): 0/ ausência de sintomas; 1/ menos de 1 % de lâmina foliar com sintomas (presença de estrias com menos de 10 manchas); 2/ de 1 % a 5 % de lâmina foliar com sintomas; 3/ de 6 a 15 % de lâmina foliar com sintomas; 4/ de 16 a 33 % de lâmina foliar com sintomas; 5/ de 34 a 50 % de lâmina foliar com sintomas; 6/ 51 % ou mais de lâmina foliar com sintomas. Para obter o valor da severidade total em cada planta, utilizou-se o índice de McKinney (15).

Plotaram-se os dados das avaliações semanais e se obtiveram curvas de progresso da sigatoka negra, em cada musácea, e em cada época do ano. Adicionalmente, em cada época e musácea, dividiu-se cada curva de progresso em dois estádios: antes e depois da emissão do cacho. Para cada curva e estádio, analisaram-se os valores de severidade inicial (valor estimado na primeira semana de cada época e estádio) e os de severidade máxima.

Para cada curva e estádio, também se calcularam os valores de área abaixo da curva de progresso. Em vista da diferença no número de datas de avaliação de severidade nas amostragens, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença padronizada (AACPD), por meio da integração trapezoidal dos valores de severidade ao longo do tempo. Para tal, utilizou-se a equação proposta por Shaner & Finney (22) e modificada por Fry (6):

$$\text{AACPD} = \left(\sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i) / 2] [t_{i+1} - t_i] \right) / \Delta t \text{ em que:}$$

n = número de observações;

Y_i = proporção da doença na “i”-ésima observação;

t_i = tempo da “i”-ésima observação, em dias; e

Δt = duração da epidemia.

Análise estatística

Em cada época e local, as médias dos valores de severidade inicial, severidade máxima e AACPD, das duas amostras, foram comparadas utilizando-se o teste de t para amostras independentes.

Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r) para examinar associações entre os valores de AACPD, antes e depois da emissão do cacho, e os valores de AACPD totais nas duas épocas. Efetuou-se, também, análise de correlação das variáveis meteorológicas (número de horas semanais com períodos de temperatura e umidade relativa ótimos e valores de precipitação semanais) e os valores de severidade da doença em bananeira-da-terra. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa SAS System versão 8.0 (SAS Institute Inc.).

RESULTADOS

A época seca, que transcorreu de junho de 1999 a janeiro de 2000, compreendeu das semanas 1 a 29. A emissão do cacho ocorreu na semana 16 (setembro de 1999). A época chuvosa, que transcorreu de fevereiro a junho de

2000, compreendeu das semanas 1 a 28. A emissão do cacho ocorreu na semana 9 (abril de 2000).

Descrição do progresso da doença

Na época seca, a severidade máxima foi observada na semana 29, em janeiro de 2000 (Figura 1). Observou-se redução da severidade da doença nas semanas que antecederam a emissão do cacho, com os menores valores registrados entre setembro e outubro. Depois da emissão do cacho, ocorreu aumento contínuo da severidade da doença, em ambas as musáceas. Em bananeira-da-terra 'Barraganete', a severidade, antes da emissão do cacho, foi de 18,2%; depois da emissão, foi de 19,3% e aumentou até atingir 46,6% na semana 29 (Figura 1). Em bananeira 'Williams', a epidemia progrediu de forma similar: a severidade, no início das avaliações, foi de 25,9%, ocorreu o menor valor (19,7%) na semana 15, e o maior (50,1%) na semana 29 (Figura 1).

A severidade da doença foi maior na época chuvosa que na seca, em ambas as musáceas, oscilou nas quatro primeiras semanas de avaliação e aumentou continuamente, ao longo da estação (Figura 2). Em bananeira-da-terra, a severidade foi de 34,9% e 60%, antes e depois da emissão do cacho, respectivamente; em bananeira, a severidade foi de 37,4% e 70,2%, antes e depois da emissão do cacho, respectivamente (Figura 2).

Severidade na semana inicial de cada época e de cada estágio (Y_1) e severidade máxima (Y_{max})

Na época seca, detectaram-se diferenças quanto aos valores médios de Y_1 em bananeira e em bananeira-da-terra, antes e depois da emissão do cacho ($P=0,05$). Para bananeira-da-terra, na época seca, o valor de Y_1 foi maior antes da emissão do cacho do que depois da emissão (Quadro 2). Detectaram-se também diferenças quanto aos valores de Y_{max} : maiores valores de Y_{max} ocorreram depois da emissão do cacho e, em geral, os valores foram mais altos para bananeira (Quadro 2).

Na época chuvosa, antes e depois da emissão do cacho, os valores de Y_1 e Y_{max} foram maiores em bananeira que em bananeira-da-terra. Maiores valores de ambas as variáveis foram observados no estágio depois da emissão do cacho.

Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)

Nas duas musáceas, os valores de AACPD depois da emissão do cacho e de AACPD total foram maiores na época chuvosa. Em bananeira-da-terra, o valor de AACPD antes da emissão do cacho foi maior na época seca do que na época chuvosa. Nas duas épocas, antes ou depois da emissão do cacho, os valores de AACPD foram maiores em bananeira que em bananeira-da-terra (Quadro 3). Este fato resultou em maiores valores de AACPD total para bananeira.

Nas duas épocas, obtiveram-se correlações positivas dos valores de AACPD antes e depois da emissão do cacho e os valores de AACPD total. Obteve-se maior número de valores de r superiores a 80% quando se correlacionou AACPD depois da emissão do cacho à AACPD total (Quadro 4).

Correlação dos fatores climáticos à severidade da doença em bananeira-da-terra

Na época seca, obtiveram-se correlações significativas da severidade da doença ao número de horas semanais com temperatura entre 24 e 28°C (Temp) e ao número de horas semanais com umidade relativa maior de 90% (UR), avaliados 4 semanas antes da severidade. Na época chuvosa, obteve-se correlação significativa da severidade à Temp e à UR, quando avaliadas 3 semanas antes da severidade. Nas duas épocas, não houve correlação significativa da severidade à precipitação pluviométrica (Quadro 5).

DISCUSSÃO

O progresso da epidemia de sigatoka negra foi influenciado pela época do ano e foi maior na época chuvosa, quando ocorreu maior número de dias com condições climáticas favoráveis à epidemia. Em vista do obtido na análise de correlação, as condições favoráveis incluem principalmente aquelas relacionadas à temperatura e à umidade relativa. Maior severidade da sigatoka negra, durante épocas chuvosas foi também relatada na Nigéria (16). Por esta razão, na época chuvosa, há necessidade de exercer controle mais efetivo da doença que na época seca.

Epidemias de sigatoka negra foram de maior intensidade em bananeira 'Williams' que em bananeira-da-terra 'Barraganete', apesar de a dinâmica temporal da epidemia ter sido similar em ambas as musáceas. Em estudo do progresso da sigatoka negra no Havaí, maior resistência de genótipos de bananeira-da-terra foi relatada por Meredith & Lawrence (15). Os autores consideraram os genótipos de bananeira subgrupo Cavendish como muito suscetíveis e os de bananeira-da-terra subgrupo Terra, como moderadamente suscetíveis. Firman (5), no sul da Ásia, obteve resultados similares, em cultivares comerciais de bananeira e de bananeira-da-terra. Em vista dos resultados referentes aos componentes epidemiológicos da resistência estimados nas duas musáceas (capítulo 1), é factível a hipótese de bananeira-da-terra ser mais resistente. Ademais, como a bananeira foi mais trabalhada em termos de melhoramento genético, é possível que, durante esse processo, tenha-se tido maior preocupação com qualidades agronômicas da bananeira que com resistência a doenças. A severidade máxima em bananeira 'Williams' foi maior que em bananeira-da-terra 'Barraganete', independentemente da época e do estágio fenológico das culturas, o que corrobora a hipótese de maior suscetibilidade da bananeira à sigatoka negra. A severidade máxima, além de influenciada pelas condições ambientais e pela resistência das musáceas, foi influenciada também pelo estágio fenológico da cultura.

Os valores de AACPD depois da emissão do cacho foram maiores do que antes da emissão, o que pode estar relacionado à maior predisposição das musáceas à doença. Após cessar a emissão de folhas e destinar a maioria dos fotossintetizados para o crescimento e enchimento do cacho, possivelmente ocorra maior predisposição das plantas, o que favorece o progresso da doença. Mobambo *et al.* (16), ao avaliarem 110 cultivares de bananeira-da-terra na Nigéria, observaram maior evolução dos sintomas, após as plantas terem emitido a inflorescência e concluíram que os processos de infecção e desenvolvimento da sigatoka negra foram influenciados por mudanças fisiológicas na planta.

Em vista da correlação dos valores de AACPD total e de AACPD antes e depois da emissão do cacho, obtida neste trabalho, a avaliação da AACPD em um desses estágios seria suficiente para se ter idéia do progresso da epidemia. Em bananeira, os valores de AACPD foram maiores na época

chuvosa, independentemente do estágio fenológico (antes ou depois da emissão do cacho), provavelmente por as condições ambientais terem sido mais favoráveis ao desenvolvimento da doença. Para comparar a resistência de genótipos, seria preferível avaliar a severidade da doença em época chuvosa e em plantas que tenham emitido cacho, quando estão mais suscetíveis à doença.

A severidade inicial da sigatoka negra foi influenciada pela época de avaliação e pelo estágio fenológico da planta. Na época seca, antes da emissão do cacho, em bananeira 'Williams' obteve-se menor valor de severidade inicial que em bananeira-da-terra 'Barraganete'. Essa diferença pode ter sido ocasionada pela desuniformidade da quantidade de inóculo nas duas localidades no início das avaliações, que ocorreu poucas semanas após o término da época chuvosa (dados não apresentados). Na época chuvosa, estimou-se menor valor de severidade inicial em bananeira-da-terra. Depois da emissão do cacho, a severidade inicial foi maior em bananeira 'Williams', talvez pela maior suscetibilidade desse genótipo (5,15). Não há estudos, em condições de campo, em que se relacionou a quantidade de inóculo de *M. fijiensis* à severidade da sigatoka negra. Em outros patossistemas, verificaram-se diferenças na expressão dos sintomas, quando a hospedeira é submetida a quantidades diferentes de inóculo (19). Portanto, é necessário relacionar a concentração de esporos de *M. fijiensis* às condições ambientais em cada época, informação que seria útil para estabelecer programas diferenciais de manejo da doença e permitiria análises comparativas com maior segurança.

Temperatura, umidade relativa e precipitação são variáveis importantes no desenvolvimento da doença (9,24). Em bananeira-da-terra, a severidade correlacionou-se aos números de horas semanais com temperaturas na faixa de 24 a 28 °C e com UR maior que 90%, nas épocas seca e chuvosa, avaliadas, respectivamente, 4 e 3 semanas antes da quantificação da doença. Na época chuvosa, a correlação significativa com menor tempo de defasagem, presumivelmente ocorreu pelo fato de haver maior acúmulo semanal de horas favoráveis de temperatura e umidade relativa ótima para o desenvolvimento da doença. Segundo Kranz (12), com a ocorrência de condições ambientais favoráveis por períodos prolongados pode haver redução dos períodos de

incubação e latente. Assim, os maiores valores de severidade inicial, severidade máxima e de AACPD na época chuvosa podem ter sido consequência de maior número de ciclos secundários, decorrentes da redução dos períodos de incubação e latente, em resposta às condições ambientais favoráveis. A correlação significativa da severidade e a temperatura e UR deve ser considerada na geração de modelos de previsão, baseados em variáveis climáticas. Assim, programas de previsão aliados ao uso de cultivares resistentes à doença seriam estratégias eficazes para o manejo da doença.

As condições climáticas no local avaliado foram favoráveis aos ciclos secundários de infecção da sigatoka negra durante todo o ano. Nas ilhas Windward, Cronshaw (3) relacionou o efeito do acúmulo de horas semanais com UR acima de 90% no progresso da sigatoka negra e propôs os seguintes valores: > 60 h, favorável; 40 a 50 h, moderadamente favorável; 10 a 40 h, ligeiramente favorável e <10 h, não favorável. No presente trabalho, as médias semanais do número de horas com UR > 90% nas épocas seca e chuvosa foram superiores a 70 e 100 h, respectivamente. Em vista da alta favorabilidade das condições climáticas, a maioria dos bananicultores estabelece programas anuais de pulverizações para o controle da doença baseados em calendário.

Não se detectou correlação significativa da precipitação à severidade da sigatoka negra, ao contrário do que ocorre em outros patossistemas (17,20). Similarmente, Gaulh (8) não observou correlação significativa da severidade da sigatoka negra em bananeira-da-terra 'Horn' e a precipitação. Porém, o efeito desta variável climática no progresso da epidemia tem que ser melhor elucidado, pois influencia diretamente a temperatura e a umidade relativa, além de ter papel preponderante na dispersão de ascósporos, os quais são considerados os principais geradores de infecções secundárias do patógeno (13).

Este é o primeiro estudo epidemiológico da sigatoka negra no Equador, que considerou a influência das épocas (seca e chuvosa) e o estágio fenológico da planta sobre o progresso da doença. A partir do mesmo, pode-se inferir sobre vários aspectos na epidemiologia de sigatoka negra: i- nas regiões amostradas do Equador, há condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da sigatoka negra durante todo o ano; ii- a época chuvosa é mais favorável ao progresso da doença, o que se reflete nos maiores valores

de severidade da doença; iii- bananeira 'Williams' e bananeira-da-terra 'Barraganete' são suscetíveis à sigatoka negra, mas o progresso da doença é diferencial em cada musácea; e iv- o período mais crítico para implementar medidas de controle da doença é depois da emissão do cacho. Estes aspectos são importantes para a aplicação de medidas diferenciadas de controle da doença, em cada época, para ambas as musáceas.

LITERATURA CITADA

1. Cordeiro, Z. J. M., Matos, A. P. de & Oliveira da Silva. Black sigatoka confirmed in Brazil. *Infomusa* 7:31. 1998.
2. Cordeiro, Z. J. M., Kimati, H. & Dias, C.T. S. Resistência de genótipos de bananeira ao mal-de-sigatoka. *Summa Phytopathologica* 25:318-324. 1999.
3. Cronshaw, D.K. Management of banana leaf spot (sigatoka) disease in the Windward Islands. *Tropical Pest Management* 28:136-146. 1982.
4. FAO. World production [Http:www.fao.org/default.htm](http://www.fao.org/default.htm), 2002 [consultado em 15 de Junho de 2003].
5. Firman, I.D. Susceptibility of banana cultivars to fungus leaf diseases in Fiji. *Tropical Agriculture* 49:189-196. 1972.
6. Fry, W.E. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 68:1650-1655. 1978.
7. Gasparotto, M. L., Pereira, J. C., Coelho, A. F., & Pereira, M. C. Recent appearance of black sigatoka in banana plantations of Brazilian Amazonia. *Acta Horticulturae* 531:293 - 294. 2000.
8. Gauhl, F. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa* spp.) en Costa Rica. Disertación de PhD. Panamá. 1989.
9. Gauhl, F. Epidemiology and ecology of black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain and banana (*Musa* spp.) in Costa Rica, América Central, INIPAB. Montpellier, France. 1994. 120p.
10. Jacome, L. H. & Schuh, W. Effects of leaf wetness duration and temperature on development of black sigatoka disease on banana infected by *Mycosphaerella fijiensis* var . *difformis*. *Phytopathology* 82:515-520. 1992.

11. Jacome, L. H. & Schuh, W. Effect of temperature on growth and conidial production *in vitro*, and comparison of infection and aggressiveness *in vivo* among isolates of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Tropical Agriculture 70:51-59. 1993.
12. Kranz, J. Comparative epidemiology of plant diseases. Berlim, Springer-Verlag. 2002
13. Marín, D.H., Romero, R.A., Guzman, M. & Sutton, T. B. Black sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. Plant Disease 87:208 - 222. 2003.
14. McKinney, H.H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. Journal of Agricultural Research 26:195-218. 1923.
15. Meredith, D.S. & Lawrence, J.S. Black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis*): susceptibility of cultivars. Tropical Agriculture 47:275-287. 1970.
16. Mobambo, K.N., Gauhl, F., Pasterg-Gauhl, C. & Zuofa, K. Season and plant age effect evaluation of plantain for response to black sigatoka disease. Crop Protection 15:609-614. 1996.
17. Mondal, J. N., Gottwald, T.R. & Timmer, L. W. Environmental factors affecting the release and dispersal of ascospores of *Mycosphaerella citri*. Phytopathology 93:1033 -1036. 2003.
18. Mourichon, X. & Fullerton, R.A. Geographical distribution of the two species de *Mycosphaerella musicola*, LEACH (*Cercospora musae*) and *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (*Paracercospora fijiensis*) respectively agents of sigatoka diseases and black leaf streak diseases in banana and plantains. Fruits 45:213-218. 1990.
19. Nazir, M. & Hoppe, H.H. Studies on patotype differentiation within *Mycosphaerella pinodes* (Berk & Bloxam) Vestergren, a component of the Ascochyta disease complex of peas (*Pisum sativum*). Journal of Plant Disease Protection 98:619-626. 1991.
20. Ngugi, H. K., King, S. B., Abayo, G.O. & Reddy, Y. V. Prevalence, incidence, and severity of sorghum diseases in western Kenya. Plant Disease 86:65-70. 2002.
21. Romero, R.A. & Sutton, T.B. Reaction of four genotypes at three temperatures to isolates of *Mycosphaerella fijiensis* from different geographical regions. Plant Disease 81:1139-1142. 1997.
22. Shaner, G. & Finney, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology 67:1051-1056. 1977.
23. SICA. Estatística agrícola <http://www.sica.org>, 2002 (consultado em 15 de junho de 2003).

24. Sierra, L.E. El cultivo de banano: producción y comercio. Medellín, Colombia: Olimpia Ed. 1993.
25. Stover, R.H. & Simmonds, N.W. Bananas. 3rd ed. Harlow, United Kingdom England: Longman Scientific & Technical. 1987.

Quadro 1. Principais características edafoclimáticas das áreas amostradas: “Lote Herrera” (local 1) e fazenda “La Laguna” (local 2)

Característica	Lote Herrera	Fazenda La Laguna
Altitude (m)	75 ^{1/}	85
Precipitação anual (mm)	2178	2245
Temperatura média (°C)	24	23
Umidade Relativa (%)	85	86
Zona Ecológica	Bh-T *	Bh-T
Textura do solo	Franco-argiloso	Franco-argiloso

^{1./} Dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia e Hidrologia (INAMHI) do Equador.

* Floresta úmida tropical.

Quadro 2. Severidade inicial (Y_1) e severidade máxima (Y_{max}) da sigatoka negra em bananeira 'Williams' e bananeira-da-terra 'Barraganete' (B. terra), antes e depois da emissão do cacho, nas épocas seca e chuvosa

Época seca				
Musácea	Antes da emissão do cacho		Depois da emissão do cacho	
	Y_1^*	Y_{max}	Y_1	Y_{max}
Bananeira	25,9 b**	39,2a	24,5a	55,6a
B. terra	30,8 a	34,9b	19,3b	48,0b
Época chuvosa				
Bananeira	34,6a	39,4a	40,1a	70,2a
B. terra	26,5b	34,9b	34,1b	60,5b

* Valor da severidade na primeira semana de cada época e de cada estágio fenológico

**Em cada época, em cada estágio (antes ou depois da emissão do cacho), e para cada variável, as médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de t ($P=0,05$).

Quadro 3. Áreas abaixo da curva de progresso da sigatoka negra padronizada nas épocas seca e chuvosa, em plantações comerciais de bananeira 'Williams' e de bananeira-da-terra 'Barraganete' (B.terra).

Época	Área abaixo da curva de progresso padronizada					
	AEC		DEC		Total	
	Bananeira*	B.terra	Bananeira	B.terra	Bananeira	B.terra
Seca	211,5Ba	198,9Ab	246,3Ba	209,8Bb	227,1Ba	202,7Bb
Chuvosa	231,3Aa	193,8Bb	395,7Aa	347,6Ab	318,3Aa	275,3Ab

AEC= antes da emissão do cacho; DEC= depois da emissão do cacho.

*Médias seguidas da mesma letra minúscula, em cada linha, e letra maiúscula, em cada coluna, não diferem estatisticamente, pelo teste de t (P= 0,05).

Quadro 4. Coeficientes de correlação de Pearson dos valores de AACPD antes da emissão do cacho (AEC) ou depois da emissão do cacho (DEC) e AACPD total, para bananeira 'Williams' e bananeira-da-terra 'Barraganete', durante duas épocas. Para cada época, os valores acima e abaixo da diagonal principal correspondem aos coeficientes obtidos em bananeira e bananeira-da-terra, respectivamente.

	Época seca			Época chuvosa		
	AEC	DEC	TOTAL	AEC	DEC	TOTAL
AEC		0,05 ^{ns}	0,61*		0,37 ^{ns}	0,85*
DEC	0,1 ^{ns}		0,82*	0,23 ^{ns}		0,80*
TOTAL	0,68*	0,66*		0,73*	0,83*	

ns= não-significativo ou * significativo (P=0,05).

Quadro 5. Coeficientes de correlação de Pearson entre a severidade da sigatoka negra em bananeira-da-terra 'Barraganete' e o número de horas semanais com umidade relativa maior que 90% (UR), temperatura entre 24 e 28 °C (Temp) e precipitação semanal em mm (Precip).

Variável climática	Época seca				Época chuvosa			
	Número de semanas antes da medição da severidade							
	1	2	3	4	1	2	3	4
UR	0,08	0,32	0,15	0,67*	0,84*	0,65	0,80*	0,68
Temp	0,68*	0,48	0,48	0,68*	0,18	0,02	0,92*	0,68
Precip	0,57	0,19	0,13	-0,10	0,59	0,22	0,36	0,35

* Significativo (P= 0,05).

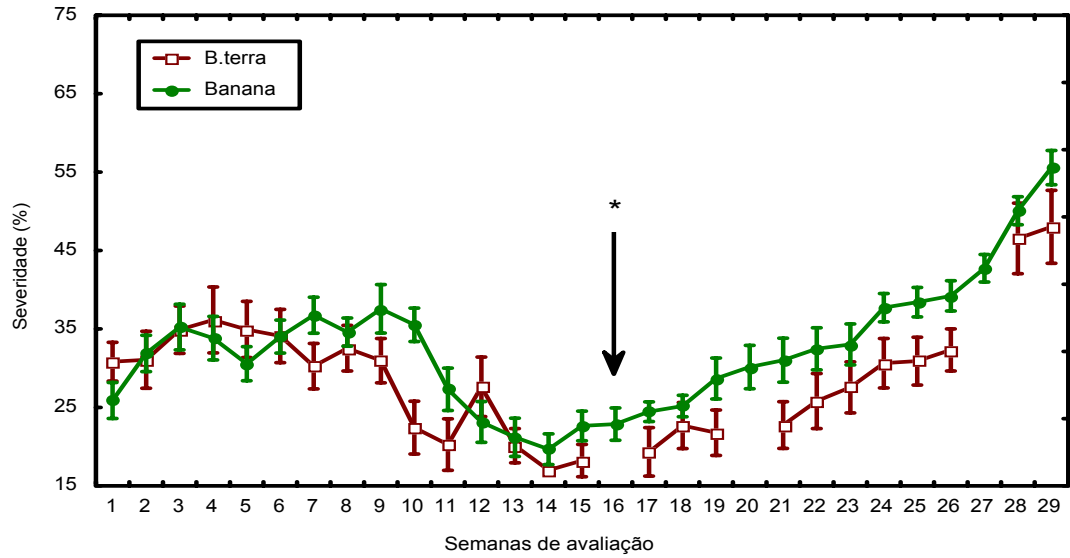


Figura 1. Progresso da Sigatoka negra em bananeira 'Williams' (Banana) e bananeira-da-terra 'Barraganete' (B.terra), cultivadas em locais distintos, durante a época seca (junho/99 a janeiro/2000).
 * Semana em que 50 % das plantas haviam emitido cacho.
 **Espaços em branco: semana não avaliada.

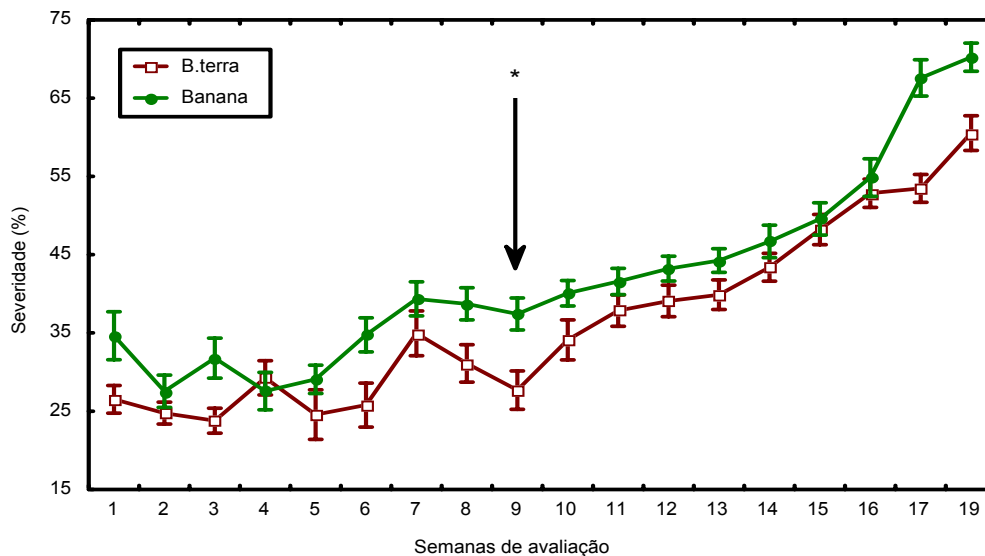


Figura 2. Progresso da Sigatoka negra em bananeira 'Williams' (Banana e bananeira-da-terra 'Barraganete' (B.terra), cultivadas em dois locais distintos, durante a época chuvosa (fevereiro/2000 a junho/2000).
 * Semana em que 50 % das plantas haviam emitido cacho.

CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, concluiu-se que:

- Os isolados de *M. fijiensis* não foram específicos para bananeira e bananeira-da-terra;
- No Equador, há variabilidade patogênica em *M. fijiensis*;
- A inoculação artificial pode ser usada para avaliar componentes de resistência de diferentes genótipos à doença;
- Durante todo o ano, há condições favoráveis para ocorrência da sigatoka negra no Equador ;
- O progresso da sigatoka negra nas duas musáceas foi maior no período chuvoso do que no período seco;
- Apesar de a tendência de dinâmica temporal de epidemias ter sido similar em ambas as musáceas, a doença foi mais severa em bananeira ‘Williams’ do que em bananeira-da-terra ‘Barraganete’, o que é importante para implementar medidas diferenciadas de controle da doença; e
- A temperatura e a umidade relativa determinaram a dinâmica de sigatoka negra, conhecimento que pode ser útil para desenvolver sistemas de previsão da doença.