

ERNESTO DO NASCIMENTO VIEGAS

DISPERSÃO DE *Colletotrichum gloeosporioides*, AGENTE ETIOLÓGICO DA
ANTRACNOSE DA CEBOLA, PELA ÁGUA

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
2001

ERNESTO DO NASCIMENTO VIEGAS

DISPERSÃO DE *Colletotrichum gloeosporioides*, AGENTE ETIOLÓGICO DA
ANTRACNOSE DA CEBOLA, PELA ÁGUA

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: 27 de junho de 2001.

Prof. Eduardo S. G. Mizubuti
(Conselheiro)

Prof. Demetrius David da Silva
(Conselheiro)

Profa. Margarida Gorete F. do Carmo

Prof. Ulisses Gomes Batista

Prof. Luiz A. Maffia
(Orientador)

À minha família

DEDICO.

A Deus, pela capacitação e força a todo tempo.

Aos professores e funcionários do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa.

A Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Luiz A. Maffia pela orientação durante o curso.

Aos professores Eduardo S. G. Mizubuti e Demetrius D. da Silva pelas críticas e sugestões, e pelo apoio no desenvolvimento dos experimentos.

Aos colegas de curso.

Aos amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

AGRADEÇO.

BIOGRAFIA

ERNESTO DO NASCIMENTO VIEGAS, filho caçula de Ernesto Viegas e Lacy do Nascimento Viegas, nasceu em 13 de dezembro de 1974 em Tupanciretã - RS.

Graduou-se em Agronomia na Universidade Federal de Santa Maria, em novembro de 1998, onde também concluiu o curso de Técnico em Agropecuária.

Em abril de 1999 iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia, pela Universidade Federal de Viçosa.

ÍNDICE

RESUMO	v
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1. Efeito do número de gotas de diferentes diâmetros na dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	5
2.2. Efeito de chuvas simuladas na dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	9
2.3. Gradiente de dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> e da antracnose foliar da cebola em condições de campo	10
3. RESULTADOS.....	13
3.1. Efeito de diferentes número de gotas de diferentes diâmetros na dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	13
3.2. Efeito de chuvas simuladas na dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	17
3.3. Gradiente de dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> e da antracnose foliar da cebola em condições de campo	18
4. DISCUSSÃO	23
4.1. Efeito do número de gotas de diferentes diâmetros na dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	23

4.2. Efeito de chuvas simuladas na dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	27
4.3. Gradiente de dispersão de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> e da antracnose foliar da cebola em condições de campo	30
5. RESUMO E CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

RESUMO

VIEGAS, Ernesto do Nascimento, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2001. **Dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose da cebola, pela água.** Orientador: Luiz Antônio Maffia. Conselheiros: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti e Demetrius David da Silva.

Apesar de a antracnose foliar, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, ser uma das doenças mais importantes da cebola, não há informações sobre a dispersão do patógeno nas condições do Brasil. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a dispersão de conídios do patógeno por respingos de água e verificar a importância de restos de cultura infestados como fontes de inóculo do patógeno. Estudou-se o gradiente de dispersão de *C. gloeosporioides*, a partir de três fontes de inóculo (colônias de fungo esporulando em aveia-ágar, restos de cultura de plantas doentes ou plantas doentes com acérvulos). Para tanto, realizaram-se três experimentos: i – 3, 5 ou 7 gotas de água de 2, 3, 4, 5 ou 6 mm de diâmetro foram produzidas a 2,5 m de altura e deixadas cair sobre cada fonte. Respingos carregando esporos foram coletados em lâminas de microscópio posicionadas em linha reta, na horizontal, nas distâncias de 2,5 a 17,5 cm e em mudas de cebola nas distâncias de 7 a 21 cm a partir de cada fonte; ii – com um simulador de chuvas, operando a 32,75 kPa de

pressão por 5 min, produziram-se intensidades de chuva de 32, 50, 72, 90 ou 105 mmh⁻¹, sobre cada fonte. Os respingos de água carreando esporos foram coletados em fundos de placas de Petri posicionados em linha reta, na horizontal, nas distâncias de 10 a 60 cm a partir da fonte; iii – sob condições de campo, parcelas de cebola foram irrigadas por aspersão e a água carreando esporos foi coletada como em “ii”, mas em distâncias de 10 a 50 cm a partir da fonte. Para cada experimento, o número de esporos na suspensão resultante foi determinado com um hemacitômetro. Nos três experimentos, obteve-se melhor ajuste dos dados de dispersão de *C. gloeosporioides* com o modelo exponencial linearizado. No experimento “i”, a inclinação do gradiente (“b”) foi similar para os diferentes números de gotas, mas decresceu com o aumento do diâmetro. No experimento “ii”, os valores de “b” foram menores a partir de colônias em aveia-ágar que de plantas doentes ou de restos de cultura infestados. A inclinação do gradiente aumentou com o aumento da intensidade da chuva. Os valores da área abaixo da curva de gradiente de dispersão (AACGD) não aumentaram com o aumento na intensidade da chuva. No experimento “iii”, os valores do intercepto foram maiores e o gradiente foi mais inclinado a partir de colônias em aveia-ágar que para restos de cultura e plantas doentes. Nos três experimentos, os valores de AACGD foram estatisticamente maiores ($P = 0,05$), quando colônias em aveia-ágar eram a fonte de inóculo, e, em geral, não se constatou diferença entre as outras duas fontes. Em vista do obtido, concluiu-se que, considerando-se a dispersão de *C. gloeosporioides*, restos de cultura infestados são fontes de inóculo tão importantes quanto plantas de cebola doentes.

ABSTRACT

VIEGAS, Ernesto do Nascimento, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2001. **Splash dispersal of conidia of *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of onion twister.** Advisor: Luiz Antônio Maffia. Committee members: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti and Demetrius David da Silva.

Twister, caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, is one of the most important onion diseases. Despite its importance, there is no information on pathogen dispersal in Brazilian conditions. Therefore in this study we analysed of splash dispersal of *C. gloeosporioides* conidia and verified the importance of infested debris as inoculum source. Dispersal gradients from three inoculum sources (sporulating fungal colonies on oat agar, crop debris of diseased plants, or diseased plants with acervuli) were compared in three experiments: i- 3, 5, or 7 water drops of 3, 4, 5, or 6 mm diameter were set to fall from 2.5m high to each source. Spore-carrying droplets were collected on microscopyc slides positioned horizontally in straight-line at distances of 2.5-17.5 cm and on onion plants at distances of 7 – 21 cm away from each source; ii- with a rain simulator, 32.75 kPa pressure during 5min, rain intensities of 32, 50, 72, 90, or 105 mmh¹, were set to fall to each source. The splash water carrying spores was collected in uncovered Petri plates positioned horizontally in straight-line at distances of 10-60 cm away from each source; iii-under field conditions, onion plots were

sprinkler irrigated and the spore-carrying water was collected as in “ii”, but at distances of 10-50 cm away from each source. For each experiment the concentrations of the resulting spore suspensions were determined with a hemacytometer slide. The data of dispersal of *C. gloeosporioides* conidia, of the three experiments, were best fitted with the linearized exponential model. At experiment “i”, slope values were similar for the different number of drops, but decreased as drop diameter increased. At experiment “ii”, slope values were steeper from diseased plants and infested debris than from oat agar colonies, from which the gradient slope increased with rain intensity. There was no increase in the area under the curve of dispersal gradient (AUCDG) with rain intensity. At experiment “iii”, intercept values were higher and slope values were steeper from the oat agar colonies than from plants and debris. AUDGC was higher for oat agar colonies than for debris and plants, which originated similar values of AUDGC. It was concluded that infested crop debris is an inoculum source as important as infected plants for *C. gloeosporioides* dispersal.

1. INTRODUÇÃO

A cebola (*Allium cepa* L.) sempre ocupou lugar de destaque entre as hortaliças, sendo hoje cultivada em todo mundo com uma produção de 40 milhões de ton. Os Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina são os maiores produtores nacionais, com 70% da produção. O Brasil é o décimo primeiro maior produtor mundial, com 76 mil ha cultivados, e atinge a produção de 921 mil ton (AGRIANUAL, 2000).

Em Minas Gerais, com produção de 60 mil ton (AGRIANUAL, 2000), a cebolicultura é uma das principais atividades econômicas em municípios da Zona da Mata. Tradicionalmente, em municípios como Guidoal e Guiricema, cultivava-se a cebola em pequenas propriedades, utilizando-se mão-de-obra familiar e meeiros. Nesta região, é comum ocorrer mais de um cultivo de cebola em uma mesma área por ano, bem como a sucessão de cultivos em áreas adjacentes (MOREIRA, 2000).

Na região de Guidoal e Guiricema, das doenças que incidem sobre a cultura da cebola, destaca-se a antracnose foliar, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. [teleomorfo *Glomerella cingulata* (Stoneman) Splaud & H. Schrenk]. A antracnose ocorre nas diversas partes do mundo onde se cultiva a cebola, porém é mais severa nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, África e América Latina, onde é considerada a doença mais

comum (COSTA e MELLO, 1984; HILL, 1995; GALVÁN et al., 1997). A antracnose causa perdas na produção desde mudas à colheita. Mesmo durante o armazenamento, as perdas são significativas em vista do apodrecimento de bulbos, o que compromete a qualidade do produto e dificulta sua comercialização (ABREU, 1990; CHAWDA e RAJASAB, 1996). Há relatos de perdas na produção de 50 a 100% na Nigéria e no Brasil (EBENEBE, 1980; BOFF, 1993). Na região de Guidoal e Guiricema, a doença causa perdas de até 90% da produção (MOREIRA, 2000).

As principais medidas de controle da antracnose são a utilização de sementes saudáveis, cultivares resistentes, uso de fungicidas e práticas culturais como o roquiço e o manejo adequado da irrigação e dos restos culturais (BOFF, 1990). Apesar da sua importância, faltam informações sobre a etologia e a epidemiologia da doença, para melhor implementar as medidas de controle no campo. Faz-se necessário compreender o ciclo de vida do fungo para a adoção de medidas integradas de controle, bem como estudos epidemiológicos que permitam verificar a influência do meio ambiente nos vários aspectos do ciclo da doença, principalmente na dispersão de *C. gloeosporioides*.

A dispersão dos propágulos de fitopatógenos é fundamental no surgimento e desenvolvimento de epidemias em plantas, sendo o vento e as gotas de chuva os principais agentes envolvidos neste processo. O conhecimento de como ocorre a dispersão permite aos pesquisadores prever a ocorrência da epidemia, bem como a taxa de aumento da doença no tempo e no espaço (FITZ et al., 1989; FONTEM et al., 1991). No entanto, são poucos os estudos de dispersão de fitopatógenos por água, quando comparados aos de dispersão pelo vento (MADDEN, 1997). Há evidências de que a dispersão dos conídios de *C. gloeosporioides* ocorre principalmente por meio de ferramentas contaminadas, água da chuva e de irrigação, sementes, bulbos e mudas doentes (CHAWDA e RAJASAB, 1992; BOFF, 1990). O surgimento da antracnose na cultura de cebola parece depender principalmente da ocorrência de chuvas, principalmente em vista das características do acérvulo de *C. gloeosporioides*, no qual os esporos são envolvidos por substância mucilaginosa (RAJASAB e CHAWDA,

1994). Os esporos de fungos dispersos pela água geralmente apresentam parede fina, hialina, envoltos por mucilagem e são produzidos em picnídios, acérvulos, ou em estromas (FITT et al., 1989).

Propágulos de fungos e bactérias são disseminados para novos locais de infecção pela água, seja por escoamento na superfície da planta ou por meio dos respingos formados quando as gotas incidem sobre as fontes de inóculo na própria planta ou no solo (STEDMAN, 1980; FITT et al., 1988). Na ausência de correntes de ar, os respingos podem transportar o inóculo a curtas distâncias; no entanto, com o ar em movimento os respingos podem evaporar ou ser levados a distâncias maiores. Assim, chuvas associadas com ventos são muito eficazes na disseminação de diversos fitopatógenos (FITT e LYSANDROU, 1984).

No campo, características da chuva, tais como tamanho, distribuição de gotas e intensidade interferem diretamente na dispersão do inóculo (MADDEN, 1997). O diâmetro das gotas da chuva que atingem o solo varia de 0,2 a 5,0 mm, sendo diretamente influenciado pela intensidade (NTAHIMPERA et al. 1997; GROVE et al., 1985). A intensidade da chuva tem relação não linear com a dispersão, pois à medida que aumenta a intensidade e o tempo de duração da chuva, ocorrem o aumento da remoção de esporos da fonte e a perda de esporos do local de infecção por meio do solo e da palha da cultura (YANG et al., 1992). Número de respingos produzidos, número de esporos disseminados e a distância atingida pelos respingos aumentam com o diâmetro das gotas, ou a velocidade e energia cinética no momento do impacto (REYNOLDS et al., 1989). Porém, a distância atingida para cada gota incidente é muito curta, geralmente menor que 15 cm, o que indica que a deposição de esporos no local de infecção resulta de contínuos respingos formados a partir das gotas, que carregam esporos ao longo da superfície do solo, da sua cobertura, e, ou, dos restos culturais (MADDEN e BOUDREAU, 1997). As características da cobertura do solo, dos restos culturais e do dossel vegetativo (folhagem da cultura) têm efeito marcante no gradiente de dispersão (MADDEN e ELLIS, 1990; MADDEN et al., 1992; NTAHIMPERA et al., 1998).

Aparentemente, as sementes não são fontes importantes de inóculo primário de *C. gloeosporioides* na Zona da Mata de Minas Gerais, ao contrário dos restos de cultura infestados (MOREIRA, 2000). O surgimento e aumento da antracnose foliar da cebola no campo sempre esteve associada à ocorrência de chuvas (RAJASAB e CHAWDA, 1994). Como em Guidoal e Guiricema irrigam-se os cebolais por aspersão, questiona-se o papel da água na dispersão do patógeno nesta região. Apesar de a antracnose ser a doença mais importante para a cebolicultura brasileira, não há informações que permitam entender o surgimento e o desenvolvimento da doença nos cultivos comerciais de cebola, principalmente quanto aos aspectos relativos à dispersão de conídios do patógeno. Esse trabalho, que visou contribuir para o entendimento da dispersão do patógeno pela água, objetivou especificamente estudar: i - o efeito do número e diâmetro de gotas de água na dispersão de esporos de *C. gloeosporioides*; ii – o efeito de diferentes intensidades de chuvas simuladas no gradiente de dispersão do fungo e iii- o gradiente de dispersão do patógeno na cultura da cebola em condições de campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Estudos sobre a dispersão de patógenos por água podem ser desenvolvidos em três níveis: efeito de uma única gota, simulação de chuvas sobre pequenas áreas e ocorrência de chuva natural no campo (MADDEN, 1997). Esta estratégia foi adotada no presente trabalho.

2.1. Efeito do número de gotas de diferentes diâmetros na dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Epidemiologia e em casa-de-vegetação do DFP/UFV, de outubro a novembro de 2000.

A cultivar de cebola utilizada no ensaio foi a Texas Early Grano 502, extremamente suscetível à antracnose (NUNES e KIMATI, 1997), cujas mudas foram produzidas em sementeiras e transplantadas para vasos de alumínio e bandejas plásticas. Após o transplântio, as mudas foram mantidas em casa-de-vegetação, para serem inoculadas e servirem para produção das fontes de inóculo.

O isolado de *C. gloeosporioides* utilizado foi o CGG-10, obtido na coleção de culturas do Laboratório de Epidemiologia do DFP/UFV. As colônias

do fungo foram crescidas em placas de Petri com meio de aveia-ágar, mantidas a 25°C, sob iluminação contínua.

As fontes de inóculo utilizadas no experimento foram plantas doentes, restos de cultura e meio de cultura colonizado pelo fungo. As plantas doentes foram obtidas por meio da sua inoculação aos 102 dias após a semeadura, com suspensão de 10^5 conídios/mL obtida a partir de colônias do fungo com 10 dias de incubação. Após a inoculação, as mudas foram mantidas em câmara de nevoeiro a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por 24 h, e levadas para casa-de-vegetação onde permaneceram até a produção das lesões. Os restos de cultura foram produzidos da mesma forma que as plantas doentes; porém folhas com lesões de antracnose bem definidas foram colhidas, deixadas para secar à sombra e armazenadas até o momento da instalação do experimento. As folhas com lesões circulares, típicas de antracnose, com acérvulos, foram selecionadas e recortadas em pedaços de 2 a 3 cm contendo as lesões no centro. Pedaços de folhas recém-retirados das plantas e pedaços de folhas secas foram considerados como plantas doentes e restos de cultura, respectivamente, e utilizados como alvos, sobre os quais as gotas incidiram. Os pedaços de folhas secas e frescas utilizados como alvo foram afixados em um suporte de madeira por meio de alfinetes (Fig. 1A). O meio de cultura colonizado com o fungo consistiu de colônias crescidas em placas de Petri com meio aveia-ágar, produzidas a partir de suspensões de 10^7 conídios/mL, com 10 dias de incubação a 25°C sob luz contínua. Destas colônias esporulantes, retiraram-se discos com 1,5 cm de diâmetro, os quais foram usados como alvos para as gotas.

Utilizaram-se microtubos de diferentes espessuras, para se obterem cinco diâmetros de gotas (2, 3, 4, 5 e 6 mm), representativos dos valores encontrados em uma chuva natural ou irrigação (GROVE et al., 1985; GEAGEA et al., 1999). Para tanto, identificou-se o diâmetro das gotas formadas em cada microtubo, adaptando-se a metodologia empregada por AMORIM (2001). Cada microtubo foi conectado a uma seringa plástica de 20mL por meio de um tubo de borracha, o qual foi posicionado sobre uma estrutura metálica estabilizada no formato de L,



Figura 1 - Montagem dos ensaios e distribuição das fontes: A, B e C – experimento com gotas, com a folha seca afixada (A), diferentes ponteiros para produzir os diferentes diâmetro de gotas (B) e posições das lâminas e das mudas de cebola (C); D e E – experimento com chuvas simuladas, com o simulador de chuva (D) e a posição dos fundos de placas de Petri a partir da fonte colônias do fungo (E); F, G, H e I – experimento no campo, com o sistema de irrigação (F) e a posição dos fundos das placas de Petri, a partir de colônias do fungo (G), restos de cultura (H) e plantas doentes (I).

com 2,5m de altura (Fig. 1B). Com uma leve pressão no êmbolo da seringa, as gotas formadas caíram, por ação da gravidade, sobre cada fonte de inóculo, procedimento similar ao adotado por GROVE (1985). Para cada diâmetro utilizado, estudou-se a dispersão do patógeno a partir de grupos de três, cinco ou sete gotas (RAJASAB e CHAWDA, 1994).

Para cada combinação diâmetro x número de gotas, avaliou-se o gradiente de dispersão de conídios do fungo a partir das fontes de inóculo. Para tanto, utilizaram-se lâminas de vidro, com 2,5 cm de largura, posicionadas em duas direções em relação à fonte de inóculo, nas distâncias de 2,5; 5,0; 7,5; 12,5 e 17,5 cm sobre estrutura de madeira (HUBER et al, 1996). Usaram-se, também, mudas de cebola com 90 dias após a semeadura, cultivadas em vasos de alumínio, uma planta por vaso, posicionadas em duas direções em relação a fonte de inóculo opostas às direções das lâminas, nas distâncias de 7, 14 e 21 cm (Fig. 1C). A base das plantas ficou ao nível da superfície onde incidiram as gotas.

Após a queda das gotas, a lâmina de cada combinação diâmetro x número de gotas x distância foi lavada com 2 mL de água destilada contendo Tween 20 (0,05%), e a suspensão foi imediatamente recolhida, com o auxílio de um funil, em um tubo de ensaio, o qual foi mantido a 4°C para evitar a germinação dos conídios. Determinou-se o número de esporos em cada lâmina com o uso de hemacitômetro, efetuando-se quatro leituras para cada tubo. As mudas de cebola foram mantidas em câmara de a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, por 24 h, e então conduzidas à casa de vegetação. Dez dias após a inoculação, avaliou-se o número de lesões de antracnose nas folhas da planta de cebola em cada distância.

O ensaio foi conduzido em blocos casualizados, no esquema fatorial, com três fontes de inóculo, cinco diâmetros e três números de gotas, com quatro repetições no tempo.

Para se proceder à análise dos dados, o número de esporos/mL (esp) foi transformado para $\log(\text{esp} + 1)$. O gradiente de deposição horizontal de esporos dispersos pelos respingos foi estudado ajustando-se os dados transformados de esp em cada distância a partir da fonte aos modelos linearizados exponencial negativo ou potencial negativo (CAMPBELL e MADDEN, 1990). A seleção do melhor modelo baseou-se na observação dos gráficos de normalidade e distribuição dos resíduos, e nos valores de R^2 . A área abaixo da curva do gradiente de dispersão (AACGD) e a área abaixo da curva do gradiente de infecção (AACGI) (MAFFIA e BERGER, 1999) foram calculadas para cada fonte, diâmetro e número de gotas e comparada estatisticamente. Pelo modelo exponencial calcularam-se, também, os valores de meia distância (\hat{a}), definida como a distância em que o número de esporos decresce pela metade a partir da fonte, onde $\hat{a} = 0,693/b$ (FITT et al., 1992). Todas as análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio do Sistema SAS.

2.2. Efeito de chuvas simuladas na dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*

Esse ensaio foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica do DEA/UFV, em casa-de-vegetação e no Laboratório de Epidemiologia do DFP/UFV, em fevereiro de 2001.

O isolado do fungo e as fontes de inóculo foram obtidos da forma descrita para o experimento anterior (2.1).

Utilizou-se um simulador de chuvas desenvolvido por ALVES SOBRINHO (1997), operando a 32,75 kPa de pressão e a 2,4 m de altura da superfície onde foram colocadas as fontes de inóculo, as quais foram submetidas a cinco intensidades de precipitação (32, 50, 72, 90 ou 105 mm h⁻¹), com os valores de energia cinética por milímetro de lâmina aplicada, correspondentes a 16,24, 16,62, 17,42, 17,87 e 18,34 J.m⁻², respectivamente (Fig. 1D). Tais intensidades foram selecionadas em função de já se conhecer a distribuição do diâmetro médio das gotas em cada uma delas e, conseqüentemente, a energia

cinética da mesmas (AMORIM, 2001). O tempo de exposição das diferentes fontes à chuva foi de 5 min (NTAHIMPERA et al., 1997; WILLIAMS et al., 1998). Como o simulador de chuva produz uma intensidade fixa e uniforme de precipitação sobre uma área central de 1,0 x 0,7m, cada tipo de fonte de inóculo foi mantida no centro desta área sobre um suporte de madeira coberto com serragem (Fig. 1E), para representar a superfície do campo (HUBER et al., 1997; FITT et al., 1992).

As fontes consistiram de 70 gramas de resto de cultura, 15 colônias esporulantes do fungo retiradas de placas de Petri de 9 cm de diâmetro e uma caixa gerbox com 25 plantas doentes de cebola, com as folhas eretas, as quais foram transplantadas no mesmo dia da montagem do experimento, ocupando a área de 20 x 20 cm.

Em cada intensidade de chuva, avaliou-se a distância de dispersão de conídios do fungo a partir de cada uma das fontes de inóculo. Para tanto, como armadilhas de esporos utilizaram-se fundos de placas de Petri, com 9 cm de diâmetro, colocados em linha horizontal sobre o suporte de madeira, dispostos em duas direções em relação à fonte de inóculo até a distância de 0,6 m a partir da fonte (HUBER et al., 1996). A água coletada em cada placa foi transferida, com o auxílio de um funil, para um tubo de ensaio com tampa rosqueável. Cada tubo foi mantido a 4°C até que se determinasse o número de esporos/mL de suspensão com o auxílio de hemacitômetro. Para cada tubo, efetuaram-se quatro leituras.

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial, com cinco intensidades de chuva, três fontes de inóculo e quatro repetições. A análise dos dados seguiu o mesmo procedimento descrito em 2.1.

2.3. Gradiente de dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides* e da antracnose foliar da cebola em condições de campo

Os ensaios foram instalados no campo, em uma área livre da doença, localizada no Município de Teixeira, a 20°34'92'' de latitude Sul e a 42°51'64'' de longitude Oeste (Fig. 1F). Os ensaios foram conduzidos em duas épocas: a de abril a agosto e a de junho a outubro de 2000.

A produção de mudas, o plantio e a adubação seguiram os procedimentos adotados pelos cebolicultores da região de Guidoal. Utilizaram-se mudas de cebola de 'Texas Early Grano 502', produzidas em local livre da doença a partir de sementes fiscalizadas, semeadas a lanço. As mudas foram transplantadas para o campo, aos 68 dias da semeadura no primeiro ensaio, e aos 58 dias no segundo ensaio, no espaçamento de 7 cm entre plantas na linha e 25 cm entre linhas. Após o transplante, efetuou-se aplicação dos fungicidas Prochloraz (450 gr/l) (Sportac 450 CE) e Azoxystrobin (500 gr/l) (Amistar 500 WG) somente até a introdução das fontes de inóculo, enquanto os demais tratamentos culturais foram os mesmos utilizados em lavouras comerciais. Aplicaram-se os inseticidas Parathion Methyl (60%) (Folidol 600) e Deltamethrin (25 g/l) (Decis 25 CE), e o herbicida Oxadiazon (250 gr/l) (Ronstar 250 BR).

Em função de a distância alcançada por conídios de *C. gloeosporioides* ser em torno de 2 m (MADDEN et al., 1996; MADDEN e BOUDREAU, 1997), cada parcela teve área de 4 x 4 m (16 m²), distanciadas entre si por 2 m, em ambos os ensaios.

O isolado de *C. gloeosporioides* e a produção das fontes de inóculo foram os mesmos descritos em 2.1. Com os diferentes materiais inoculados, estabeleceu-se uma fonte de inóculo do tipo ponto, a qual foi instalada no centro de cada parcela, ocupando a área de 25 x 25 cm. No primeiro ensaio, as fontes foram meio de cultura com esporulação do fungo retirados de nove placas de Petri (Fig. 1G), restos de cultura infestados (Fig. 1H), o suficiente para cobrir o fundo de nove placas de Petri, e nove plantas doentes de cebola (com 142 dias após semeadura) apresentando sinais do patógeno (Fig. 1I). No segundo ensaio,

utilizaram-se meios de cultura com esporulação, retirados de 20 placas de Petri, 20 mudas (com 84 dias após semeadura) com sinais do patógeno e 70 gramas de resto de cultura infestados, equivalendo à quantidade necessária para completar 20 placas de Petri.

No primeiro ensaio, as fontes foram introduzidas no dia 25/05/2000 e se procurou avaliar a intensidade de doença semanalmente após a introdução das fontes. No segundo ensaio, as fontes foram introduzidas nos dias 24/07, 15/08 e 11/09/2000. Avaliaram-se os gradientes de dispersão no dia da introdução das fontes e 3 dias depois, sempre após uma irrigação. A irrigação foi otimizada conforme a área ocupada pelo experimento, irrigando-se de 3 em 3 dias, deslocando-se a linha de aspersores por cinco posições nos intervalos entre blocos, de forma a garantir maior uniformidade de irrigação. Os aspersores (AGROPOLO[®] n^o12) permaneceram ligados por 5 minutos em cada posição, permitindo que fosse aplicada uma lâmina média de 3 mm em toda a área experimental.

Procurou-se avaliar o gradiente de doença em quatro direções, a partir da fonte de inóculo. Para tanto, quantificou-se, semanalmente, a incidência de antracnose nas plantas de cebola situadas a 0-0,25; 0,26-0,50; 0,51-0,75; 0,76-1,00; 1,01-1,25; 1,26-1,50 e 1,51-1,75 m de distância da fonte.

O gradiente de dispersão foi avaliado em quatro direções para meio de cultura e em duas direções para plantas doentes e restos de cultura. Assim, no dia da introdução das fontes e 3 dias após, dispuseram-se armadilhas, constituídas por fundos de placas de Petri de 9 cm de diâmetro, em linha reta a partir da fonte até à distância de 0,5 m. Após a irrigação, a água coletada em cada distância foi transferida, com o auxílio de um funil, para um tubo de ensaio com tampa rosqueável. Após a coleta, os tubos foram mantidos a 4°C, até que fosse determinado o número de esporos/mL com o auxílio de hemacitômetro (quatro leituras/tubo).

Registraram-se os valores de temperatura, umidade relativa, precipitação pluviométrica e vento (intensidade e direção), por meio de um coletor automático de dados (CR10 Datalogger, Campbell Scientific, Inc.).

O primeiro ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos (fontes de inóculo) e três repetições. Instalaram-se, também, duas parcelas sem fontes de inóculo, para avaliar a possível movimentação de inóculo na área. O segundo ensaio foi conduzido em blocos ao acaso, com três tratamentos (fontes de inóculo) e quatro repetições, além de quatro parcelas sem fontes de inóculo. A análise dos dados seguiu o mesmo procedimento descrito em 2.1.

3. RESULTADOS

3.1. Efeito de diferentes número de gotas de diferentes diâmetros na dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*

Ocorreu dispersão de conídios de *C. gloeosporioides* por meio de gotas de água. Obteve-se melhor ajuste aos dados de dispersão de conídios com a forma linearizada do modelo exponencial. Entretanto, neste ensaio, o ajuste de modelos só foi possível para os dados obtidos a partir da fonte de inóculo meio de cultura, em vista do baixo número de esporos coletados a partir das outras fontes e da variabilidade na coleta dos esporos. Mesmo com meio de cultura, não se detectaram respingos para as gotas de 2 mm de diâmetro e, como consequência, não se obteve dispersão de esporos. Portanto, apresentar-se-ão apenas os resultados obtidos com o gradiente a partir de meio de cultura e com os diâmetros de gotas superiores a 3 mm (Quadro 1).

Com os diferentes números de gotas, obtiveram-se valores similares de a . Por meio do intervalo de confiança ($P=0,05$), somente houve diferença entre os valores de b gerados a partir do menor e do maior diâmetro de gotas. Entretanto, com o aumento do diâmetro das gotas, houve tendência de aumento nos valores de a . Diferenças significativas também não foram observadas quanto aos valores de b , apesar de o gradiente de dispersão tender a ser mais inclinado, com o

Quadro 1 - Valores de eficiência da fonte [ln(a)], inclinações do gradiente de dispersão (b), meias distâncias (á) e coeficientes de determinação (R²) dos gradientes de dispersão de esporos de *Colletotrichum gloeosporioides* estimados com o modelo exponencial linearizado¹ para a fonte meio de cultura²

Diâmetro das gotas (mm)	Número de Gotas											
	3				4				5			
	ln (a)	b	á	R ²	ln (a)	b	á	R ²	ln (a)	b	á	R ²
3	8,11	-0,564	1,23	0,63	8,16	-0,568	1,22	0,64	8,46	-0,586	1,18	0,63
4	10,27	-0,676	1,02	0,71	10,27	-0,675	1,03	0,70	11,33	-0,705	0,98	0,71
5	11,95	-0,752	0,92	0,75	11,67	-0,750	0,92	0,73	13,24	-0,726	0,95	0,79
6	12,43	-0,778	0,89	0,76	12,18	-0,771	0,90	0,77	13,19	-0,704	0,98	0,78

¹ $\ln(y+1) = \ln(a) - bd$, onde y=esporos/mL e d= distância (cm).

² um disco de meio aveia-água com esporulação do fungo com 1,5 cm de diâmetro.

aumento do diâmetro de gotas. Os valores de á foram similares para os diferentes números de gotas e tiveram tendência de diminuir com o aumento do diâmetro de gotas.

Pela análise de variância dos valores da área abaixo da curva do gradiente de dispersão (AACGD), detectou-se diferença significativa entre as fontes de inóculo (P<0,0001), entre os diâmetros de gotas (P<0,0001) (Fig. 2), entre os números de gotas (P<0,0001), e interação significativa entre fonte x diâmetro de gotas (P<0,0001) e fonte x número de gotas (P<0,0001) (Fig. 3). Estabeleceram-se curvas de regressão linear entre os valores de AACGD e diâmetro (Fig. 4) e AACGD e número de gotas e, como esta última regressão não foi significativa, não será apresentada.

Os valores da área abaixo da curva do gradiente de infecção (AACGI) considerando o número de lesões observadas nas mudas de cebola, foi maior para

fonte meio de cultura seguida das fontes folha e restos de cultura, tanto para o efeito do diâmetro de gotas (Fig. 5) como para o número de gotas (Fig. 6).

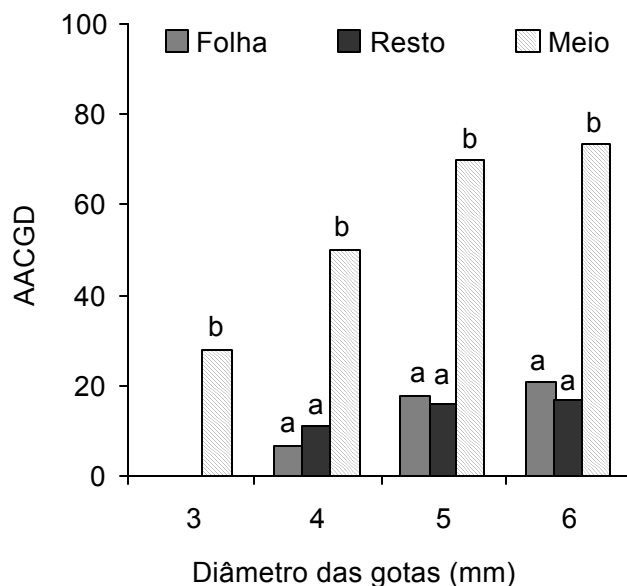


Figura 2 - Valores médios de área abaixo da curva do gradiente de dispersão (AACGD) para as três fontes de inóculo de *Colletotrichum gloeosporioides*, com cada diâmetro de gota. Para cada diâmetro, as barras com as mesmas letras não diferiram entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

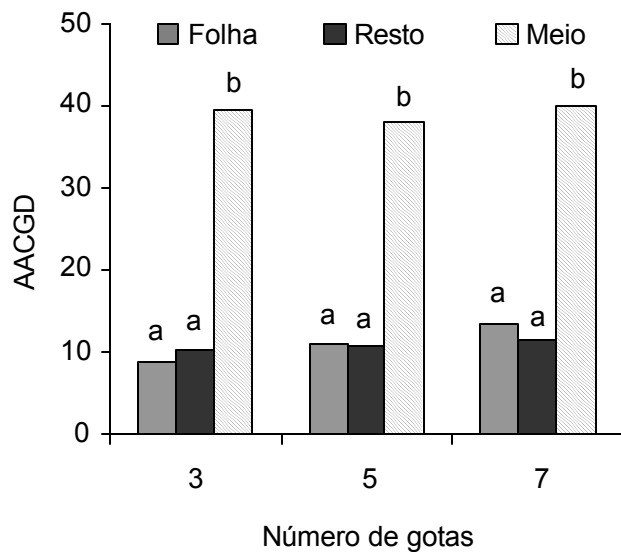


Figura 3 - Valores médios de área abaixo da curva do gradiente de dispersão (AACGD) para as três fontes de inóculo de *Colletotrichum*

gloeosporioides, com cada grupo de gotas. Para cada número, as barras com as mesmas letras não diferiram entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

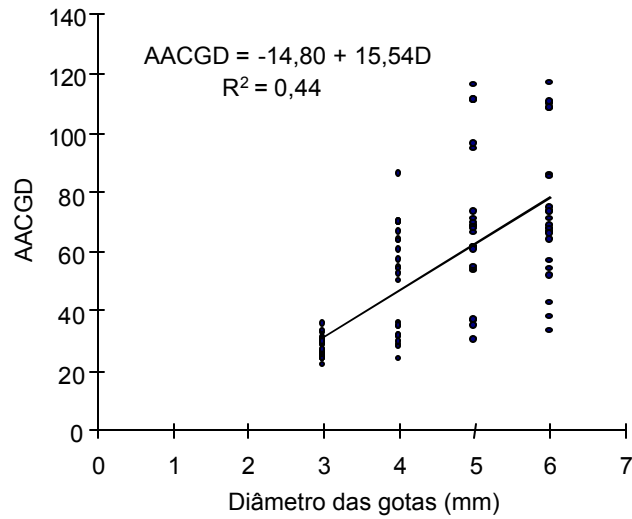


Figura 4 - Linha de regressão linear entre área abaixo da curva de gradiente de dispersão (AACGD) de *Colletotrichum gloeosporioides* e o diâmetro (D) das gotas (mm), com a fonte meio de cultura.

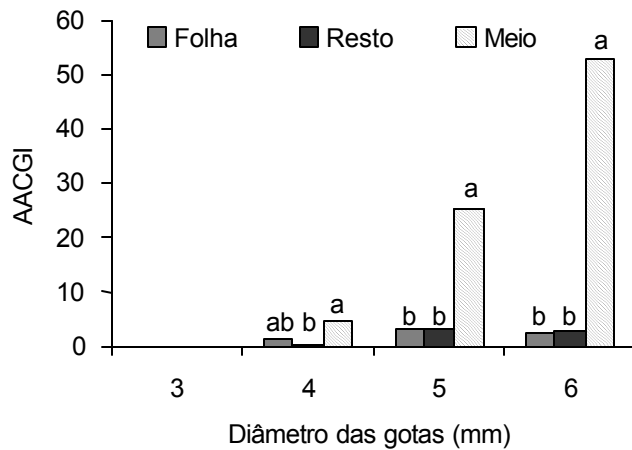


Figura 5 - Valores médios de área abaixo da curva do gradiente de infecção (AACGI) para as três fontes de inóculo de *Colletotrichum gloeosporioides*, com cada diâmetro de gota.

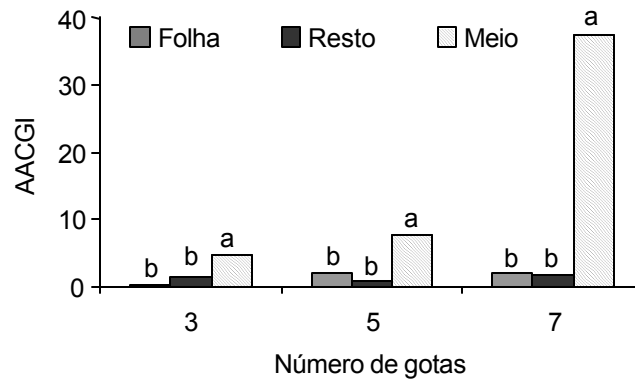


Figura 6 - Valores médios de área abaixo da curva do gradiente de infecção (AACGI) para as três fontes de inóculo de *Colletotrichum gloeosporioides*, com cada grupo de gotas.

3.2. Efeito de chuvas simuladas na dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*

Similarmente ao observado no experimento de gotas, ocorreu dispersão de conídios de *C. gloeosporioides* por meio da chuva simulada. Obteve-se melhor ajuste aos dados de dispersão de conídios com a forma linearizada do modelo exponencial, para as três fontes de inóculo (Quadro 2).

Para as três fontes, quanto aos valores de *a*, não houve diferença entre as intensidades de chuva simuladas, por meio do intervalo de confiança ($P=0,05$). A fonte meio de cultura diferiu das fontes plantas doentes e restos de cultura, enquanto estas duas últimas não diferiram entre si. Entretanto, com o aumento na intensidade das chuvas, houve tendência de aumento nos valores de *a*. Quanto aos valores de *b*, diferenças significativas não foram observadas entre as três fontes, apesar de o gradiente de dispersão tender a ser mais inclinado, para a fonte meio de cultura, com o aumento nas intensidades de chuva. Os valores de *a* foram similares para as diferentes intensidades estudadas, principalmente com as fontes restos de cultura e plantas doentes.

Quadro 2 - Valores de eficiência da fonte [ln(a)], inclinações do gradiente de dispersão (b), meias distâncias (á) e coeficientes de determinação (R²) dos gradientes de dispersão de esporos de *Colletotrichum gloeosporioides* estimados com o modelo exponencial linearizado¹ para as fontes meio de cultura², plantas doentes³ e restos de cultura⁴

Intensidades (mm h ⁻¹)	Fontes de Inóculo											
	Meio de Cultura				Plantas Doentes				Restos de Cultura			
	ln (a)	b	á	R ²	ln (a)	b	á	R ²	ln (a)	b	á	R ²
32	12,98	-0,139	4,98	0,67	7,40	-0,149	4,65	0,68	8,25	-0,167	4,15	0,71
50	13,03	-0,095	7,30	0,88	8,60	-0,167	4,15	0,73	9,26	-0,179	3,87	0,74
72	12,67	-0,083	8,35	0,86	9,45	-0,177	3,92	0,77	10,25	-0,187	3,71	0,79
90	13,43	-0,095	7,30	0,90	9,77	-0,181	3,83	0,79	10,38	-0,180	3,85	0,77
105	13,67	-0,091	7,62	0,76	9,61	-0,180	3,85	0,77	10,19	-0,182	3,81	0,74

¹ $\ln(y+1) = \ln(a) - bd$, onde y=esporos/mL e d= distância (cm).

² 15 colônias do fungo em meio aveia-ágar com esporulação.

³ 25 plantas de cebola apresentando sinais do patógeno.

⁴ 70 gramas de folhas secas de cebola com acérvulos.

Pela análise de variância dos valores de AACGD, detectou-se diferença significativa entre as fontes de inóculo ($P < 0,0001$) (Fig. 7), e entre as intensidades de chuvas simuladas ($P < 0,0001$). Apesar de a interação fonte x intensidade não ter sido significativa, estabeleceram-se curvas de regressão linear entre os valores de AACGD e intensidade de chuva, para cada fonte (Fig. 8).

3.3. Gradiente de dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides* e da antracnose foliar da cebola em condições de campo

Nos dois ensaios conduzidos em condições de campo, ocorreu dispersão do inóculo de *C. gloeosporioides* em qualquer estágio de desenvolvimento da cultura. Durante as primeiras 24 horas após a introdução das fontes de inóculo, a

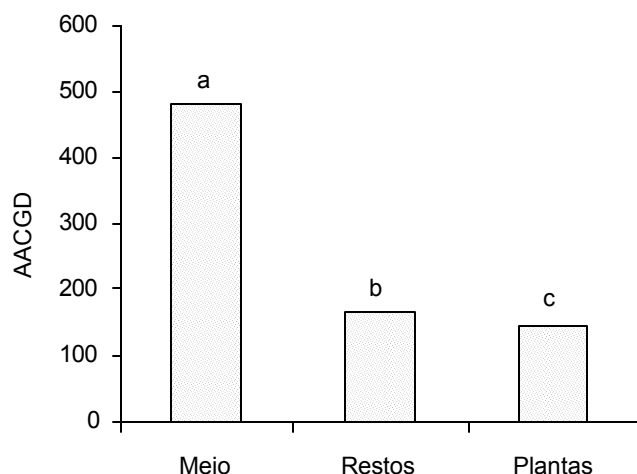


Figura 7 - Valores médios da área abaixo da curva do gradiente de dispersão (AACGD) para as três fontes de inóculo de *Colletotrichum gloeosporioides* com as cinco intensidades das chuvas simuladas. As barras com as mesmas letras não diferiram entre si pelo teste de Tukey ($P = 0,05$).

temperatura média no primeiro ensaio foi $16,7^{\circ}\text{C}$ e no segundo ensaio foi $16,6^{\circ}\text{C}$, $16,4^{\circ}\text{C}$ e $19,6^{\circ}\text{C}$ respectivamente, em três épocas de introdução. O valor de umidade relativa média no primeiro ensaio foi 85,0% e no segundo ensaio foi 90,3%, 76,0% e 83,0%, respectivamente, em três épocas de introdução. A velocidade do vento foi similar durante o período de irrigação, nas três épocas no segundo ensaio, com média de 1,81 m/s, 1,94 m/s e 1,29 m/s, respectivamente.

Em condições de campo, também ocorreu dispersão de conídios de *C. gloeosporioides* por meio da irrigação. Obteve-se melhor ajuste dos dados de dispersão de conídios com a forma linearizada do modelo exponencial, para as três fontes de inóculo, nas três épocas em que as fontes foram introduzidas no experimento (Quadro 3).

Por meio do intervalo de confiança ($P=0,05$), para as três fontes, quanto aos valores de a , não houve diferença entre as épocas de inoculação, porém houve diferença entre a fonte meio de cultura e as fontes plantas doentes e restos

24/0 7	1	13,65	-	2,46	0,86	9,26	-	3,40	0,68	8,12	-0,191	3,63	0,67
			0,282				0,204						
	2	14,05	-	2,50	0,83	7,63	-	3,85	0,68	7,01	-0,168	4,13	0,61
			0,277				0,180						
15/0 8	1	13,91	-	2,29	0,73	*	*	*	*	9,91	-0,234	2,96	0,70
			0,302										
	2	13,86	-	2,79	0,61	*	*	*	*	9,84	-0,230	3,01	0,69
			0,248										
	3	13,49	-	2,77	0,49	*	*	*	*	*	*	*	*
			0,250										
	4	13,73	-	2,27	0,81	*	*	*	*	*	*	*	*
			0,305										
11/0 9	1	13,63	-	2,39	0,74	*	-	3,75	0,61	8,51	-0,212	3,27	0,67
			0,290				0,185						
	2	14,30	-	2,28	0,90	*	-	3,55	0,64	8,34	-0,239	2,90	0,78
			0,304				0,195						
	3	13,87	-	2,56	0,61	*	*	*	*	*	*	*	*
			0,271										
	4	12,54	-	2,85	0,59	*	*	*	*	*	*	*	*
			0,243										

¹ $\ln(y+1) = \ln(a) - bd$, onde y =esporos/mL e d = distância (cm).

² 20 colônias do fungo em meio aveia-ágar com esporulação.

³ 20 plantas de cebola apresentando sinais do patógeno.

⁴ 70 gramas de folhas de cebola com sinais do patógeno.

* a fonte não estava disponível ou não foi detectada a liberação de esporos.

de cultura, sendo que estas duas últimas não diferiram entre si. Quanto aos valores de b , diferenças significativas também não foram observadas entre as épocas e entre as fontes de inóculo. Entretanto, o gradiente de dispersão tendeu a ser mais inclinado para a fonte meio de cultura. Os valores de a foram similares para as três épocas, sendo maior com as fontes restos de cultura e plantas doentes.

Pela análise de variância dos valores de AACGD, detectou-se diferença significativa entre as fontes de inóculo ($P < 0,0001$) (Fig. 9).

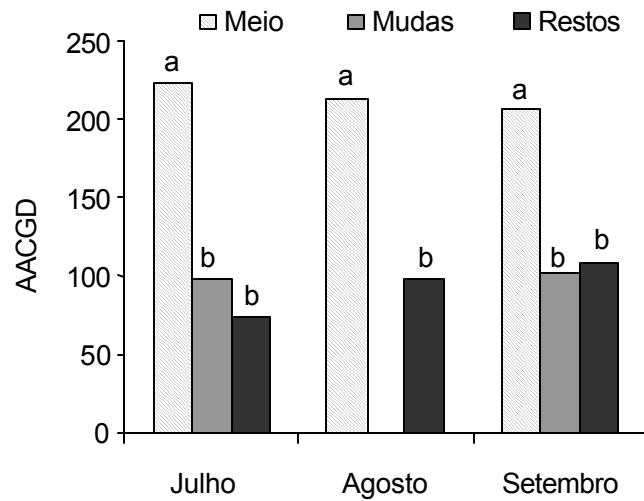


Figura 9 - Valores médios de área abaixo da curva do gradiente de dispersão (AACGD) para as três fontes de inóculo nas três épocas de introdução de inóculo de *Colletotrichum gloeosporioides* no campo. No mês de agosto, a fonte plantas doentes não apresentava acérvulos do patógeno e não foi considerada.

4. DISCUSSÃO

4.1. Efeito do número de gotas de diferentes diâmetros na dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*

Colletotrichum gloeosporioides foi eficientemente disperso por gotas de água, o que se esperava, pois os conídios do patógeno são produzidos em acérvulos e envoltos por mucilagem, o que torna este patógeno dependente da água para sua dispersão (BOFF, 1993; MADDEN et al., 1993; CHAWDA e RAJASAB, 1996; NTAHIMPERA et al., 1998).

No presente trabalho, com gotas de 2 mm de diâmetro, independente do número, não se produziram respingos para dispersar conídios do fungo a partir das fontes. No entanto, há registros de que gotas de diâmetro inferior a 3 mm produziram respingos associados à dispersão de esporos de *C. acutatum* (REYNOLDS et al., 1987; YANG et al., 1992). Com gotas isoladas, de diâmetro igual ou superior a 3 mm, houve remoção de conídios das fontes por meio dos respingos produzidos, dispersando os conídios a curtas distâncias a partir do ponto de impacto, comprovando resultados já obtidos (FITT e LYSANDROU, 1984; YANG et al., 1990a). Estes autores também verificaram que os diâmetros de gotas mais eficientes na dispersão de conídios estão entre 4 e 5 mm. No presente trabalho, gotas de 4 a 6 mm foram eficientes na dispersão de *C. gloeosporioides*. Apesar de o diâmetro de 6 mm ter sido eficiente na dispersão

de conídios, gotas com este diâmetro não são freqüentemente estudadas, por serem raramente encontrados em chuvas naturais. Porém este diâmetro de gota é comum em irrigação por aspersão (REYNOLDS et al., 1989; HUBER et al., 1997), o que normalmente ocorre nas condições de Guidoal e Guiricema.

Observaram-se diferenças entre os gradientes de dispersão de *C. gloeosporioides*, pois vários fatores afetam a dispersão por água, como o diâmetro das gotas, a velocidade no momento do impacto, a tensão superficial e a espessura da lâmina de água na superfície do hospedeiro (FITT et al., 1989; WALKLATE et al., 1989; MADDEN, 1997).

O gradiente de dispersão foi melhor descrito pelo modelo exponencial linearizado, o qual tem sido usado com sucesso para experimentos com gotas e chuvas simuladas (MADDEN, 1992). Em termos físicos, o modelo exponencial tem sido melhor para descrever a dispersão de partículas que decrescem sua concentração com a distância a partir do ponto de localização da fonte, o que normalmente tem sido verificado com patógenos transportados por gotas e respingos de água da chuva (GROVE et al., 1985; FITT et al., 1988; FITT et al., 1992; MADDEN et al., 1993). Assim, a evidente dependência da água para dispersão de *C. gloeosporioides* explica o melhor ajuste do modelo exponencial. Em geral, e nas condições de ar parado do presente ensaio, o gradiente de deposição foi bastante inclinado, o que já é esperado para patógenos dispersos pela água (MADDEN et al., 1992).

O ajuste de modelos de gradientes não foi possível para as fontes plantas e restos de cultura, em vista do número baixo e variável de esporos detectados nas distâncias avaliadas. Nessas fontes, os acérvulos existentes eram em menor número que na fonte meio de cultura e, portanto, o número de esporos disponíveis para dispersão também era menor.

O número de gotas que incidiu sobre o meio de cultura não afetou os valores de a , parâmetro relacionado à eficiência da fonte, resultado similar ao obtido com *Phytophthora palmivora* em citros (TIMMER et al., 2000). No entanto, em outras condições, o número de gotas afetou a dispersão de esporos (GROVE et al., 1985; REYNOLDS et al., 1989; FITT e LYSANDROU, 1984).

Para *C. gloeosporioides*, as primeiras três ou cinco gotas promoveram a liberação de conídios das lesões de antracnose em folhas de cebola e, com o aumento no número de gotas, a liberação declinou rapidamente (RAJASAB e CHAWDA, 1994), fato similar ao verificado com urediniosporos de *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* e *P. striiformis* (GEAGEA et al., 1999). Tal fato ocorre face ao esgotamento da fonte. O diâmetro das gotas empregados por estes últimos autores situou-se entre 2 e 5 mm. No presente trabalho, se a amplitude do número de gotas testado fosse maior, provavelmente diferenças seriam detectadas.

Com o aumento no diâmetro das gotas, a eficiência das fontes aumentou, notadamente com a fonte meio de cultura, em vista da maior concentração de conídios. Explica-se o aumento nos valores de a com o aumento no diâmetro das gotas em vista da maior energia cinética das gotas e à maior capacidade de liberação de conídios da fonte (GROVE et al., 1985; REYNOLDS et al., 1989; YANG et al., 1992).

O parâmetro b , relacionado à inclinação do gradiente, é geralmente utilizado na comparação de diferentes curvas de deposição de esporos (GREGORY, 1968). O número de gotas que incidiu na fonte não afetou o valor de b e, conseqüentemente, a distância alcançada pelos esporos. Novamente, se o número de gotas fosse maior, talvez se detectassem diferenças em b . Por outro lado, o gradiente de dispersão foi mais inclinado com o aumento do diâmetro das gotas, o que provavelmente ocorreu pelo maior volume de água acumulado nas lâminas de microscopia situadas próximo à fonte, nos maiores diâmetros. Porém, ocorreu dispersão de conídios mesmo para as lâminas mais afastadas da fonte, pois os respingos, embora em menor número, dispersaram massas de conídios, o que contribuiu para a similaridade dos valores de b . Os resultados aqui obtidos confirmam estudos anteriores (REYNOLDS et al., 1989; YANG et al., 1992; GEAGEA et al., 1999), nos quais verificou-se maior eficiência na dispersão com o aumento do diâmetro das gotas, pelo aumento na energia cinética das gotas associada à altura de queda. No presente trabalho, gotas com 2 mm de diâmetro não dispersaram conídios, provavelmente pela energia cinética das mesmas ser insuficiente para formar respingos e remover esporos da fonte. Porém, gotas com

este diâmetro, presentes em chuvas naturais, são importantes para umedecer a superfície das fontes e colocar o inóculo em suspensão, como já observado (REYNOLDS et al., 1987; YANG et al., 1992). Já as gotas com diâmetro superior a 3 mm são importantes na dispersão inicial do inóculo, embora em chuvas naturais gotas de maior diâmetro sejam mais raras (FITT et al., 1989).

A meia-distância, \bar{a} , distância em relação a fonte na qual o número de esporos decresce pela metade, e que normalmente está entre 5-15 cm para avaliação de respingos (FITT et al., 1988; 1992), não diferiu em função do número de gotas. Porém, foi menor com o aumento do diâmetro das gotas, pois a maioria dos esporos concentrou-se próximo à fonte com as gotas de maior diâmetro. A tendência de \bar{a} acompanhou a do parâmetro b, o que se esperava, pois os valores de \bar{a} são calculados em função dos valores de b (FITT et al., 1992).

Maior valor de AACGD foi obtido com a fonte meio de cultura, o que comprova a maior eficiência desta fonte, em vista do grande número de conídios facilmente removidos pelas gotas. As fontes restos de cultura e folhas foram menos eficientes, pois apresentavam apenas uma lesão por fragmento de folha, entretanto, não diferiram entre si. Possivelmente, estas fontes são similares quanto às características físicas, pois mesmo em folhas verdes, a lesão de antracnose sempre estava seca, bastante similar àquelas encontradas nas folhas totalmente secas, que foram utilizadas como restos. Com estes resultados, pode-se considerar que restos de cultura sejam tão importantes como plantas doentes, como fontes de inóculo de *C. gloeosporioides* e quanto à dispersão de conídios do patógeno. Para todas as fontes, a AACGD aumentou com o diâmetro e número das gotas que incidiram sobre a fonte, em vista do maior número de respingos formados e maior distância alcançada por respingos carregando esporos, em torno de 12,5 cm a partir da fonte. Deve-se salientar que conídios foram dispersos geralmente em massas, o que possibilitou sua detecção em distâncias maiores, com a metodologia usada neste trabalho, fato também verificado anteriormente (GEAGEA et al., 1999). Os mecanismos de dispersão normalmente são afetados por mudanças na textura, inclinação e flexibilidade das

folhas (FITT et al., 1992), bem como pelas características da microtopografia da cutícula e geometria das folhas (MADDEN, 1997). Embora as fontes utilizadas no presente estudo apresentassem características físicas diferentes, não foi possível detectar diferenças entre elas quanto às distâncias atingidas pelos respingos.

4.2. Efeito de chuvas simuladas na dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides*

Similarmente ao ocorrido com gotas, as chuvas simuladas dispersaram eficientemente os conídios de *C. gloeosporioides* e, da mesma forma, o gradiente de dispersão, a partir das três fontes de inóculo, foi melhor descrito pelo modelo exponencial linearizado, fato já verificado em estudos similares (FITT et al., 1989; YANG et al., 1990b).

Neste experimento, não houve efeito significativo da intensidade de chuva na dispersão de esporos, o que concorda, em parte, com resultados já obtidos (REYNOLDS et al., 1987; GARCIA e FITT, 1993; WILLIAMS et al., 1998). Deve-se salientar que, no presente experimento, a energia cinética/mm de lâmina aplicada foi próxima entre todas as intensidades de chuva estudadas, em função das características do simulador de chuvas, fato já observado (MADDEN et al., 1998). Maior dispersão de esporos normalmente ocorre com o aumento na intensidade das chuvas (HUBER et al., 1996). Porém, o aumento na intensidade da chuva não necessariamente leva ao aumento na intensidade de doença, mesmo em intensidades mais elevadas, geralmente associadas com gotas maiores, mais eficientes na dispersão, em vista da contínua remoção dos esporos dos possíveis locais de infecção (MADDEN e ELLIS, 1990; YANG et al., 1990a). Assim, em função da similaridade da energia cinética das chuvas simuladas, o parâmetro a do modelo de gradiente não diferiu entre as intensidades estudadas, com as três fontes de inóculo. Quanto a este parâmetro, a fonte meio de cultura foi a mais eficiente na dispersão de conídios, em vista da grande concentração de conídios nesta fonte, prontamente disponíveis para serem dispersos pelas gotas de chuva e

escoamento superficial. As fontes restos de cultura e plantas doentes foram menos eficientes e não diferiram entre si, pois a dispersão a partir de ambas dependeu dos acérvulos do fungo, com menor número de esporos que no meio de cultura.

O parâmetro b do modelo de gradiente foi mais inclinado a partir da fonte meio de cultura que nas outras duas fontes. Provavelmente, pela ação direta dos respingos e maior número de esporos, maior concentração de massas de conídios foi coletada nas armadilhas mais próximas à fonte e ocorreu decréscimo mais acentuado nas distâncias maiores. Com as fontes restos e plantas doentes, o gradiente foi mais achatado, pois apesar de se recolher menor número de conídios em cada uma das distâncias, o número foi mais uniforme em todas as distâncias avaliadas. A inclinação do gradiente foi menor, com as fontes restos de cultura e plantas doentes, com o aumento da intensidade da chuva, pois, nas maiores intensidades, os conídios foram carreados a distâncias maiores pela contínua formação de respingos na superfície. Porém, com a fonte meio de cultura, o gradiente foi mais inclinado com o aumento da intensidade, em vista do grande número de conídios coletados nas primeiras armadilhas a partir da fonte. Similarmente ao observado no experimento com gotas, os valores de meias distâncias seguiram as tendências observadas para os valores das inclinações dos gradientes.

A AACGD foi maior com o aumento na intensidade de chuva simulada. Esta variável depende da eficiência da fonte e da inclinação do gradiente. Como os valores de a aumentaram com o aumento da intensidade de chuva, provavelmente este parâmetro influenciou mais no aumento de AACGD. Situação similar foi observada para as fontes de inóculo, na qual os valores de AACGD cresceram sucessivamente de mudas, para restos e para meio. Acredita-se que, na fonte restos de cultura, o valor de AACGD foi maior que em mudas, pois a disponibilidade de inóculo exposta à chuva simulada ter sido superior nos restos, considerando que formavam uma camada horizontal exposta ao impacto das gotas. Por outro lado, as mudas, com as folhas na vertical, apesar de apresentarem intensa esporulação do fungo, estavam menos sujeitas ao impacto

das gotas da chuva simulada. Em trabalho similar com chuva simulada, quando a fonte de inóculo estava na superfície do solo, ocorreu maior dispersão de conídios de *C. acutatum* do que com a fonte suspensa (REYNOLDS et al., 1987), o que mostra a importância da contínua formação de respingos na dispersão dos esporos, somado ao escoamento superficial como sugerido por MADDEN (1992).

Em estudos anteriores com outros patógenos dependentes da água para dispersão, conídios puderam ser encontrados até a 70 cm da fonte, quando se utilizaram restos de cultura ou folhas de plantas (FITT et al., 1988; FITT et al., 1992). No presente estudo, esporos foram detectados a até 40 cm como das fontes restos de cultura e plantas doentes, e a 60 cm, como da fonte meio de cultura. Para esta última fonte, provavelmente maiores distâncias poderiam ter sido alcançadas, se as condições do simulador de chuva permitissem expor as armadilhas a distâncias maiores.

No presente trabalho, o tempo de duração das chuvas simuladas foi de 5 min, o que foi eficiente para liberação dos conídios. Em trabalhos com morangos infectados com *C. acutatum*, expostos a chuvas simuladas, 5 min foram necessários para começar a esgotar a fonte de inóculo (YANG et al., 1990b). Segundo estas observações, o escoamento ao longo da superfície pode ter mantido constante o fluxo de conídios durante o tempo de exposição das fontes à chuva simulada, ou seja, maior tempo de exposição à chuva seria necessário para começar haver o esgotamento destas fontes.

As condições da superfície onde se encontram as fontes e as armadilhas podem influenciar a dispersão de esporos. No presente trabalho, a superfície sobre a qual as armadilhas de esporos foram dispostas foi serragem, o que procurou simular condições para formação dos respingos encontradas nos cultivos comerciais. Em outro estudo, com *C. acutatum*, maior dispersão de esporos ocorreu com a cobertura de plástico que com a cobertura com palha e valores intermediários para solo descoberto (MADDEN e ELLIS, 1990). Assim, pode-se inferir que as características da superfície na qual desenvolveram-se os ensaios de campo e de chuva simulada influenciaram significativamente o

gradiente de dispersão de esporos, o qual provavelmente teria sido menos inclinado, caso a superfície fosse descoberta.

4.3. Gradiente de dispersão de *Colletotrichum gloeosporioides* e da antracnose foliar da cebola em condições de campo

Nos dois ensaios em condições de campo, não se constatou a antracnose foliar em quaisquer dos estádios de desenvolvimento das plantas de cebola. O desenvolvimento e a disseminação da antracnose são favorecidos pela chuva, umidade relativa alta, e principalmente, por altas temperaturas (BOFF, 1990; HILL, 1995). Nas condições deste trabalho ocorreram baixas temperaturas em condições de campo, principalmente à noite: as temperaturas médias nas primeiras 24 horas após a introdução das fontes foram de 16,6°C, 16,4°C e 19,6°C, respectivamente, para as três épocas de introdução, o que sugere que a temperatura pode ter limitado a ocorrência da doença. As melhores temperaturas para ocorrência e desenvolvimento da antracnose em cebola, estão entre 20 e 30°C, com o ótimo a 25°C (CARNEIRO, 1998). Nos municípios de Guidoal e Guiricema, região produtora de cebola, onde ocorrem epidemias severas da antracnose, o clima é geralmente mais quente e úmido que quando se desenvolveu o experimento e, portanto, as condições são favoráveis à ocorrência de gradientes de infecção.

Como nos dois ensaios anteriores, o gradiente de dispersão foi melhor descrito pelo modelo exponencial linearizado, a partir das três fontes de inóculo, nas três épocas em que as fontes foram introduzidas. Houve dispersão de conídios de *C. gloeosporioides* em todas as direções a partir das fontes, e o número de conídios/mL decresceu rapidamente com o aumento da distância, o que é típico de patógenos dispersos por água. Nas três épocas, não houve diferença na dispersão entre direções provavelmente em vista da baixa velocidade do vento no momento em que se introduziram as fontes, com velocidades médias para as três épocas de 1,81 m/s, 1,94 m/s e 1,29 m/s, respectivamente, o que pode explicar, em parte, a similaridade dos dados obtidos.

Considerando o parâmetro a do modelo de gradiente, a eficiência das fontes foi similar nas três épocas em que foram introduzidas, provavelmente porque a metodologia para sua produção foi idêntica nas três épocas. Como anteriormente, a fonte meio de cultura foi mais eficiente que as fontes restos de cultura e plantas doentes, pois apresentava conídios em abundância e de mais fácil dispersão pelas gotas. Com a produção artificial dos restos de cultura utilizados como fonte de inóculo, ocorreu maior uniformidade na quantidade de esporos por unidade de peso seco, pois as plantas foram inoculadas com a mesma concentração de inóculo e mantidas nas mesmas condições de ambiente, situação salientada por FREITAS et al. (1998). Assim, a fonte restos de cultura foi mais eficiente que plantas doentes nas duas últimas épocas, provavelmente pelo maior número de acérvulos do patógeno.

As três fontes foram similares quanto à distância atingida pelos conídios a partir das mesmas, pois o número de conídios encontrados em cada distância, para as fontes restos e plantas doentes foram suficientes para diminuir a declividade do gradiente e torná-lo similar ao obtido com o meio de cultura. No entanto, para a fonte meio de cultura, o gradiente foi mais inclinado, provavelmente pelo fato já discutido anteriormente. Similarmente, os valores de a também foram menores com a fonte meio de cultura.

Nas três épocas de introdução das fontes, as plantas estavam com 90, 112 e 139 dias após a semeadura, respectivamente. Entretanto, a idade das plantas não influenciou no gradiente de dispersão de conídios, apesar de, na última época, as plantas estarem mais enfolhadas. As armadilhas foram colocadas horizontalmente nos espaços entre as linhas de plantio. Assim, provavelmente, apesar de o índice de área foliar ter sido maior, a folhagem foi insuficiente para cobrir o espaço interlinhas e exercer barreira à dispersão de conídios, fato já observado anteriormente (BOUDREAU e MADDEN, 1995). Como plantas de cebola são suscetíveis à antracnose,

independente da idade (HADDAD et al., 1999), a presença de restos no campo entre as linhas de plantio pode representar perigo potencial para a disseminação da antracnose foliar no campo, durante toda a safra.

Maior AACGD foi obtida com a fonte meio de cultura, em vista da evidente maior concentração e conseqüente maior liberação de conídios a partir desta fonte. Por outro lado, os valores de AACGD das fontes plantas doentes e restos de culturas não diferiram entre si. Estas duas fontes dependiam dos acérvulos existentes, os quais estavam em número superior e com maior esporulação nas plantas doentes. Porém, considerando-se a exposição dos acérvulos, na horizontal para restos, e na vertical para plantas, pode ter ocorrido compensação quanto à eficiência das duas fontes.

Independente do experimento desenvolvido, os parâmetros do modelo de gradiente utilizado apresentaram valores similares para cada fonte. Nos três experimentos, a fonte meio de cultura foi a mais eficiente e proporcionou gradiente mais inclinado que as fontes restos de cultura e plantas doentes. Com as três fontes, a tendência observada foi a de acúmulo maior de esporos junto à fonte, o que conseqüentemente, resultou em valores baixos para meias distâncias, tendência esperada para patógenos dispersos por água. Obteve-se maior valor de AACGD com a fonte meio de cultura, o que comprova a eficiência desta fonte, em vista do grande número de conídios facilmente removidos pela água.

De acordo com os resultados obtidos, foi possível verificar a importância dos restos culturais, com eficiência similar como fontes de inóculo à de plantas doentes. Assim, torna-se necessário buscar estratégias que visem o melhor manejo das áreas de cultivo, pois os esporos do fungo podem permanecer viáveis sobre folhas secas de cebola por cerca de quatro meses (CHAWDA e RAJASAB, 1992; MOREIRA, 2000). Primariamente, é importante eliminarem-se os restos de cultura (por remoção, enterrio e, ou, destruição) e se utilizarem mudas sadias para transplântio. A rotação com uma cultura não suscetível ao patógeno, no qual os restos possam servir como cobertura morta e sejam decompostos até o próximo plantio de cebola, também é recomendável. Por outro lado, assim que a

doença surja na lavoura, devem-se eliminar plantas doentes, para reduzir a possibilidade de contaminação das plantas vizinhas. Assim, práticas de saneamento são imprescindíveis para o manejo da antracnose foliar da cebola.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Em alguns municípios da Zona da Mata de Minas Gerais, a cebolicultura é uma das principais atividades econômicas e, tradicionalmente, em Guidoal e Guiricema, cultiva-se a cebola em pequenas propriedades, utilizando-se mão-de-obra familiar e meeiros. Nesta região, uma das doenças mais importantes da cebola é a antracnose foliar, causada por *C. gloeosporioides*, que pode ocasionar perdas de até 90% da produção.

Apesar da importância da doença, pouco é conhecido sobre seu progresso e disseminação. O progresso foi estudado recentemente, porém, não há informações sobre a dispersão do patógeno nas condições do Brasil. Considerando a importância da água na disseminação de doenças, principalmente antracnoses, este estudo objetivou analisar o gradiente de dispersão de conídios de *C. gloeosporioides* por respingos de água e verificar a importância de restos de cultura infestados como fonte de inóculo.

Os gradientes de dispersão do patógeno, a partir de três fontes de inóculo (colônias de fungo esporulando em aveia-ágar, restos de cultura de plantas doentes ou plantas doentes com acérvulos), foram comparados em três experimentos: i – 3, 5 ou 7 gotas de água de 2, 3, 4, 5 ou 6 mm de diâmetro foram produzidas a 2,5 m de altura e deixadas cair sobre cada fonte. Respingos carreando esporos foram coletados em lâminas de microscópio posicionadas em linha reta, na horizontal, nas distâncias de 2,5 a 17,5 cm e em mudas de cebola nas distâncias de 7 a 21 cm a partir de cada fonte; ii – com um simulador de chuvas, operando a 32,75 kPa de pressão por 5 min, produziram-se intensidades de chuva de 32, 50, 72, 90 ou 105 mmh⁻¹, sobre cada fonte. Os respingos de água carreando esporos foram coletados em fundos de placas de Petri posicionados em linha reta, na horizontal, nas distâncias de 10 a 60 cm a partir da fonte; iii – sob condições de campo, parcelas de cebola foram irrigadas e a água carreando esporos foi coletada como em “ii”, mas em distâncias de 10 a 50 cm a partir da fonte. Para cada experimento, o número de esporos na suspensão resultante foi determinado com um hemacitômetro. O experimento “i” foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso e os “ii” e “iii” em inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Os modelos potencial e exponencial, na sua forma linearizada, foram ajustados aos dados e as áreas sobre as curvas dos gradientes de dispersão, AACGD, foram usadas para comparar os tratamentos.

Nos três experimentos, obteve-se melhor ajuste dos dados com o modelo exponencial linearizado, com base nos valores de R² e de tendência de resíduos. No experimento “i”, a inclinação do gradiente (“b”) foi similar para os diferentes números de gotas, mas decresceu com o aumento do diâmetro. No experimento “ii”, os valores de “b” foram menos inclinados a partir de colônias em aveia-ágar que de plantas doentes ou de restos de cultura infestados, e aumentou com o aumento da intensidade da chuva. Os valores de AACGD não cresceram com o aumento na intensidade da chuva. No experimento “iii”, os valores da eficiência da fonte (“a”) foram maiores e o gradiente foi mais inclinado a partir de colônias em aveia-ágar que para restos de cultura e plantas doentes. Nos três

experimentos, os valores de AACGD foram maiores quando a fonte eram colônias em aveia-ágar que para restos de cultura e plantas doentes, nos quais os valores de AACGD foram similares. Em vista do obtido, concluiu-se que, considerando-se a dispersão de *C. gloeosporioides*, restos de cultura infestados são fontes de inóculo tão importantes quanto plantas de cebola doentes, no campo.

Como conclusões gerais, têm-se:

1. A água é eficaz na dispersão de *C. gloeosporioides*, e maior número de esporos tendeu a se depositar próximo à fonte, tanto sob ação de gotas isoladas, como de chuvas simuladas.
2. O tipo de fonte influencia no gradiente de dispersão do inóculo;
3. Independente do experimento desenvolvido, os parâmetros do modelo de gradiente utilizado apresentaram valores similares para cada fonte;
4. Restos de cultura e plantas doentes são fontes de inóculo igualmente eficientes quanto à dispersão de patógeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C.L.M. Reação de cultivares de cebola do ciclo de dias longos ao mal-de-sete-voltas. **Summa Phytopathologica**, v.16, p.237-242, 1990.
- AGRIANUAL, **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**, FNP, M&S, Ed. Agros Comunicação, 2000. 512p.
- ALVES SOBRINHO, T. **Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil**. Viçosa, MG: UFV, 1997, 85p. (Dissertação de Mestrado)
- AMORIM, R. S. A., SILVA, D. D., PRUSKI, F. F., MATOS, A. T. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas na erosão entre sulcos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 124-130, 2001.
- BOFF, P. Antracnose foliar da cebola: diagnóstico e controle. **Agropecuária Catarinense**, v.6, n.3, p.34-37, 1993.
- BOFF, P. Ocorrência da antracnose foliar (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz. (sensu Arx. 1957) f. sp. *cepae*) na cultura da cebola em Santa Catarina. **Fitopatologia Brasileira**, v.15, n.2, p154, 1990.
- BOUDREAU, M. A., MADDEN, L. V. Effect of strawberry density on dispersal of *Colletotrichum acutatum* by simulated rain. **Phytopathology**, v.85, p. 934-941, 1995.
- CAMPBELL, C. L., MADDEN, L. V. **Introduction to Plant Disease Epidemiology**. John Wiley and Sons, New York, 1990. 532p.

- CARNEIRO, L.C. **Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo do “Mal-de-Sete-Voltas” da cebola e transporte de *C. gloeosporioides* f.sp. *cepae* pela semente.** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1998, 69p. (Tese de Mestrado).
- CHAWDA, H.T., RAJASAB, A.H. Epidemiological investigations on anthracnose and purple blotch of onion (*Allium cepa* L.). **Onion Newsletter for the Tropics**, n.4, p.65-66, 1992.
- CHAWDA, H.T. & RAJASAB, A.H. Onion anthracnose disease symptoms: a review. **Onion Newsletter for the Tropics**, n.7, p.82-84, 1996.
- COSTA, C.P., MELLO, I.S. Progresso obtido com dois ciclos de seleção massal em cebola visando resistência à *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. **Horticultura Brasileira**, v.2, p.21-23, 1984.
- EBENEBE, A.C. Onion twister disease caused by *Glomerella cingulata* in Northern Nigeria. **Plant Disease**, v.64, n. 11, p.1030-1032, 1980.
- FITT, B. D. L., INMAN, A. J., LACEY, M. E., McCARTNEY, H. A. Splash dispersal of spores of *Pseudocercospora capsellae* (white leaf spot) from oilseed rape leaves of different inclination, flexibility and age. **Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**, v. 99, n. 3, p. 234-244, 1992.
- FITT, B. D. L., LYSANDROU, M. Studies on mechanisms of splash dispersal of spores, using *Pseudocercospora berpotrichoides* spores. **Journal of Plant Disease and Protection**, v. 111, p. 323-331, 1984.
- FITT, B. D. L., McCARTNEY, H. A., CREIGHTON, N. F., LACEY, M. E., WALKLATE, P. J. Dispersal of *Rhynchosporium secalis* conidia from infected barley leaves or straw by simulated rain. **Annals of Applied Biology**, v. 112, p. 49-59, 1988.
- FITT, B. D. L., McCARTNEY, H. A., WALKLATE, P.J. The role of rain in dispersal of pathogen inoculum. **Annual Review of Phytopathology**, v.27, p. 241-270, 1989.
- FONTEM, D. A., BERGER, R. D., WEINGARTNER, D. P., BARTZ, J. A. Progress and spread of dark leaf spot in cabbage. **Plant Disease**, v. 75, n. 4, p. 269-274, 1991.
- FREITAS, M. A., CAFÉ FILHO, A. C., NASSER, L. C. B. Gradientes do cancro da haste da soja (*Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis*) a partir de foco pontual de inóculo. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, n.2, p154, 1998.

- GALVAN, G. A.; WIETSMA, W. A.; PUTRASEMEDJA, S.; PERMADI, A. H., KIK, C. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. **Euphytica**, v.95, p.173-178, 1997.
- GARCÍA, E. F., FITT, B. D. L. Dispersal of the entomopathogen *Hirsutella cryptosclerotium* by simulated rain. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.61, p. 39-43, 1993.
- GEAGEA, L., HUBER, L., SACHE, I. Dry-dispersal and rain-splash of brown (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) and yellow (*P. striiformis*) rust spores from infected wheat leaves exposed to simulated raindrops. **Plant Pathology**, v. 48, p. 472-482, 1999.
- GREGORY, P. H. Interpreting plant disease dispersal gradients. **Annual Review of Phytopathology**, p. 189-212, 1968.
- GROVE, G. G., MADDEN, L. V., ELLIS, M. A. Splash dispersal of *Phytophthora cactorum* from infected strawberry fruit. **Phytopathology**, v.75, n. 5, p. 611-615, 1985.
- HADDAD, F; MOREIRA, A.J.A.; MIZUBUTI, E.S.G.; MAFFIA, L.A. Suscetibilidade de plantas de cebola de diferentes idades à antracnose foliar. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, Suplemento, p.290, 1999. (Resumo).
- HILL, J.P. Twister. In: SCHWART, H.F.; MOHAN, S.K. (Eds.). **Compendium of onion and garlic diseases**. APS Press, St. Paul, 1995, p.26.
- HUBER, L., FITT, B. D. L., McCARTNEY, H. A. The incorporation of pathogen spores into rain splash droplets: a modelling approach. **Plant Pathology**, v. 45, p. 506 -517, 1996.
- HUBER, L., McCARTNEY, H. A., FITT, B. D. L. Influence of target characteristics on the amount of water splashed by impacting drops. **Agricultural and Forest Meteorology** v. 87, p. 201-211, 1997.
- MADDEN, L. V. Effects of rain on splash dispersal of fungal pathogens. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 19, p. 225-230, 1997.
- MADDEN, L. V. Rainfall and the dispersal of fungal spores. **Advances in Plant Pathology**, v. 8, p. 39-79, 1992.
- MADDEN, L. V., BOUDREAU, M. A. Effect of strawberry density on the spread of anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* **Phytopathology**, v. 87, n. 8, p. 828-838, 1997.

- MADDEN, L. V., ELLIS, M. A. Effect of ground cover on splash dispersal of *Phytophthora cactorum* from strawberry fruits. **Journal of Phytopathology**, v. 129, p. 170-174, 1990.
- MADDEN, L. V., WILSON, L. L. YANG, X., ELLIS, M. A. Splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* and *Phytophthora cactorum* by short-duration simulated rains. **Plant Pathology**, v. 41, p. 427-436, 1992.
- MADDEN, L. V., WILSON, L. L., ELLIS, M. A. Field spread of anthracnose fruit rot of strawberry in relation to ground cover and ambient weather conditions. **Plant Disease**, v. 77, p. 861-866, 1993.
- MADDEN, L. V., WILSON, L. L., NTAHIMPERA, N. Calibration and evaluation of an electronic sensor for rainfall kinetic energy. **Phytopathology**, v. 88, n. 9, p. 950-959, 1998.
- MADDEN, L. V., YANG, X., WILSON, L. L. Effects of rain intensity on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum*. **Phytopathology**, v. 86, p. 864-874, 1996.
- MAFFIA, L. A., BERGER, R. D. Models of plant disease epidemics. II: Gradients of bean rust. **Journal of Phytopathology**, v.147, p. 199-206, 1999.
- MOREIRA, A. J. A. **Epidemiologia da antracnose foliar da cebola, causada por *Colletotrichum gloeosporioides***. Viçosa, UFV, 2000, 59p. (Dissertação de Mestrado).
- NTAHIMPERA, N., ELLIS, M. A., WILSON, L. L., MADDEN, L. V. Effects of a cover crop on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* conidia. **Phytopathology**, v. 88, n.6, p. 536-543, 1998.
- NTAHIMPERA, N., MADDEN, L. V., WILSON, L. L. Effect of rain distribution alteration on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum*. **Phytopathology**, v.87, n. 6, p. 649-655, 1997.
- NUNES, M.E.T.; KIMATI, H. Doenças do alho e da cebola (*Allium sativum* L. e *Allium cepa* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Ed.) **Manual de Fitopatologia**. Ceres, São Paulo, 1997, p 58-69.
- RAJASAB, A. H., CHAWDA, H. T. Dispersal of the conidia of *Colletotrichum gloeosporioides* by rain and the development of anthracnose on onion. **Grana**, v. 33, p. 162-165, 1994.

- REYNOLDS, K. M., BULGER, M. A., MADDEN, L. V., ELLIS, M. A. New methods using simulated rain to study the splash dispersal of plant pathogens. **Phytopathology**, v. 77, n. 6, p. 921-926, 1987.
- REYNOLDS, K. M., MADDEN, L. V., REICHARD, D. L., ELLIS, M. A. Splash dispersal of *Phytophthora cactorum* from infected strawberry fruit by simulated canopy drip. **Phytopathology**, v.79, n. 4, p. 425-432, 1989.
- STEDMAN, O. J. Splash droplet and spore dispersal studies in field beans (*Vicia faba* L.). **Agricultural Meteorology**, v. 21, p. 111-127, 1980.
- TIMMER, L. W., ZITKO, S. E., GOTTWALD, T. R., GRAHAM, J. H. *Phytophthora* brown rot of citrus: temperature and moisture effects on infection, sporangium production, and dispersal. **Plant Disease**, v. 84, n. 2, p. 157-163, 2000.
- WALKLATE, P.J., McCARTNEY, H. A., FITT, B. D. L. Vertical dispersal of plant pathogens by splashing. Part II: Experimental study of the relationship between raindrop size and the maximum splash height. **Plant Pathology**, v.38, p. 64-70, 1989.
- WILLIAMS, R. H., WHIPPS, J. M., COOKE, R. C. Splash dispersal of *Coniothyrium minitans* in the glasshouse. **Annals of Applied Biology**, v. 132, p. 77-90, 1998.
- YANG, X., MADDEN, L. V., REICHARD, D. L., WILSON, L. L., ELLIS, M. A. Splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* and *Phytophthora cactorum* from strawberry fruit by single drop impactions. **Phytopathology**, v.82, n.3, p. 332-340, 1992.
- YANG, X., MADDEN, L. V., WILSON, L. L., ELLIS, M. A. Effects of surface topography and rain intensity on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum*. **Phytopathology**, v. 80, n. 10, p. 1115-1120, 1990a.
- YANG, X., WILSON, L. L., MADDEN, L. V., ELLIS, M. A. Rain splash dispersal of *Colletotrichum acutatum* from infected strawberry fruit. **Phytopathology**, v.80, n. 6, p. 590-595, 1990b.