

Progresso temporal da requeima e do oídio em tomateiro orgânico em diferentes sistemas e níveis de irrigação



ISSN 1677-2229

Dezembro, 2011

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Hortaliças

Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 74

**Progresso temporal da requeima
e do oídio em tomateiro orgânico
em diferentes sistemas e níveis
de irrigação**

Daniel Anacleto da Costa Lage

Waldir Aparecido Marouelli

Adalberto Corrêa Café Filho

Embrapa Hortaliças

Brasília, DF

2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Endereço: Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
Caixa Postal 218
Brasília-DF
CEP 70.351-970
Fone: (61) 3385.9110
Fax: (61) 3556.5744
Home page: www.cnph.embrapa.br
E-mail: sac@cnph.embrapa.br

Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças

Presidente: Warley Marcos Nascimento
Editor Técnico: Fabio Akyoshi Suinaga
Supervisor Editorial: George James
Secretária: Gislaine Costa Neves
Membros: Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho
Carlos Alberto Lopes
Ítalo Morais Rocha Guedes
Jadir Borges Pinheiro
José Lindorico de Mendonça
Mariane Carvalho Vidal
Neide Botrel
Rita de Fátima Alves Luengo

Normalização bibliográfica: Antonia Veras
Editoração eletrônica: Aline Rodrigues Barros

1ª edição

1ª impressão (2012): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

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

**Dados internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Hortaliças**

LAGE, D. A. da C.

Progresso temporal da requeima e do oídio em tomateiro orgânico em diferentes sistemas e níveis de irrigação / Daniel Anacleto da Costa Lage [et al...]. – Brasília, DF : Embrapa Hortaliças, 2011.

31 p. - (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229 ; 74).

1. Tomate. 2. Agricultura Orgânica. 3. Doença de planta. 4. Irrigação. 5. Solanum lycopersicum. I. Marouelli, Waldir Aparecido. II. Café Filho, Adalberto Corrêa. III. Título. IV. Série.

CDD 635.642

©Embrapa, 2011

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos.....	10
Resultados	15
Discussão	22
Conclusões	26
Agradecimentos	26
Referências	27

Progresso temporal da requeima e do oídio em tomateiro orgânico em diferentes sistemas e níveis de irrigação

Daniel Anacleto da Costa Lage¹

Waldir Aparecido Marouelli²

Adalberto Corrêa Café Filho³

Resumo

O inverno na região dos Cerrados é caracterizado por um clima seco e elevada amplitude térmica, condição desfavorável à grande maioria das doenças fúngicas e bacterianas do tomateiro. Um eficiente manejo da água de irrigação neste período pode permitir a obtenção de elevadas produtividades e menores problemas fitossanitários. O objetivo do presente estudo foi analisar o progresso temporal da requeima e do oídio em tomateiro orgânico produzido em diferentes sistemas e

¹Eng. Agr., M.Sc. – Universidade de Brasília, Bolsista PG-CNPq – danielcostalage@gmail.com

²Eng. Agríc., Ph.D. – Embrapa Hortaliças, C.P. 218, Brasília-DF. 70.351-970 – waldir@cnph.embrapa.br.

³Eng. Agr., Ph.D., Universidade de Brasília, Bolsista PG-CNPq. – cafefilh@unb.br

níveis de irrigação. O experimento foi conduzido na área de cultivo orgânico da Embrapa Hortaliças (Brasília, DF). Foram avaliados os sistemas: gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas; gotejamento com duas linhas laterais; gotejamento com uma linha lateral com “mulch” plástico preto; gotejamento com uma linha lateral com palhada; sulco; microaspersão subcopa; e aspersão convencional acima do dossel. Os níveis de água avaliados foram: umidade elevada (tensão 15/30 kPa) e moderada (tensão 30/60 kPa). As severidades da requeima e do oídio foram avaliadas semanalmente e o modelo de progresso temporal do tipo Gompertz foi ajustado aos dados gerados. O sistema de irrigação por aspersão com umidade moderada desfavoreceu o progresso epidêmico da requeima e promoveu o controle do oídio.

Termos para indexação: *Solanum lycopersicum*, *Phytophthora infestans*, *Leveillula taurica*, *Oidiopsis haplophylli*, epidemiologia.

Temporal progress of late blight and powdery mildew in organic tomatoes under different irrigation systems and levels

Abstract

The winter in the Brazilian Cerrado is characterized by dry weather and large daily thermal ranges, conditions generally unfavorable to the most fungal or bacterial diseases of tomato. Thus, an efficient irrigation management may lead to high tomato yields and few phytosanitary problems. The objective of this study was to evaluate the temporal dynamics late blight and powdery mildew diseases in organic tomato crops, under different irrigation systems and water depths. The experiment was carried out in the organic field area of Embrapa Vegetable Crops (Brasília, DF). The systems evaluated were: one drip lateral per line of plants; two drip laterals per line; one drip lateral and plastic mulch; one drip lateral and straw mulch; furrow irrigation; microsprinkler below plant canopy; and overhead sprinkler above plant canopy. Based on the soil water tensions, two irrigation levels were evaluated: high soil moisture (15/30 kPa); and moderate soil moisture (30/60 kPa). Late blight and powdery mildew severities were measured weakly, and disease data were fit to the Gompertz disease progress model. The overhead irrigation system with moderate soil moisture hindered late blight progress and also promoted powdery mildew control.

Index terms: *Solanum lycopersicum*, *Phytophthora infestans*, *Leveillula taurica*, *Oidiopsis haplophylli*, epidemiology.

Introdução

A agricultura orgânica é um sistema de produção que objetiva a otimização do uso de recursos naturais por meio de práticas sustentáveis, que harmonizem o ambiente, de modo a reduzir, por exemplo, problemas com pragas e doenças. Esse sistema tende a minimizar a dependência de insumos externos à propriedade, não permitindo o uso de fertilizantes químicos, defensivos sintéticos e reguladores de crescimento, garantindo assim, a produção de alimentos mais saudáveis e livres de resíduos químicos (DIVER et al., 1999).

Acompanhando a demanda crescente do mercado interno e mundial por alimentos livres de agrotóxicos e produzidos em ambientes sustentáveis, as hortaliças são, provavelmente, o principal grupo de plantas que vem merecendo atenção de pesquisadores em todo o mundo com vistas a adaptar e aprimorar o sistema de produção orgânico.

A cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um grande desafio para a produção orgânica, devido à grande suscetibilidade dessa cultura a diversas doenças (SOUZA, 2003). Estima-se que 15 % dos custos de produção de tomate no sistema convencional são atribuídos ao uso de fungicidas (LOPES; ÁVILA, 2005).

Na região dos Cerrados, duas doenças merecem destaque durante o período do inverno: a requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, e o oídio, causado pelo fungo *Leveillula taurica* (Lév.) Arnald (anamorfo, *Oidiopsis haplophylli* Rulamort).

Dentre as doenças que incidem sobre o tomateiro, a requeima é a mais destrutiva em condições de ambiente favorável e ausência de medidas eficazes de controle, podendo ocorrer perda total da lavoura em poucos dias (MIZUBUTI, 2001; LOPES; ÁVILA, 2005). Condições de umidade relativa do ar elevada e temperaturas amenas favorecem o rápido desenvolvimento do patógeno (FOHNER et al., 1984). O progresso epidemiológico da doença é lento ou paralisado em temperaturas

acima de 30°C, mas o patógeno pode permanecer vivo nos tecidos do hospedeiro, em estágio latente, até que as condições ambientais sejam novamente favoráveis ao seu desenvolvimento (LIMA et al., 2009).

O oídio, por sua vez, é favorecido em ambientes secos, com umidade relativa do ar entre 50 % e 70 % e temperaturas entre 20 e 25°C (WEHT, 2001; CAFÉ FILHO et al., 2001). Diferentemente da maioria dos oídios, *Oidiopsis haplophylli* penetra pelos estômatos, preferencialmente em folhas adultas, desenvolvendo micélio subepidérmico, sendo que os conídios são formados em conidióforos emergidos dos estômatos (WEHT, 2001). As perdas estimadas para este patógeno podem chegar a 50 % da produção (PALTI, 1988).

Dentro da concepção da agricultura orgânica, o produtor deve conviver com essas doenças e manejar o sistema produtivo de modo a desfavorecê-las. Nesse sentido, a utilização de diversas práticas culturais que aumentem a biodiversidade do ambiente e minimizem o impacto das doenças se torna imprescindível (DIVER et al., 1999).

A irrigação é uma das práticas culturais com maior impacto na produtividade, na qualidade de frutos e na ocorrência de doenças no tomateiro (ROTEM; PALTI, 1969; LOPES et al., 2006). A frequência entre irrigações, a quantidade de água aplicada por irrigação e a forma com que a água é aplicada às plantas interferem substancialmente na disseminação e na sobrevivência de patógenos e no processo de colonização e infecção da hospedeira, afetando a intensidade de doenças na planta (LOPES et al., 2006).

Existem vários relatos acerca do efeito da irrigação sobre as doenças do tomateiro. Entretanto, poucos são os estudos que buscam quantificar e compreender o comportamento epidemiológico das doenças do tomateiro em relação ao sistema e ao manejo de irrigação adotado (LOPES et al., 2006), especialmente sob cultivo orgânico. Tais informações estão completamente ausentes para o Cerrado do Brasil Central, região que inclui as principais áreas produtoras de tomate no Brasil.

Assim, este trabalho teve como objetivo analisar o progresso temporal da requeima e do oídio em tomateiro orgânico manejado em diferentes sistemas e níveis de irrigação, nas condições edafoclimáticas do Brasil Central.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Área de Pesquisa e Produção Orgânica de Hortaliças da Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, de maio a outubro de 2009, período caracterizado por ausência de chuvas e um clima de inverno seco, típico da região. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, fase cerrado, textura argilosa e capacidade de retenção de água de $1,2 \text{ mm cm}^{-1}$.

Avaliaram-se as seguintes configurações de sistemas de irrigação: gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas – GO1L; gotejamento com duas linhas laterais por fileira de plantas – GO2L; gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas em solo com “mulch” de plástico preto – GOM; gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas em solo com “mulch” de palhada de milho – GOP; sulco – SUL; microaspersão “subcoba” com uma linha lateral entre fileiras de plantas – MIC; e aspersão convencional fixa acima do dossel – ASP. Com exceção dos sistemas SUL e GOP, a irrigação foi manejada considerando-se dois níveis de irrigação: tensão-limite de água do solo de 15 kPa e 30 kPa – umidade elevada; e tensão-limite de água do solo de 30 kPa e 60 kPa – umidade moderada. Os sistemas SUL e GOP somente foram avaliados para o nível moderado de irrigação. Os valores de tensões-limite mais baixos, dentro de cada estratégia de manejo, foram considerados durante o estágio de frutificação, que é o mais sensível ao déficit de água no solo (MAROUELLI; SILVA, 2005; 2007; MAROUELLI, 2008).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com doze tratamentos e três repetições. Cada parcela experimental, com 50 m^2 , foi constituída de cinco fileiras de plantas com 10 m de comprimento, totalizando 100 plantas.

As mudas (cultivar Duradouro), com 30 dias de idade, foram transplantadas no dia 26 de maio, em sistema de fileira simples com espaçamento de 1,00 m x 0,50 m. As plantas foram tutoradas na vertical, com o uso de fitilho, e conduzidas com uma haste, sendo podadas com 1,70 m de altura. Os demais tratos culturais seguiram as recomendações para a produção orgânica de tomate da Embrapa Hortaliças.

Pulverizações com calda bordalesa na concentração de 1,0 % (obtida com 1,0 kg de cal hidratada e 1,0 kg de sulfato de cobre para 5,0 L de água, preparados isoladamente, ajustando-se o pH final para 7,0) foram realizadas quinzenalmente, a partir do 10º dia após o plantio. Uma pulverização com calda sulfocálcica na concentração de 0,5 % (obtida com 0,5 kg de cal virgem e 1,0 kg de enxofre para 4,0 L de água) foi realizada aos 110 dias após o plantio.

Ao redor do experimento foram cultivadas bordaduras de crotalária (*Crotalaria juncea* L.), sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), flor de mel (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) e capim-elefante (*Panicum maximum* Jacq.), visando aumentar a diversidade vegetal no sistema produtivo e criar uma barreira física em torno da área experimental.

A adubação em pré-plantio foi realizada com 2.500 g de composto orgânico (1,5 % de N, 4,0 % de P₂O₅; 2,0 % de K₂O; 6,3 % de Ca; 1,0 % de Mg; 0,7 % de S; 0,02 % de Zn; 0,02 % de Cu; 0,07 % de Mn e 0,01 % de B) e 250 g de termofosfato magnésiano (17 % de P₂O₅; 7 % Mg; 20 % Ca) por metro linear de fileira de plantas. Aos 40 e aos 100 dias após o plantio foram feitas adubações de cobertura, cada qual com 500 g de composto orgânico por metro linear de fileira de plantas.

Dados de umidade relativa do ar e de temperatura, mensurados a 0,20 m da superfície do solo, foram coletados por meio de termohigrômetros instalados no interior de três parcelas experimentais irrigadas por

aspersão e três irrigadas por gotejamento. Os termohigrômetros, programados para o registro de dados a cada 10 min, foram colocados dentro de abrigos climatológicos de madeira (0,32 m x 0,30 m x 0,35 m). Os dados de precipitação foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Hortaliças, situada a 500 m da área experimental.

Sistemas de manejo de irrigação

Nos tratamentos irrigados por aspersão acima do dossel vegetativo foram utilizados aspersores de impacto com bocais de 5 mm x 8 mm, espaçados de 18 m x 12 m e pressão de serviço de 2,5 kgf cm⁻². Os aspersores foram inicialmente instalados a 0,40 m de altura e, posteriormente, elevados para 1,90 m, sempre acima do dossel.

Nos sistemas de irrigação por gotejamento foram usados tubos gotejadores com emissores a cada 0,20 m, pressão 1,0 kgf cm⁻² e vazão de 1,4 L h⁻¹. As linhas de gotejadores foram inicialmente posicionadas em torno de 0,05 m da fileira de plantas e posteriormente a 0,15 m.

Microaspersores do tipo difusor, com aplicação para baixo, bocal de 1,4 mm, pressão 1,0 kgf cm⁻², vazão de 70 L h⁻¹ e espaçamento triangular de 1,0 m x 1,0 m foram utilizados nos sistemas de irrigação por microaspersão. Nessa configuração, os microaspersores molhavam 100 % da área e apenas os primeiros 0,25 m da altura das plantas. No tratamento irrigado por sulco, a distribuição de água foi feita com tubos de PVC, com um sulco por fileira de plantas. Em cada sulco foi utilizado um registro de esfera de 32 mm para ajuste de vazão.

O manejo da água de irrigação foi realizado com auxílio de tensiômetros instalados em cada parcela experimental. Os tensiômetros foram instalados entre 40 % e 50 % da profundidade efetiva do sistema radicular, que atingiu um valor máximo de 0,50 m. A leitura dos tensiômetros foi realizada diariamente com auxílio de tensímetro digital.

As irrigações foram conduzidas, de forma individualizada por tratamento, a todo momento em que a média das leituras dos

tensiômetros (três por tratamento) atingia as tensões-limite preestabelecidas (15/30 kPa ou 30/60 kPa). As irrigações foram realizadas preferencialmente pela manhã e as lâminas de água aplicadas visavam retornar o solo à sua condição de capacidade de campo.

A lâmina de água aplicada por aspersão foi determinada a partir de três coletores instalados em cada parcela, enquanto a aplicada por gotejamento e por microaspersão foi determinada por um hidrômetro instalado por tratamento e a aplicada por sulco por hidrômetros instalados em cada parcela experimental.

Quantificação de doenças e produtividade

As doenças manifestaram-se por infecção natural nas plantas do experimento. A quantificação das doenças foi realizada semanalmente, a partir do surgimento dos primeiros sintomas. Como cada parcela foi constituída por 5 fileiras de 20 plantas, considerou-se para avaliação somente as três fileiras centrais, com área útil de 21 m² (7,0 m x 3,0 m).

A severidade da requeima foi avaliada em 28 plantas por parcela utilizando a escala descritiva de James (1971). Para avaliação da severidade do oídio, em 14 plantas por parcela, adaptou-se a escala diagramática de Boff et al. (1991), originalmente desenvolvida para folíolos de tomateiro atacados por *Alternaria solani* (ELLIS; MARTIN) Sorauer.

De posse dos dados de severidade da requeima e do oídio, estimou-se a severidade de cada doença na metade do curso temporal da epidemia (Y₅₀), a severidade ao final da epidemia (Y_{máx}) e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme proposto por Shaner; Finney (1977).

Para a análise do progresso temporal das epidemias, os dados foram ajustados, por meio de regressão linear, segundo o modelo de Gompertz. Na seleção do modelo considerou-se o tipo de curva obtida, os maiores valores de coeficiente de determinação ajustado (R²) e a

independência e homogeneidade de resíduos (CAMPBELL; MADDEN, 1990). A partir do modelo de regressão ajustado, foram estimados os valores de taxa de progresso da doença (r) da requeima e do oídio em cada tratamento.

As colheitas foram conduzidas semanalmente durante o período de 19 de agosto a 14 de outubro. Os frutos foram colhidos no estágio verde-maduro e foram classificados conforme Brasil (1995), tendo em vista que não existe regulamentação específica para tomate orgânico. Foram avaliadas a produtividade total e de frutos comercializáveis (frutos tipo extra, sem danos).

Análise dos dados

Os dados de Y_{50} , $Y_{máx}$, AACPD e produtividade de frutos comercializáveis e total foram testados quanto à normalidade e à homogeneidade de variância. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade, para comparação de médias. Para análise estatística, os dados de AACPD, Y_{50} e $Y_{máx}$ obtidos para requeima foram submetidos à transformação logarítmica ($\log(x)$). As estimativas das taxas de progresso da doença (r) entre os tratamentos foram comparadas por meio do intervalo de confiança a 95 % de probabilidade (CAMPBELL; MADDEN, 1990; DINIZ et al., 2006). O software SAS System, versão 9.0, foi utilizado para as análises.

Resultados

As curvas de progresso revelaram dinâmicas temporais distintas entre as duas doenças que foram estudadas, com comportamentos epidemiológicos contrastantes frente às diferentes configurações de sistema de irrigação (Figuras 1 e 2).

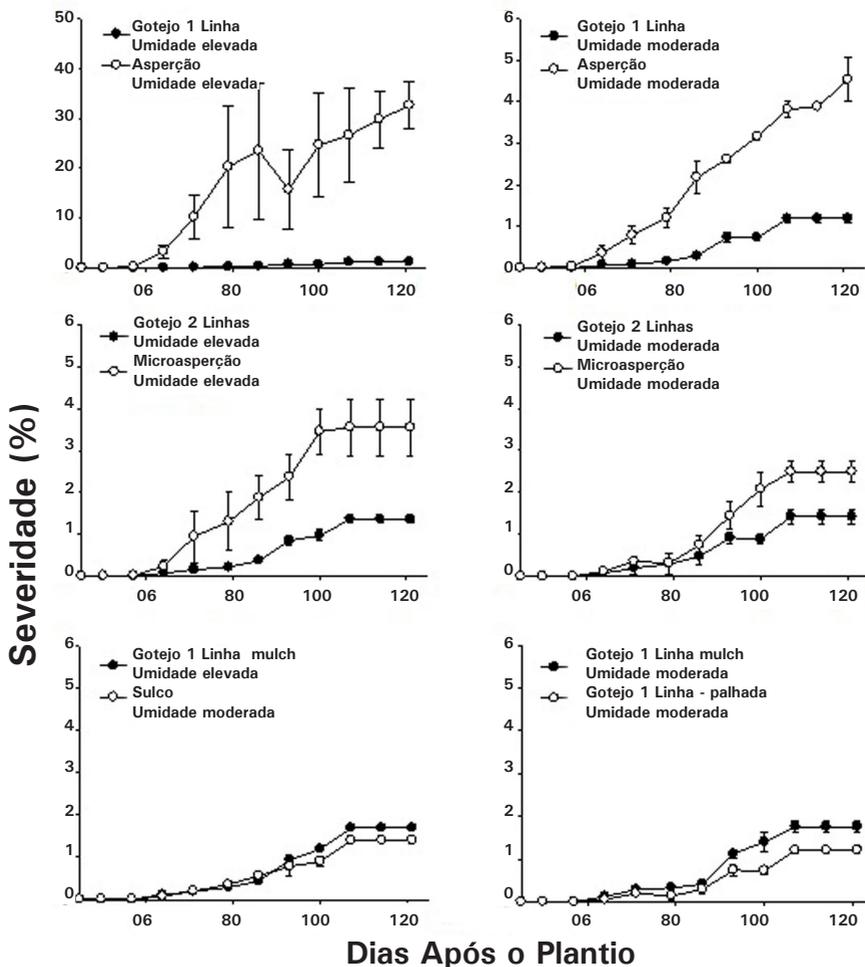


Figura 1. Curvas de progresso da requeima (*Phytophthora infestans*) em tomateiro orgânico submetido a diferentes configurações de sistema e níveis de irrigação. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2009.

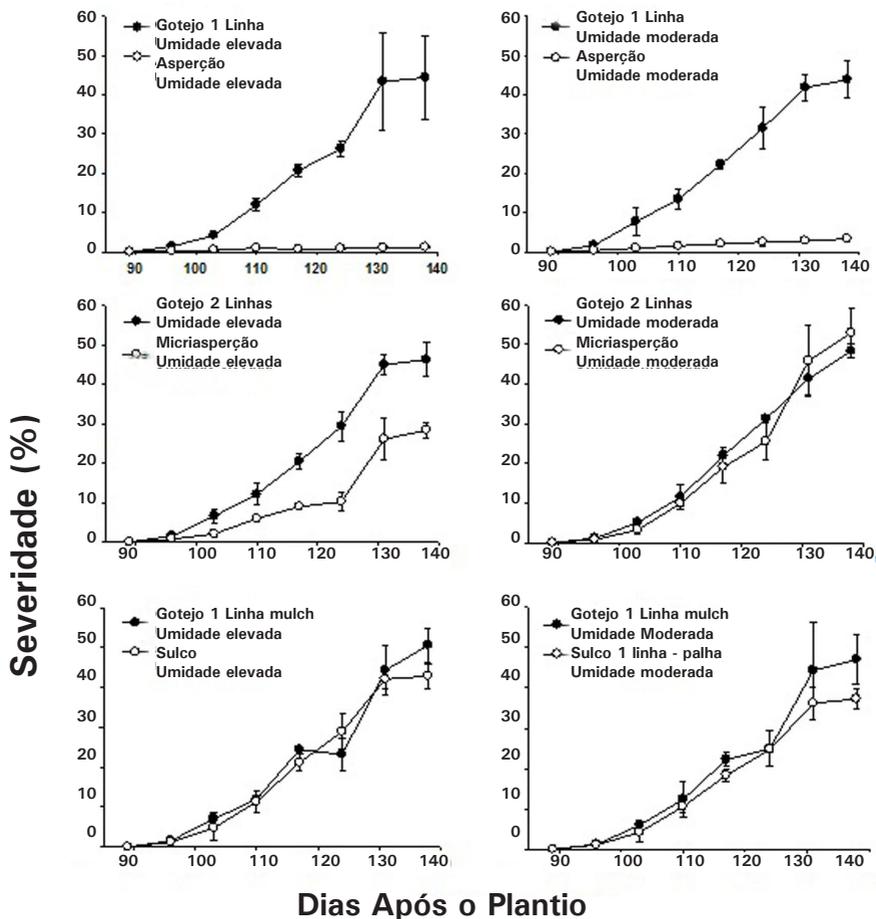


Figura 2. Curvas de progresso do oídio (*Leveillula taurica*) em tomateiro orgânico submetido a diferentes configurações de sistema e níveis de irrigação. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2009.

Observou-se uma maior intensidade da requeima no sistema de aspersão com nível de irrigação elevada (Figura 1), destacando-se os maiores valores de Y_{50} (23,5 %), $Y_{m\acute{a}x}$ (32,6 %), AACPD e r entre os tratamentos (Tabela 1). Os sistemas de irrigação por aspersão com umidade moderada e por microaspersão com umidade elevada proporcionaram um aumento na severidade da requeima em relação aos demais tratamentos, porém pode-se considerar que os valores de $Y_{m\acute{a}x}$ obtidos foram relativamente baixos (menos de 5 %).

Os demais sistemas de irrigação apresentaram valores de $Y_{m\acute{a}x}$ igual ou inferior a 2,5 %.

Tabela 1. Severidade da requeima aos 86 dias (Y_{50}) e 121 dias ($Y_{m\acute{a}x}$) após o plantio, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e taxa de progresso (r), estimada com o modelo Gompertz, em tomateiro orgânico submetido a diferentes configurações de sistema e níveis de irrigação. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2009.

Sistema	Nível de água no solo	AACPD*	$Y_{m\acute{a}x}$ *	Y_{50} *	r^{**}
GO1L	Elevado	3,61 e	1,2 e	0,4 d	0,0073 d
GO1L	Moderado	3,57 e	1,2 e	0,3 d	0,0073 d
GO2L	Elevado	3,75 de	1,4 e	0,4 d	0,0077 d
GO2L	Moderado	3,81 de	1,4 e	0,5 d	0,0078 d
GOM	Elevado	3,93 de	1,7 d	0,4 d	0,0084 cd
GOM	Moderado	4,04 cd	1,8 d	0,4 d	0,0086 cd
GOP	Moderado	3,60 e	1,2 e	0,3 d	0,0072 d
SUL	Moderado	3,80 de	1,4 e	0,6 d	0,0078 d
MIC	Elevado	4,89 b	3,6 bc	1,9 dc	0,0114 d
MIC	Moderado	4,38 c	2,5 cd	0,8 cd	0,0100 bc
ASP	Elevado	7,05 a	32,6 a	23,5 a	0,0246 a
ASP	Moderado	4,96 b	4,5 b	2,2 b	0,0118 b
CV(%)		3,3	14,1	14,9	

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 %. Para análise estatística de AACPD, Y_{50} e $Y_{m\acute{a}x}$, os valores foram submetidos à transformação logarítmica ($\log(x)$). **valores de r seguidos da mesma letra não diferem entre si, segundo o intervalo de confiança, a 95 % de probabilidade, da diferença entre as estimativas do parâmetro.

A epidemia de oídio apresentou um comportamento oposto ao observado para a requeima (Figura 2). Todos os tratamentos irrigados por gotejamento, assim como os sistemas por sulco e por microaspersão com umidade moderada apresentaram os maiores

valores de severidade máxima ($Y_{m\acute{a}x}$ acima de 37 %), Y_{50} (acima de 18 %), taxa de progresso e AACPD (Tabela 2). A intensidade da doença nestes sistemas de irrigação foi bem elevada atingindo $Y_{m\acute{a}x}$ de 52,9 % para o sistema por microaspersão com umidade moderada. Os sistemas de aspersão com umidade elevada e moderada apresentaram baixos valores de doença, sem diferenças significativas quanto às variáveis Y_{50} , $Y_{m\acute{a}x}$ e AACPD, com destaque para os valores de $Y_{m\acute{a}x}$ abaixo de 4 %.

Tabela 2. Severidade do oídio aos 117 dias (Y_{50}) e 138 dias ($Y_{m\acute{a}x}$) após o plantio, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e taxa de progresso (r), estimada com o modelo Gompertz, em tomateiro orgânico submetido a diferentes configurações de sistema e níveis de irrigação. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2009.

Sistema	Nível de água no solo	AACPD*	$Y_{m\acute{a}x}$ *	Y_{50} *	r^{**}
GO1L	Elevado	910,1 a	44,4 ab	20,7 ab	0,044 ab
GO1L	Moderado	981,4 a	43,8 ab	22,2 ab	0,043 ab
GO2L	Elevado	967,2 a	46,3 ab	20,5 ab	0,045 ab
GO2L	Moderado	954,7 a	48,4 a	21,9 ab	0,046 ab
GOM	Elevado	962,7 a	50,5 a	24,4 a	0,045 ab
GOM	Moderado	942,0 a	47,1 ab	22,3 ab	0,045 ab
GOP	Moderado	797,0 a	37,4 bc	18,4 b	0,041 b
SUL	Moderado	916,0 a	42,8 ab	21,2 ab	0,044 ab
MIC	Elevado	477,6 d	28,3 c	8,9 c	0,034 c
MIC	Moderado	914,9 a	52,9 a	19,0 b	0,049 a
ASP	Elevado	32,1 c	1,2 d	0,7 d	0,008 e
ASP	Moderado	81,3 c	3,3 d	2,0 d	0,013 d
CV(%)		11,7	11,1	11,5	

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % **valores de r seguidos da mesma letra não diferem entre si, segundo o intervalo de confiança, a 95 % de probabilidade, da diferença entre as estimativas do parâmetro.

Ao longo do ciclo do tomateiro, as lâminas totais de água aplicadas e o número total de irrigações realizadas entre os diferentes tratamentos variaram de 240 mm a 575 mm e de 18 a 40 irrigações (Tabela 3), respectivamente.

Tabela 3. Produtividade total e de frutos comercializáveis de tomate orgânico, número de irrigações e lâmina de água aplicada ao longo do cultivo, em diferentes configurações de sistema e níveis de irrigação. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2009.

Sistema	Nível de irrigação	Produtividade (Mg ha ⁻¹)		Nº de irrigações	Lâmina (mm)
		Total*	Comer.*		
GO1L	Elevado	76 ab	51 ab	37	322
GO1L	Moderado	64 b	42 b	20	255
GO2L	Elevado	97 a	63 ab	31	355
GO2L	Moderado	85 ab	59 ab	25	303
GOM	Elevado	99 a	56 ab	33	335
GOM	Moderado	85 ab	50 ab	27	257
GOP	Moderado	78 ab	50 ab	30	240
SUL	Moderado	100 a	65 ab	18	575
MIC	Elevado	97 a	69 a	29	510
MIC	Moderado	96 a	67 ab	23	426
ASP	Elevado	96 a	61 ab	40	524
ASP	Moderado	70 ab	51ab	20	428
CV (%)		11,6	15,8		

*médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 %

Para um mesmo sistema de irrigação, maiores lâminas e número de irrigações ocorreram nos tratamentos manejados com umidade elevada (15/30 kPa) e foram menores naqueles manejados com umidade moderada (30/60 kPa), como era esperado. Enquanto no tratamento irrigado por aspersão com umidade elevada foram realizadas 40

irrigações e aplicados 524 mm de água, na aspersão com umidade moderada foram realizadas 20 irrigações e aplicada uma lâmina de 428 mm. No sistema por sulco foram aplicados 575 mm em 18 irrigações. Lâminas de irrigação entre 240 e 355 mm foram aplicadas nos sistemas por gotejamento.

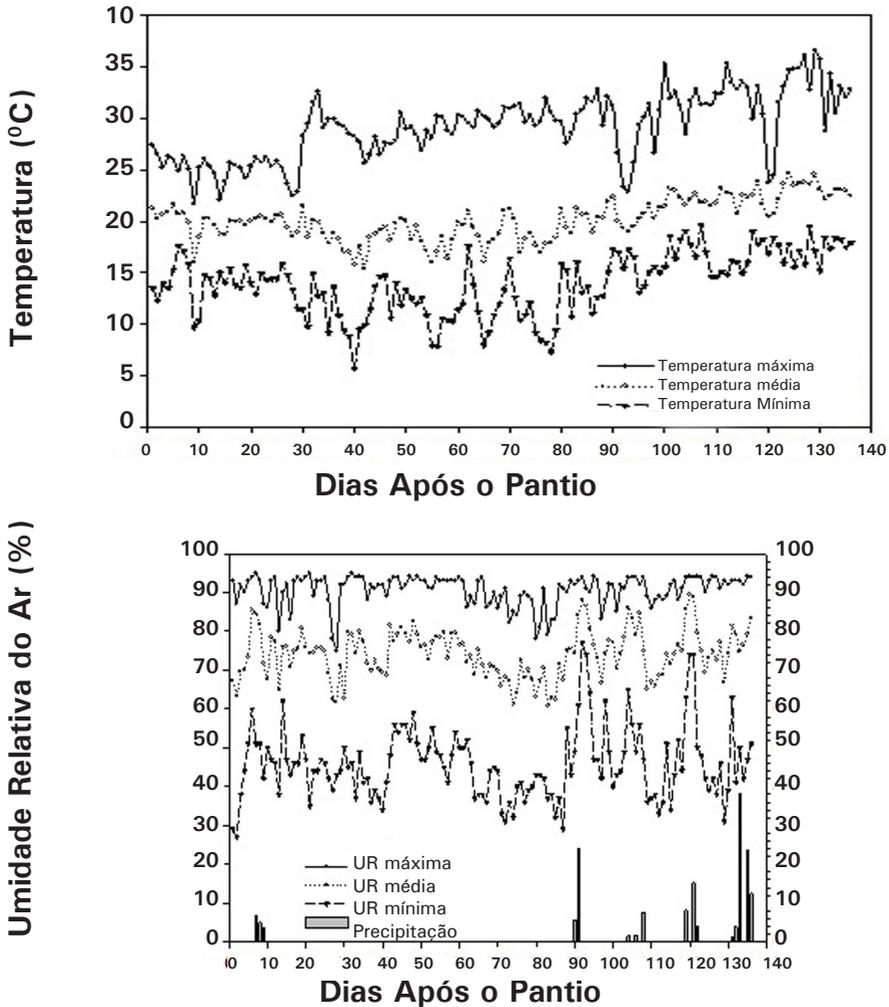


Figura 3. Variáveis climáticas registradas nos tratamentos irrigados por aspersão durante a condução do experimento. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2009.

A precipitação quantificada durante os 142 dias de cultivo totalizou 221 mm (Figuras 3 e 4). Desse total, 137 mm foram registradas durante os últimos 12 dias do ciclo do tomateiro, portanto, com frutos em estágio final de amadurecimento.

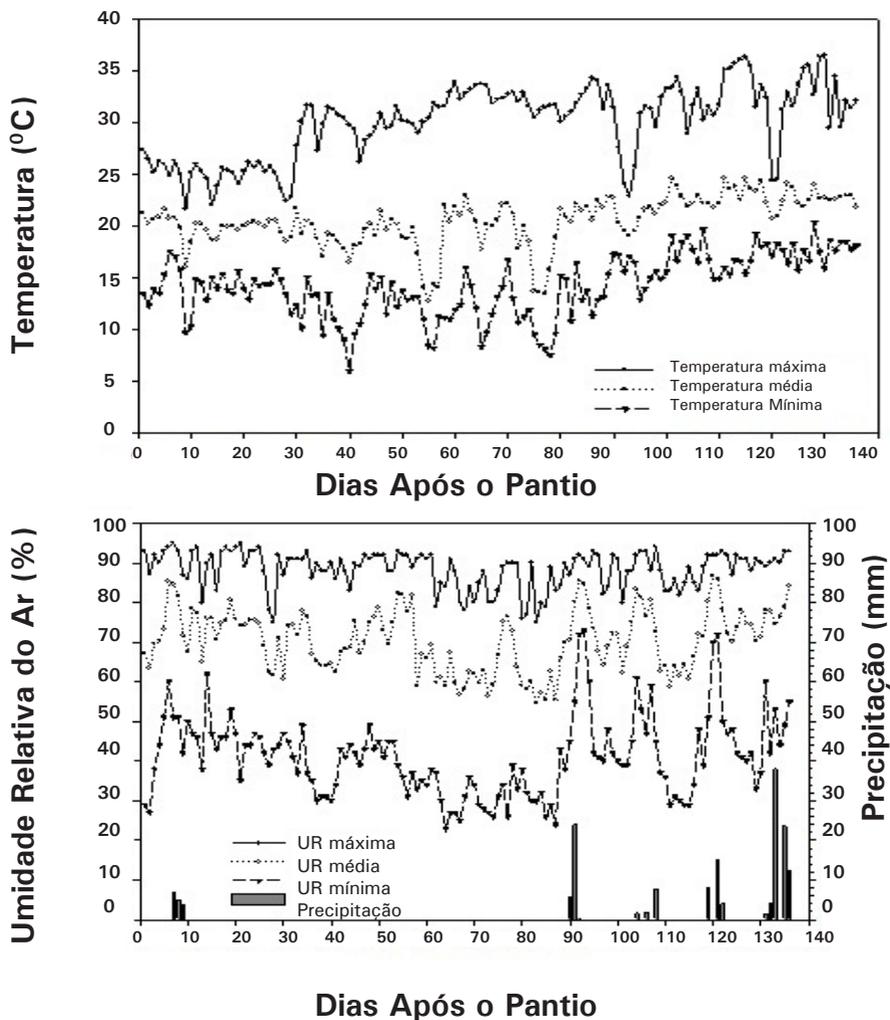


Figura 4. Variáveis climáticas registradas nos tratamentos irrigados por gotejamento durante a condução do experimento. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2009.

Discussão

O comportamento epidemiológico de uma doença, quando interagem um patógeno virulento e um hospedeiro suscetível, depende, essencialmente, das condições do ambiente. A requeima é uma doença muito importante na cultura do tomate e, em condições de umidade relativa do ar acima de 90 % e temperaturas abaixo de 15°C (FRY; DOSTER, 1991; MIZUBUTI; FRY, 1998), pode causar epidemias com elevadas taxas de progresso, devido ao curto período latente (três à quatro dias) e a germinação indireta dos esporângios na forma de zoósporos (FLIER; TURKENSTEEN, 1999).

No presente experimento, verificou-se que as condições ótimas de umidade relativa e temperatura do ar para o desenvolvimento da requeima foram atingidas em diversos momentos ao longo do ciclo de cultivo do tomateiro, principalmente nos primeiros 60 dias após o transplante das mudas (Figuras 3 e 4). No entanto, verificou-se uma grande amplitude tanto de temperatura quanto de umidade relativa do ar ao longo do dia, o que deve ter contribuído para um lento aumento da doença durante o ciclo de cultivo, constatado pelos pequenos valores obtidos de taxa de progresso.

A doença encontrou condições climáticas favoráveis durante a noite e extremamente desfavoráveis durante o dia. Sendo assim, as epidemias de requeima nas condições deste experimento podem ser classificadas como tardívas ou de lento desenvolvimento (BERGAMIN FILHO; AMORIM, 1996), o que permitiu conviver com a doença ao longo do ciclo de cultivo, utilizando como única medida de controle a calda bordalesa, que possui apenas efeito protetor. Entretanto, no tratamento irrigado por aspersão com umidade elevada, a doença atingiu os maiores níveis de severidade, significativamente diferente da aspersão com umidade moderada. Acredita-se que a maior lâmina de água aplicada e, principalmente, a maior frequência de irrigação (molhamento foliar) promoveram um microclima mais favorável para a requeima, especialmente em relação à umidade relativa do ar (ROTEM; PALTÍ, 1969).

Outro fator que certamente contribuiu para maior severidade da requeima na aspersão com umidade elevada, em relação ao tratamento com umidade moderada, foi a provável maior remoção de cobre (calda bordalesa) presente na superfície da folha pela água de irrigação aspergida sobre as plantas. Este é um evento conhecido e já demonstrado em alguns trabalhos disponíveis na literatura (HUNSCHE et al., 2007; FIFE; NOKES, 2002). No entanto, se for respeitado um intervalo de 24 horas entre a aplicação da calda e a irrigação, o que ocorreu no presente estudo, a remoção do cobre aplicado é inferior a 30 % (Duarte, 2008).

Oidiopsis haplophylli é responsável pela fase epidêmica do oídio estudado no presente trabalho. Observou-se que a doença foi favorecida por ambientes mais secos, principalmente em tratamentos irrigados por gotejamento e por sulco, nos quais a água de irrigação é aplicada diretamente sobre a superfície do solo. De acordo com Weht (2001) e Café Filho et al. (2001), as epidemias de oídio se desenvolvem em ambientes secos, quando a umidade relativa do ar se encontra entre 50 % e 70 % e as temperaturas entre 20 °C e 25°C. O monitoramento do ambiente de cultivo revelou que a umidade relativa do ar esteve próxima da faixa ótima para desenvolvimento da doença durante todo o período de cultivo.

Apesar das condições ambientais favoráveis para todos os tratamentos, observaram-se severas epidemias da doença para os tratamentos irrigados por gotejamento e por sulco. As menores severidades ocorreram em ambos os níveis de irrigação nos tratamentos por aspersão. A menor intensidade de doença nas plantas irrigadas por aspersão se deve ao efeito negativo que a água aplicada exerce sobre o fungo. Quando depositado sobre a superfície da folha, o conídio germina e penetra pelo estômato produzindo micélio endofítico. Ao contrário de *P. infestans*, *O. haplophylli* não necessita de água livre na superfície da folha para que ocorra a germinação do conídio (LOPEZ; RIVERA, 1991). A água da irrigação por aspersão, assim como a chuva, age mecanicamente reduzindo o número de conídios sobre a

superfície foliar, o que reduz a taxa de infecção e, conseqüentemente, a severidade da doença (SIVAPALAN, 1993). Aumentando-se a frequência da irrigação, maior será a remoção dos conídios que se formam ao longo do tempo. Assim, a irrigação por aspersão proporciona uma lavagem das folhas do tomateiro, promovendo a redução de inóculo do fungo, e por fim o controle da doença. A relação inversa entre lâmina de irrigação e severidade de oídios epifíticos (gêneros *Erysiphe* e *Sphaerotheca*) já foi demonstrada em outros hospedeiros, como por exemplo, abóbora e ervilha (COELHO et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2000). No entanto, pouco se conhece acerca do efeito da irrigação sobre oídios com hábito de crescimento endofítico, como *Leveillula*.

Nos tratamentos irrigados por gotejamento e por sulco, o efeito de lavagem dos conídios é suprimido e a doença encontra condições ideais para se desenvolver. É importante ressaltar que a remoção parcial da calda bordalesa que ocorre na irrigação por aspersão, não é verificada nas demais formas de irrigação estudadas. Apesar desse fato, o oídio foi mais severo nos sistemas por gotejamento e por sulco quando comparados com a aspersão. O efeito protetor do cobre não parece ser muito eficiente para o controle de *Leveillula taurica* em tomateiro.

Um efeito interessante foi observado nos tratamentos irrigados por microaspersão. Aqueles manejados com umidade moderada apresentaram severidade equivalente aos sistemas por gotejamento e por sulco. Entretanto, o manejo com umidade elevada apresentou menor severidade, em nível intermediário ao observado na aspersão convencional e no gotejamento/sulco. No sistema por microaspersão ocorre a lavagem das folhas baixas localizadas até 0,25 m de altura do solo. Essas folhas também são as primeiras a se tornarem mais favoráveis, fenologicamente, à infecção do patógeno, pois as folhas adultas são geralmente mais suscetíveis à infecção do que as folhas mais jovens (COELHO et al., 2000; SOUZA; CAFÉ FILHO, 2003). Sendo assim, a maior frequência de irrigação verificada para a microaspersão com umidade elevada resultou em um atraso da

epidemia, por meio da redução de inóculo inicial nas folhas baixas. Quando o sistema foi manejado com umidade moderada, a menor frequência de irrigação não desfavoreceu a doença.

As diferentes configurações avaliadas de sistemas de irrigação por gotejamento, incluindo-se número de linhas laterais por fileira de plantas e tipos de cobertura do solo, não tiveram qualquer efeito sobre a epidemia da requeima e do oídio.

A produtividade comercializável e total diferiu estatisticamente apenas entre o tratamento de microaspersão com umidade elevada e o tratamento de gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas. No entanto, a produtividade obtida em todos os tratamentos foi consideravelmente superior àquelas obtidas por Tamiso (2005) e Souza et al. (2007) em sistema de produção orgânica.

Independente do sistema de irrigação avaliado houve uma tendência de aumento da produtividade de frutos com o manejo da irrigação com umidade elevada do solo. Isto indica que maiores produções podem ser obtidas quando a irrigação é manejada de forma a permitir menores tensões de água no solo durante o ciclo do tomateiro (MAROUELLI et al., 1991). Por outro lado, o aumento da quantidade de água aplicada sobre a cultura promove, de maneira geral, o aumento da intensidade da maioria das doenças, que por fim prejudicam o desenvolvimento do tomateiro, reduzindo a produtividade. Dessa forma, torna-se relevante ajustar o manejo da água de irrigação de modo a contribuir para a maior expressão do potencial produtivo da cultura. Esses ajustes deverão ser realizados caso a caso, dependendo do ambiente, da resistência genética de um determinado cultivar à doença e da prevalência dos patógenos na região.

Conclusões

A irrigação por aspersão com umidade moderada contribui para o controle do oídio em tomateiro orgânico. Nas condições de cultivo irrigado de inverno na região dos Cerrados, esta configuração de sistema de irrigação não favoreceu a epidemia da requeima. Novos estudos estão em andamento com objetivos de aumentar a produtividade do tomateiro e de confirmar a efetividade deste sistema de irrigação e estratégia de manejo de água para a menor severidade de doenças em sistemas orgânicos de produção.

Agradecimentos

Ao Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Orgânica do Distrito Federal (CDTOrg-DF), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) pelo apoio financeiro parcial na condução do trabalho.

Referências

- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 289 p.
- BOFF, P.; ZAMBOLIM, L.; RIBEIRO DO VALE, F. X. Escalas para avaliação de severidade da mancha de estenfílio (*Stemphylium solani*) e da pinta preta (*Alternaria solani*) em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 4, p. 280-283, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 553 de 30 de agosto de 1995. Dispõe sobre a norma de identidade, qualidade, acondicionamento e embalagem do *tomate in natura*, para fins de comercialização. Diário Oficial República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 de setembro de 1995. Seção 2, p. 25.
- CAFÉ FILHO, A. C.; COELHO, M. V. S.; SOUZA, V. L. Oídios de hortaliças. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 285-302.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. J. Wiley, 1990. 532 p.
- COELHO, M. V. S.; CAFE FILHO, A. C.; LOPES, C. A.; MAROUELLI, W. A. Severidade de oídio em abóbora híbrida sob diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p. 157-160, 2000.
- DINIZ, L. P.; MAFFIA, L. A.; DHINGRA, O. D.; CASALI, V. W. D.; SANTOS, R. H. S.; MIZUBUTI, E. S. G. Avaliação de produtos alternativos para o controle da requeima do tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 2, p. 171-179, 2006.

DIVER, S.; KUEPPER, G.; BORN, H. Organic tomato production. Fayetteville, Arkansas: ATTRA: USDA. **Horticultural Production Guide**, 1999. 21 p.

DUARTE, A. R. **Remoção de resíduos de fungicidas por meio de chuva simulada e de irrigação em batateira e tomateiro**). Universidade Federal de Viçosa, 2008. 43 p. (Dissertação de Mestrado).

FIFE, J. P.; NOKES, S. E. Evaluation of the effect of rainfall intensity and duration on the persistence of chlorothalonil on processing tomato foliage. **Crop Protection**, v 21, p 733-740, 2002.

FLIER, W. G.; TURKENSTEEN, L. J. Foliar aggressiveness of *Phytophthora infestans* in three potato growing regions in the Netherlands. **European Journal of Plant Pathology**, v. 105, p. 381-388, 1999.

FOHNER, G. R.; FRY, W. E.; WHITE, G. B. Computer simulation raises question about timing protecting fungicide application frequency according to potato late blight forecast. **Phytopathology**, v. 74, p. 1145-1147, 1984.

FRY, W. E.; DOSTER, M. A. Potato late blight: forecasts and disease suppression. In: LUCAS, J. A.; SHATTOCK, R. C.; SHAW, D. S.; COOKE, L. R. (Ed.) **Phytophthora**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p. 326-336.

HUNSCHE, M.; DAMERO, W, L.; SCHMITZ-EIBERGER, M.; NOGA, G. Mancozeb wash-off from apple seedlings by simulated rainfall as affected by drying time of fungicide deposit and rain characteristics. **Crop Protection**, v. 26, p. 768-774, 2007.

JAMES, W. C. Assessment keys. **Canadian Plant Disease Survey**, v. 51, p. 39-65, 1971.

LIMA, M. A.; MAFFIA, L. A.; BARRETO, R. W.; MIZUBUTI, E. S. G. *Phytophthora infestans* in a subtropical region: survival on tomato debris, temporal dynamics of airborne sporangia and alternative hosts. **Plant Pathology**, v. 58, p. 87-99, 2009.

LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2005. 151 p.

LOPES, C. A.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 14, n. 151-179, 2006.

LOPEZ, S. E.; RIVERA, M. C. Biología y patología de los oídios. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 59-78.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetro para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2008. 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 57).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; OLIVEIRA, C. A. S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 1531-1537, 1991.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Parâmetros básicos para manejo de irrigação por aspersão em tomateiro para processamento na região do cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15, 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID, 2005. CD-ROM.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrigation Science**, v. 25, p. 411-418, 2007.

MIZUBUTI, E. S. G.; FRY, W. E. Temperature effects on developmental stages of isolates from three clonal lineages of *Phytophthora infestans*. **Phytopathology**, v. 88, p. 837-843, 1998.

MIZUBUTI, E. S. G. Requeima ou mela da batata e do tomate. In: LUZ, E. D. N.; SANTOS, A. F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J. L. (Ed.) Doenças causadas por **Phytophthora no Brasil**. Campinas: Livraria Rural. 2001. p.100-174.

OLIVEIRA, C. A. S.; MAROUELLI, W. A.; SANTOS, J. R. M.; BOITEUX, L. S. Produção de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* e severidade de oídio em cultivares de ervilha sob diferentes lâminas de água. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 16-20, 2000.

PALTI, J. The *Leveillula* mildews. **The Botanical Review**, v. 54, p. 423-535, 1988.

ROTEM, J.; PALTI, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 7, p. 267-288, 1969.

SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SIVAPALAN, A. Effects of impacting rain drops on the growth and development of powdery mildew fungi. **Plant Pathology**, v. 42, p. 256-263, 1993.

SOUZA, J. L. Tomateiro para mesa em sistema orgânico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 24, n. 219, p. 108-120, 2003.

SOUZA, J. H.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; MARINI, D.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. A.; PIVETTA, L. G. Produtividade de tomate em função da adubação orgânica e biodinâmica e da presença de cobertura do solo e de plantas companheiras. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 842-845, 2007.

SOUZA, V. L.; CAFÉ FILHO, A. C. Resistance to *Leveillula taurica* in the genus *Capsicum*. **Plant Pathology**, v. 52, n. 5, p. 613-619, Oct. 2003.

TAMISO, L. G. **Desempenho de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sob sistemas orgânicos de cultivo protegido.**

Piracicaba: ESALQ, 2005. 87 p. (Dissertação de Mestrado).

WEHT, S. Oídios del tomate. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed).

Oídios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 303-322

