



**FUNGICIDAS QUÍMICOS E *Trichoderma* spp.
NO CONTROLE DE *Phytophthora capsici* EM
PIMENTÃO E ABÓBORA**

JOSÉ RAFAEL DE SOUZA

2017

JOSÉ RAFAEL DE SOUZA

**FUNGICIDAS QUÍMICOS E *Trichoderma* spp.
NO CONTROLE DE *Phytophthora capsici* EM
PIMENTÃO E ABÓBORA**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Profa. D.Sc. Tiyoko Nair Hojo Rebouças

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA-BRASIL**

2017

S697f

Souza, José Rafael de.

Fungicidas químicos e *Trichoderma* spp. no controle de *Phytophthora capsici* em pimentão e abóbora./ José Rafael de Souza, 2017.

107f. ; il. (algumas color).

Orientador (a): Dra. Tiyoko Nair Hojo Rebouças.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Vitória da Conquista, 2017.

Inclui referência F.99 – 102.

1. Hortaliças – Doenças e pragas. 2. Controle químico. 3. Controle biológico. 4. Área de concentração - Fitotecnia, I. Rebouças, Tiyoko Nair Hojo. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T. III.

CDD. 635.049

Catálogo na fonte: Cristiane Cardoso Sousa – CRB 5/1843

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

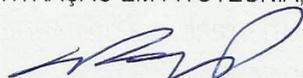
Campus de Vitória da Conquista - BA

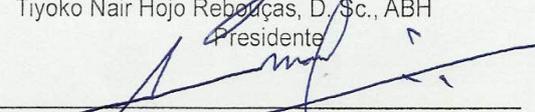
DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

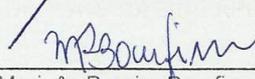
Título: “FUNGICIDAS QUÍMICOS E *Trichoderma* spp. NO CONTROLE DE *Phytophthora capsici* EM PIMENTÃO E ABÓBORA”

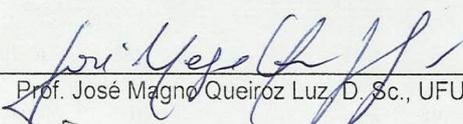
Autor: José Rafael de Souza

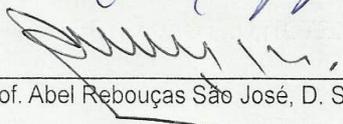
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela Banca Examinadora:


Tiyoko Nair Hojo Reboças, D. Sc., ABH
Presidente


Cláudio Lúcio Fernandes Amaral, D. Sc., UESB/Jequié


Profa. Marinês Pereira Bomfim, D. Sc., UFCG-PB


Prof. José Magno Queiroz Luz, D. Sc., UFU-MG


Prof. Abel Reboças São José, D. Sc., UESB

Data de realização: 28 de julho de 2017.

Estrada do Bem Querer, Km 4 – Caixa Postal 95 – Telefone: (77) 3425-9383 – Fax: (77) 3424-1059
– Vitória da Conquista – BA – CEP: 45031-900

“Sonhar, mas um sonho impossível, lutar quando é fácil ceder, vencer o inimigo invencível, negar quando a regra é vender. Sofrer a tortura implacável, romper a incabível prisão, voar no limite improvável, tocar o inacessível chão. É minha lei, é minha questão, virar esse mundo, cravar esse chão. Não me importa saber se é terrível demais, quantas guerras terei de vencer por um pouco de paz. E, amanhã, se esse chão que eu beijei for meu leito e perdão, vou saber que valeu delirar e morrer de paixão. E, assim, seja lá como for, vai ter fim a infinita aflição, e o mundo vai ver uma flor brotar do impossível chão”.

Chico Buarque de Holanda

Em especial, aos meus pais, Antônio (in memorian) e Leny Macêdo, aos meus amados irmãos, Ednaldo (in memorian), Edna, Sônia, Célia e Sandra.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar presente em todos os momentos de minha vida, orientando e conduzindo todo o meu trabalho.

À minha mãe e às minhas irmãs, pelo amor incondicional, pelo carinho, atenção e motivação em todas as etapas de minha vida.

À minha orientadora, professora DSc. Tiyoko Nair Hojo Rebouças, pela orientação, não faltando paciência, dedicação e incentivo. Ao co-orientador no exterior, PhD Mohammed Babadoost, da University of Illinois at Urbana Champaign, pela contribuição.

Aos meus amigos Luciano Pacheco, Altemar Cardoso, Élide Guimarães, Tiago Brandão, Joaquim Rodrigues (Kinca), Ceilla Paiva, Girlaine Ferreira e Roseane Mendonça, pelo carinho imenso e pela palavra amiga.

A Franscico Guimarães, pelo carinho especial e incentivo, meu muito obrigado.

Aos amigos do curso de Doutorado em Agronomia, em especial, Greice Marques, Rafael e John Porto, pelo companheirismo.

À UESB e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, por subsidiarem o conhecimento.

Aos amigos de laboratório, Jailson, Cíntia, Ana Paula e Nilma, pela colaboração e pelo apoio nos momentos de trabalho.

À University of Illinois at Urbana Champaign – EUA, pela aprendizagem e oportunidade no exterior.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Educação Superior – CAPES, pelo auxílio financeiro.

A todos que ajudaram, de forma direta ou indireta, na realização deste trabalho.

ETERNAMENTE GRATO!!!!

RESUMO GERAL

SOUZA, J. R. **Fungicidas químicos e *Trichoderma* spp. no controle de *Phytophthora capsici* em pimentão e abóbora.** Vitória da Conquista - BA: UESB, 2017. 107p. (Tese – Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia).*

As doenças de plantas desempenham papel importante em prejuízos causados na agricultura, e, em particular, os fungos representam cerca de mais de 90% das perdas. O oomiceto *Phytophthora capsici* é uma doença de ocorrência mundial, apresenta como característica alta agressividade e pode limitar o cultivo de diversas espécies do gênero cucurbitáceas e solanáceas. A utilização de fungicidas químicos no controle da requeima em vegetais é bastante utilizada em programas de manejo da doença, no entanto a necessidade de monitorar a sensibilidade a moléculas químicas é fundamental para evitar a resistência a esses componentes. Como alternativa, a utilização do controle biológico em plantas tem sido amplamente estudada, e o gênero *Trichoderma* spp. apresenta-se como grande potencial antagonico contra diversos patógenos de solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar a patogenicidade e a sensibilidade de isolados de *P. capsici* a fungicidas químicos e biológicos. Os estudos foram conduzidos na University of Illinois at Urbana Champaign, Illinois, EUA, e na Faculdade Arnaldo Horácio Ferreira, Luís Eduardo Magalhães, Bahia, Brasil, nos anos de 2014, 2015 e 2017. Foram realizados três experimentos em condições diversas. No primeiro experimento, cinco isolados de *P. capsici* foram submetidos à análise de sensibilidade aos fungicidas mandipropamida, ciazofamida, dimetomorfe, A20941OD e A2094SC. A sensibilidade foi avaliada pelas características: crescimento micelial, produção de esporângio, produção de zoósporo. Foi calculada a taxa relativa do diâmetro da colônia e EC₅₀ micelial. O segundo experimento foi realizado em campo para avaliar a eficácia de fungicidas no controle de *P. capsici* em cultivo de abóbora. Avaliaram-se os fungicidas mandipropamida, ciazofamida, dimetomorfe e A20941OD por meio da severidade (em plantas, ramos e frutos) e produção. O terceiro experimento foi conduzido em campo no delineamento em blocos ao acaso, e avaliou-se a eficácia de *Trichoderma harzianum*, *T. longibrachiatum*, dimetomorfe, ciazofamida e mandipropamida no controle de requeima na cultura do pimentão. Os isolados foram multiplicados em laboratório e inoculados em plantas no campo aos 7, 15 e 21 DAT. Avaliou-se a patogenicidade dos isolados em casa de vegetação e a incidência da doença (planta e frutos) e componentes de produção. Todos os isolados testados no primeiro experimento foram sensíveis à mandipropamida (RDC < 30%). Os fungicidas ciazofamida e A209441OD apresentaram resultados entre sensível e sensível intermediário (RDC < 90%). Sensíveis intermediário e resistente (RDC > 90%) foram verificados nos fungicidas dimetomorfe e A20942SC. As médias EC₅₀ do crescimento micelial para

ciazofamida, dimetomorfe, mandipropamida, A209441OD e A20942SC foram 1.03, 2.98, 4.03, 2.02, 0.11 mg L⁻¹, respectivamente. Valores obtidos neste estudo podem ser usados como comparativos para monitorar a sensibilidade à fungicida em população de *P. capsici*. No segundo experimento, em 2014, a incidência de podridão de frutos causada por *P. capsici* foi de 31% em parcelas do tratamento controle e 5, 10 e 2% nas parcelas tratadas com ciazofamida, dimetomorfo e mandipropamida, respectivamente. Em 2015, a incidência de podridão de frutos causada por *P. capsici* foi de 69% em parcelas de controle e de 42, 21 e 18% nas parcelas pulverizadas com ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida, respectivamente. No terceiro experimento, os fungicidas químicos promoveram maior proteção contra a requeima em plantas de pimentão. Os isolados 021 e 023 diferiram dos demais, o que demonstra um alto nível de agressividade. Os tratamentos que foram pulverizados com mandipropamida e dimetomorfe proporcionaram as menores incidências de doenças e atingiram os valores de 4,75 e 2,5%, respectivamente, aos 41DAT. Os isolados de *Trichoderma* spp. reduziram a incidência de doenças e diferiram do tratamento controle aos 41DAT. O mandipropamida foi eficiente no controle de requeima, apresentando a menor área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) com 32,5. O uso de *Trichoderma* spp. no controle da requeima deve ser considerado como parte integrante de programa de controle integrado e apresenta potencial micoparasítico, considerando-se que tais antagonistas apresentam outros benefícios à vida do solo.

Palavras-Chave: Controle químico. Controle biológico. Doenças em plantas. Monitoramento. Hortaliças.

***Orientadora: Tiyoko Nair Hojo Rebouças, D.Sc. UESB**

ABSTRACT

SOUZA, J. R. **Chemical fungicides and *Trichoderma* spp. in the control of *Phytophthora capsici* in pepper and pumpkin.** Vitória da Conquista - BA: UESB, 2017. 107p (Thesis – Doctor's degree in Agronomy, Crop Science Concentration Area).*

Plant diseases play an important role in agricultural damage, and in particular fungi represents about more than 90% of the losses. *Phytophthora capsici* is a globally occurring disease characterized by high aggressiveness, which may limit the cultivation of some species of the Cucurbitaceae and Solanaceae botanical family. The use of chemical fungicides in blight controlling in plants is strongly recommended in disease management programs, however the need to monitor the sensitivity to chemical molecules is fundamental to avoid resistance to these components. As an alternative, the use of biological control in plants has been extensively studied and the genus *Trichoderma* spp. shows as great antagonistic potential against several pathogens. The present work had as objective to evaluate the pathogenicity and sensitivity of isolates of *P. capsici* to chemical and biological fungicides. The studies were carried out at the University of Illinois at Urbana Champaign, Illinois, USA, and at Arnaldo Horácio Ferreira College, Luís Eduardo Magalhães, Bahia, Brazil, in the years 2014, 2015 and 2017. In the first experiment, five isolates of *P. capsici* were submitted to sensitivity analysis to mandipropamide, cyazofamide, dimethomorph, A20941OD and A2094SC fungicides. The sensitivity was evaluated by the following parameters: mycelial growth, sporangium production, zoospore production. The relative rate of colony diameter and mycelial EC₅₀ was calculated. The data were analyzed by the SAS program. The second experiment was carried out in the field to evaluate the efficiency of fungicides in controlling of *P. capsici* in pumpkin crop. Mandipropamide, cyazofamid, dimethomorph and A20941OD fungicides were evaluated by severity (in plants, branches and fruits) and production. The third experiment was carry out in the field in the randomized block design, and it was evaluated the efficacy of *Trichoderma harzianum*, *T. longibrachiatum*, dimethomorph, cyazofamid and mandipropamid in controlling of pepper blight. The isolates were multiplied in the laboratory and inoculated on plant in 7, 15 and 21 DAT (days after planting). The pathogenicity of the isolates in greenhouse and the incidence of disease (plant and fruits) and production components were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and the averages were compared by the Tukey test at 5% using STATISTIX®9 program. All isolates of *P. capsici* tested were sensitive to mandipropamid in all assays (RCD < 30%) in the first essay. The cyazofamid and A20941OD fungicides showed results between sensitive (RCD<30%) and intermediately sensitive (RCD<90%). Intermediately sensitive or resistant isolate (RCD>90%) were found to dimethomorph and A20942SC. The median EC₅₀ cyazofamid, dimethomorph,

mandipropamid, A20941OD and A20942SC concentration were 1.03, 2.98, 4.03, 2.02, 0.11 mg/liter in the mycelia growth, respectively. Sensitivity values obtained in this study can be used as comparative baseline to monitor shifts in sensitivity to these fungicides in populations of *P. capsici*. In the second essay in 2014, incidence of fruit rot caused by *P. capsici* was 31% in control plots and 5, 10, and 2% in the plots treated with cyazofamid, dimethomorph, and mandipropamid, respectively. In 2015, incidence of fruit rot caused by *P. capsici* was 69% in control plots and 42, 21, and 18% in the plots sprayed with cyazofamid, dimethomorph, and mandipropamid, respectively. In the third essay the chemical fungicides, regardless of their mode of action, gave a greater protection against late blight in pepper. The isolates 021 and 023 show significant difference from the others demonstration of a high level of aggressiveness. The treatments sprayed with mandipropamid and dimethomorph had the lowest incidence of diseases, reaching 4.75 and 2.5%, respectively, at 41DAT. The isolates of *Trichoderma* spp. reduced the incidence of diseases and presented statistically significant differences from the control treatment to 41 DAT. Mandipropamid fungicide was efficient in the control of Phytophthora blight with the lowest AACPD with 32.5. The application of *Trichoderma* spp. in controlling of the *P. capsici* should be considered as an integral part of an integrated control program and *Trichoderma* spp show a micoparasite potential, considering that such antagonists present other benefits to soil life.

Keywords: Chemical control. Biological control. Plant disease. Monitoring. Vegetables.

***Advisor: Tiyoko Nair Hojo Rebouças, D.Sc. UESB**

LISTAS DE FIGURAS

Capítulo 1: Sensibilidade *in vitro* de isolados de *Phytophthora Capsici* a fungicidas oriundos de Illinois, EUA a fungicidas.

Figura 1 – Representação esquemática do ciclo de vida de *Phytophthora capsici* agente causal da requeima em cucurbitáceas e solanáceas. Vitória da Conquista, BA, 2017.....22

Figura 2 – Teste de patogenicidade em planta de abóbora (A), inoculação de solução com zoósporo em plantas de pimentão (B), sintomas de tombamento em plantas de pimentão após quatro dias da inoculação (C e D). Urbana-Champaign, EUA, 2015.....33

Figura 3 – Crescimento micelial de *Phytophthora capsici* em meio V8 alterado com diferentes concentrações do fungicida A20941OD. Urbana-Champaign, EUA, 2015.....34

Figura 4 – Gel de agarose do produto de PCR dos isolados de *Phytophthora capsici* analisados, utilizando os primers PC-1 e PC-2 do rDNA. Urbana-Champaign, EUA, 2015.....37

Figura 5 – Concentração efetiva para inibição em 50% (EC_{50}) em concentrações de ciazofamida (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de fungicida ciazofamida (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de ciazofamida (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.....39

Figura 6 – Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de dimetomorfe (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de fungicida dimetomorfe (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de dimetomorfe (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.....41

Figura 7 – Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de mandipropamida (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de fungicida mandipropamida (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de mandipropamida (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.....43

Figura 8 – Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de A20941OD (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de fungicida A20941OD (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de A20941OD (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.....45

Capítulo 2: Eficiência de fungicidas no controle de *Phytophthora capsici* em cultivo de abóbora em Illinois, EUA.

Figura 9 – Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de A20942SC (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de fungicida A20942SC (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio

e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de A20942SC (C).
Urbana-Champaign, EUA, 2015.....47

Figura 10 – Plantas e frutos de abóbora infectados por *P. capsici* recentemente infectados (A); plantas em estado avançado de infecção (B) frutos recentemente infectados (C) e frutos em estado avançado de infecção (D). Urbana-Champaign, EUA, 2015.....55

Figura 11 – Estrutura reprodutiva de *P. capsici*. Oósporos (A), único oósporo (B), esporângio liberando zoósporo (C) e esporângios e zoósporos (D). Urbana-Champaign, EUA, 2015.....56

Figura 12 – Localização geográfica da área onde foram realizados os testes em campo. Urbana-Champaign, EUA, 2015.....57

Figura 13 – Área experimental do plantio de abóbora em Green Valley City, Illinois, EUA, Urbana-Champaign, EUA, 2015.....58

Figura 14 – Etapas do isolamento de *P.capsici* por meio da técnica de isca (MATHERON E MATEJKA, 1991), Luís Eduardo Magalhães, BA.....80

Capítulo 3: Potencialidade de fungicidas químico e biológico no controle de *Phytophthora capsici* em pimentão.

Figura 15 – Isolados de *P. capsici* obtidos de plantas hospedeira de abóbora, pimentão e pimenta no município de Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....81

Figura 16 – Teste de patogenicidade de *P. capsici* em plantas de pimentão. (A) - preparação da solução com isolados, (B) – Infecção com zoósporos,

(C) - Sintomas da doença após 4 dias de inoculação e (D) – necrose na base da plântula. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....82

Figura 17 – Localização geográfica da área experimental da Faculdade Arnaldo Horácio Ferreira, Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....84

Figura 18 – Plantio experimental de pimentão para teste de fungicidas, Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....85

Figura 19 – Curva de progresso da incidência da requeima em plantas de pimentão submetidas aos tratamentos: T1 – Controle, T2 – *T. harzianum*, T3 – *T. longibrachiatum*, T4 – Dimetomorfe, T5 – Ciazofamida e T6 – Mandipropamida. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....92

Figura 20 – Valores médios das áreas abaixo das curvas de progresso da incidência da requeima em pimentão submetido aos tratamentos: T1 – Controle, T2 – *T. harzianum*, T3 – *T. longibrachiatum*, T4 – Dimetomorfe, T5 – Ciazofamida e T6 – Mandipropamida. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....93

Figura 21 – Resultados da análise do solo da área experimental, Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....104

Figura 22 – Gráfico climático anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.....105

Figura 23 – Gráfico climático anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.....105

Figura 24 – Gráfico climático anual da cidade de Luís Eduardo Magalhães Bahia, Brasil, 2016.....106

Figura 25 – Gráfico climático anual da cidade de Luís Eduardo Magalhães
Bahia, Brasil, 2017.....107

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2: Eficiência de fungicidas no controle de *Phytophthora capsici* em cultivo de abóbora em Illinois, EUA.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento com respectivos nomes comercial, dose ha⁻¹ e tempo de aplicação nos ensaios de 2014. Urbana-Champaign, EUA, 2015.....60

Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento com respectivos nome comercial, dose/ha⁻¹ e tempo de aplicação utilizado nos ensaios de 2015. Urbana-Champaign, EUA, 2015.....61

Tabela 3 – Ocorrência de requeima causada pelo patógeno *Phytophthora capsici*, em plantas e frutos de abóbora após aplicação dos diferentes fungicidas, Illinois, 2014. Urbana-Champaign, EUA, 2015.....66

Tabela 4 – Ocorrência de requeima causado pelo patógeno *Phytophthora capsici*, em plantas e frutos de abóbora após aplicação de diferentes fungicidas, Illinois, 2015. Urbana-Champaign, EUA, 2015.....68

Capítulo 3: Potencialidade de fungicidas químicos e biológicos no controle de *Phytophthora capsici* em pimentão.

Tabela 5 – Identidade e procedência dos isolados de *Phytophthora capsici* obtido de solos e cultivos de hortaliças em Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....79

Tabela 6 – Tratamentos utilizados no experimento com respectivos nome comercial, dose/ha ⁻¹ e tempo de aplicação utilizado nos ensaios de 2017. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....	86
Tabela 7 – Comprimento da lesão, número de desfolha e número de plantas mortas em mudas de pimentão devido a nove isolados de <i>Phytophthora capsici</i> . Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....	89
Tabela 8 – Incidência final de <i>P. capsici</i> em plantas e frutos de pimentão tratados com aplicações de <i>Trichoderma</i> sp. e diferentes fungicidas químicos. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....	95
Tabela 9 – Número de frutos por planta, comprimento de frutos (mm), diâmetro de frutos (mm), massa de frutos (g), produção (kg planta ⁻¹) e produtividade (kg ha ⁻¹) de plantas tratadas com <i>Trichoderma</i> spp. e fungicidas químicos no controle de requeima no pimentão. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.....	96
Tabela 10 – Tabela climática anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.....	106
Tabela 11 – Tabela climática anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.....	107

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AACPD	Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença
DAE	Dias Após Emergência
DAI	Dias Após Inoculação
DAP	Dias Após Plantio
DAT	Dias Após Transplântio
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EC ₅₀	Concentração Efetiva a 50%
FRAC	Fungicides Resistance Action Committee
PCR	Reação em Cadeia de Polimerase
RAPD	Polimorfismo de DNA amplificado ao Acaso
RDC	Diâmetro relativo da colônia
rDNA	DNA ribossômico
RFE	Relação da Formação de Esporângio

SUMÁRIO

Introdução Geral.....	21
Referências.....	24
CAPÍTULO 1: SENSIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DE ISOLADOS DE <i>Phytophthora capsici</i> ORIUNDOS DE ILLINOIS, EUA, A FUNGICIDAS.....	26
Resumo.....	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	31
Resultados e Discussão.....	37
Conclusões.....	48
Referências.....	49
CAPÍTULO 2: EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE <i>Phytophthora capsici</i> NO CULTIVO DE ABÓBORA EM ILLINOIS, EUA.....	51
Resumo.....	52
Abstract.....	53
Introdução.....	54
Material e Métodos.....	57
Resultados e Discussão.....	63
Conclusões.....	70
Referências.....	71
CAPÍTULO 3: FUNGICIDAS QUÍMICO E BIOLÓGICO NO CONTROLE DE <i>Phytophthora capsici</i> EM PIMENTÃO.....	73
Resumo.....	74

Abstract.....	75
Introdução.....	76
Material e Métodos.....	79
Resultados e Discussão.....	89
Conclusões.....	98
Referências.....	99
Anexos	103

INTRODUÇÃO GERAL

No mundo, anualmente, cerca de 45% da produção de frutas e hortaliças é perdida devido a diversos fatores que envolvem desde a produção até a pós-colheita (FAO, 2013). Nesse sentido, as doenças de plantas desempenham papel significativo em prejuízos causados na agricultura, e, em particular, os fungos são responsáveis por perdas importantes em toda a cadeia agrícola (SOUZA e outros 2016; BABADOOST e PAVON, 2013; ERWIN e RIBEIRO, 1996).

O oomiceto *Phytophthora capsici* é um patógeno altamente agressivo e, em condições favoráveis, pode limitar o cultivo de diversas espécies das famílias Solanáceas e Curcubitáceas (GHATAK e outros, 2015; SANG e outros, 2010). Assim como os fungos verdadeiros, os oomicetos apresentam crescimento micelial, nutrição por absorção e reprodução via esporos (FRY e GRUNWALD, 2010).

A espécie *Phytophthora capsici* Leonian pertence ao Reino Straminipila Filo Oomycota, e a família Pythiaceae é caracterizada por ser polífaga e cosmopolita (CERQUEIRA e outros 2011). O ciclo de vida do patógeno apresenta uma fase de reprodução assexuada, com a produção de esporângios e zoósporos, e a fase sexuada, com produção de oogônio, anterídios e oósporo (FIGURA 1). A espécie é diploide e heterotática e pode apresentar os dois tipos compatíveis A1 e A2, e o cruzamento entre eles culmina na produção de oósporos, que podem sobreviver por um longo período, apresentam grande potencial de fonte de inóculo para as doenças causadas por essa espécie e, conseqüentemente, são uma fonte de variação genética do patógeno (GASPAROTTO, e outros 1997) e, desde a descoberta do gênero *Phytophthora* no século XIX, mais de 100 espécies já foram descritas (KROON e outros, 2012).

Phytophthora spp. possui flagelos em seus esporos assexuados. São dependentes da água para a sua reprodução e produzem oósporo em gametângios. Apresentam hifas diploides e cenocíticas, parede celular

composta, principalmente, de celulose e β -glucanas, e não de quitina, são as principais características que os distinguem dos fungos do reino Fungi (DICK, 2001).

O patógeno *P. capsici* sobrevive no solo e causa podridão radicular, podridões de frutos e tombamento de mudas, o que pode ocasionar falha no estande, seja por morte da semente ou da radícula na emergência (*damping-off* de pré-emergência), ou morte de plântulas (*damping-off* de pós-emergência) em diversas plantas hospedeiras de tomate, pimentão, abóbora, pimentas (MENDES e outros, 1998; REIS e outros, 2007).

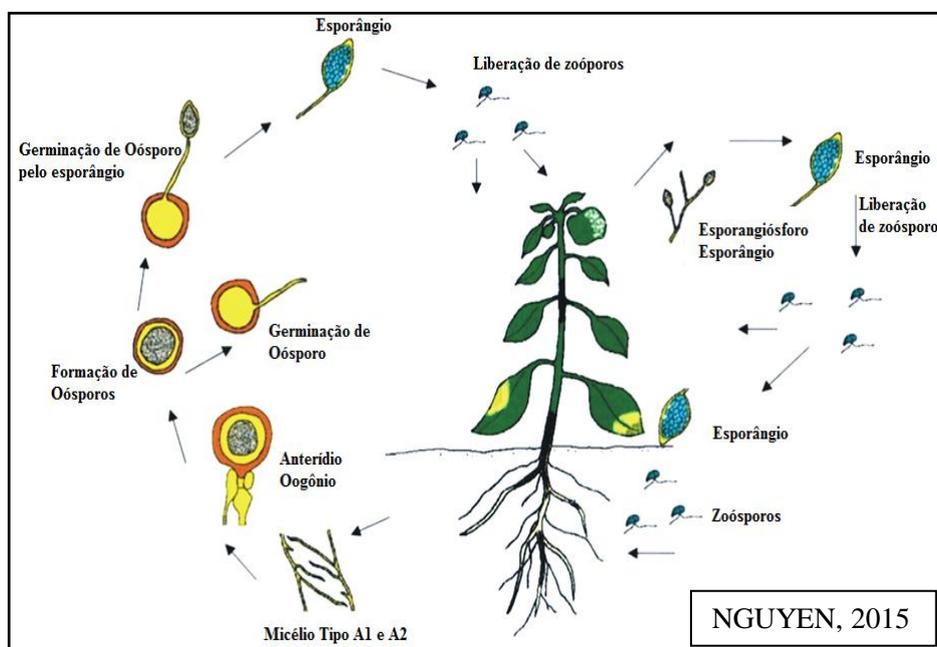


Figura 1 – Representação esquemática do ciclo de vida de *Phytophthora capsici* agente causal de requeima em cucurbitáceas e solanáceas.

Os danos econômicos causados por *P. capsici* e a agressividade do patógeno fazem com que o emprego de fungicidas químicos torne-se a principal forma de controle. O uso de fungicidas para o controle da requeima tem sido recomendado dentro de programas multidisciplinares de manejo, e, com o advento dos fungicidas anti-oomicetos, progressos significativos

foram obtidos no controle da doença (TÖFOLI e outros, 2000). Fontes alternativas têm sido bastante estudadas, como o controle biológico por apresentar especificidade ao alvo e utilizar diferentes meios para atingi-lo, a fim de reduzir as chances de selecionar linhagens resistentes (SAITO e outros, 2009). Nesse contexto, diversas espécies antagonistas têm apresentado potencial e, em especial, as do gênero *Trichoderma* spp., que vêm desempenhando um papel importante no controle de patógenos de plantas, especialmente do solo (SOUZA e outros, 2014; TRAN, 2007). No entanto, o manejo das doenças ocasionadas pelo patógeno *P. capsici* é realizado com a aplicação de fungicidas, principalmente aqueles à base de cobre, como óxido cuproso, oxiclureto de cobre e hibróxido de cobre (AMORIN e outros, 2011; GASPAROTTO e outros, 1997) e dimetomorfe, mandipropamida e mancozeb (BABADOOST; SOUZA e outros 2014).

O objetivo deste estudo foi avaliar a patogenicidade e a sensibilidade de isolados de *P. capsici* a fungicidas químicos e biológicos como fonte de informação científica para o aperfeiçoamento do manejo integrado de requeima em hortaliças.

REFERÊNCIAS

AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (eds). 2011. Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos. 4 ed. v. 1. Piracicaba, SP: Ceres. 704 p.

BABADOOST, M.; PAVON, C. Survival of oospores of *Phytophthora capsici* in soil. **Plant Disease**. v. 97. p. 1478-1483, 2013.

CERQUEIRA, A. O.; LUZ, E. D. M. N.; SANTOS, M. V. O. Distribuição de *Phytophthora capsici* em municípios que cultivam seringueiras no sul da Bahia. **Agrotrópica**, v. 23, n. 1, p. 65-70, 2011.

DICK, M. W. Straminipilous fungi. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001, 670p.

ERWIN, D. C.; RIBEIRO, O. K. Phytophthora diseases worldwide. **American Phytopathological Society**. 1996.

FAO – FOUNDATION AGRICULTURE ORGANIZATION. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>> Acessado em janeiro de 2017.

FRY, W. E. & GRÜNWARD, N. J. 2010. Introduction to Oomycetes. The Plant Health Instructor. <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/IntroOomycetes.aspx>. Acessado em novembro 2015.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A. F. dos.; PEREIRA, J. C. R.; FERREIRA, F. A. Doenças da seringueira no Brasil. Brasília: EMBRAPA-SPI; Manaus: EMBRAPA-CPAA, 168 p. 1997.

GHATAK, A.; ANSAR, M.; GHATAR, L. V.; BALODI, R. Elucidation of relationship between *Phytophthora* leaf blight and fruit rot in tomato. **Journal of Postharvest Technology**. v. 3, n. 2, p. 50-57, 2015.

KROON, L. P. N. M.; BAKKER, F. T.; VAN DEN BOSCH, G. B. M.; BONANTS, P. J. M. & FLIER, W. G. Phylogenetic analysis of *Phytophthora* species based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. **Fungal Genetetics and Biology**, v. 41, n. 8, 766–782, 2004.

KROON, L. P. N. M.; BROUWER, H.; DE COCK, A. W. A. M. & GOVERS, F. 2012. The genus *Phytophthora*. **Phytopathology**, v. 102, n. 4, p. 348-364, 2012.

MENDES, M. A. S.; SILVA, V. L.; DIANESE, J. C.; FERREIRA, M. A. S. V.; SANTOS, C. E. N.; GOMES NETO, E.; URBEN, A. F. & CASTRO, C. Fungos em Plantas no Brasil. Brasília: Embrapa Cenargen, 569 p. 1998.

NGUYEN, V. L. Spread of *Phytophthora capsici* in black pepper (*Piper nigrum*) in Vietnam. **Engineering**, v.7, p. 506-507, 2015.

REIS, A.; CAFÉ FILHO, A. C. & HENZ, G. P. Phytophthora capsici: patógeno agressivo e comum às solanáceas e cucurbitáceas. Brasília, DF: Embrapa Hortaliça. 8 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 55). 2007.

SAITO, L. R.; SALES, L. L. S. R.; MARTINEKOSKI, L.; REFFATTI, T. O. Aspects of the effect fungu *Trichoderma spp.* in biocontrol of pathogens of agricultural crops. **Journal of Plant Protection**. v. 2, n. 3, p. 209-216, 2009.

SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; LUZ, J. M. Q.; AMARAL, C. L. F.; FIGUEIREDO, R. M.; SANTANA, C. M. P. Potencialidade de fungicidas biológicos no controle da requeima do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, vol. 32, n. 1, p. 115-119, 2014.

SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; XIANG, Y.; BABADOOST, M. Sensitivity of *Phytophthora capsici* isolates from Illinois to fungicides. **XIth EUCARPIA Meetign on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae**. Warsaw, Poland. p. 161-165, 2016.

SANG, M. K.; KIM, J. G.; KIM, K. D. Biocontrol activity and induction of systemic resistance in pepper by compost water extracts against *Phytophthora capsici*. **American Phytophthological Society**. v. 100, n. 8, p.774-783, 2010.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; GARCIA J. O. Desempenho de fungicidas no controle da requeima do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 350-351, 2000.

TRAN, H.; FICKE, A.; ASIIMWE, T.; HOFTE, M.; RAAIJMAKERS, J. M. Role of cyclic lipopeptide massetolide A in biological control of *Phytophthora infestans* and in colonization of tomato plants by *Pseudomonas fluorescens*. **New Phytologist**. v. 175, p. 731-742, 2007.

**CAPÍTULO 1: SENSIBILIDADE *IN VITRO* DE ISOLADOS DE
Phytophthora capsici ORIUNDOS DE ILLINOIS, EUA, A
FUNGICIDAS.**

SENSIBILIDADE *IN VITRO* DE ISOLADOS DE *Phytophthora capsici* ORIUNDO DE ILLINOIS, EUA, A FUNGICIDAS

Resumo – A requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora capsici* Leonian é uma doença destrutiva e responsável por perdas severas em cultivo de hortaliças no mundo. A avaliação do nível de resistência do patógeno a fungicidas é fundamental para o desenvolvimento de práticas eficientes no manejo da doença. O objetivo deste estudo foi determinar o nível de sensibilidade a fungicidas em isolados de *P. capsici* originários do estado de Illinois, Estados Unidos. O experimento foi conduzido em laboratório e casa de vegetação da University of Illinois at Urbana Champaign, de fevereiro a maio de 2015. Cinco isolados de *P. capsici* foram obtidos da coleção do Laboratório de Fitopatologia da Universidade de Illinois e submetidos à análise de sensibilidade aos fungicidas mandipropamida, ciazofamide, dimetomorfe, A20941OD, A20942SC. As sensibilidades aos fungicidas foram avaliadas *in vitro* pelos parâmetros: crescimento micelial, produção de esporângio, produção de zoósporo. Foi calculada a taxa relativa ao diâmetro de colônia – RDC e EC₅₀ micelial. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os valores EC₅₀ foram obtidos com o auxílio do programa PROC GLM SAS. Todos os isolados do patógeno testados foram sensíveis a mandipropamida (RDC < 30%). Os fungicidas ciazofamida e A20941OD apresentaram resultados entre sensível e sensível intermediário (RDC < 90%). Sensíveis intermediário e resistente (RDC > 90%) foram verificados nos fungicidas dimetomorfe e A20942SC. A média EC₅₀ do crescimento micelial para ciazofamida, dimetomorfe, mandipropamida, A20941OD e A20942SC foram 1,03; 2,98; 4,03; 2,02; 0,11mg/L⁻¹, respectivamente. Valores obtidos neste estudo podem ser usados como comparativos para monitorar a sensibilidade à fungicida em população de *P. capsici*.

Palavras-chave: Doenças. Manejo. Requeima. Resistência.

SENSITIVITY OF *Phytophthora capsici* TO FUNGICIDES FROM VEGETABLE CROPS IN ILLINOIS, USA.

Abstract – Phytophthora blight caused by *Phytophthora capsici* Leonian is a destructive disease of several vegetable productions worldwide. Therefore, evaluating the resistant rate of pathogen to fungicide is fundamental to develop management practices to control this disease. The objective of this study was to determine baseline sensitivities to fungicides in isolates of *P. capsici* from Illinois, United States. The experiment was carried out in laboratory and greenhouse of University of Illinois at Urbana Champaign, from February to May of 2015. Five isolates of *P. capsici* from collections maintained at the Dr. Babadoost's program, in University of Illinois, were collected and submitted to analysis of sensitivity to fungicides (mandipropamid, cyazofamid, dimethomorph, A20941OD, A20942SC). The sensitivity was contrasted in vitro by the following parameters: mycelia growth, sporangia and zoospores production to the fungicides, and then it was calculated the rate relative to colony diameter – RCD and mycelia EC₅₀. A completely randomized design with four replicates was adopted. The EC₅₀ values were calculated by PROC GLM SAS. All the isolates of *P. capsici* tested were sensitive to mandipropamid in all assays (RCD < 30%). The cyazofamid and A20941OD fungicides showed results between sensitive (RCD<30%) and intermediately sensitive (RCD<90%). Intermediately sensitive or resistant isolate (RCD>90%) were found to dimethomorph and A20942SC. The median EC₅₀ cyazofamid, dimethomorph, mandipropamid, A20941OD and, A20942SC concentration were 1.03, 2.98, 4.03, 2.02, 0.11 mg liter⁻¹ in the mycelia growth, respectively. Sensitivity values obtained in this study can be used as comparative baseline to monitor shifts in sensitivity to these fungicides in populations of *P. capsici*.

Key words: Disease. Management. Blight. Resistance.

INTRODUÇÃO

A requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora capsici* Leonian é uma das principais doenças em cultivo de hortaliças e um dos fatores limitantes à produção de olerícola. De ocorrência mundial, o patógeno está associado à podridão de colo e raiz, necrose do caule, folhas e frutos em diversas espécies hospedeiras da família das cucurbitáceas e solanáceas (KEINATH, 2012; BABADOOST, 2004; ERWIN e RIBEIRO, 1996). O avanço em tecnologia de identificação molecular permitiu o registro de mais de 100 espécies no gênero *Phytophthora*, sendo parte dessas responsável por causar doenças em plantas (GOODWIN, 1997, SOUZA e outros 2016).

Grandes esforços têm sido feitos em escala mundial para reduzir a incidência dessa doença, contudo a eficiência em relação às estratégias no manejo da requeima ainda é limitada (JACKSON e JI, 2012, SOUZA e outros 2016). O oomiceto *P. capsici* é bastante agressivo e capaz de produzir oósporos, esporângios e zoósporos. Oósporos constituem uma estrutura sexual que apresenta um longo período de sobrevivência (HAUSBECK e LAMOUR, 2004) e está associada à alta agressividade do patógeno.

Para reduzir infecções ocasionadas por *P. capsici*, recomenda-se como estratégia a utilização de solos bastante drenados, rotação de cultura, variedade de plantas resistentes e a aplicação de fungicidas (RISTAINO e JOHNSTON, 1999). O uso de fungicidas químicos constitui uma prática bastante difundida em programas de controle de fitopatógenos do gênero *Phytophthora*.

Alguns fungicidas são altamente eficientes contra vários tipos de esporos, em particular esporângios e zoósporos, portanto são bastante recomendados no manejo da requeima (KEINATH, 2012). Contudo, esse patógeno é capaz de desenvolver resistência a fungicidas em diferentes modos de ação. Diversas classes de fungicidas têm sido desenvolvidas para

utilização no manejo de *P. capsici*, incluindo os fungicidas ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida e outros ainda em fase de teste.

Dimetomorfe interfere em mais de um estágio do ciclo de vida do patógeno por meio da inibição da formação da parede celular e é indicado contra requeima (JACKSON e outros, 2012; MATHERON e PORCHAS, 2000 e SOUZA e outros, 2014). O fungicida mandipropamida interfere na biossíntese da parede celular em *P. capsici* (BLUM e outros, 2010) e é altamente eficiente contra esporulação (REKANOVIC e outros, 2010). O ciazofamida é um fungicida foliar com atividade translaminar e inibe todos os estágios do ciclo de vida de *P. infestans* e com bom efeito residual (MITANI e outros, 2002).

A pressão promovida por fungicidas seleciona os patógenos mais resistentes a essas moléculas biologicamente ativas, devido à grande variabilidade genética existente na população dos fitopatógenos. Para alcançar efetivo controle de doenças, torna-se indispensável determinar o nível de sensibilidade do patógeno a compostos químicos e monitorar a evolução de resistências contra fungicidas. O objetivo desse estudo foi determinar a sensibilidade *in vitro* de cinco isolados de *P. capsici* a fungicidas oriundos de cultivos no estado de Illinois, EUA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento conduzido nas instalações da University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois, Estados Unidos da América, entre os meses de fevereiro a maio de 2015. Durante a condução do experimento, foram realizadas as seguintes etapas:

Isolamento de *P. capsici* - Cinco isolados de *P.capsici* oriundos de campo de cultivo no estado de Illinois foram selecionados da coleção do Laboratório de Fitopatologia da University of Illinois at Urbana-Champaign, Estados Unidos, e catalogados com os números 202, 212, 216, 221 e 270. Os isolados foram transferidos para o meio com 5 % de suco V8[®] ágar (50 ml de suco V8[®], 1.0g de CaCO₃, 16g de ágar e 950ml de água destilada) e mantidas em escuro à temperatura de 25°C por três dias. O isolamento de zoósporo para cultivo puro foi realizado, adicionando-se 10 ml de água esterilizada em cada placa de petri, e, com o auxílio de um pincel, os esporângios foram removidos. A suspensão com os esporângios foi filtrada por meio de uma dupla camada de tecido tipo gaze. A suspensão foi acondicionada em gelo por 20 minutos e, em seguida, transferida para uma câmara com temperatura ambiente por igual tempo para a liberação dos zoósporos.

Em seguida, a suspensão de zoósporos foi acondicionada em tubos de 50ml e agitada com auxílio do vortex por 1 minuto. Cada amostra foi ajustada para 200 zoósporos ml⁻¹ usando-se o hemocitômetro. Um volume de 50µl da suspensão de zoósporos foi transferido para o meio água-ágar com o auxílio de um espalhador tipo drigalski e, em seguida, incubado à temperatura de 25°C; esse permaneceu no escuro por um período de 3 a 4 dias até a germinação dos zoósporos.

Após a germinação, os zoósporos foram transferidos para o meio PARP ágar (três zoósporos por isolado) usando-se um bisturi esterilizado. Os meios foram incubados a uma temperatura de 25°C no escuro durante 2 a

3 dias. Um disco de diâmetro de 7mm que delimitava a colônia pura foi removido e transferido para o meio de cultura V8[®] ágar. Subculturas dos isolados foram purificadas em cultura pura de zoósporo e mantidas à temperatura de 15°C (ERWIN e RIBEIRO, 1996).

Identificação molecular do patógeno. Isolados provenientes de cultura purificadas foram cultivados em meio V8[®] ágar e acondicionados no escuro por 7 dias. Após isso, realizou-se a extração do DNA de acordo com Wang e outros, (2009), e a amplificação da reação polimerase em cadeia (PCR) foi esquematizada usando-se primers específicos para *P. capsici* (PC-1, 5'- GTCTTGTTACCCTATAAT GGCG-3' e PC-2,5'CGCCACAGCAGG AAAAGCATT-3'). O PCR foi preparado com 20µl da mistura de reação com 20ng de DNA, 200µM de cada dNTP, 0.5µM de primer específico, 0.5U de *Taq* DNA polimerase e 1 x PCR de solução tampão. O termociclador foi configurado no protocolo: 94°C por 5 min.; 94°C por 30s; 65°C por 30s e 72°C por 30s durante 35 ciclos e uma extensão final de 72°C por 7 min., usando-se PTC-200 (Petier) Termociclador (MJ Research, Inc., Waltham, MA). Os fragmentos foram amplificados por meio de eletroforese em gel de agarose a 2% com brometo de etídio a 0,5µg/ml⁻¹ em 0,5x Tampão-EDTA 50 UV por 1,5h.

Teste de patogenicidade. Mudanças de pimentão e abóbora foram plantadas em vasos e acondicionadas em casa de vegetação. Utilizaram-se quatro mudas por vaso e quatro repetições por isolado. Aos 45 dias após a emergência (DAE), foram inoculados 4 ml de suspensão no substrato com 200 zoósporos ml⁻¹ por muda. Após a inoculação, os vasos foram acondicionados em bandejas com água. Três dias após a inoculação, foram feitas as avaliações, medindo-se o comprimento e a largura das lesões no colo da planta e o número de desfolha. As avaliações foram realizadas a cada 3 dias por um período de 21 dias (FIGURA 2).

Fungicidas. Cinco fungicidas foram usados neste estudo, três de uso comercial: ciazofamida (Ranman 4000SC, FRAC código 21); dimetomorfe (Forum 4.16SC, FRAC código 40); mandipropamida (Revus 2.09SC FRAC

código 40); e dois fungicidas em fase de registro: A20941OD e A20942SC (Manufaturado pela empresa Syngenta).

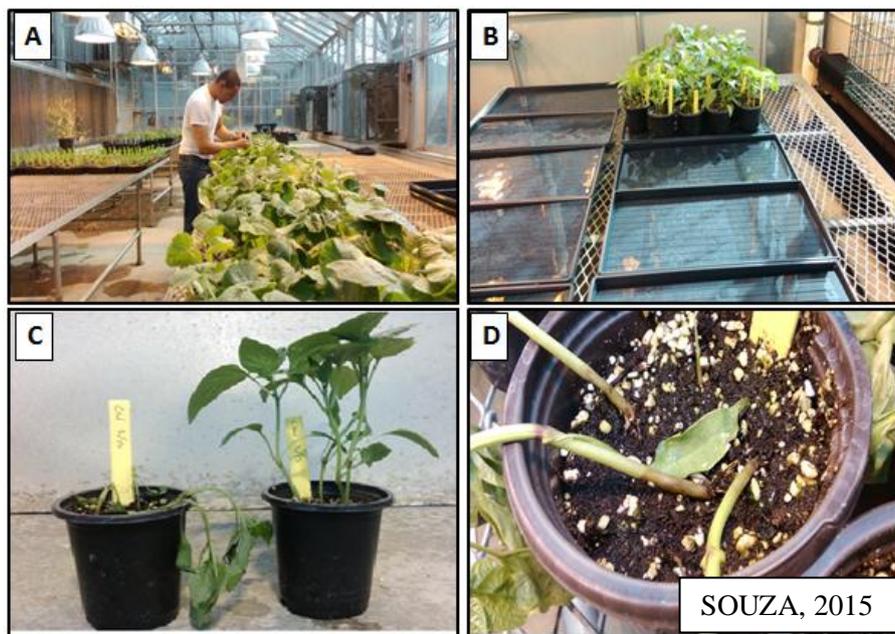


Figura 2 – Teste de patogenicidade em planta de abóbora (A), inoculação de solução com zoósporo em plantas de pimentão (B), sintomas de tombamento em plantas de pimentão após quatro dias da inoculação (C e D). Urbana-Champaign, EUA, 2015.

Inibição do crescimento micelial. Discos de diâmetro de 7 mm foram retirados de cultura ativas de *P. capsici* e transferidos para o meio V8 depois da autoclavagem e solidificação do meio alterado com os seguintes fungicidas: ciazofamida (0, 0,1; 0,5; 1, 5 e $10\mu\text{ ml}^{-1}$), dimetomorfe (0, 0,1; 0,5; 1; 2,5 e $5\mu\text{ ml}^{-1}$), mandiopropamida (0; 0,05; 0,1; 0,5; 1 e $5\mu\text{ ml}^{-1}$), A20941OD (0; 1; 10; 50; 100 e $200\mu\text{ ml}^{-1}$), A20942SC (0; 1; 10; 50; 100 e $150\mu\text{ ml}^{-1}$). As soluções estoques foram diluídas em metanol, acetona e água de acordo com a solubilidade de cada fungicida e, posteriormente, acrescidas ao meio V8 ágar previamente autoclavado. Quatro placas de petri foram utilizadas para cada concentração de fungicida, e os isolados foram incubados à temperatura de 25 °C e em ambiente escuro. A avaliação foi

realizada por meio da medição horizontal e perpendicular do diâmetro da colônia e no quarto dia após a transferência do isolado. A porcentagem relativa de inibição (EC_{50}) foi calculada por meio da correlação do \log_{10} da concentração de inibição do fungicida, e a porcentagem mínima de inibição da média do crescimento micelial de *P. capsici*, por análise de regressão.



Figura 3 – Crescimento micelial de *Phytophthora capsici* em meio V8 alterado com diferentes concentrações do fungicida A20941OD. Urbana-Champaign, EUA, 2015.

Inibição da produção de esporângio. Os isolados foram transferidos para o meio V8[®] ágar em placas de petri a uma temperatura de 25 °C e permaneceram por quatro dias no escuro. Em seguida, discos de 7 mm foram retirados da colônia em crescimento e transferidos para placas de petri com 10 ml água destilada esterilizada e fungicidas nas concentrações descritas anteriormente. As placas foram incubadas a uma temperatura de 25°C sob

luz contínua (KEINATH, 2012). Após 48 horas, os discos de ágar foram transferidos para lâminas microscópicas e fixados com solução de 0,01% fucsina e 85% de ácido láctico (KONÉ e outros, 2009 e MATHERON e PORCHAS, 2000). Os esporângios foram observados em microscópio com magnitude de 100x, e a contagem foi processada em duas áreas aleatórias para cada área do disco. Os valores do EC₅₀ foram calculados para cada isolado. A supressão da formação de esporângio foi calculada através do número de esporângios produzidos na placa com fungicida em relação ao controle, e, a partir disso, determinou-se a relação da formação de esporângio (RFE). Os isolados com RFE < 30% foram classificados como sensitivos, os isolados com RFE ≥ 30 e ≤ 90% foram classificados como sensitivo intermediário, e os isolados com RFE > 90% foram classificados como resistente aos fungicidas testados (LAMOUR e HAUSBECK, 2000).

Inibição da produção de zoósporos. Utilizou-se a técnica Sandwich descrita por YOUNG e VJUGINA (2002) durante o teste de inibição da produção de zoósporos. Discos com 7 mm de diâmetro foram acrescidos em meio V8[®] ágar à temperatura de 25 °C por 16 horas de fotoperíodo durante quatro dias para formação de esporângios. Após esse período, os discos foram transferidos para uma placa de petri vazia esterilizada, à qual se adicionaram 5ml de água gelada (temperatura de 10 ± 2 °C), destilada e esterilizada em cada placa. As placas foram acondicionadas em temperatura ambiental por 30 minutos. Em seguida, a suspensão foi transferida para tubo de 50ml e agitada por 50 segundos - encistamento do zoósporo. O número de zoósporos foi contado em três alíquotas de cada suspensão com o auxílio do aparelho hemocítmetro a 200x de amplificação. Produção relativa de zoósporos foi calculada através da relação número de zoósporos no meio alterado com fungicida e o número de zoósporos contidos no tratamento controle. Quatro replicações foram realizadas para cada isolado durante o experimento.

Análise estatística. Os dados foram analisados com o auxílio do programa SAS versão 9.0 (SAS, INSTITUTE, 2002). Os valores EC₅₀ foram

obtidos com o programa PROC GLM do SAS, e os testes de média foram realizados utilizando-se o teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação molecular do patógeno e teste de patogenicidade. O produto da amplificação obtido por meio de PCR com os *primers* PC-1 e PC-2 resultou em fragmento de 560bp para todos os isolados de *Phytophthora* spp. analisados (Figura 1). Todos os isolados de *Phytophthora capsici* expressaram sintomas em plântulas de pimentão aos 3 DAI (dias após a inoculação), o que confirma a ação patogênica de todos os isolados testados – índices não apresentados.

A requeima causada pelo oomiceto *P. capsici* em cultivos de hortaliças tem apresentado um aumento expressivo no estado de Illinois. Novos fungicidas têm sido liberados para uso no controle da requeima, e, por essa razão, a produção de esporos e a proteção de plantas saudáveis têm sido reduzidas. O patógeno em estudo foi efetivamente suprimido por todos os compostos testados.

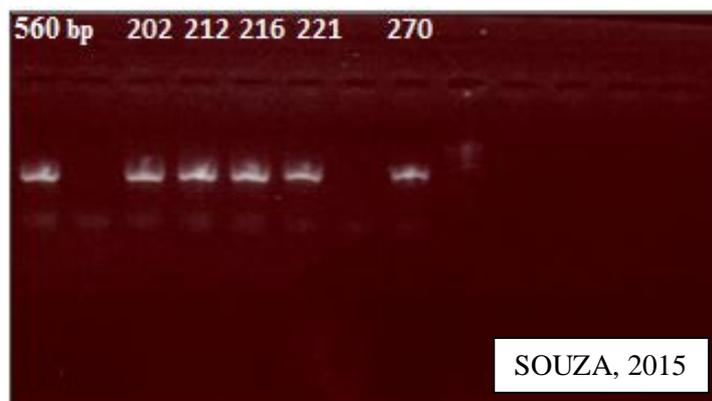


Figura 4. Gel de agarose do produto de PCR dos isolados de *Phytophthora capsici* analisados, utilizando-se os *primers* PC-1 e PC-2 do rDNA. Urbana-Champaign, EUA, 2015.

Sensibilidade ao fungicida ciazofamida. Todos os isolados testados foram sensíveis a ciazofamida (RDC < 30%) nas concentrações de

100 e 200µ/ml *in vitro*. Apenas 60% dos isolados apresentaram sensibilidade intermediária (RDC < 90%) ao ciazofamida na concentração de 50µ/ml e 80% a uma concentração de 0.5µ/ml (Figura 5B). Não foram observados isolados resistentes a ciazofamida. As concentrações mínimas para reduzir o crescimento micelial dos isolados variaram de 100 a 200µg/ml. A média EC₅₀ do crescimento micelial para o fungicida ciazofamida foi 1,03 (variação de 0,3404 a 3,63) mg/litro (Figura 5A).

Ciazofamida é um fungicida que apresenta atividade específica contra doenças causadas por oomicetos (BABADOOST, 2015; JAKSON e outros, 2012 e MITANI e outros, 2001), e diversos estudos têm demonstrado a ação positiva desses fungicidas em diferentes estágios assexuados de *P. capsici* (JAKSON e outros, 2012; KOUSIKI e KEINATH, 2008). Verificou-se que todos os isolados foram sensitivos ou intermediários sensitivos ao ciazofamida na concentração de 100µg/ml, e os valores permaneceram até 200µg/ml para o crescimento micelial. Os resultados encontrados neste estudo contrastam com os de Jackson e outros (2012), que identificaram isolados resistentes de *P. capsici* nas concentrações entre 100µg/ml e 500µg/ml no estado da Georgia, EUA.

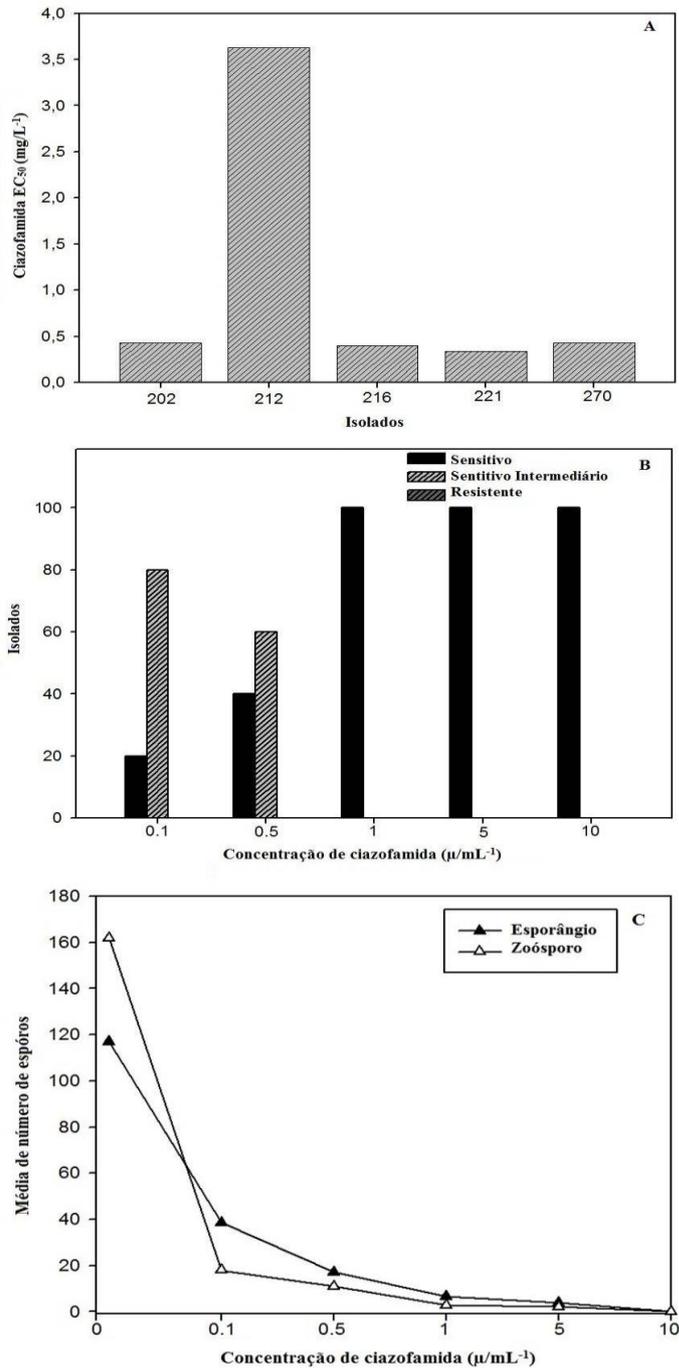


Figura 5. Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de ciazofamida (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensitivo a diferentes concentrações de fungicida ciazofamida (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de ciazofamida (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.

Sensibilidade ao fungicida dimetomorfe. Na concentração de 0,1µg/ml de dimetomorfe, 60% dos isolados foram sensitivos (RDC < 30%), enquanto 100% dos isolados apresentaram sensitivos na concentração de 10 µg/ml. Sensibilidade intermediária (RDC < 90%) foi encontrada nas concentrações 0,1µg/ml e 5µg/ml (Figura 6B). A concentração mínima inibitória para reduzir o crescimento micelial dos isolados foi 5 µg/ml. A média EC₅₀ das concentrações de dimetomorfe para todos os isolados foi 2,98 (variação de 0,7455 a 4,66) mg/litro (Figura 6A).

O efeito do dimetomorfe tem sido amplamente reportado na literatura com efeito supressor de várias espécies de *Phytophthora* sp. (SOUZA e outros, 2014; JACKSON e outros, 2012; KEINATH, 2012; STEIN e KIRK, 2003 e MATHERON e outros, 2000). Diferentes estágios do ciclo de vida assexual do patógeno têm apresentado variações no nível de sensibilidade ao dimetomorfe *in vitro*. Keinath (2007), avaliando a sensibilidade de diversos fungicidas no controle da requeima, encontrou valores de EC₅₀ iguais a 0,19mg L⁻¹, enquanto Jackson (2012) encontrou valores de 0,24mg L⁻¹. Os valores de EC₅₀ para dimetomorfe no presente estudo variaram de 0.7455 a 4.66mg L⁻¹ litro e tiveram média de 2.98mg L⁻¹ litro. No entanto, isolados de originários do estado do Arizona, EUA, apresentaram valores com variação de EC₅₀ entre < 0,1 a 3,9mg L⁻¹ (MATHERON, 2000), resultados esses que corroboram com os do presente estudo.

Os agricultores têm usado bastante o fungicida dimetomorfe em programa de manejo da requeima por décadas, e a frequência tem variado em diferentes zonas produtoras de hortaliças nos Estados Unidos.

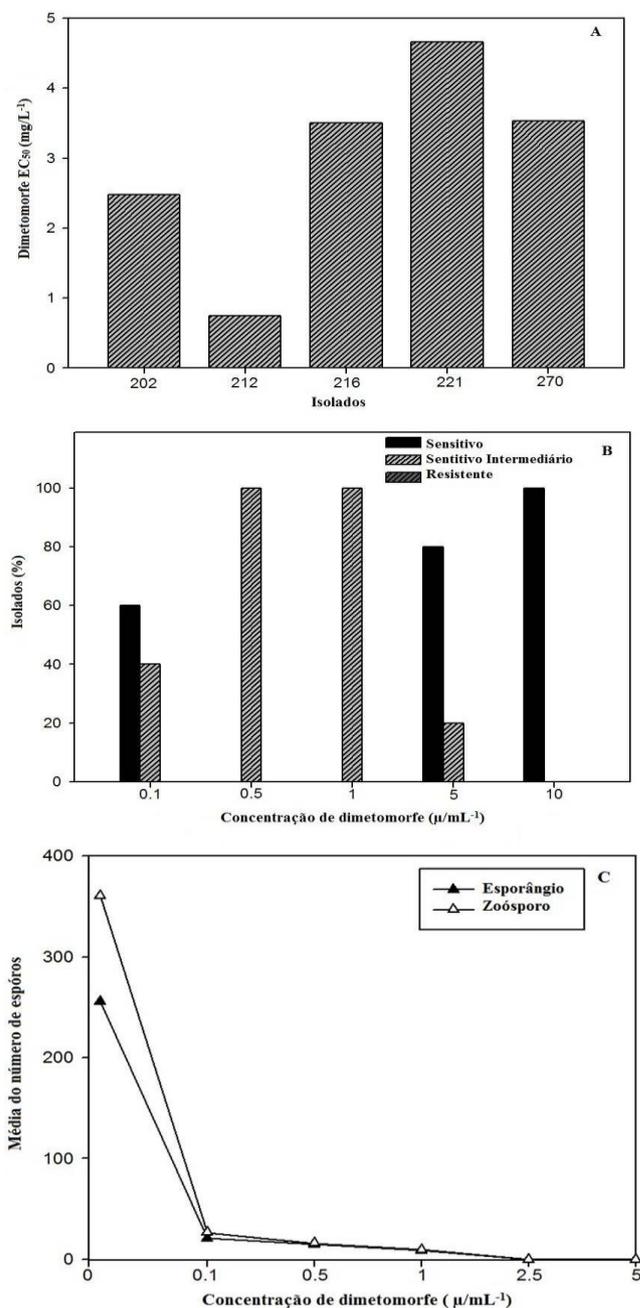


Figura 6. Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de dimetomorfe (A), Porcentagem de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de dimetomorfe (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de dimetomorfe (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.

Maiores ou menores pressões no uso de um químico em uma específica região refletem diretamente no ciclo de vida da doença, e, conseqüentemente, diferenças em EC_{50} podem ser observadas; por outro lado, as variações na sensibilidade a um fungicida podem ser um indicativo de variações natural do patógeno (HAMLEN & POWER, 1998). Ao contrário do esperado, não foi observado nível de resistência ao fungicida dimetomorfe para os isolados em estudo, visto que o fungicida é bastante utilizado por produtores de hortaliças no estado de Illinois.

Sensibilidade ao fungicida mandipropamida. O crescimento micelial foi afetado por baixas concentrações (5 μ g/ml) do fungicida mandipropamida. Todos os isolados testados foram sensíveis ao mandipropamida (RDC < 30%) nas concentrações 0,05 % a 5 μ g/ml *in vitro* (Figura 7B). A concentração mínima inibitória para reduzir o crescimento micelial dos isolados foi 0,1 μ g/ml. A média EC_{50} para concentrações de mandipropamida foi 4,03 mg L⁻¹, com variação de 0,1260 a 7,179 (Figura 7A).

Em estudos realizados por Jackson, (2012) o fungicida mandipropamida apresentou eficiência na supressão de *P. capsici* em todos os estados de desenvolvimento do patógeno, o que corrobora com os resultados encontrados neste estudo. Pesquisas adicionais realizadas em casa de vegetação revelaram alta eficiência do fungicida mandipropamida no controle de *P. infestans* em batata e tomate (BOUWMAN, 2012).

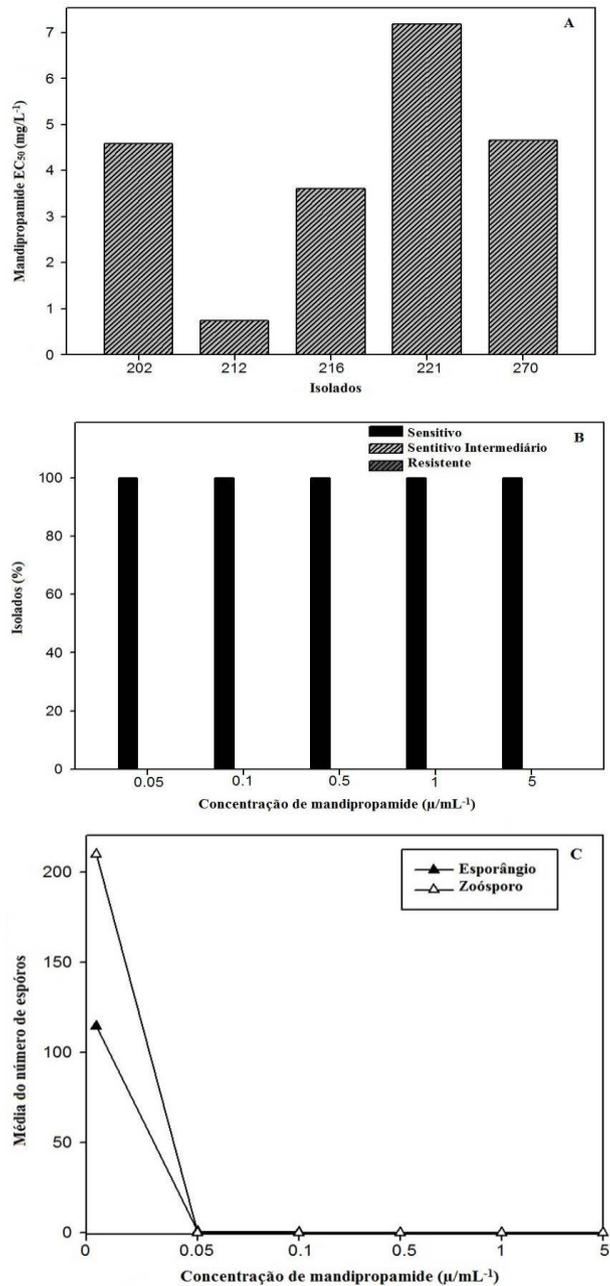


Figura 7. Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de mandipropamida (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensitivo a diferentes concentrações de mandipropamida (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de mandipropamida (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.

Sensibilidade ao fungicida A20941OD. Todos os isolados testados apresentaram sensibilidade intermediária (RDC < 90%) ou foram sensíveis (RDC < 30%) ao A20941OD nas concentrações 10, 50, 100 e 200µg/ml em teste *in vitro* (Figura 8B). Na concentração 1µg/ml, todos os isolados apresentaram 100% de sensibilidade intermediária. A concentração mínima inibitória para reduzir o crescimento micelial dos isolados foi 150µg/ml. A média EC₅₀ das concentrações de A20941OD para os isolados foi 0,2835mg L⁻¹ com variação de 0,0325 a 0,967 (Figura 8A).

A209441OD é um novo fungicida em processo de registro pela empresa Syngenta no controle de *P. capsici* e outros oomicetos. Atualmente, existem diversos novos produtos sendo testados para o uso no manejo de *P. capsici*. Os resultados indicaram eficácia para o controle da doença em diversos estágios nos testes pré-liminares; caso os resultados sejam reproduzidos em nível de campo, poderão ser utilizados futuramente em programa de manejo de *Phytophthora* spp. Os dados são promissores, no entanto pesquisas adicionais em casa de vegetação e campo são recomendadas para a confirmação desses testes, assim como para determinar as dosagens e período de carência do produto.

Sensibilidade ao fungicida A20942SC. Todos os isolados testados apresentaram sensibilidade com variação entre intermediária e sensível nas concentrações de 10 a 150µg/ml, entretanto, na concentração 1µg/ml, os isolados demonstraram 100% de resistência (RDC > 90 %) ao fungicida A20942SC (Figura 9B). A concentração mínima inibitória para reduzir o crescimento micelial de todos os isolados foi de 100 µg/ml. A média EC₅₀ das concentrações de A20942SC para todos os isolados foi 0,1175, com variação de 0,0457 a 0,1661mg L⁻¹ (Figura 9A).

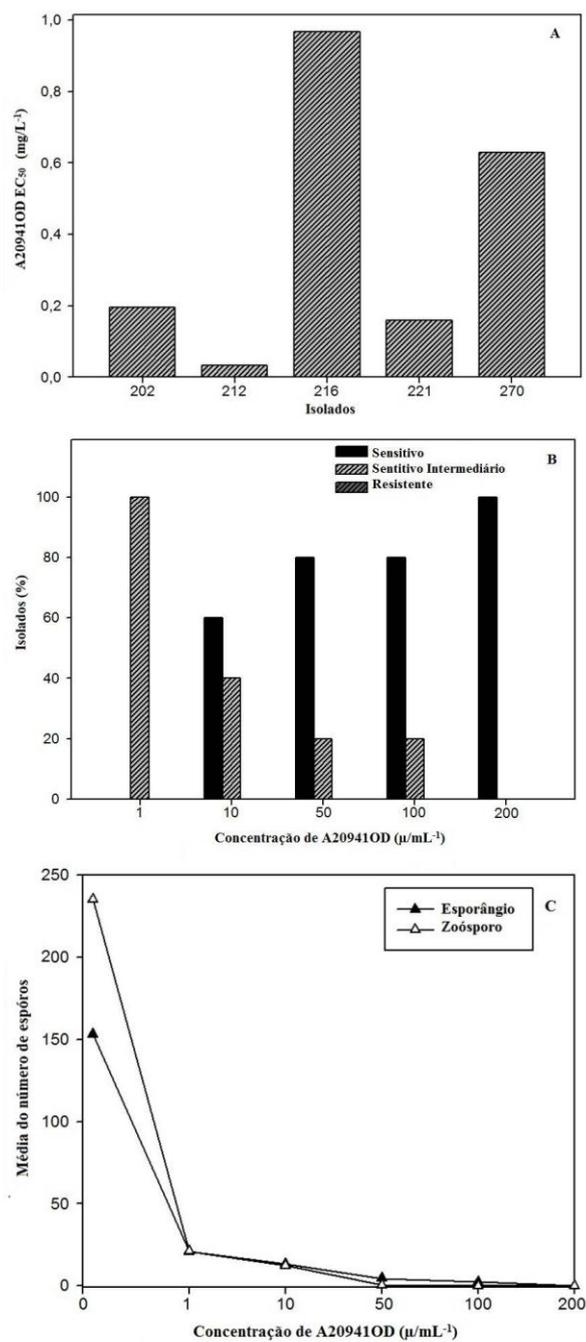


Figura 8. Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de A20941OD (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de fungicida A20941OD (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de A20941OD (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.

A20942SC é também um novo fungicida não registrado para o controle de *P. capsici*. Os resultados demonstraram diferenças quando comparado com o A209441OD. Em baixa concentrações (1µg/ml), todos os isolados apresentaram resistência, no entanto, na concentração 150µ/ml, todos os isolados apresentaram sensibilidade ao composto. Os resultados foram eficientes no crescimento micelial de *P. capsici*.

A produção de esporângios e zoósporos foi afetada por todos os fungicidas testados (Figuras 5C, 6C, 7C, 8C, 9C). Houve uma redução significativa na produção de esporângio e zoósporos na concentração de 10µg/ml para ciazofamida, 2.5µg/ml para dimetomorfe, 0.005µg/ml para mandipropamida, 100µg/ml para A20941OD e 100µg/ml para A20942SC. Foi observada uma redução na produção de esporângios e zoósporos em função do aumento das concentrações dos fungicidas. O fungicida ciazofamida demonstrou um melhor desempenho, inibindo a produção de esporângio e zoósporo em baixas concentrações.

Os dados demonstraram um efeito positivo de todos os fungicidas testados na produção de esporângio e zoósporos. O efeito dos fungicidas sobre a produção de esporângio e zoósporos de *P. capsici* pode estar relacionado com a fisiologia e o ciclo de vida desse patógeno (STEIN & KIRK, 2003). Diferentes níveis de supressão da produção de esporângio e zoósporo têm sido relatados em diferentes concentrações de mandipropamida (STEIN & KIRK, 2003); dimetomorfe (LAMOUR & HAUSBECK, 2000 e ERWIN & RIBEIRO, 1996) e ciazofamida (ERWIN & RIBEIRO, 1996).

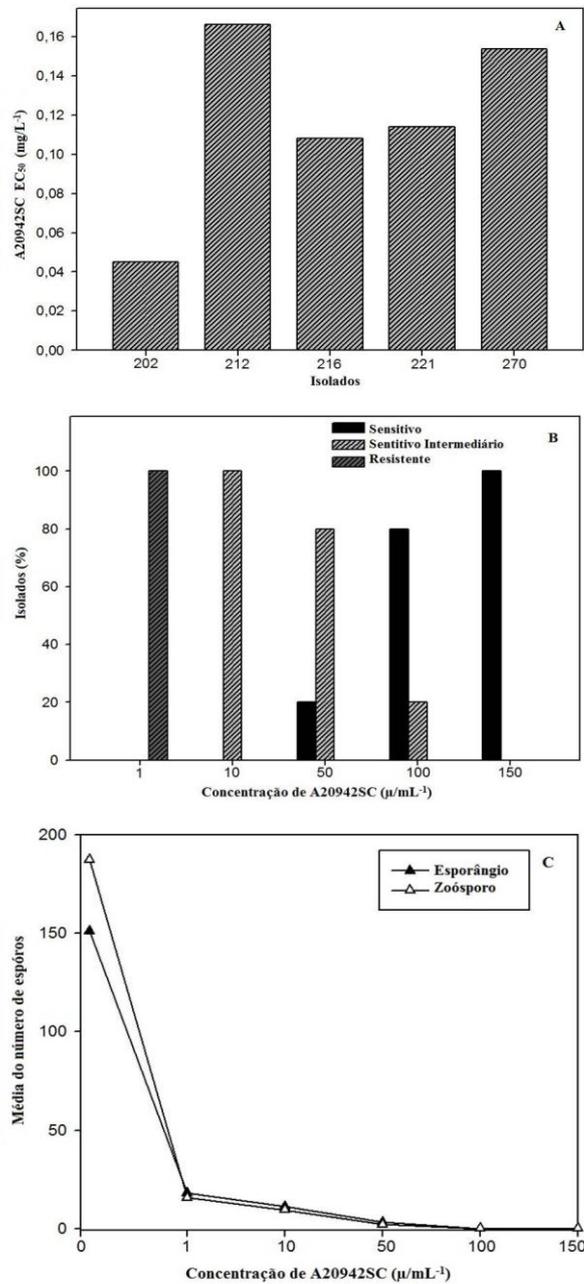


Figura 9. Concentração efetiva para inibição em 50% (EC₅₀) em concentrações de A20942SC (A), Porcentagem dos isolados de *P. capsici* resistentes, intermediário resistente e sensível a diferentes concentrações de fungicida A20942SC (B) e efeitos de fungicidas na produção de esporângio e zoósporo de *P. capsici* em diferentes concentrações de A20942SC (C). Urbana-Champaign, EUA, 2015.

CONCLUSÕES

A supressão de *P. capsici* com o uso do fungicida mandipropamida *in vitro* em diferentes concentrações é bastante eficiente no controle de *P. capsici* e poderá ser usada em pesquisas futuras em campo com objetivo de obter informações para estratégias e manejo no controle de requeima. Valores de sensibilidade obtidos neste estudo podem ser utilizados como um comparativo para monitorar a sensibilidade dos fungicidas estudados em população de *P.capsici*.

Os fungicidas ciazofamida, dimetomorfe e A20941OD apresentam potencial supressor no crescimento micelial, esporângio e zoósporo de *P. capsici*.

Os isolados testados de *P. capsici* apresentam um grau de resistência ao fungicida A20942SC na concentração 1µg/mL, e o monitoramento da sensibilidade no campo é bastante recomendado.

REFERÊNCIAS

BABADOOST, M., and PAVON, C. Survival of oospores of *Phytophthora capsici* in soil. **Plant Disease** v. 97, p. 1478-1483, 2013.

BABADOOST, M. et al. 2015. *Phytophthora* blight (*Phytophthora capsici*) of pepper and its management. XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): International Symposia on Innovative Plant Protection in Horticulture, Biosecurity, Quarantine Pests, and Market Access.

BOUWMAN, J. et al. Reus Top a new product for the control of *P. infestans* and *Alternaria* in potatoes in Europe. **PPO-Special Report**. v. 15, p. 123-130. 2012.

ERWIN, D. C., AND RIBEIRO, O. K. *Phytophthora* Diseases Worldwide. **The American Phytopathological Society**, St. Paul, MN. 1996.

JACKSON, K. L.; YIN, J.; and JI, P. Sensitivity of *Phytophthora capsici* on Vegetable Crops in Georgia to Mandipropamid, Dimethomorph, and Cyazofamid. **Plant Disease**. v. 96. p. 1337-1342. 2012.

GOODWIN, S. B. The population genetics of *Phytophthora*. **Phytopathology**. v. 87, p. 462-473. 1997.

HAMLEN, R. A; POWER, R. J. Distribution of sensitivity responses to cymoxanil within global population of *Phytophthora infestans*. **Pesticide Science**. v. 53, p. 101-103. 1998.

HAUSBECK, M. K.; LAMOUR, K. H. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: Research progress and management challenges. **Plant Disease**. v. 88, p. 1292-1303. 2004.

LAMOUR, K. H.; AND HAUSBECK, M. K. Mefenoxam insensitivity and the sexual stage of *Phytophthora capsici* in Michigan cucurbit fields. **Phytopathology**. v. 90, p. 396-400. 2000.

KEINATH, A. P. Sensitivity of population of *Phytophthora capsici* from South Carolina to mefenoxam, dimethomorph, zoxamide, and cymoxanil. **Plant Disease**. v. 91, p. 743-748. 2012.

KONÉ, D., CSINOS, A. S.; JACKSON, K. L.; JI, P. Evaluation of systemic acquired resistance inducers for control of *Phytophthora capsici* on squash. **Crop Protection**. v. 28, p. 533-538. 2009.

KOUSIKI, C. S., AND KEINATH, A. P. First report of insensitivity to cyazofamid among isolates of *Phytophthora capsici*. From the southeastern United States. **Plant Disease**. v. 9, p. 979. 2008.

MATHERON, M. E., AND PORCHAS, M. Impact of azoxystrobin, dimethomorph, fluazinam, fosetyl-AI, and metalaxyl on growth, sporulation, and zoospore cyst germination of three *Phytophthora* spp. **Plant Disease**. v. 84, p. 454-458. 2000.

MITANI, S. et al. Antifungal activity of the novel fungicides cyazofamid against *Phytophthora infestans* and other plant pathogenic fungi in vitro. **Pesticide Biochemistry Physiology**. v. 70, p. 92-99. 2001.

MITANI, S.; ARAKI, S.; YAMAGUCHI, T.; TAKII, Y.; OHSHIMA, T.; MATSUO, N. Biological properties of the novel fungicide cyazofamid against *Phytophthora infestans* on tomato and *Pseudoperonospora cubensis* on cucumber. **Pest Mang. Sci.** v. 58, n. 2, p. 139-145, 2002.

REKANOVIC, E. et al. Field efficacy of mandipropamid for the control of potato late blight. **Phytomed.** v. 25, p. 157-161. 2010.

RISTAINO, J. B., AND JOHNSTON, S. A. Ecologically based approaches to management of *Phytophthora* blight on bell pepper. **Plant Disease**. v. 83, p. 1080-1089. 1999.

SOUZA, J. R. REBOUÇAS, T. N. H.; LUZ, J. M. Q.; AMARAL, C. L. F.; FIGUEIREDO, R. M.; SANTANA, C. M. P. Potential of biologic fungicide in controlling late blight of tomato. **Horticultura Brasileira**. v. 32, p. 115-119. 2014.

STEIN, J. M., AND KIRK, W. W. Variations in the sensitivity of *Phytophthora infestans* isolates from differentes genetic backgrounds to dimethomorph. **Plant Disease**. v. 87, p. 1283-1289. 2003.

YOUNG, D. H., AND VJUGINA, U. Effects of zoxamide on sporangia and zoospores of *Phytophthora capsici*. (Abstr.) **Phytopathology**. v. 92, p. 89. 2002.

**CAPÍTULO 2: EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE
Phytophthora capsici NO CULTIVO DE ABÓBORA EM ILLINOIS,
EUA.***

*Artigo publicado: Proceedings of Cucurbitaceae 2016, the XIth EUCARPIA, Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae. July, 2016, Warsaw, Poland.

EFICIÊNCIA DE FUNGICIDAS NO CONTROLE DE *Phytophthora capsici* NO CULTIVO DE ABÓBORA EM ILLINOIS, EUA.

Resumo – A requeima causada por *Phytophthora capsici* é uma doença destrutiva de cucurbitáceas e pimentões no estado de Illinois e em todo o mundo. O uso de fungicidas é um componente significativo das estratégias de manejo da requeima em cucurbitáceas e solanáceas nos Estados Unidos. Foram realizados estudos no laboratório e no campo para avaliar a eficácia de fungicidas para o controle de *Phytophthora capsici* em cultivo de abóbora em Illinois, EUA. No laboratório, a sensibilidade de cinco *P. capsici* isolados provenientes de Illinois foi avaliada para os fungicidas ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida e A20941OD. Em 2014 e 2015, a eficácia dos fungicidas ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida foi avaliada para o controle de *P. capsici* em abóbora. Em 2014, a incidência de podridão de frutos causada por *P. capsici* foi de 31%. A incidência da doença nas folhas no tratamento controle, ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida foram 5, 10 e 2%, respectivamente. Em 2015, a incidência da podridão em frutos causada por *P. capsici* foi de 69% em parcelas do controle e 42, 21 e 18% nos tratamentos ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida, respectivamente.

Palavras-chave: Oomycete. Patógeno do solo. Resistência a fungicidas. Podridão de frutos.

EFFICIENCY OF FUNGICIDES IN THE CONTROL OF *Phytophthora capsici* IN PUMPKIN CROPS IN ILLINOIS, USA.

Abstract – Phytophthora blight, caused by *Phytophthora capsici*, is a destructive disease of cucurbits and peppers in Illinois and worldwide. Fungicide use is a significant component of management strategies of Phytophthora blight of cucurbits and peppers in the United States. Studies were conducted in the laboratory and field to evaluate efficacy of selected fungicides for control of Phytophthora blight of pumpkin in Illinois. In the laboratory, sensitivity of five *P. capsici* isolates from Illinois was evaluated to the fungicides cyazofamid, dimethomorph, mandipropamid and A20941OD. Development of colonies and production of sporangia of the isolates were assessed at concentrations of 0.0, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0, and 10.0 µg/mL of cyazofamid; 0.0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.5, and 5.0 µg/mL of dimethomorph; 0.0, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0, and 5.0 µg/mL of mandipropamid; and 0, 1, 10, 50, 100, and 200 µg/mL of A20941OD in V8 juice agar in Petri plates. In 2014 and 2015, effectiveness of the fungicides cyazofamid, dimethomorph, and mandipropamid for control of *P. capsici* in pumpkin was investigated. In 2014, incidence of fruit rot caused by *P. capsici* was 31% in control plots and 5, 10, and 2% in the plots treated with cyazofamid, dimethomorph, and mandipropamid, respectively. In 2015, incidence of fruit rot caused by *P. capsici* was 69% in control plots and 42, 21, and 18% in the plots sprayed with cyazofamid, dimethomorph, and mandipropamid, respectively.

Keywords: Oomycete. Soilborne pathogen. Fungicide resistance. Fruit rot

INTRODUÇÃO

A requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora capsici* é o principal agente patogênico responsável por enormes perdas no gênero das curcubitáceas e solanáceas no planeta (ERWIN e RIBEIRO 1996, WILLIAM e ZITTER 1996; RISTAINO e JOHNSTON, 1999; HAUSBECK e LAMOUR, 2004; BABADOOST e PAVON, 2013). O patógeno *P. capsici* pode atacar o hospedeiro em qualquer fase do desenvolvimento vegetativo e, dessa maneira, causar em campo uma redução na produção que pode chegar à erradicação da lavoura (BABADOOST e ISLAM 2003, HAUSBECK and LAMOUR, 2004).

Diversos sintomas são associados à requeima em plantas, tais como, tombamento de plântulas, podridão de raiz, queima das folhas (Figura 10 A e B) podridão nos frutos (Figura 10 C,D) em cucurbitáceas (HAUSBECK e LAMOUR, 2004; ISLAM e outros, 2005; KOUSIKI e KEINATH, 2008), assim como podridão de raiz, necrose no colo da plântula, queima nas folhas e podridão dos frutos em pimentão (RISTAINO e JOHNSTON, 1999; MATHERON e PORCHAS, 2000; RISTAINO, 2003). *P. capsici* pode também atacar outras espécies de 15 diferentes famílias (HAUSBECK e LAMOUR, 2004; TIAN e BABADOOST, 2004).

O oomiceto *P.capsici* é um patógeno de solo e produz oósporos, esporângios e zoósporos (Figura 11). O patógeno sobrevive em restos culturais e no solo em forma de oósporos (HAUSBECK e LAMOUR, 2004; BABADOOST e PAVON, 2013). Os oósporos são estruturas de resistência capazes de suportar a desidratação, baixas temperaturas e condições extremas ambientais e podem sobreviver no solo sem a presença do hospedeiro por diversos anos. A germinação do oósporo produz esporângios, que, por sua vez, produzem zoósporos (ERWIN e RIBEIRO, 1996; ISLAM et al., 2005). Os zoósporos são estruturas móveis que apresentam geralmente dois flagelos, são liberados na água por meio da irrigação ou na superfície de uma lâmina de água e infectam o tecido vegetal. Em condições ambientais

favoráveis (alta umidade e baixa temperatura), a doença desenvolve-se rapidamente (WILLIAM e ZITTER, 1996; HAUSBECK e LAMOUR, 2004; ISLAM e outros, 2005; BABADOOST e PAVON, 2013).

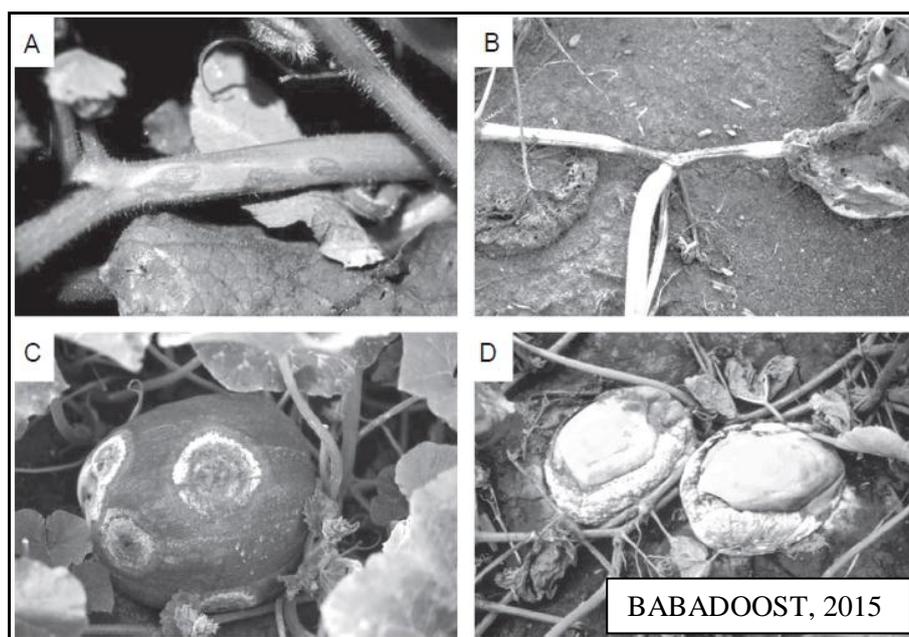


Figura 10. Plantas e frutos de abóbora recentemente infectados por *P. capsici* (A); plantas em estado avançado de infecção (B), frutos recentemente infectados (C) e frutos em estado avançado de infecção (D). Urbana-Champaign, EUA, 2016.

O manejo estratégico recomendado para o controle de *P. capsici* em espécies hortícolas inclui o plantio em áreas com solo bem drenado, a utilização de cultivares resistentes, rotação de cultura e aplicação de fungicidas preventivos (WILLIAM e ZITTER, 1996; HAUSBECK e LAMOUR, 2004; BABADOOST, 2013). Desde que não haja cultivares de curcubitáceas resistentes à *P. capsici*, o uso de fungicida em programas de manejo dessa doença torna-se essencial para o controle do patógeno em campo. A requeima apresenta diferentes ciclos patogênicos e desenvolve

rapidamente resistência a fungicida. Assim, em cada área, a eficácia dos fungicidas durante o manejo de *P.capsici* deve ser avaliada, e o uso de fungicidas deve ser cuidadosamente monitorado.

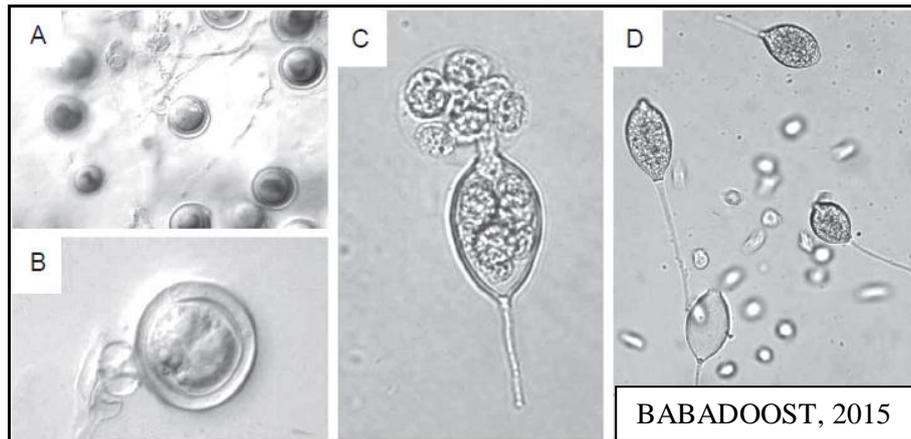


Figura 11. Estrutura reprodutiva de *P. capsici*. Oósporos (A), único oósporo (B), esporângio liberando zoósporo (C) e esporângios e zoósporos (D). Urbana-Champaign, EUA, 2015.

Nos últimos 14 anos, vários fungicidas foram desenvolvidos para o manejo de patógenos de oomicetos, incluindo *Phytophthora* spp. Alguns desses fungicidas são eficazes contra *P. capsici*. Ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida são comumente usados como fungicidas para prevenir *P. capsici* em cucurbitáceas em Illinois e em outras áreas de cultivo de vegetais. Esses fungicidas apresentam diferentes modos de ação e podem ser utilizados em conjunto. Este estudo foi conduzido para determinar a eficácia de diferentes fungicidas no controle *P. capsici* oriundo do estado de Illinois, EUA.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e período do experimento: O experimento foi conduzido nos anos de 2014 e 2015, entre os meses de maio e outubro de cada ano, no campo experimental irrigado localizado em Green Valley City (Tazewell County), Illinois, EUA (Figura 12). Foram cultivadas abóboras da espécie *Curcubita moschata*, variedade Duchesne, destinada para o processamento industrial.



Figura 12. Localização geográfica da área onde foram realizados os testes em campo. Urbana-Champaign, EUA, 2016.

Análise do solo: Para implantação do experimento, foram coletadas amostras do solo da área experimental à profundidade de 0 a 20cm, 60 dias antes da instalação do experimento e, posteriormente, analisadas no Laboratório de Solos da University of Illinois at Urbana Champaign, Illinois, EUA.

Delineamento experimental: O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), constituído por cinco tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por uma fileira de 6m de comprimento com 12 plantas, com 0,5m de espaçamento entre elas e 9 metros entre parcelas ao acaso (Figura 13).



Figura 13 – Área experimental do plantio de abóbora (*Curcubita moschata*) em Green Valley City, Illinois, EUA, 2015.

Isolamento de *Phytophthora capsici*: cinco isolados de *P. capsici* foram selecionados a partir da coleção mantida no laboratório do Dr. Babadoost na Universidade de Illinois at Urbana Champaign durante a condução deste estudo. Os isolados foram cultivados em meio V8[®] em placas de Petri. O ágar de suco V8[®] foi preparado por adição de 50ml de suco V8[®], 1g de CaCO₃ e 16g de ágar a 950ml de água destilada.

Realizou-se um ensaio de crescimento micelial *in vitro* para determinar a concentração eficaz de fungicida, da qual 50% do crescimento fúngico foi inibido (EC₅₀) para cada combinação de isolado-fungicida. Transferiram-se discos de 7mm de diâmetro de culturas de *P. capsici* ativas e crescidas para meio de cultura V8 modificado para placas de Petri de acordo

com as recomendações dos fungicidas. Para os ensaios, as soluções de reserva de fungicidas foram diluídas com metanol, acetona ou água. Foram utilizadas quatro placas para cada combinação fungicida-concentração. As placas de cultura foram incubadas a 25°C e mantidas no escuro. Dois diâmetros perpendiculares de colônias foram medidos 4 dias após a incubação.

Para verificação da inibição da formação de esporângios, os isolados de *P. capsici* foram cultivados em V8 ágar em placas de Petri a 25°C no escuro durante 4 dias. Em seguida, foram cortados discos de 10mm x 10 mm a partir da borda das colônias. Três discos de 100mm² foram colocados com o lado do micélio para cima numa placa de petri com água destilada esterilizada e fungicida nas concentrações indicadas pela recomendação técnica de cada fungicida. As placas de Petri foram incubadas a 25°C sob luz contínua (Keinath 2007). Após 48 horas, os discos de ágar com as colônias foram colocados em lâminas de vidro, corados e fixados com ácido fucsina a 0,01% (p/v) e ácido láctico a 85%. O número de esporângios foi contado em dois dos tampões de ágar usando-se um microscópio de luz. Foi determinada a concentração de fungicida na qual 50% da produção de esporângios foi reduzida (EC₅₀).

Instalação da cultura e da inoculação da doença em campo: Em 2014, as sementes de abóbora foram semeadas no dia 07 de maio, e, em 2015, a semeadura foi realizada no dia 14 de maio. Em 2015, devido às chuvas intensas, algumas parcelas foram perdidas, e o ensaio foi restabelecido com transplante de mudas com 20 dias de idade no dia 1º de agosto do referido ano. As sementes de abóbora da variedade Duchesne foram semeadas em bandejas de polietileno com 128 células, e, quando atingiram quatro pares de folhas verdadeiras, as mudas foram transplantadas para o campo. As ervas daninhas foram controladas por meio de aplicação de herbicidas e capina manual. Os insetos de maior ocorrência na área foram *Acalymma vittatum* e *Diabrotica undecimpunctata* e foram controlados com

aplicação de permetrina (Pounce 25WP a 740mL/ha⁻¹) no dia 9 de julho e acetamipride (Assail 30SG a 358g/ha⁻¹) no dia 23 de julho.

Soluções com zoósporo foram preparadas conforme descrito no capítulo I, ajustadas às concentrações de 200 zoósporos/ml⁻¹ e aplicadas nos tratamentos aos 28 dias após o transplantio. As aplicações dos fungicidas foram realizadas por meio de pulverização com auxílio de uma bomba costal de CO₂ automática (Tabela 1) e com uma calda de 470L de solução por hectare. As parcelas foram irrigadas conforme necessário por meio de uma linha central de irrigação por pivô, que forneceu 7,6mm de água por turno de rega.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento com respectivos nome comercial, dose/ha⁻¹ e tempo de aplicação utilizado nos ensaios de 2014. Urbana-Champaign, EUA, 2016.

Tratamento com fungicidas^z e dose/ha⁻¹ (tempo de aplicação)^y
T1 – Testemunha
T2 – Ranman 400F, 194 mL + Silwet L-77, 144 mL (1-9)
T3 – Ranman 400F, 194 mL + Silwet L-77, 140mL (1,3,5,7,9) alternado Revus 2.09SC, 563 mL + Activator 90, 0,25% (2,4,6,8)
T4 – Revus 2.09SC, 563 mL + Kocide 3000 46.1 DF, 1.12kg + Activator-90 0.125% (1,3,5,7,9) alternado Ranman 400F, 194 mL + Silwet L-77, 140mL (2,4,6,8)
T5 – Revus 2.09SC, 563 mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12 kg (1,3,5,7,9) alternado Forum 4.16SC, 423 mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12Kg (2,4,6,8)
T6 – Revus 2.09SC, 563mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12Kg + Activator 90, 0.125% (1,3,5,7,9) alternado Forum 4.16SC, 423 mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12kg + Activator-90, 0.25% (2,4,6,8)

z - Ranman 400F = ciazofamida; Forum 4.16SC = dimetomorfe; Kocide-3000 46.1DF = hidróxido de cobre; Revus 2.09SC = mandipropamida; Silwet L-77 = espalhante adesivo; e Activator-90 = espalhante não iônico.

y – Data de aplicação: 1º = 12 Junho; 2º = 19 Junho; 3º = 26 Junho; 4º = 3 Julho; 5º = 10 Julho; 6º = 17 Julho; 7º = 24 Julho; 8º = 31 Julho; and 9º = 7 Agosto de 2014.

Tabela 2 – Tratamentos utilizados no experimento com respectivos nome comercial, dose/ha⁻¹ e tempo de aplicação utilizado nos ensaios de 2015. Urbana-Champaign, EUA, 2016.

Tratamento com fungicida^z e dose ha⁻¹ (tempo de aplicação)^y

T1 - Testemunha

T2 – Revus 2.09 SC, 563 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg (1,3,5,7)
alternado Ranman 400F, 194 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12 kg (2,4,6,8)

T3 – Revus 2.09 SC, 563 mL (1 – 8)

T4 – Revus 2.09 SC, 563 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg (1 – 8)

T5 – Revus 2.09SC, 563 mL + Activator-90, 0.25% (1 – 8)

T6 – Revus 2.09 SC, 563 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg + Activator-90, 0.25 % (1 – 8)

T7 – Forum 4.16 SC, 423 mL (1 – 8)

T8 – Ranman 400F, 194 mL (1 – 8)

T9 – Ranman 400F, 194 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg (1 – 8)

z - Ranman 400F = cyazofamida; Forum 4.16SC = dimetomorfe; Kocide-3000 46.1DF = hidróxido de cobre; Revus 2.09SC = mandipropamida; Silwet L-77 = espalhante adesivo; e Activator-90 = espalhante não iônico.

y – Data de aplicação: 1º = 20 de Agosto; 2º = 27 de Agosto; 3º = 3 de setembro; 4º = 10 de setembro; 5º = 17 de setembro; 6º = 24 de setembro; 7º = 31 de setembro; 8º = 7 de outubro de 2015.

A colheita dos frutos foi realizada de forma manual, a partir dos 100 DAT (dias após o transplante), quando os frutos apresentaram maturação fisiológica.

Variáveis analisadas: Incidência da doença: A incidência da requeima nas plantas de abóbora foram realizadas antes da colheita, e examinaram-se cinco plantas centrais por parcela. As avaliações da incidência da requeima nos frutos foram realizadas no dia da colheita. Avaliou-se a produção (kg.planta⁻¹), e o peso total dos frutos foi analisado

em suas respectivas colheitas e parcelas, dividido pelo número de plantas da parcela e a produtividade ($t.ha^{-1}$) que foi obtida pela pesagem dos frutos das plantas úteis, e calculados a média por planta ($kg.planta^{-1}$) e o equivalente por hectare ($t.ha^{-1}$).

Análise estatística: Os dados foram analisados com o auxílio do programa SAS versão 9.0 (SAS, INSTITUTE, 2002). Os valores EC_{50} foram obtidos pelo programa PROC GLM do SAS, e os testes de média foram realizados utilizando-se o teste LSD a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento micelial e a produção de esporângio foram reduzidos pelos fungicidas testados em laboratório, o que demonstra seu potencial supressor no desenvolvimento do patógeno. O crescimento micelial e a produção de esporângios foram significativamente ($\alpha = 0,05$) reduzidos pelos quatro fungicidas testados em laboratório. Os valores EC_{50} dos fungicidas para o crescimento micelial variaram de 0,34 a 3,63 $\mu\text{g/mL}$ (média 1,03 $\mu\text{g/mL}$) para a cazofamida, de 0,75 a 4,66 $\mu\text{g/mL}$ (média de 2,98 $\mu\text{g/mL}$) para dimetomorfe, de 0,13 a 7,18 $\mu\text{g/ml}$ (média de 4,03 $\mu\text{g/mL}$) para mandipropamida e de 0,03 a 0,97 $\mu\text{g/mL}$ (média de 0,28 $\mu\text{g/mL}$) para A20941OD. O valor EC_{50} para a produção de esporângios foi de 10, 2,5, 0,05 e 100 $\mu\text{g/mL}$ para ciazofamida, dimetomorfe, mandipropamida e A20941OD, respectivamente.

Em 2014, a infecção das ramas, folhas e do fruto foi observada pela primeira vez em parcelas não tratadas no dia 1º de julho. As percentagens de folhas e frutos infectados por *P. capsici* foram significativamente maiores nas parcelas nas quais não houve aplicação de fungicidas (testemunhas) do que nas parcelas tratadas (Tabela 2). A menor incidência de plantas infectadas por *P. capsici* (6,25%) foi nas parcelas pulverizadas com ciazofamida (Ranman 400F) + Silwet L-77 alternada com mandipropamida (Revus 2,09SC) + Activator-90. A menor incidência de frutos infectados por *P. capsici* (4,45%) foi verificada nas parcelas pulverizadas com mandipropamida (Revus 2.09SC) + hidróxido de cobre (Kocide-3000 46.1DF) + Activator-90 alternado com ciazofamida (Ranman 400F) + Silwet L -77. Em 2015, a infecção das ramas, folhas e do fruto foi observada pela primeira vez em parcelas não tratadas no dia 15 de setembro. As percentagens de plantas e frutos infectados por *P. capsici* foram significativamente maiores em parcelas não tratadas (testemunha) do que nas parcelas tratadas (Tabela 2).

Em 2015, a incidência de plantas infectadas por *P. capsici* foi de 5% nas parcelas tratadas, enquanto a incidência de infecção nas parcelas não tratadas foi de 10% em parcelas não tratadas. A incidência de infecção no fruto em parcelas tratadas variou de 17,53 a 31,25% em comparação com as parcelas não tratadas, que atingiram índices de 69,17% (Tabela 3). A incidência de infecção no fruto foi a mais baixa (17,53%) nas parcelas pulverizadas com Mandipropamida (Revus 2.09SC) + hidróxido de cobre (Kocide-3000 46.1DF) + Activator-90.

A requeima causada por *P. capsici* é uma das doenças mais destrutivas das cucurbitáceas do mundo. O manejo desse patógeno em cucurbitáceas é uma tarefa desafiadora porque não há cultivares resistentes de cucurbitáceas a *P. capsici*. Um componente importante das estratégias de manejo de *P. capsici* em cucurbitáceas é a aplicação de fungicidas. Babadoost e Islam (2003) desenvolveram um tratamento efetivo de sementes de cucurbitáceas com mefenoxam (Apron XL LS) que previne a infecção das plantas por cinco semanas de semeadura no solo. Nos últimos 14 anos, vários fungicidas eficazes foram desenvolvidos para o manejo de *P. capsici* em cucurbitáceas.

Entre os fungicidas recentemente desenvolvidos, estão ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida. A virulência dos isolados de *P. capsici* em cucurbitáceas varia entre as áreas produtoras de cucurbitáceas nos Estados Unidos (HAUSBECK e LAMOUR, 2004; ISLAM e outros, 2005). Além disso, *P. capsici* pode rapidamente desenvolver resistência aos fungicidas. Portanto, é essencial testar a eficácia de fungicidas para o manejo de *P. capsici* em cada área de cultivo de cucurbitáceas. No estudo, verificaram que todos os fungicidas (ciazofamida, dimetomorfe e mandipropamida) testados são eficazes contra isolados de *P. capsici* originários do estado de Illinois. Os resultados mostraram que o fungicida A20941OD controla efetivamente *P. capsici* em abóbora (Babadoost, dados não publicados). Mas as aplicações desses fungicidas devem ser alternadas para evitar o desenvolvimento de resistência do patógeno.

Entre os fungicidas testados em campos nos últimos 4 anos, o mandipropamida foi o mais eficaz para o manejo de *P. capsici* em abóbora. Resultados semelhantes foram observados em pimentão durante ensaios em campos em Illinois (Babadoost, dados não publicados).

Tabela 3. Ocorrência de requeima causada por *Phytophthora capsici*, em plantas e frutos de abóbora após aplicação dos diferentes fungicidas, Illinois, 2014. Urbana-Champaign, EUA, 2016.

Tratamento com fungicidas ^z e dose/ha ⁻¹ (tempo de aplicação) ^y	Infecção por <i>Phytophthora</i>	
	Área total infectada (%) ^x	Frutos infectados (%) ^w
Testemunha	38.75 a ^v	30.68 a
Ranman 400F, 194 mL + Silwet L-77, 144 mL (1-9)	10.00 c	9.61 b
Ranman 400F, 194 mL + Silwet L-77, 140mL (1,3,5,7,9) alternado Revus 2.09SC, 563 mL + Activator 90, 0,25% (2,4,6,8)	6.25 c	5.72 b
Revus 2.09SC, 563 mL + Kocide 3000 46.1 DF, 1.12kg + Activator-90 0.125% (1,3,5,7,9) alternado Ranman 400F, 194 mL + Silwet L-77, 140 mL (2,4,6,8)	13.75 c	4.45 b
Revus 2.09SC, 563 mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12 kg (1,3,5,7,9) alternado Forum 4.16SC, 423 mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12Kg (2,4,6,8)	10.00 c	10.14 b
Revus 2.09SC, 563mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12Kg + Activator 90, 0.125% (1,3,5,7,9) alternado Forum 4.16SC, 423 mL + Kocide-300 46.1DF, 1.12kg + Activator-90, 0.25% (2,4,6,8)	25.00 b	4.89 b
LSD ($\alpha = 0.05$)	10.25	9.38

z – Ranman 400F = ciazofamida; Forum 4.16SC = dimetomorfe; Kocide-3000 46.1DF = hidróxido de cobre; Revus 2.09SC = mandipropamida; Silwet L-77 = espalhante adesivo; e Activator-90 = espalhante não iônico.

y – Data de aplicação: 1º = 12 Junho; 2º = 19 Junho; 3º = 26 Junho; 4º = 3 Julho; 5º = 10 Julho; 6º = 17 Julho; 7º = 24 Julho; 8º = 31 Julho; and 9º = 7 Agosto de 2014.

x – Plantas infectadas foram avaliadas em 18 de agosto de 2014.

w – Frutos infectados foram avaliados em 29 de agosto de 2014 (Na colheita).

v – Valores médios de quatro repetições. Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Fisher LSD ao nível de significância de $\alpha = 0.05$.

Tabela 4. Ocorrência de requeima causada por *Phytophthora capsici*, em plantas e frutos de abóbora após aplicação de diferentes fungicidas, Illinois, 2015. Urbana-Champaign, EUA, 2016.

Tratamento com fungicidas ^z e dose/ha ⁻¹ (tempo de aplicação) ^y	Infecção por <i>Phytophthora</i>	
	Área total infectada (%) ^x	Frutos infectados (%) ^w
Testemunha	10.00 a ^y	69.17 a
Revus 2.09 SC, 563 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg (1,3,5,7) alternado Ranman 400F, 194 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12 kg (2,4,6,8)	0.00 b	26.07 cd
Revus 2.09 SC, 563 mL (1 – 8)	0.00 b	25.56 cd
Revus 2.09 SC, 563 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg (1 – 8)	5.00 ab	28.69 bcd
Revus 2.09SC, 563 mL + Activator-90, 0.25% (1 – 8)	0.00 b	31.25 bcd
Revus 2.09 SC, 563 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg + Activator-90, 0.25 % (1 – 8) Forum 4.16 SC, 423 mL (1 – 8)	1.25 b 2.50 b	17.53 d 21.07 d
Ranman 400F, 194 mL (1 – 8)	2.50 ab	41.74 b
Ranman 400F, 194 mL + Kocide-3000 46.1 DF, 1.12kg (1 – 8)	3.75 ab	39.09 bc
LSD ($\alpha = 0.05$)	6.67	15.30

z – Ranman 400F = cyazofamida; Forum 4.16SC = dimetomorfe; Kocide-3000 46.1DF = hidróxido de cobre; Revus 2.09SC = mandipropamida; Silwet L-77 = espalhante adesivo; e Activator-90 = espalhante não iônico.

y – Data de aplicação: 1º = 20 de Agosto; 2º = 27 de Agosto; 3º = 3 de setembro; 4º = 10 de setembro; 5º = 17 de setembro; 6º = 24 de setembro; 7º = 31 de setembro; 8º = 7 de outubro de 2015.

x – Plantas infectadas foram avaliadas em 9 de outubro de 2015.

w – Frutos infectados foram avaliados em 30 de outubro de 2015 (Na colheita).

v – Valores médios de quatro repetições. Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Fisher LSD ao nível de significância de $\alpha = 0.05$.

CONCLUSÕES

A aplicação de fungicida madipropamida apresenta eficácia no controle de *P. capsici* na cultura da abóbora e, por essa razão, pode ser recomendada em manejo integrado da doença.

A aplicação alternada dos fungicidas madipropamida, dimetomorfe e ciazofamida é recomendada para a cultura da abóbora.

A aplicação alternada dos fungicidas pode evitar a seleção de população de *P. capsici* resistente a fungicidas.

REFERÊNCIAS

- BABADOOST, M. Efficacy of selected fungicide for control of Phytophthora blight of processing pumpkin, 2012. PDMR (**Plant Management Network**): v. 119, 2013.
- BABADOOST M.; ISLAM, S. Z. Fungicide seed treatment effects on seedling damping-off of pumpkin caused by *Phytophthora capsici*. **Plant Dis.** v. 87, p. 63–68, 2003.
- BABADOOST M.; PAVON, C. Survival of oospores of *Phytophthora capsici* in soil. **Plant Dis.** v. 97, p. 1478–1483, 2013.
- ERWIN D. C.; RIBEIRO, O. K. Phytophthora diseases worldwide. St. Paul, MN: American Phytopathological Society, 1996.
- HAUSBECK, M.; LAMOUR, K. H. *Phytophthora capsici* on vegetable crops: Research progress and management challenges. **Plant Disease.** v. 88, p. 1292–1303, 2004.
- ISLAM, S. Z.; BABADOOST, M.; LAMBERT, K. N.; NDEME, A.; FOULY H. M. Characterization of *Phytophthora capsici* isolates from processing pumpkin in Illinois. **Plant Dis.** v. 89, p. 191–197, 2005.
- KEINATH, A. P. Sensitivity of population of *Phytophthora capsici* from South Carolina to mefenoxam, dimethomorph, zoxamide, and cymoxanil. **Plant Dis.** v. 91, p. 743–748, 2007.
- KOUSIKI, C. S.; KEINATH, A. P. First report of insensitivity to cyazofamid among isolates of *Phytophthora capsici* from the southeastern United States. **Plant Dis.** v. 92, p. 979, 2008.
- MATHERON, M. E.; PORCHAS, M. Impact of azoxystrobin, dimethomorph, fluazinam, fosetyl-AI, and metalaxyl on growth, sporulation, and zoospore cyst germination of three *Phytophthora* spp. **Plant Disease.** v. 84: p. 454–458, 2000.
- RISTAINO, J. B. Phytophthora blight. In: PERNEZNY, K.; ROBERTS, P. D.; MURPHY, J. F.; GOLDBERG, N. P. (eds): Compendium of pepper diseases. St. Paul, MN: **American Phytopathological Society**, p. 17–19, 2003.
- RISTAINO, J. B.; JOHNSTON, S. A. Ecologically based approaches to management of Phytophthora blight on bell pepper. **Plant Dis.** v. 83, p. 1080–1089, 1999.

TIAN, D.; BABADOOST, M. Host range of *Phytophthora capsici* from pumpkin and pathogenicity of the isolates. **Plant Dis.** v. 88, p. 485–489, 2004.

WILLIAM, P. H.; ZITTER, T. A. (1996). Bacterial leaf spot. In: ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. (eds): Compendium of cucurbit diseases. St. Paul, MN: **American Phytopathological Society**, p. 35.

**CAPÍTULO 3: FUNGICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO
CONTROLE DE *Phytophthora capsici* EM PIMENTÃO.**

FUNGICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO CONTROLE DE *Phytophthora capsici* EM PIMENTÃO.

Resumo – A requeima causada pelo oomiceto *Phytophthora capsici* Leonian é uma doença destrutiva e responsável por perdas severas em cultivo de hortaliças no mundo. O uso de fungicidas no controle da requeima tem sido bastante recomendado em programas multidisciplinares de manejo dessa doença, no entanto têm-se observado grandes avanços em pesquisas com antagonistas biológicos. Objetivou-se comparar o efeito da aplicação de fungicidas químicos e agentes biológicos no controle de requeima na cultura do pimentão. O experimento foi conduzido na área experimental da Faculdade Arnaldo Horácio Ferreira, Luís Eduardo Magalhães, Bahia, Brasil. Empregou-se o delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos, quatro repetições e unidade experimental constituída por 6 plantas. Os tratamentos (T) foram: T1) testemunha não pulverizada; T2) *Trichoderma harzianum*; T3) *Trichoderma longibrachiatum*; T4) Dimetomorfe; T5) Ciazofamida e T6) Mandipropamida aplicados de forma preventiva aos 7, 15 e 21 DAT (dias após o transplante). Utilizaram-se nove isolados de *P. capsici*, e a inoculação foi realizada aos 10, 17 e 24 DAT nas concentrações de 200 zoósporos mL⁻¹. Avaliou-se a patogenicidade dos isolados em casa de vegetação (comprimento das lesões, porcentagem de desfolha e mortalidade de plântulas) e incidência da doença em campo. Os resultados da severidade foram utilizados para calcular a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Os fungicidas químicos promoveram maior proteção contra a requeima em plantas de pimentão. Os isolados 021 e 023 diferiram dos demais, o que demonstra um alto nível de agressividade por meio dos maiores comprimento de lesão no caule, número de desfolha e porcentagem de plantas mortas causadas por *P. capsici*. Os tratamentos pulverizados com mandipropamida e dimetomorfe obtiveram as menores incidências de doenças, com os valores 4,75 e 2,5%, respectivamente, aos 41DAT. Os isolados de *Trichoderma* spp. reduziram a incidência da doença e diferiram do tratamento controle aos 41DAT. O mandipropamida foi eficiente no controle de requeima e apresentou a menor AACPD com 32,5. O desempenho dos fungicidas químicos obtido no experimento está associado às características dos produtos, tais como elevada fungitoxicidade, ação protetora e curativa, sistemicidade e alta persistência nos tecidos foliares. A aplicação de *Trichoderma* spp. no controle da requeima deve ser considerada como parte integrante de programa de controle integrado e apresenta potencial micoparasítico, considerando que tais antagonistas apresentam outros benefícios à vida do solo.

Palavras-chave: *Capsicum annum*. Requeima. *Trichoderma* spp.. Controle biológico.

CHEMICAL AND BIOLOGICAL FUNGICIDES IN CONTROLLING OF *Phytophthora capsici* IN PEPPER.

Abstract –The blight caused by the *Phytophthora capsici* Leonian oomycete is a destructive disease and responsible for severe losses in the crops of vegetables in the world. The use of fungicides in the control of *Phytophthora* blight has been highly recommended in multidisciplinary programs for the management of this disease, however great advances have been observed in researches with biological antagonists. This study aimed to compare the efficiency of chemicals and biological agents in the alternative control of *P. capsici* in pepper. The experiment was carried out in the experimental area of the Arnaldo Horácio Ferreira College, Luís Eduardo Magalhães city, state of Bahia, Brazil, in a randomized block design with six treatments and four replications. The experimental unit consisted of 6 plants. The treatments (T) were: T1) nonsprayed check; T2) *Trichoderma harzianum*; T3) *Trichoderma longibrachiatum*; T4) Dimetomorph; T5) Ciazofamid e T6) Mandipropamid applied on a preventive management basis at 7, 15 and 21 DAT (days after transplantation). Nine *P. capsici* isolates were used, and the inoculation was performed at 10, 17 and 24 DAT at concentrations of 200 zoospores/ml. The pathogenicity of the isolates in greenhouse (length of lesion, percentage of defoliation and mortality of seedlings) and incidence of the disease in the field were evaluated. The disease incidence assessments were used to calculate area under the disease curve of late blight progress (AACPD). The chemical fungicides, regardless of their mode of action, gave a greater protection against late blight in pepper. The isolates 021 and 023 show significant difference from the others, demonstration of a high level of aggressiveness by means of the greater length of stem lesion, number of defoliation and percentage of dead plants caused by *P. capsici*. The treatments sprayed with mandipropamid and dimethomorph had the lowest incidence of diseases, reaching 4.75 and 2.5%, respectively, at 41DAT. The isolates of *Trichoderma* spp. reduced the incidence of diseases and presented statistically significant differences from the control treatment to 41DAT. Mandipropamid fungicide was efficient in the control of *Phytophthora* blight with the lowest AACPD with 32.5. The performance of the chemical fungicides obtained in the experiment is associated with the characteristics of the products, such as high fungitoxicity, protective and curative action, systemicity and high persistence in foliar tissues. The application of *Trichoderma* spp. in controlling of the *P. capsici* should be considered as an integral part of an integrated control program and it presents micoparasite potential, considering that such antagonists present other benefits to soil life.

Keywords: *Capsicum annum*. *Phytophthora* blight. *Trichoderma* spp.. Biological control.

INTRODUÇÃO

As hortaliças apresentam um importante papel econômico social e nutricional na cadeia produtiva de alimentos em diversas partes do mundo. Na América Latina, o Brasil destaca-se como o maior produtor de pimentão, e o estado de São Paulo é o principal mercado consumidor. Atualmente, a produção de hortaliças brasileira encontra-se disseminada em todo o território nacional; as regiões Sudeste e Centro-Oeste são os principais centros de produção (CNA, 2016).

Inúmeras hortaliças merecem destaque quanto ao valor nutricional e ao volume de produção no país, e o pimentão está entre as hortaliças de grande importância no setor hortícola. O pimentão pertence à família *Solanaceae*, gênero *Capsicum*, e é originário das Américas (REIFSCHNEIDER, 2000). O fato de essa cultura ser uma das mais difíceis de se conduzir, para se ter resultados satisfatórios, requer cuidados especiais, já que é altamente sensível a numerosas doenças.

A requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora capsici*, caracteriza-se por ser uma doença agressiva e de grande poder destrutivo, que afeta diversas etapas do desenvolvimento da planta hospedeira reproduzindo sintomas na raiz, hastes, folhas e frutos; com isso, pode-se limitar ou até impedir o cultivo do pimentão (MATSUOKA e VANETTI, 2001; RISTAINO e JOHNSTON, 1999; ERWIN e RIBEIRO, 1996).

O patógeno *P.capsici* desenvolve-se em condições de alta umidade e pode ocorrer em todo o ano e em diferentes hospedeiros de cucurbitáceas, tais como abóbora, abobrinha, melancia, pepino (PAZ LIMA e CAFÉ FILHO, 2008; BABADOOST, 2013). Os sintomas da requeima são caracterizados por lesões necróticas na área infectada, que, dependendo da idade da lesão e do ambiente, iniciam-se com uma dimensão de 2-10mm e evoluem para o tecido não necrótico (ISLAM e outros, 2005). Nas plantas jovens, os sintomas são caracterizados por desfolha seguida de necrose nos tecidos radiculares e na base do caule seguido de tombamento da planta. Nas

folhas, caule e frutos, as lesões necróticas assemelham-se a uma queima de aparência circular e, geralmente, não são delimitadas (CERKAUSKAS, FERGUSON e MACNAIR, 2015).

Em condições de alta umidade e temperatura na faixa de 15-20°C, há um aumento da esporulação do patógeno e, assim, o desenvolvimento da doença e manifestação dos sintomas. Temperaturas acima ou abaixo desse intervalo reduzem a taxa de crescimento do patógeno e aumentam o período necessário para esporulação (PLANTWISE, 2017). Apesar de ser uma doença típica de temperaturas mais baixas, epidemias importantes da doença podem ser verificadas no Brasil Central devido ao abaixamento brusco da temperatura, favorecido pelas chuvas constantes (MIZUBUTI, 2001).

A importância das doenças causadas pelo gênero *Phytophthora* sp. fez com que o emprego de fungicidas químicos se tornasse a principal forma de controle desse patógeno. O uso de fungicidas para o controle da requeima tem sido bastante recomendado dentro de programas multidisciplinares de manejo dessa doença, e, com o advento dos fungicidas anti-oomicetos, progressos significativos foram obtidos no controle da requeima (TOFOLI, e outros, 2000; SOUZA e outros, 2014). Esses avanços foram possíveis em função das novas características apresentadas por esses produtos, tais como elevada fungitoxicidade, ação protetora e curativa, sistemicidade e boa persistência nos tecidos (UESUGI, 1998).

O manejo da requeima em cucurbitáceas e, em especial, em pimentões exige uma abordagem multifacetada de estratégias tanto nos aspectos culturais quanto no químico (GEVENS e outros, 2007), no entanto têm-se observado grandes avanços em pesquisa com antagonistas biológicos para integração no manejo de doenças.

Embora o uso de *Trichoderma* spp. como antagonista a fitopatógeno tenha tornado-se uma constante, estudos dos seus efeitos no controle de *P.capsici* em pimentão em campo ainda são escassos. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de fungicidas e espécies

de *Trichoderma* spp. como alternativa no controle de *Phytophthora capsici* na cultura do pimentão.

MATERIAL E MÉTODOS

Isolamento de *Phytophthora capsici* – Amostras de solos de área cultivada com hortaliças na região de Luís Eduardo Magalhães, Bahia, foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Fitopatologia da Faculdade Arnaldo Horácio Ferreira –FAAHF, Luís Eduardo Magalhães, Bahia (Tabela 5). O isolamento de *P. capsici* foi realizado com a utilização da técnica de iscas (MATHERON e MATEJKA, 1991). Amostras de solo das rizosferas foram transferidas para placa de petri com 20 mL de água esterilizada, e frutos de pimentão foram colocados em contato com a suspensão por um período de dois a cinco dias à temperatura ambiente ($\pm 26^{\circ}\text{C}$).

Tabela 5 – Identidade e procedência dos isolados de *Phytophthora capsici* obtidos de solos e cultivos de hortaliças em Luís Eduardo Magalhães, Bahia, 2017.

Identificação	Hospedeiro	Local	Ano Isolamento
008	Abóbora	Luís Eduardo Magalhães	2016
009	Pimentão	Luís Eduardo Magalhães	2016
012	Pimentão	Luís Eduardo Magalhães	2016
013	Abóbora	Luís Eduardo Magalhães	2016
021	Pimentão	Luís Eduardo Magalhães	2017
022	Pimentão	Luís Eduardo Magalhães	2017
023	Pimentão	Luís Eduardo Magalhães	2017

Após a ocorrência dos sintomas característicos de *Phytophthora* spp. no fruto de pimentão, esses foram desinfetados com solução de etanol 70% por 2 minutos e hipoclorito de sódio a 2,0% por 4 minutos, seguida da lavagem com água esterilizada. Discos de 5mm foram removidos da região

de delimitação da necrose e transferidos para o meio seletivo PARP ágar usando-se um bisturi esterilizado.



Figura 14. Etapas do isolamento de *P.capsici* por meio da técnica de isca (MATHERON e MATEJKA, 1991), Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

Para o preparo do meio seletivo, adicionaram-se antibiótico e fungicidas nas seguintes concentrações em Cornmeal ágar (20g/900mL): Pimaricina (10mg) (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO), Ampicilina (250 mg) (Sigma Chemical Co. St. Louis, MO), Rifampicina (10 ppm) (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO), Pentacloronitrobenzeno - PCNB (100 mg) (Uniroyal Chemical Co. Naugatuck, CT). Por último, foi adicionado Hymezaxol (50 ppm) (Sankyo, Tokyo, Japan), que inibe o crescimento de várias espécies de *Pythium*, técnica que permite a seleção de colônias puras de *Phytophthora* que apresentam crescimento micelial mais lento que o *Pythium* em meio de cultura; assim, constituiu-se o meio – PARP (LUZ et al. 2008). Apenas nove isolados desenvolveram-se no

meio seletivo PARP, e um disco de diâmetro de 7mm que delimitava a colônia foi removido e transferido para o meio de cultura V8 ágar.

As placas foram incubadas a uma temperatura de 25°C, no escuro, em câmara DOB, durante três dias. A avaliação das placas foi realizada no terceiro dia após o isolamento, e a identificação dos isolados ocorreu com base na morfologia das estruturas assexuais e sexuais. O aspecto morfológico da colônia foi observado e classificado como algodinoso ou petaloide, denso ou ralo (ERWIN e RIBEIRO, 1996). A caracterização morfológica das estruturas foi baseada em Waterhouse (1963) e Erwin e Ribeiro (1996) (Figura 14).

As subculturas dos isolados foram transferidas para meio V8 para preservação dos isolados; discos das colônias foram destacados da margem e repicados para tubos com meio V8 ágar e cobertos com óleo mineral após o desenvolvimento micelial; esses se mantiveram em temperatura ambiente (ERWIN e RIBEIRO, 1996).

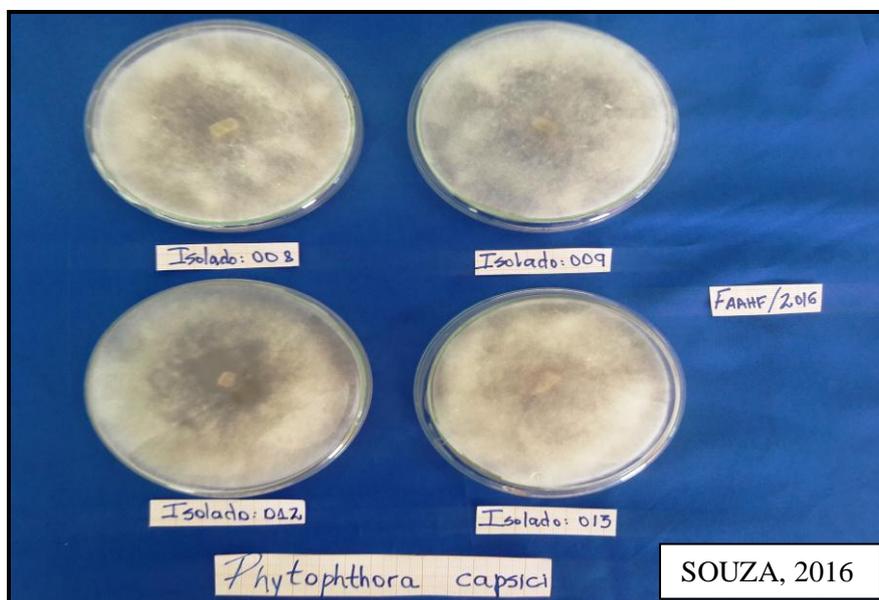


Figura 15. Isolados de *P. capsici* obtidos de plantas hospedeira de abóbora, pimentão no município de Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

Teste de patogenicidade. Sementes de pimentão foram plantadas em vasos e acondicionadas em casa de vegetação; quando apresentaram 15 cm de comprimento, foram submetidas ao teste de patogenicidade. Utilizaram-se quatro mudas por vaso e quatro repetições por isolado. Aos 45 dias após emergência (DAE), foram inoculadas 4 ml de suspensão com 200 zoósporo/ml de *P.capsici* por muda. A inoculação foi realizada por meio da adição da solução com o patógeno no colo da muda com auxílio de seringas descartáveis de 5 ml. Após a inoculação, os vasos foram colocados em bandejas com água suficiente para manter o substrato úmido. Três dias após a inoculação, foram realizadas as avaliações, medindo-se o comprimento e largura das lesões no colo da planta e o número de desfolha (Figura 16).

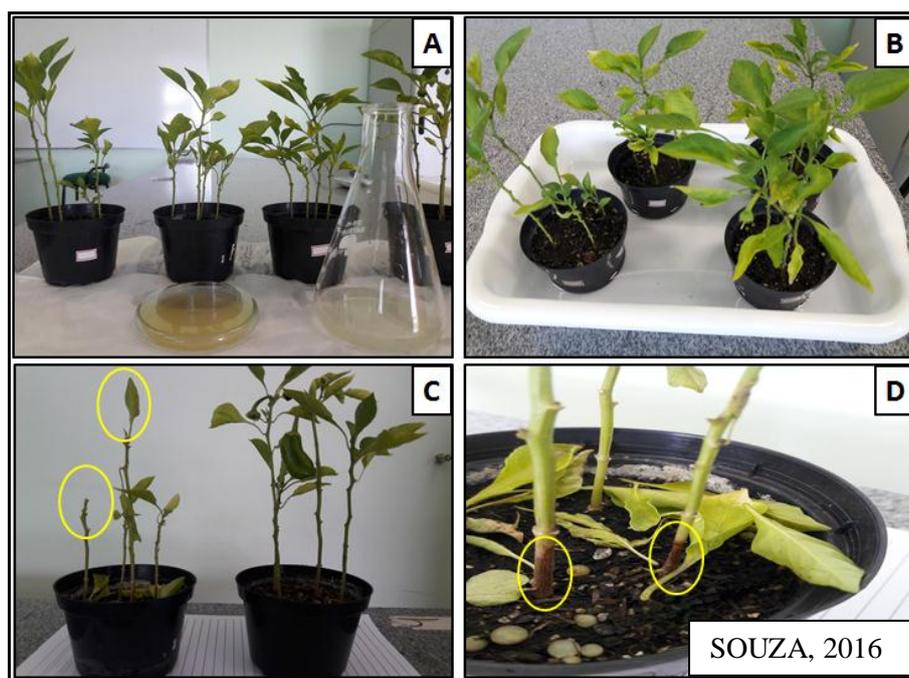


Figura 16. Teste de patogenicidade de *P. capsici* em plantas de pimentão (A) - preparação da solução com isolados, (B) – Infecção com zoósporos, (C)- Sintomas da doença após 4 dias de inoculação e (D) – necrose na base da plântula. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

As avaliações permaneceram até o 21º dia e com intervalo de 3 dias, pelas quais se determinou o valor em porcentagem de desfolha, comprimento da lesão e número de plantas mortas. Para cada tratamento, foi retirada uma planta com sintomas característicos, e realizou-se o reisolamento do patógeno de acordo com os postulados de Koch.

Preparo da suspensão de esporângio e zoósporo: os nove isolados foram transferidos para o meio V8 em placas de petri a uma temperatura de 25°C, durante quatro dias, e mantidos no escuro para produção de micélio. Após a produção de micélio, as placas foram acondicionadas em câmara com luz contínua para indução da produção de esporângio por três dias. A solução com esporângios foi preparada adicionando-se 10mL de água esterilizada em cada placa de petri, e, com o auxílio de um pincel, os esporângios foram removidos. A suspensão com os esporângios foi filtrada por meio de uma dupla camada de tecido tipo gaze e acondicionada em gelo por 20 minutos; em seguida, foi acondicionada em temperatura ambiente por igual tempo para a liberação dos zoósporos. Posteriormente, uma alíquota da suspensão foi transferida para tubo de vidro de 50 ml e agitada por 50s - encistamento do zoósporo. O número de zoósporos foi contado em três alíquotas de cada suspensão com o auxílio do aparelho hemocítômetro a 200x de amplificação, e a concentração foi ajustada em 200 zoósporos por ml.

Experimento em campo: O experimento foi conduzido na área experimental da Faculdade Arnaldo Horácio Ferreira, no município de Luís Eduardo Magalhães, Bahia (-12°07'36"S e -45.80°00"W), no período de janeiro a maio de 2017 (Figura 13). A precipitação média anual é de 1200 mm/ano. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho amarelo distrófico, com textura média, em topografia plana e boa drenagem. Foi utilizado o híbrido de pimentão Magali® da empresa Sakata. O preparo do solo foi feito convencionalmente, como recomendado para a cultura do pimentão (FILGUEIRA, 2000).



Figura 17. Localização geográfica da área experimental da Faculdade Arnaldo Horácio Ferreira, Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados constituídos por seis tratamentos: T1 – testemunha (sem aplicação de fungicidas químicos e antagonistas biológicos); T2 - *Trichoderma harzianum* isolado Trichobio 01 (2×10^8 conídios/mL); T3 - *Trichoderma longibrachiatum* isolado Trichonemate 01 (2×10^8 conídios/mL); T4 – Mandipropamida; T5 – Dimetomorfe e T6 – Ciazofamida e quatro repetições. Os isolados antagonistas utilizados no experimento foram cedidos pelo Laboratório da empresa BIOFUNGI, e os ingredientes ativos dos fungicidas foram cedidos pelo Laboratório de Fitopatologia Dr. Babadoost da University of Illinois at Urbana - Champaign, Estados Unidos da América.



Figura 18. Plantio experimental de pimentão para teste de fungicidas, Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

A parcela experimental foi composta por 6 plantas úteis, distribuídas em fileira única arranjada em um espaçamento de 1,2 m entre linhas e 0,6 entre plantas. A semeadura foi realizada no dia 28 de janeiro de 2017, de forma manual, em bandejas de polietileno com 128 células, e utilizou-se o substrato à base de vermiculita. Após a semeadura e irrigação, as bandejas foram acondicionadas em estufas, nas quais permaneceram por 35 dias. Aos 35 dias após o plantio – DAP, procedeu-se ao transplante, com as mudas de, aproximadamente, 10 cm de altura e quatro pares de folhas definitivas no dia 4 de março de 2017. As mudas referentes aos tratamentos T2 (*Trichoderma harzianum* isolado Trichobio) e T3 (*Trichoderma longibrachiatum* isolado Trichonemate) foram imersas em uma solução com água e esporos (2×10^8 conídios/mL) dos respectivos fungos, durante 15 minutos, e, em seguida, levadas a campo e transplantadas. Os tratos culturais e o controle fitossanitário foram realizados mediante a necessidade, quando da ocorrência de pragas ou doenças, e de forma igual para todos os tratamentos. Adotou-se

o sistema de irrigação por aspersão objetivando a formação de um microclima na superfície da folha que favorece o desenvolvimento da doença.

Inoculação da doença no campo e aplicação de fungicidas: a inoculação da doença foi realizada no dia 14 de março de 2017, aos 10 dias após o transplante (DAT), e uma segunda aplicação foi feita no dia 22 de março de 2017, aos 18 DAT. A aplicação dos fungicidas químicos e antagonistas biológicos foi realizada de forma preventiva aos 0, 7, 15 e 21 DAT, de acordo com a tabela 6.

A aplicação dos produtos durante a condução do experimento foi feita com auxílio de um pulverizador costal manual de 10L com bico cônico, calibrado para aplicação de um volume de calda 600 L/ha⁻¹.

Tabela 6 – Tratamentos utilizados no experimento com respectivos nome comercial, dose/ha⁻¹ e tempo de aplicação utilizado nos ensaios na cultura do pimentão. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

Tratamentos com fungicidas^z e doses ha⁻¹ (tempo de aplicação)^y
T1 – Testemunha
T2 – <i>Trichoderma harzianum</i> - Trichobio 01 – 8kg ha ⁻¹ (0,1,2,3)
T3 – <i>Trichoderma longibrachiatum</i> – Trichonemate 01 – 8kg ha ⁻¹ (0,1,2,3)
T4 – Dimetomorfe – 300 g i.a ha ⁻¹ (1,2,3)
T5 – Ciazofamida – 100g i.a ha ⁻¹ (1,2,3)
T6 – Mandipropamida – 125g i.a ha ⁻¹ (1,2,3)

z – Forum 4.16SC = dimetomorfe; Ranman 400F = ciazofamida; Revus 2.09SC = mandipropamida;

y – Data de aplicação: 0º = Durante o transplante no dia 4 de março; 1º = 11 de março; 2º = 18 de março; 3º = 25 de março de 2017.

Variáveis analisadas: a colheita dos frutos foi realizada de forma manual, a partir dos 90 dias após o transplante, conforme a maturação fisiológica. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em bandejas de plásticos e transportados no mesmo dia para o Laboratório de Fitopatologia – FAAHF. Os frutos foram contados e pesados, e, logo após, realizaram-se as avaliações (número de frutos por planta, diâmetro longitudinal, diâmetro transversal, massa média, produção, produtividade).

Número de frutos por planta: todos os frutos no estágio de maturação fisiológica foram contados e divididos pelo número de plantas da respectiva parcela.

Comprimento longitudinal (mm) e diâmetro transversal (mm): o diâmetro longitudinal do pimentão híbrido Magali foi medido utilizando-se o paquímetro digital Mitutoyo Absolute, modelo CD6 CSX-B, expresso em centímetros. Foram usados 8 frutos por parcela, num total de 80 frutos por tratamento, dos quais se retirou a média.

Peso (g): os frutos foram pesados em balança digital com precisão de 0,001g; o peso médio do pimentão foi o peso total dos frutos dividido pelo número total de frutos, expresso em gramas.

Produção (kg planta⁻¹): o peso total dos frutos foi analisado em suas respectivas colheitas e parcelas, dividido pelo número de plantas da parcela.

Produtividade (t ha⁻¹): a produtividade foi obtida pela pesagem dos frutos das plantas úteis; calculou-se a média por planta (kg planta⁻¹) e o equivalente por hectare (t.ha⁻¹).

Análise estatística. Os dados foram analisados com o auxílio do programa STATISTIX, versão 9.0 (TALLAHASSEE, 2008), por meio da análise de variância. Posteriormente, as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os valores de incidência obtidos em cada tratamento foram plotados versus o tempo e expressos em curva de progresso da doença. Com os dados, foi calculada a Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD) pelo programa

AVACPD versão 1.1, desenvolvido por Torres e Ventura (1991), por meio da equação citada por Shaner e Finney (1997).

$$AACPD = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i)/2] * [(T_{i+1} - T_i)]$$

Onde:

n – é o número de observações;

Y_i – é a incidência da doença na “i”-ésima observação;

T_i – é o tempo em dias na “i”-ésima observação.

Os dados da incidência da doença na planta e nos frutos foram previamente transformados em raiz quadrada de x + 0,5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os isolados selecionados apresentaram potencial patogênico e desenvolveram sintomas característicos de *P. capsici* em mudas de pimentão. Durante o teste de patogenicidade, foram observadas diferenças significativas quanto ao comportamento dos isolados em mudas de pimentão; verificaram-se sintomas iniciais a partir de 3 DAI (dias após inoculação). Os isolados 021 e 023 diferiram estatisticamente dos demais isolados, o que demonstrou um alto nível de agressividade e promoveu o maior comprimento de lesão no caule, nas folhas, número de desfolha e porcentagem de plantas mortas por *P. capsici* (Tabela 7).

Tabela 7 – Comprimento das lesões, porcentagens de desfolha e de plantas mortas em mudas de pimentão devido ao *Phytophthora capsici*. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

Isolado	Comprimento lesão (mm)	Desfolha (%)	Nº Plantas mortas
008	13,00 c	31,25 b	56,25 b
009	18,00 b	51,25 b	59,37 b
012	15,00 bc	31,50 b	65,62 b
013	13,75 c	36,25 b	53,12 b
021	35,00 a	81,25 a	90,62 a
022	20,00 b	52,50 b	56,25 b
023	40,00 a	85,00 a	100 a
CV (%)	11,25	16,78	18,9

Valores médios de quatro repetições. Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de $\alpha = 0.05$.

Estudos realizados por Luz e outros (2003) ao avaliarem a patogenicidade e diversidade genética de 22 isolados de *P. capsici* em diferentes hospedeiros (seringueira, pimentão, abóbora e tomate) verificaram

variação na patogenicidade entre os isolados. Os resultados evidenciaram uma menor diversidade genética entre isolados obtidos do mesmo hospedeiro por meio do teste de patogenicidade dos isolados e RAPD.

Resultados de variação de agressividade de isolados de *P.capsici* em curcubitáceas e solanáceas foram bastante relatados (RITAINO, 1990; LEE e outros, 2001; ISLAM, 2005). A variabilidade na agressividade de *P. capsici* verificada nos isolados e descrita por diversos autores pode explicar algumas dificuldades no manejo desse patógeno em campo, assim como o desenvolvimento de cultivares resistentes ao patógeno.

A variabilidade da agressividade está relacionada com as diferenças de bases genéticas (aqui não estudadas) entre os isolados e expressa em diferenças de nível de patogenicidade. Nesse contexto, métodos que auxiliam a determinar a agressividade de isolados de *P. capsici* apresentam grande importância em estratégias de manejo da doença. Para Leah e outros, (2012), a característica dos isolados e do hospedeiro de origem está associada a um agrupamento genético e pode ser usada para orientar a seleção de isolados iniciais para triagem de patogenicidades em cucurbitáceas, além da agressividade em diferentes órgãos do hospedeiro de interesse.

A ocorrência da requeima e as condições favoráveis de umidade e temperatura promoveram o desenvolvimento da doença, associada à suscetibilidade do híbrido Magali e à agressividade patogênica do oomiceto *P. capsici*, permitiram elevados níveis de incidência de requeima no tratamento controle que favoreceu a diferenciação dos tratamentos.

O tratamento controle (T1) em que não houve aplicação de químicos e biológicos apresentou uma incidência final de requeima de 26,25%. No tratamento em que houve a aplicação de agentes antagônicos com potencial micoparasitário (T2 – *T. harzianum* e T3 – *T. longibrachiatum*), os valores de incidência finais foram 20 e 14,25%, respectivamente. Nos tratamentos em que a aplicação foi realizada com fungicidas químicos (T4 – Dimetomorfe,

T5 – Ciazofamida e T6 – Mandipropamida), os índices finais de incidência foram de 4,75; 12,25 e 2,5 %, respectivamente (Figura 19).

Nenhum dos tratamentos avaliados foi capaz de impedir o progresso da doença, no entanto as aplicações de fungicidas químicos e de *T. longibrachiatum* tiveram efeito significativo na redução da incidência da requeima (Figura 19). O tratamento controle apresentou os maiores valores de incidência, diferenciou-se estatisticamente aos 22 DAT em relação aos tratamentos químicos com dimetomorfe (T4), ciazofamida (T5) e mandipropamida (T6) e manteve a diferença até a avaliação final da severidade aos 41 DAT. Embora tenha sido observada uma redução da incidência de *P. capsici* nas áreas com aplicação de *T. longibrachiatum* (T2), não se verificaram diferenças significativas em relação ao tratamento controle.

As plantas pulverizadas com mandipropamida reduziram a incidência final da doença em comparação com o controle e obtiveram o maior índice de supressão da doença entre os tratamentos, com alcance de valores de 90,48%.

Os menos valores de Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença – AACPD (menores gravidade da doença) foram registrados no tratamento em que foi aplicado o fungicida mandipropamida (32,5), seguido por dimetomorfe (61,75), ciazofamida (178,75), *T. longibrachiatum* (211,25) e *T. harzianum* (312). No tratamento controle, foi observada a maior incidência de requeima em plantas de pimentão, e, portanto, atingiu-se uma maior AACPD, com valores de 445,25 (Figura 20).

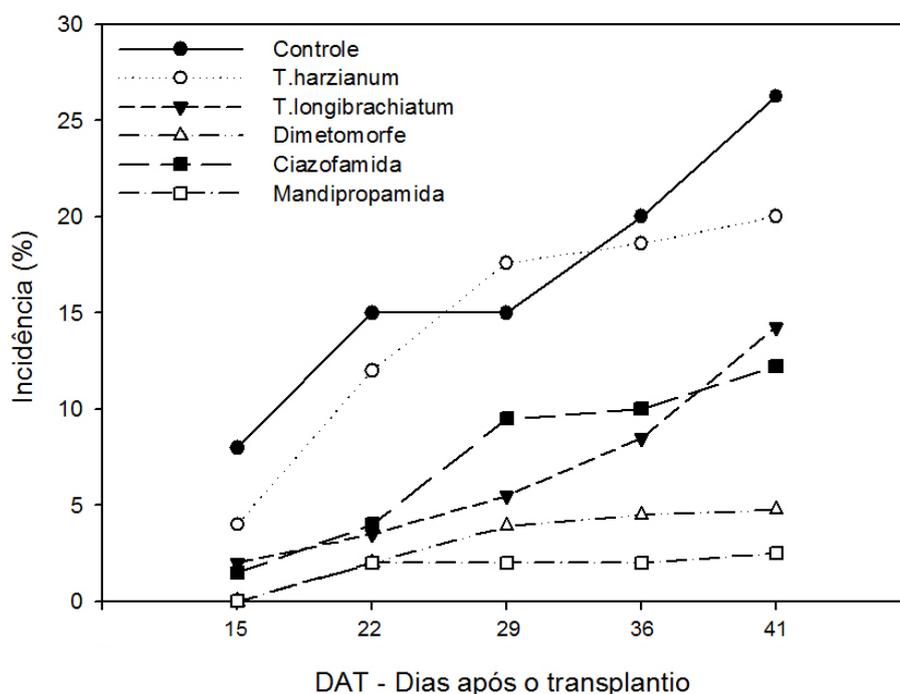


Figura 19. Curva de progresso da incidência da requeima em plantas de pimentão submetidas aos tratamentos: T1 – Controle, T2 – *T.harzianum*, T3 – *T.longibrachiatum*, T4 – Dimetomorfe, T5 – Ciazofamida e T6 – Mandipropamida. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

A elevada ação protetora de mandipropamida obtida neste estudo pode ser explicada pela ação residual, curativa e antiesporulante do fungicida. De acordo com estudos realizados por Tofoli (2012) no controle da requeima em tomateiro, verificou-se que misturas com produtos com diferentes níveis de mobilidade e alta tenacidade em sua composição apresentam potencial supressor e, portanto, menor severidade da doença.

A aplicação de fungicida mandipropamida, ciazofamida e dimetomorfe em campo no controle de *P. capsici* foi bastante efetiva na redução da incidência da doença em cultivo de abóbora (SOUZA et al. 2016), o que corrobora o estudo.

A aplicação de agentes biológicos promoveu uma redução da incidência de *P. capsici*, expressa como AACPD, de 29,93% e 52,61 para *T. harzianum* e *T. longibrachiatum*, respectivamente, em comparação com o tratamento sem aplicação. Do mesmo modo, a aplicação de dimetomorfe, ciazofamida e mandipropamida reduziu a severidade da doença, expressa como AACPD, em 86,1; 59,8 e 92,7%, respectivamente, em comparação com o controle em que não houve aplicações de agentes biológicos e ou fungicidas químicos (Figura 20).

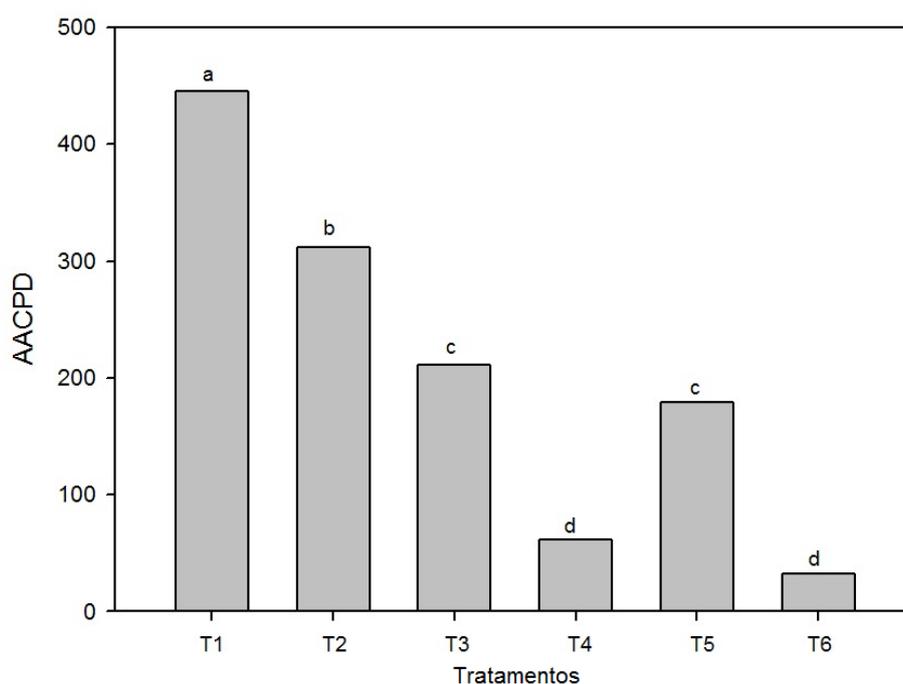


Figura 20. Valores médios das áreas abaixo das curvas de progresso da incidência da requeima em pimentão submetido aos tratamentos: T1 – Controle, T2 – *T.harzianum*, T3 – *T.longibrachiatum*, T4 – Dimetomorfe, T5 – Ciazofamida e T6 – Mandipropamida. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

Menores níveis de AACPD nos tratamentos com *Trichoderma* spp. podem ser explicados pela ação micoparasítica, característica esta de grande

importância para o biocontrole. A competição promovida pela aplicação de *Trichoderma spp* nas concentrações de 2×10^8 conídios/mL pode atuar na relação hospedeiro-parasita por meio de uma relação complexa, que pode estar diretamente associado à interação enzimática ou metabólica, com o envolvimento de digestão de enzimas hidrolíticas, como quitinases, proteases, glucanases e lipases (FAULL, 2000). A competição por nutrientes é um mecanismo importante, pois muitos fungos fitopatogênicos são sensíveis à falta de algum deles (BENITEZ et al., 2004).

As porcentagens de incidência de *P. capsici* em frutos de pimentão podem ser verificadas na tabela 8. Verificou-se uma relação direta da incidência da doença na planta com a incidência nos frutos. O tratamento controle apresentou os maiores índices, com valor médio de 49,75%, que corresponde a um incremento de 93,46% quando comparado ao tratamento T6 – mandipropamida, o qual apresentou o menor índice de severidade (3,25%) (Tabela 8). Não foram verificadas diferenças significativas nos tratamentos com aplicação de *T. harzianum* (15,5%) e *T. longibrachiatum* (9,25) e dimetomorfe (9,0%) para incidência da doença nos frutos. Durante a condução do experimento, não foi observada incidência de outras doenças nas plantas de pimentão.

As reduções da incidência de requeima em plantas e frutos promovidas por *Trichoderma spp.* estão diretamente relacionadas com os mecanismos do referido agente antagonico no controle biológico de fitopatogênicos. Estão associados à característica micoparasítica do gênero *Trichoderma* o parasitismo (HAMAN, 2000; STADNIK 2000), competição (BENITEZ et al., 2004), antibiose (STADNIK e BETTIOL, 2000), indução à resistência (HWANG e BENSON, 2002; ROMEIRO, 2007)) e promotor de crescimento (FILHO et al., 2008; HARMAN et al., 2004b; LUCON, 2009).

Tabela 8 – Incidência final de *P. capsici* em plantas e frutos de pimentão tratados com aplicações de *Trichoderma* spp. e diferentes fungicidas químicos. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

Tratamento	Incidência de <i>P.capsici</i> (%)	
	Planta	Frutos
T1 – Controle – sem aplicação	26,25a	49,75a
T2 – <i>Trichoderma harzianum</i>	20,00ab	15,50b
T3 – <i>Trichoderma longibrachiatum</i>	14,25ab	9,25b
T4 – Dimetomorfe	4,75c	9,00b
T5 – Ciazofamida	12,25ab	6,25bc
T6 – Mandipropamida	2,5c	3,25c
CV (%)	16,53	18,30

Valores médios de quatro repetições. Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de $\alpha = 0.05$.

Resultados de redução da severidade de *P. infestans* em campo quando aplicados *Trichoderma harzianum* e *T. longibrachiatum* foram reportados em estudos realizados por Souza e outros (2014) em tomateiro, o que corrobora os resultados relatados neste estudo. O controle biológico por meio de introdução de antagonista pode ser considerado uma alternativa viável para controle de doenças no campo (BOMFIM et al., 2010).

Os resultados dos componentes de produção estão descritos na Tabela 9. A incidência de requeima promoveu uma redução do número de frutos por plantas e uma menor massa média dos frutos, o que, diretamente, interferiu na produção e produtividade do pimentão. Para as variáveis comprimento e diâmetro de frutos, não foram verificadas diferenças significativas entre a aplicação de fungicidas químicos, biológicos e controle.

Tabela 9. Número de frutos por planta, comprimento de frutos (mm), diâmetro de frutos (mm), massa de frutos (g), produção (kg planta⁻¹) e produtividade (kg ha⁻¹) de plantas tratadas com *Trichoderma* spp. e fungicidas químicos no controle de requeima no pimentão. Luís Eduardo Magalhães, BA, 2017.

Tratamentos	Número frutos/planta	Comprimento dos frutos (mm)	Diâmetro dos frutos (mm)	Massa dos frutos (g)	Produção (kg/planta ⁻¹)	Produtividade (kg/ha ⁻¹)
T1 – Controle	6,0 c	123,5 a	44,0 a	95,50 c	0,573 c	9.121 c
T2 – <i>T. harzianum</i>	8,0 b	117,0 a	47,75 a	115,50 b	0,924 b	13.608 b
T3 – <i>T. longibrachiatum</i>	5,25 c	104,5 a	46,50 a	149,75 a	0,786 bc	11.364 b
T4 – Dimetomorfe	8,25 b	122,0 a	45,25 a	158,00 a	1,303 a	18.103 a
T5 – Ciazofamida	6,25 c	118,17 a	53,75 a	154,75 a	0,967 b	13.432 b
T6 – Mandipropamida	10,5 a	122,75 a	55,55 a	141,50 a	1,485 a	20.634 a
CV (%)	14,69	9,83	12,98	11,37	13,82	13,82

Valores médios de quatro repetições. Letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de significância de $\alpha = 0.05$.

Em virtude de uma menor incidência de *P.capsici* nas folhas e frutos promovida pela ação dos fungicidas químicos e biológicos, verificou-se aumento da produção. A requeima, quando ocorre nas folhas, provoca uma lesão similar a uma área queimada, que evolui para uma necrose dos tecidos e, portanto, promove uma redução da área fotossintética ativa e produção de carboidratos que predis põem as plantas a menores coeficientes produtivos, fato esse observado no presente estudo. De acordo com estudos realizados por Souza e outros (2014), ao avaliarem o potencial de fungicidas químicos e biológicos no controle de *P. infestans*, observou-se uma redução do número de frutos por planta, produção e produtividade em função de uma maior severidade da doença na planta, o que corrobora os resultados do presente estudo.

O solo é o habitat de populações numerosas e variadas de todos os tipos de microrganismos e reservatório natural de diversidade genética, e a aplicação de *Trichoderma* spp impulsiona o maior equilíbrio desses microrganismos no patossistema solo-planta-ambiente, aumentando a competição e, assim, reduzindo os efeitos deletérios dos patógenos, expressos em menores índices de severidades, menores AACPD e maiores coeficientes produtivos (SOUZA e outros, 2014).

Estudos adicionais são sugeridos, uma vez que as espécies de *Trichoderma* spp. apresentam uma forte relação adaptativa com o ambiente, e, segundo Morandi et al. (2009), o desenvolvimento das espécies mais utilizadas como agentes biológicos é favorecido por temperaturas acima de 25°C, e a introdução desses agentes em áreas ou épocas de temperaturas amenas pode ser pouco eficiente no controle. As pesquisas que visam a utilizar isolados regionais são de grande importância para o estudo de controle de doenças de plantas, visto que a ocorrência de *P. capsici* ocorre em período com menores temperaturas e alta umidade.

CONCLUSÕES

Nas condições e épocas em que o presente estudo foi desenvolvido, conclui-se que:

O uso de fungicida mandipropamida na cultura do pimentão apresenta eficácia no controle de *P. capsici* e, por isso, pode ser recomendado para cultura do pimentão no manejo integrado da doença.

O uso alternado dos fungicidas mandipropamida e dimetomorfe poderá ser recomendado para evitar o desenvolvimento de resistência do patógeno na cultura do pimentão.

O uso de fungicidas em epidemias severas de requeima pode contribuir de forma direta para o valor comercial da produção.

A aplicação de *Trichoderma* spp. para o manejo da requeima deve ser considerada como parte integrante de programa de controle integrado e apresenta potencial micoparasítico, além do seu efeito como condicionador do solo.

REFERÊNCIAS

- BABADOOST, M. Efficacy of selected fungicide for control of Phytophthora blight of processing pumpkin, 2012. **Plant Management Network**. v. 119, 2013.
- BENÍTEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C.; CONDÓN, A. C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.
- BOMFIM, M. P.; SAO JOSÉ, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; ALMEIDA, S. S.; SOUZA, I. V. B.; DIAS, N. O. Avaliação antagônica *in vitro* e *in vivo* de *Trichoderma* spp. a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo. **Summa Phytopathol.** v. 36, n. 1, p. 61-67, 2010.
- CERKAUSKAS, R. F.; FERGUSON, G.; MACNAIR, G. Management of phytophthora blight (*Phytophthora capsici*) on vegetable in Ontario: some greenhouse and field aspects. **Canadian Journal of Plant Pathology**. v. 37, 2015.
- CNA: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Hortaliças. Disponível em: < http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/11_hortaliças.pdf>. Acesso em maio de 2017.
- CURVAS DE PROGRESSO DE DOENÇAS FOLIARES DO MILHO, SOB DIFERENTES TRATAMENTOS FUNGICIDAS* (PDF Download Available). https://www.researchgate.net/publication/267995408_CURVAS_DE_PROGRESSO_DE_DOENÇAS_FOLIARES_DO_MILHO_SOB_DIFERENTES_TRATAMENTOS_FUNGICIDAS >. Acesso em janeiro de 2017.
- ERWIN DC, RIBEIRO O. K. Phytophthora diseases worldwide. St. Paul, MN: **American Phytopathological Society**, 1996.
- FILHO, M. R. C.; MELLO, S. C. M.; SANTOS, R. P.; MENÊZES, J. E. **Avaliação de isolados de Trichoderma na promoção de crescimento, produção de ácido indolacético in vitro e colonização endofítica de mudas de eucalipto.** Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2008. 226p.
- GEVENS, A. J.; DONAHOO, R. S.; LAMOUR, K. H.; HAUSBECK, M. K. Characterization of *Phytophthora capsici* from Michigan surface irrigation water. **The American Phytopathological Society**. v. 97, n. 4, p. 421-42, 2007.

HARMAN, G. E. Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease*, v. 84, n. 4, p. 376–393, 2000.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species – opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, 2: 43–56, 2004a.

HARMAN, G. E.; PETZOLDT, R.; COMIS, A.; CHEN, J. Interactions between *Trichoderma harzianum* Strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. **Plant Physiology**. v. 94, n. 2, p. 146-153, 2004.b.

HWANG, J.; BENSON, D. M. Biocontrol of *Rhizoctonia* stem and root rot of poinsettia with *Burkholderia* and binucleate *Rhizoctonia*. **Plant Disease**, v. 86, p. 47-53, 2002.

ISLAM S. Z.; BABADOOST, M.; LAMBERT, K. N.; NDEME, A.; FOULY H. M. Characterization of *Phytophthora capsici* isolates from processing pumpkin in Illinois. **Plant Disease**. v. 89, p. 191–197, 2005.

LEE, B. K.; KIM, B. S.; CHANG, S. W.; AND HWANG, B. K. Aggressiveness to pumpkin cultivars of isolates of *Phytophthora capsici* from pumpkin and pepper. **Plant Dis**. v. 85, p. 497-500, 2001.

LUCON, C. M. M. **Promoção de crescimento de plantas com o uso de *Trichoderma* spp** (em linha). Infobibos, Informações Tecnológicas. (Acesso em 2010.05.31). Disponível em: < http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/trichoderma/index.htm >

LUZ, E. D. M. N.; SILVA, S. D. V. M.; BEZERRA, J. L.; SOUZA, J. T.; SANTOS, A.F. **Glossário ilustrado de *Phytophthora*: Técnica especiais para o estudo de oomicetos**. FAPESB, Itabuna, 2008. 204p.

LUZ, E. D. M.; CERQUEIRA, A. O.; FALEIRO, F. G.; NETO, A. D.; MATSUOKA, K.; MARQUES, J. R. Diversidade genética de isolados de *Phytophthora capsici* de diferentes hospedeiros com base em marcadores RAPD patogenicidade e morfologia. **Fitopatol. bras.** n. 28, v. 5, 2003.

MATSUOKA, K.; VANETTI, C. A. Murcha ou queima do pimentão e podridão de frutos de abóbora causados por *Phytophthora capsici*. In: LUZ, E. D. M. N., SANTOS, A. F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J. R.(eds). **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Livraria e Editora Rural Ltda. 2001, p. 509-559.

MATHERON, M. E.; MATEJKA, J. C. Effect of sodium tetrathiocarbonate, metalaxyl and fosetyl – Al on development and control of *Phytophthora* root rot of citrus. **Plant disease**. v. 75, p. 264-268, 1991.

MIZUBUTI, E. S. G. Requeima ou mela da batata e do tomate. In: LUZ, EDNSAF; MATSUAKA, K; BEZERRA, J. L (ed). **Doenças causadas por *Phytophthora* no Brasil**. Campinas: Livraria Editora Rural. p. 100-174, 2000.

PAZ LIMA, M. L.; CAFÉ FILHO, A. C. Caracterização fenotípica e molecular de *Phytophthora capsici* de hortaliças e expressão e prospecção da resistência em Cucurbitaceae e Solanaceae. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 292-292, 2008.

PLANTWISE. Disponível em < <http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/Datasheet.aspx?dsid=40970> > Acesso em 7 de maio de 2017.

REIFSCHNEIDER, F. (Ed.) *Capsicum*: pimentões. Embrapa, Brasília, DF, 2000. 113p.

RISTAINO, J. B. Intraspecific variation among isolates of *Phytophthora capsici* from pepper and cucurbit fields in North Carolina. **Phytopathology** v. 80, p. 1253-1259, 1990.

RISTAINO, J. B.; JOHNSTON, S. A. Ecologically based approaches to management of *Phytophthora* blight on bell pepper. **Plant Disease**. ed. 83, v. 12, p. 1080-1089, 1999.

ROMEIRO, R. S. Controle biológico de doenças de plantas – procedimentos. Viçosa, Editora UFV, 172 p. 2007.

SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; XIANG, Y.; BABADOOST, M. Sensitivity of *Phytophthora capsici* isolates from Illinois to fungicides. **XIthEUCARPIA Meetign on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae**. Warsaw, Poland. p. 161-165, 2016.

SOUZA, J. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; LUZ, J. M. Q.; AMARAL, C. L. F.; FIGUEIREDO, R. M.; SANTANA, C. M. P. Potencialidade de fungicidas biológicos no controle da requeima do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 115-119, 2014.

STADNIK, M. J.; BETTIOL, W. Controle biológico de oídeos. In: Melo, I. S; Azevedo, J. L. (Ed.) - Controle biológico. v. 3. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, p. 95–112. 2000.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow - mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 67, n. 8, p. 1051- 1056, 1977.

TALLAHASSEE. STATISTIX, Statistix 9.0. Analytical software. FL, USA, 2008.

TOFOLI, J. C.; DOMINGUES, R. J.; GARCIA, J. O. Desempenho de fungicidas no controle da requeima do tomateiro. **Horticultura Brasileira**. v.18, p. 350-351, 2000.

TORRES, J. C.; VENTURA, J. A. AVACPD: um programa para calcular a área e volume abaixo da curva de progresso da doença. *Fitopatologia Brasileira* 16:52. 1991.

UESUGI, Y. Fungicides classes, Chemistry, uses and mode of actions. In: HUTSON, D.; MYAMOMOTO, J. (eds). **Fungicide activity**. Hamburg: John Wiley Sons. p. 23-53, 1998.

WATERHOUSE, G. M. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute, 1963. 22p. (Mycological Papers, n. 92).

ANEXOS

LAUDO No: 000275-17

REVISÃO: 0.0

Ciente: FAAHF	Solicitante: JOSÉ RAFAEL
Propriedade: CAMPO EXPERIMENTAL	Material: SOLO
CPF/CNPJ: —	Município / UF: LEM - BA
Data de entrada no laboratório: 21/02/2017	Data de emissão de laudo: 11/03/2017

Análise química

Nº Amostra	Identificação	pH	P (meh)	P rem	S	MO	K	Ca	Mg	Al	H + Al
		CaCl ₂	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	mmol dm ⁻³				
394	AM 01	5,82	81,20	60,50	0,75	23,14	0,93	29,20	7,88	0,00	13,00

Micronutrientes

Nº Amostra	Identificação	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg dm ⁻³				
394	AM 01	0,18	0,08	30,69	1,05	3,21

Dados complementares

Nº Amostra	Identificação	SB	CTC ef	CTC	V	m	Ca/Mg	Ca/K	Mg/k
		mmol dm ⁻³			%				
394	AM 01	38,01	38,01	51,01	74,52	0,00	3,71	31,40	8,47

Textura

Nº Amostra	Identificação	Areia	Argila	Silte
		g kg ⁻¹		
394	AM 01	869	103	28,0

OBSERVAÇÕES: (Ca, Mg e K – Resina) (P – Mehlich-1) (Micronutrientes – DTPA) (MO – Colorimétrico)

 Ricardo Fernandes Cipriano CRQ - 028012/03 Coordenador FAAHF/BA	 Ana Flávia Louisa da Silva Analista
--	--

Figura 21 – Resultados da análise do solo da área experimental, Luís Eduardo Magalhães, Bahia, 2017.

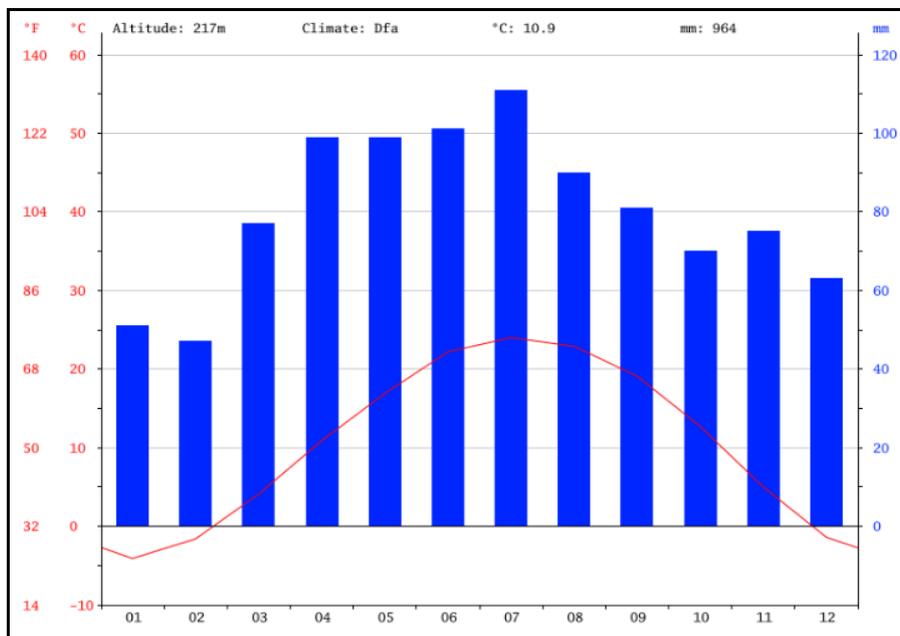


Figura 22 – Gráfico climático anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.

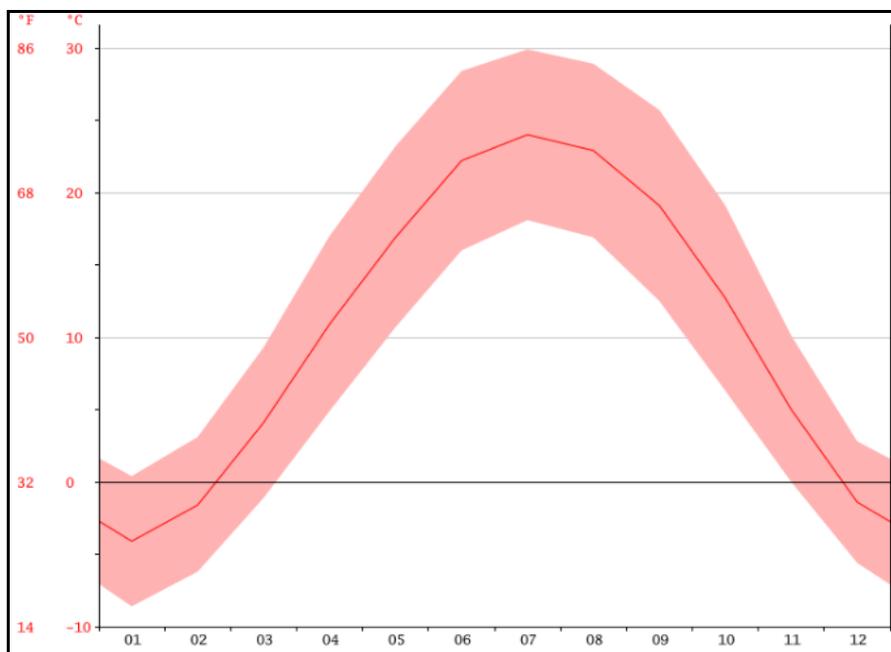


Figura 23 – Gráfico climático anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.

Tabela 10 – Tabela climática anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	-4.1	-1.6	4.1	10.9	16.9	22.2	24	22.9	19.1	12.7	5	-1.4
Temperatura mínima (°C)	-8.6	-8.2	-1.1	4.9	10.7	18	18.1	18.9	12.5	6.3	0	-5.6
Temperatura máxima (°C)	0.4	3.1	9.3	17	23.2	28.4	29.9	28.9	25.7	19.1	10.1	2.8
Temperatura média (°F)	24.6	29.1	39.4	51.6	62.4	72.0	75.2	73.2	66.4	54.9	41.0	29.5
Temperatura mínima (°F)	18.5	20.8	30.0	40.8	51.3	60.8	64.6	62.4	54.5	43.3	32.0	21.9
Temperatura máxima (°F)	32.7	37.6	48.7	62.6	73.8	83.1	85.8	84.0	78.3	66.4	50.2	37.0
Chuva (mm)	51	47	77	99	99	101	111	90	81	70	75	63

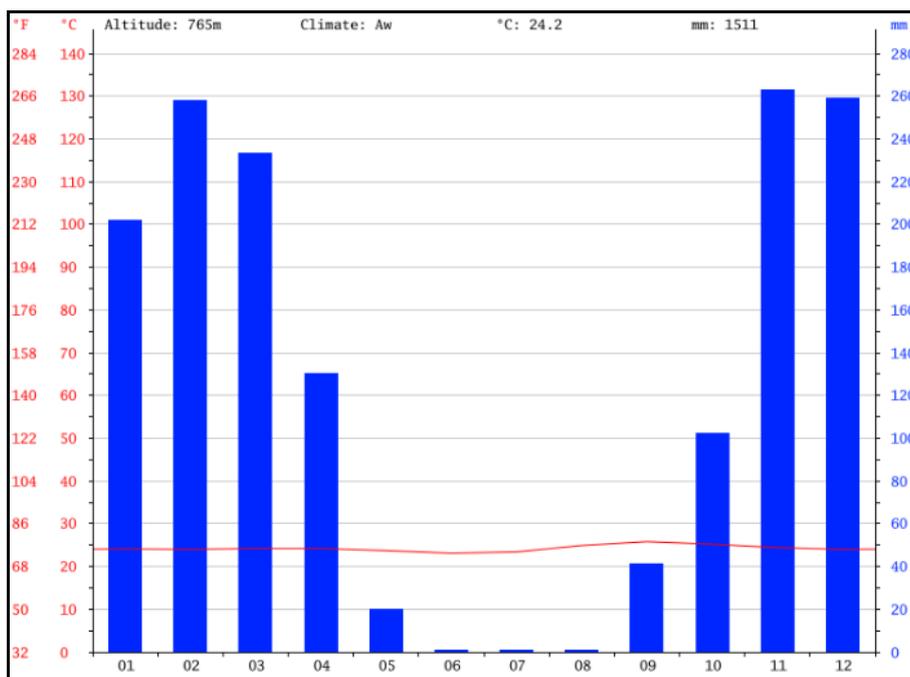


Figura 24 – Gráfico climático anual da cidade de Luís Eduardo Magalhães Bahia, Brasil, 2016.

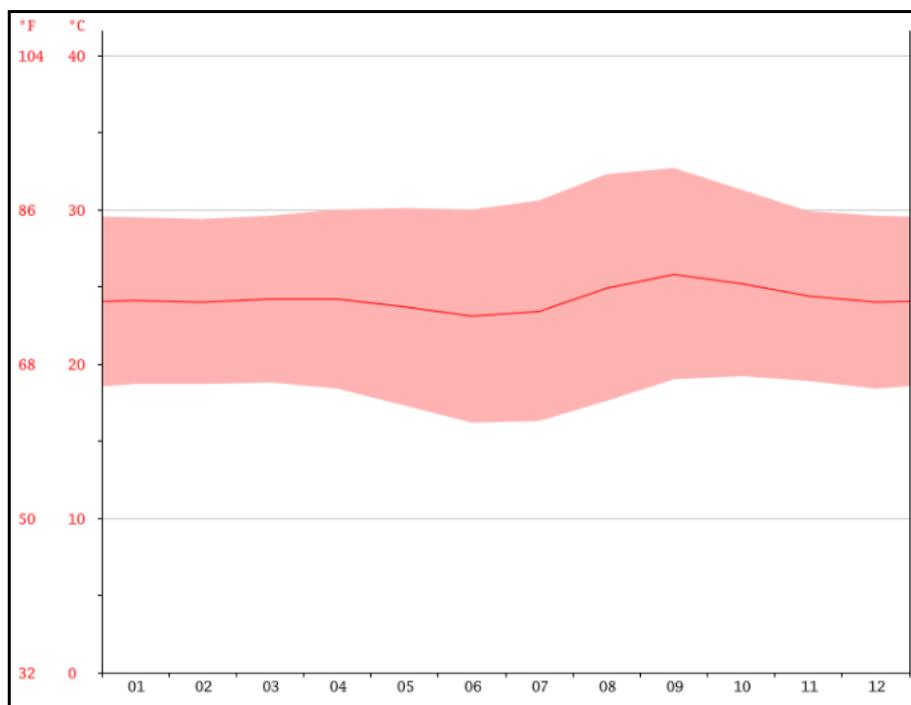


Figura 25 – Gráfico climático anual da cidade de Luís Eduardo Magalhães Bahia, Brasil, 2017.

Tabela 11 – Tabela climática anual de Green Valley (Tazewell Country), Illinois, Estados Unidos da América, 2015.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	24.1	24	24.2	24.2	23.7	23.1	23.4	24.9	25.8	25.2	24.4	24
Temperatura mínima (°C)	18.7	18.7	18.8	18.4	17.3	16.2	16.3	17.6	19	19.2	18.9	18.4
Temperatura máxima (°C)	29.5	29.4	29.6	30	30.1	30	30.6	32.3	32.7	31.3	29.9	29.6
Temperatura média (°F)	75.4	75.2	75.6	75.6	74.7	73.6	74.1	76.8	78.4	77.4	75.9	75.2
Temperatura mínima (°F)	65.7	65.7	65.8	65.1	63.1	61.2	61.3	63.7	66.2	66.6	66.0	65.1
Temperatura máxima (°F)	85.1	84.9	85.3	86.0	86.2	86.0	87.1	90.1	90.9	88.3	85.8	85.3
Chuva (mm)	202	258	233	130	20	1	1	1	41	102	263	259