

Subprodutos de capim-limão no controle de septoriose do tomateiro cultivado em sistema de produção orgânico
Lemongrass byproducts for tomato septoria leaf spot control in organic crop system

SANTOS NETO, José dos¹; SCHWAN-ESTRADA, Kátia Regina Freitas²; TEMPORAL, Walter Magri²; ANDRADE, Lucas Moura de Andrade²; SENA, José Ozivaldo Alves²

¹Instituto Agrônômico do Paraná, Caixa Postal 301, CEP 86001-970, PR, js.neto@iapar.br, ²Universidade Estadual de Maringá (UFM), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia, Av Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR, krfsestrada@uem.br, waltinho_temporal@hotmail.com; lucasmandrade93@gmail.com; ozisena@gmail.com.

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de subprodutos de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) no controle de doenças do tomateiro em ensaio *in vitro* e *in vivo*. Os tratamentos *in vitro* utilizados para verificar a inibição no crescimento micelial de *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici* foram: extrato aquoso bruto (EAB) nas concentrações de 0, 10, 50, 100 e 150 g.L⁻¹, óleo essencial (OE) e citral (CI) nas concentrações de 0, 10, 100, 200 e 400 µL.L⁻¹. Todos os subprodutos proporcionaram efeito significativo na inibição do crescimento micelial em ambos fitopatógenos, com os melhores resultados sendo obtidos pelas maiores concentrações de OE e CI. No ensaio *in vivo* as plantas receberam sete pulverizações ao longo do ciclo com as mesmas concentrações dos subprodutos de capim-limão do ensaio *in vitro*, além dos tratamentos testemunha (aplicação de água), calda bordalesa 1% e o produto comercial Crop-set (Improcop[®]). Para a prevenção e controle da septoriose, assim como para obter maior produção comercial de frutos a melhor opção foi a utilização da calda bordalesa 1%, seguida das maiores concentrações de óleo essencial de *C. citratus* e citral. Os tratamentos a base de capim-limão apresentaram efeito fungitóxico direto, bem como demonstraram potencial para utilização no manejo fitossanitário de tomateiro cultivado em sistema de produção orgânico.

PALAVRAS-CHAVE: Controle alternativo de doença, *Solanum lycopersicum*, *Cymbopogon citratus*.

ABSTRACT: The present study aimed at evaluating the efficiency of lemon grass byproducts (*Cymbopogon citratus*) at the control of tomato diseases by experiments *in vitro* and *in vivo*. The *in vitro* assay consisted of the following treatments: crude aqueous extract (CAE) at concentrations of 0, 10, 50, 100 and 150 g.L⁻¹, essential oil (EO) and citral (CI) at concentrations of 0, 10, 100, 200 and 400 µL.L⁻¹, on the mycelial growth of *Alternaria solani* and *Septoria lycopersici*. All byproducts provided significant inhibiting effect on the mycelial growth in both phytopathogens, with the best results being obtained by the highest concentrations of OE and CI. In the *in vivo* assay plants were sprayed seven times over the cycle with the same concentrations of lemongrass' byproducts used in the *in vitro* test, with the addition of control treatment (application of water), Bordeaux mixture 1% and commercial product Crop-set (Improcop[®]). For the prevention and control of septoria leaf spot, as well as for larger commercial fruit production the best option was the use of Bordeaux mixture 1%, then the largest essential oil concentrations of *C. citratus* and citral. The Lemongrass' byproducts had direct antifungal effect and demonstrated potential for use in control disease of tomato grown in organic production system.

KEYWORDS: Diseases alternative control, *Solanum lycopersicum*, *Cymbopogon citratus*.

Correspondência para: js.neto@iapar.br
Aceito para publicação em 06/08/2015.

Introdução

A tomaticultura, atividade de importância econômica e social, é desafiada rotineiramente pelo elevado número de doenças a qual está sujeita. Dentre essas doenças destacam-se a pinta preta (*Alternaria solani*) e a septoriose (*Septoria lycopersici*). A utilização de fungicidas químicos sintéticos, em muitos casos, é eficiente no controle dessas doenças, porém, a não racionalização desses insumos tem contribuído para a seleção de patógenos resistentes aos fungicidas (TALAMINI e STADNIK, 2004), a contaminação de águas, solos, animais e alimentos, a intoxicação de agricultores e a eliminação de micro-organismos responsáveis pela degradação de matéria orgânica ou de organismos utilizados em programas de controle biológico (SCHWAN-ESTRADA et al., 2003).

Visando à conservação do meio ambiente e a segurança alimentar, pesquisadores têm se dedicado ao desenvolvimento de produtos naturais com atividade fungitóxica e que sejam eficientes no controle de fungos fitopatogênicos que causam prejuízos para culturas de interesse econômico. Dentre esses produtos, os óleos essenciais, caracterizados como metabólitos secundários de plantas e de baixa toxicidade aos mamíferos, são amplamente testados (SILVA e BASTOS, 2007), bem como os extratos brutos, obtidos diretamente das plantas (ITAKO et al., 2009).

Trabalhos desenvolvidos com compostos obtidos a partir de plantas medicinais da flora nativa têm indicado o potencial dos mesmos no controle de fitopatógenos, por inibir a germinação de esporos e o crescimento micelial, caracterizando ação fungitóxica direta, ou pela indução de fitoalexinas, indicando a presença de compostos com características elicitoras (STANGARLIN et al., 2011).

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo avaliar subprodutos (extrato aquoso bruto - EAB, óleo essencial - OE e citral - CI) de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) em ensaio *in vitro* contra *A. solani* e *S. lycopersici* e em ensaio *in vivo* no cultivo de tomateiro em sistema orgânico de produção consorciado com coentro (*Coriandrum sativum*).

Material e Métodos

In vitro

O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle Alternativo em Fitopatologia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando como tratamentos cinco concentrações de extrato aquoso bruto – EAB (0, 10, 50, 100 e 150 g.L⁻¹), cinco concentrações de óleo essencial – OE (0, 10, 100, 200 e

400 µL.L⁻¹) e cinco concentrações de citral CI – (0, 10, 100, 200 e 400 µL.L⁻¹), em delineamento experimental inteiramente casualizados, em esquema fatorial 3x5, com cinco repetições, sendo cada repetição representada por uma placa de petri.

Para a obtenção do EAB, folhas verdes de *C. citratus* foram colhidas, sem a ocorrência de chuvas nos três dias anteriores, às 12 h, com sol pleno e trituradas em liquidificador industrial de 2L a 50% (p/v). O extrato foi filtrado em membrana millipore de 45µm e diluído para obtenção das concentrações desejadas. Já o OE (BioEssência®) e CI (Sigma-Aldrich®, Alemanha) foram adquiridos comercialmente.

O meio de cultivo suco de tomate ágar (3 g de carbonato de cálcio, 200 mL de suco de tomate natural, 20 g de ágar e 800 mL de água destilada) foi autoclavado e as alíquotas referentes às concentrações do EAB, OE e CI foram adicionadas ao meio fundente e vertido em placas de Petri. Após a solidificação do meio, um disco de micélio (7 mm de diâmetro) de *A. solani* e *S. lycopersici*, com 15 dias de idade, foi repicado para o centro de cada placa, que após serem vedadas com filme plástico, foram incubadas a 25°C ± 2°C e fotoperíodo de 12 horas (PULZ, 2007).

A avaliação do crescimento micelial foi realizada com paquímetro digital (precisão 0,01mm) através de medições diárias do diâmetro das colônias, obtidas pela média de duas medidas perpendiculares. As medições iniciaram-se 24 horas após o fungo ser repicado e perduraram até o momento em que as colônias fúngicas do tratamento testemunha cobriram a superfície do meio de cultura.

A porcentagem de inibição do crescimento (PIC) micelial foi calculada utilizando-se a fórmula (BASTOS, 1997):

$PIC = \{(A - B)/(A)\} \times 100$, em que: A = crescimento micelial da testemunha (cm); B = crescimento micelial do tratamento (cm).

Do valor encontrado pela fórmula, foi subtraída a área do disco repicado para o centro da placa. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento de médias (Scott-Knott p<0,05). Foi realizada também análise de regressão para verificar qual a relação entre as concentrações do EAB, OE e CI e a inibição do crescimento dos fitopatógenos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2010).

In vivo

O experimento foi realizado no setor de Agroecologia da Fazenda Experimental de Iguatemi, que possui certificação para o cultivo orgânico pela ECOCERT

Brasil (certificado 3159BR), da Universidade Estadual de Maringá (FEI/UEM), de 26 de maio a 25 de outubro de 2011. O local está há 545 metros de altitude, latitude 23° 25' sul e longitude 51° 25' oeste, clima classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) e solo Latossolo Vermelho distrófico.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições e cinco plantas por parcela. A área útil do experimento desconsiderou a primeira e última linha da área experimental, as três plantas iniciais e finais de cada linha e a primeira e última planta de cada parcela. Os tratamentos que compuseram esse estudo foram: Extrato aquoso bruto de *C. citratus* (EAB): T1 - EAB 10 g.L⁻¹; T2 - EAB 50 g.L⁻¹; T3 - EAB 100 g.L⁻¹; T4 - EAB 150 g.L⁻¹; Óleo essencial de *C. citratus* (OE): T5 - OE 10 µL.L⁻¹; T6 - OE 100 µL.L⁻¹; T7 - OE 200 µL.L⁻¹; T8 - OE 400 µL.L⁻¹; Citral, Produto comercial SIGMA® (CI): T9 - CI 10 µL.L⁻¹; T10 - CI 100 µL.L⁻¹; T11 - CI 200 µL.L⁻¹; T12 - CI 400 µL.L⁻¹; T13 - testemunha com aplicação de água; T14 - Calda Bordalesa 1%; e T15 - CropSet - IMPROCOP® (adubo foliar a base de plantas fermentadas aprovado para uso como fertilizante de acordo com a Lei Brasileira nº 10.831/2003).

A cultivar utilizada foi a Cordillera e as mudas foram obtidas a partir da sementeira em bandejas de polipropileno, de 162 células (31 cm³), com substrato à base de turfa GerminaPlant (Florestal®). O plantio na área experimental ocorreu aos 26 dias de idade, quando as mudas emitiram o segundo par de folhas definitivas e um mês após o coentro ter sido plantado. Para que as plantas de coentro desempenhassem seu papel, evitar a disseminação da mosca branca (*Bemisia tabaci*) na área (TOGNI et al., 2009) e, conseqüentemente, a transmissão de viroses, era preciso que estivessem desenvolvidas no plantio do tomate (±15 cm de altura).

As plantas foram tutoradas em fitilho com espaçamento de 1,2 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, com uma haste por planta e uma muda de coentro intercalada na linha de plantio. A adubação foi realizada um mês antes do plantio, com adubo certificado (ECOCERT – certificado 2906BR), sendo 18 t aplicadas e incorporadas a 30 cm de profundidade e largura na linha de plantio, no início do cultivo do coentro e 7 t aplicadas junto com a amontoa, 25 dias após o plantio das mudas de tomate. A irrigação foi realizada por meio de fita gotejadora, com tubos gotejadores distantes 30 cm e com vazão máxima individual de 2 litros por hora, de modo que a frequência de irrigação, bem como a duração, foi dependente do estágio de desenvolvimento da cultura, umidade do solo e condições meteorológicas.

Quanto aos demais tratamentos culturais, foram realizadas capinas manuais periódicas para o controle de plantas espontâneas e a utilização de palhada de gramíneas na entrelinha da cultura, com uma camada de aproximadamente 5 cm de altura. A desbrota e o tutoramento foram realizados semanalmente. Para obter frutos com padrão comercial cada rácemo foi raleado, deixando-se oito frutos nos dois primeiros racemos e seis frutos no restante. A desponta foi realizada após a florada do sétimo rácemo. No início da colheita foram feitas duas aplicações de *Bacillus thuringiensis* (80 g de produto para cada 100 litros de água), com intervalo de duas semanas.

Os tratamentos foram preparados no dia da aplicação, que foi realizada sete vezes ao longo do ciclo da cultura, aos 21, 35, 56, 77, 91, 105 e 119 dias após o plantio. Para avaliar a severidade de doenças, a lavoura foi monitorada três vezes por semana. A doença que incidiu foi a septoríose, causada pelo fungo *Septoria lycopersici*, 56 dias após a implantação do experimento. Assim, para esta doença, foram realizadas sete avaliações semanais de severidade. Como não há escala diagramática para essa doença no tomateiro, a metodologia utilizada foi a de mensuração visual da porcentagem de área foliar afetada em cada folha, avaliando-se o terço médio da planta central de cada parcela. Com os dados de severidade foi calculado a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), de acordo com a metodologia descrita por Campbell e Madden (1990).

A produção foi avaliada desde a primeira colheita, no primeiro rácemo, 81 dias após o plantio das mudas e se estendeu até o 7º rácemo, com 146 dias de idade. Foram realizadas de duas a três colheitas por semana, totalizando 18 colheitas. Em cada colheita foi avaliado o número de frutos, a massa total e comercial, bem como a classificação dos frutos (tamanho e defeitos), que seguiram os critérios estabelecidos pela Portaria SARC nº 085 de 06 de março de 2002 (BRASIL, 2002).

O diâmetro dos frutos e do colo das plantas foi mensurado com paquímetro digital (precisão 0,01mm). O primeiro foi medido em cada colheita e em todos os frutos. O segundo foi obtido logo após a última colheita, no colo das três plantas centrais de cada parcela, por meio de três medidas em posições diferentes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ao nível de probabilidade de 5%, por meio do programa Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2010) e correlação de Pearson, com a utilização do programa SigmaPlot versão 11 (SIGMAPLOT, 2008).

Resultados e Discussão

In vitro

Na Tabela 1 estão os resultados de inibição do crescimento micelial de *A. solani* quando submetida aos diferentes subprodutos de *C. citratus*. O tratamento com EAB demonstrou menor efeito na inibição do crescimento micelial. Contudo, estas inibições foram significativas em quase todas as avaliações, com exceção para a concentração de 10 g.L⁻¹, que no primeiro dia estimulou o crescimento do fungo. A maior concentração (EAB - 150 g.L⁻¹) proporcionou 95,32% de inibição na primeira avaliação e não diferiu estatisticamente das maiores concentrações de OE e CI.

Todas as concentrações de OE e CI proporcionaram inibição significativa em todas as avaliações do crescimento micelial de *A. solani*. Já no primeiro dia, com os dois subprodutos, a menor concentração (10 µL.L⁻¹) diferiu significativamente da testemunha e a maior concentração (400 µL.L⁻¹) proporcionou 100% de inibição (Tabela 1).

Com relação a *S. lycopersici* a inibição do crescimento micelial (Tabela 2), foi semelhante ao encontrado para a *A. solani*. Nos tratamentos com EAB foi observado estímulo no crescimento do fungo para as concentrações de 10 e 50 g.L⁻¹ na primeira avaliação e de 10 g.L⁻¹ na segunda, de modo que a menor dosagem não inibiu significativamente o crescimento do fungo, em

quanto as demais concentrações conseguiram proporcionar inibição significativa. Quanto aos demais subprodutos, tanto o OE, quanto o CI proporcionaram efeito significativo quando comparados à testemunha, em todas as concentrações a partir da primeira avaliação, e foram significativamente superiores aos tratamentos com EAB.

Ao longo do tempo, os tratamentos com EAB, OE e CI apresentaram tendência em diminuir a eficiência na inibição do crescimento micelial, principalmente com o fungo *S. lycopersici*. O fato dos tratamentos perderem o efeito com o passar do tempo, pode indicar que o componente responsável pela inibição apresenta volatilização ou algum tipo de degradação.

Em todas as avaliações em que foram observadas diferenças significativas entre CI e OE (Tabelas 1 e 2), o primeiro proporcionou maior inibição. Guimarães et al. (2011) avaliaram o efeito do vapor do óleo essencial de *C. citratus* e de seus constituintes majoritários, citral e mirceno, sobre o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum cubense*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Bipolaris* sp. e *Alternaria alternata*. O citral apresentou as menores concentrações para a inibição de 50% do crescimento micelial para todos os fitopatógenos e o mirceno não proporcionou inibição significativa. Esse estudo reforça a hipótese de que o citral é o principal responsável na inibição do crescimento micelial proporcionada pelo óleo essencial.

Tabela 1. Inibição diária do crescimento micelial (%) de *Alternaria solani* sob diferentes concentrações de subprodutos de *Cymbopogon citratus*. Maringá/PR, 2011.

Concentração (g.L ⁻¹)	Dias						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,0 g	0,0 h	0,0 g	0,0 g	0,0 i	0,0 i	0,0 i
10	18,51 f	8,05 g	6,25 f	9,68 f	7,32 h	4,08 h	3,65 h
50	24,18 d	28,66 f	21,67 e	24,38 e	17,07 f	12,15 f	8,27 g
100	69,92 c	44,17 e	34,91 d	53,07 d	24,89 e	16,61 e	15,01 f
150	95,32 a	67,15 c	52,07 c	45,37 c	37,47 c	30,73 c	24,31 d
(µL.L ⁻¹)	Óleo Essencial (OE)						
0	0,0 g	0,0 h	0,0 g	0,0 g	0,0 i	0,0 i	0,0 a
10	13,55 e	11,48 g	9,82 f	10,56 f	8,77 h	7,38 g	2,62 h
100	80,15 a	38,95 e	30,96 d	26,39 e	23,24 e	22,46 d	19,44 e
200	95,27 a	60,11 d	50,54 c	44,85 c	39,15 c	37,87 b	32,82 c
400	100 u	92,64 u	80,60 u	69,42 u	63,02 u	58,05 a	52,96 b
(µL.L ⁻¹)	Citral (CI)						
0	0,0 g	0,0 h	0,0 g	0,0 g	0,0 i	0,0 i	0,0 u
10	14,59 e	9,11 g	12,53 f	10,91 f	11,39 g	7,83 g	5,31 h
100	81,61 b	44,28 e	34,59 d	29,44 d	29,56 d	29,56 c	20,43 e
200	99,39 a	76,49 b	57,48 b	52,09 b	43,31 b	39,47 b	33,40 c
400	100 a	95,98 a	80,95 a	72,90 a	64,10 a	58,33 a	56,15 a
CV (%)	10,82	11,52	11,74	10,12	8,91	9,15	8,50

(1) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott

Tabela 2. Inibição diária do crescimento micelial (%) de *Septoria lycopersici* sob diferentes concentrações de subprodutos de *Cymbopogon citratus*. Maringá-PR, 2011.

Concentração	Dias				
	1	2	3	4	5
(g.L ⁻¹)	Extrato Aquoso Bruto (EAB)				
0	0e	0f	0h	0g	0g
10	-19,5 g	-1,23 f	1,45 h	2,27 g	1,66 g
50	-8,13 f	3,13 f	4,06 g	4,80 f	4,51 f
100	31,78 d	28,99 d	16,24 f	9,74 e	8,93 e
150	77,69 h	42,84 e	28,36 e	17,96 d	13,66 d
(µL.L ⁻¹)	Óleo Essencial (OE)				
0	0e	0f	0h	0g	0g
10	6,48 e	6,55 e	5,48 g	5,34 f	3,27 f
100	60,91 c	31,76 d	32,18 e	23,45 e	13,95 d
200	76,84 b	57,53 b	50,15 e	34,53 b	23,05 e
400	100 a	80,11 a	75,87 b	63,02 a	47,15 b
(µL.L ⁻¹)	Citral (CI)				
0	0e	0f	0h	0g	0g
10	7,94 e	7,75 e	5,53 g	5,27 f	3,78 f
100	66,52 c	42,44 e	38,09 d	22,5 e	13,75 d
200	81,92 b	53,59 h	49,16 e	35,36 b	23,14 e
400	100 a	93,14 a	81,19 a	64,49 a	49,5 a
CV (%)	13,25	12,57	10,74	10,44	10,99

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P ≤ 0,05).

Rozwalka et al. (2008) ao trabalharem com extratos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides*, obtiveram com utilização de subprodutos de *C. citratus*, inibição do crescimento micelial de 12,94% e 24,14% com EAB a 10% e 64,37% e 100% com 500 µL.L⁻¹ de OE, respectivamente para cada fungo. Singh et al. (2010) avaliaram o efeito do OE de *C. citratus* e de *Citrus reticulata* contra *Aspergillus flavus* e encontraram efeito superior com a utilização do capim limão, que proporcionou 97,77% e 100% de inibição com 500 e 700 µL.mL⁻¹, respectivamente. Os trabalhos relatados corroboram o presente estudo, uma vez que, mesmo com fitopatógenos diferentes, as concentrações utilizadas proporcionaram inibições semelhantes.

O efeito do extrato aquoso e do óleo essencial de *C. citratus* e *Corymbia citriodora* foi verificado por Vivas et al. (2011) sobre o crescimento micelial de *Colletotrichum acutatum*. Estes autores verificaram inibição de 7,11% e 33,78%, respectivamente para cada extrato, na concentração de 150 g.L⁻¹. Já na concentração de 1000 µL.L⁻¹ de OE, os mesmos autores encontraram inibição do crescimento de 95,56% e 46,67% para o capim-limão e eucalipto, respectivamente, demonstrando que o OE de *C. citratus* possui efeito superior ao EAB, assim como foi observado no presente trabalho. Em outro estudo com extrato de plantas medicinais empregado no controle de *Cladosporium fulvum* do tomateiro foi

necessária uma concentração de 40,7% de EAB de *C. citratus* para inibir apenas 20,03% do crescimento micelial do fitopatógeno (ITAKO et al., 2009).

Quanto ao estímulo no crescimento de ambos os fungos, com as menores concentrações de EAB e nas avaliações iniciais, pode estar associado ao fenômeno conhecido como hormese, que se caracteriza pela propriedade de um agente potencialmente tóxico, sob baixas concentrações, em estimular um determinado caráter (FORBES, 2000). Forbes (2000) sugere ainda que a hormese possa ser explicada como uma adaptação evolutiva que atua para manter a capacidade reprodutiva quando o organismo é submetido a mudança no meio em que vive.

O fenômeno hormese, provavelmente, foi observado em outros estudos, como o de Carvalho et al. (2008), que trabalharam com diferentes concentrações de EAB de *C. citratus* (10, 50, 100, 150, 200, 250 e 500 g.L⁻¹) e verificaram relação dose-dependente, mas com estímulo do extrato ao crescimento micelial e à esporulação de *C. gloeosporioides*.

Embora os dois fitopatógenos aqui estudados possuam características epidemiológicas e etiológicas parecidas, esses resultados evidenciam que o gênero *Alternaria* pode ser mais sensível ao tratamento com *C. citratus*. Irkin e Korukluoglu (2009) estudaram o efeito de OE de *C. citratus* em *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* e *Penicillium roquefortii* e constataram efeito significativo

em todos os fungos, de modo que *A. alternata* foi o único micro-organismo que sofreu completa inibição a partir de $310 \mu\text{L.L}^{-1}$.

O fato de os subprodutos ter proporcionado maior inibição no crescimento micelial de *A. solani*, quando comparado com *S. lycopersici*, pode estar associado ao seu crescimento mais lento e/ou a uma menor capacidade do fitopatógeno em metabolizar as moléculas responsáveis pela inibição do crescimento contidas nos tratamentos.

In vivo

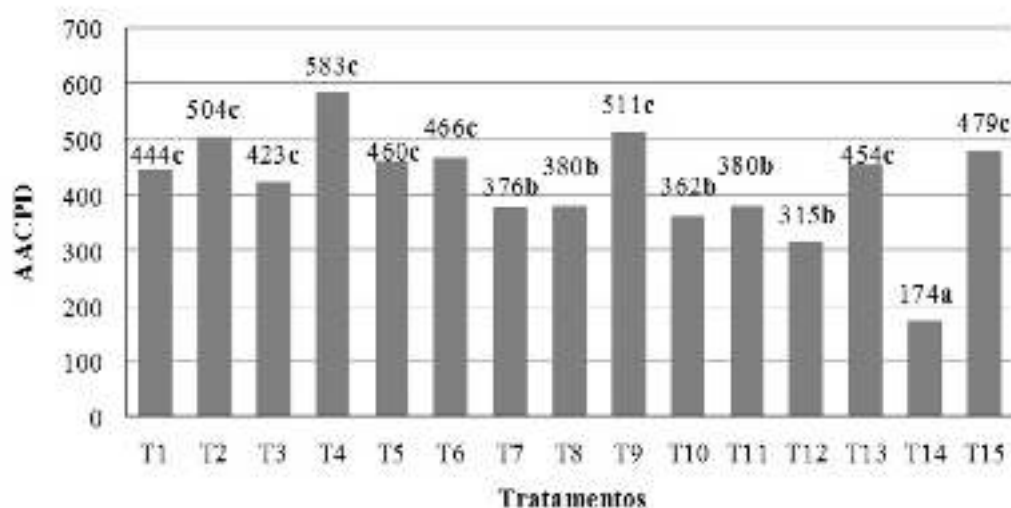
Houve a incidência natural na área experimental apenas de *Septoria lycopersici*, de modo que o foco inicial da doença não ocorreu de modo homogêneo na área experimental. Com os dados de severidade foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Nessa avaliação o tratamento 14 apresentou o menor índice, sendo superior a todos os demais (Figura 1). Os tratamentos 7, 8, 10, 11 e 12 não diferiram significativamente entre si e foram superiores à testemunha, fato que demonstra o potencial do óleo essencial e citral no controle do fitopatógeno *S. lycopersici*.

O experimento *in vivo* comprova os resultados encontrados no experimento *in vitro* e a maior capacidade de controle do citral, porém o efeito dos subprodutos de *C. citratus* foi menos eficiente no campo, fato que já era esperado devido à interferência

dos fatores ambientais. A inibição direta do fitopatógeno *S. lycopersici* pode não ter sido o único modo de ação dos subprodutos de *C. citratus*. Itako (2008) verificou que o óleo essencial de *C. citratus* tem capacidade de induzir a resistência em tomateiro, por meio do aumento da atividade de enzimas ligadas à defesa da planta, e consequentemente, diminuir a severidade das doenças.

Quanto a produção (Tabela 3), foi verificada diferença significativa apenas para a comercial nos tratamentos 7, 8, 10, 12 e 14, que proporcionaram valores de 41, 40,2, 39, 39 e 44,8 t.ha⁻¹. Para as demais variáveis, não foi verificada diferença estatística, de modo que a média da massa dos frutos foi 103,7 gramas, da produção total por planta foi 4,48 kg, do número de frutos por planta foi 43,1 e do diâmetro do colo foi 1,53 cm.

Segundo o Departamento de Economia Rural (DERAL) do Estado do Paraná a produção média de tomate na região de Maringá no ano de 2011 foi de 43,4 t.ha⁻¹ (DERAL, 2011). Seufert, Ramankutty e Foley (2012) constaram que no cultivo orgânico de tomate é possível alcançar 80% da produtividade obtida no sistema convencional e que, com o passar do tempo, com o aumento da fertilidade do solo e a melhora no manejo, o sistema orgânico pode obter melhora significativa de produção. A diferença de produtividade entre os sistemas de cultivo é minimizada quando se leva em consideração o fato de que no sistema orgânico há menor entrada de insumos externos e o preço de comercialização dos produtos é maior.



T1 - Extrato Bruto Aquoso (EAB) 1%; T2 - EAB 5%; T3 - EAB 10%; T4 - EAB 15%; T5 - Óleo Essencial (OE) $10 \mu\text{L.L}^{-1}$; T6 - OE $100 \mu\text{L.L}^{-1}$; T7 - OE $200 \mu\text{L.L}^{-1}$; T8 - $400 \mu\text{L.L}^{-1}$; T9-Citral (CI) $10 \mu\text{L.L}^{-1}$; T10-CI $100 \mu\text{L.L}^{-1}$; T11 - CI $200 \mu\text{L.L}^{-1}$; T12 - CI $400 \mu\text{L.L}^{-1}$; T13 - Testemunha; T14 - Calda Bordalesa 1%; T15 - Produto Comercial. AACPD = Área abaixo da curva de progresso da doença.

Figura 1 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de septoriose (*Septoria lycopersici*) em tomateiro cultivado em sistema de produção orgânico. Maringá/PR, 2011.

Melo et al. (2009) estudaram oito cultivares de tomateiro em sistema orgânico de produção em ambiente protegido e obtiveram massa média dos frutos de 93,61 g, produção total por planta entre 2,18 kg e 5,76 kg, número de frutos por planta entre 34,8 e 68,9 e porcentagem de defeitos totais que variou de 26,5 para as cultivares híbridas a 43,5 para as não híbridas.

Bettiol et al. (2004), em estudo comparando sistemas de produção orgânico e convencional com as cultivares Débora e Santa Clara, concluíram que, em média, a produção do tomate orgânico corresponde a 36,5% da produção convencional. Na cultivar Santa Clara, as colheitas foram 23,5% da produção convencional e, na cultivar híbrido Débora, 51,5%. Os mesmos autores também constataram que a septoriose (*S. lycopersici*) ocorreu durante todo o ciclo da cultura com maior incidência no cultivo orgânico, não ocorrendo diferenças significativas entre as cultivares testadas.

Caliman et al. (2005), ao estudar as cultivares Carmen (híbrido) e Santa Clara, constataram, para o cultivo convencional em campo, produção total de 41,18

t.ha⁻¹ para a primeira e 28,28 t.ha⁻¹ para a segunda e produção comercial de 28,28 t.ha⁻¹ e 24,78 t.ha⁻¹. No mesmo experimento, porém realizado em estufa, a produção foi, aproximadamente, três vezes maior para as duas cultivares. Feltrin et al. (2005) estudaram a produção de tomateiro fertirrigado, cultivar Rocio e Densus, e obtiveram produção por planta de 4,38 kg e 3,19 kg, massa média do fruto de 134,66 g e 94,31 g e número de frutos por planta de 32,46 e 34,54, respectivamente para cada cultivar.

Nas referências citadas, observa-se variação no rendimento do tomateiro, desde produções inferiores a superiores ao encontrado no presente estudo. Isso se deve, principalmente, ao sistema de produção adotado, ao manejo, à cultivar, ao aporte de nutrientes, a densidade de plantio e a época e clima da região de cultivo. Os resultados encontrados no presente estudos indicam que é possível produzir alimento de modo mais saudável sem, contudo, deixar em segundo plano o meio ambiente e a segurança alimentar.

Tabela 3. Produção comercial e classificação de frutos de tomateiro cultivados em sistema orgânico de produção e submetidos aos tratamentos com subprodutos de *Cymbopogon citratus* para o controle septoriose. Maringá-PR, 2011.

TRAT	PC	Tamanho dos Frutos (%)			Defeitos nos Frutos (%)		
		P	M	G	Leves	Graves	Total
T1	34,1 b	28,0 a	64,5 a	7,5 a	19,3 b	14,6 a	33,9 b
T2	32,3 b	34,7 a	64,7 a	0,6 a	16,3 b	17,6 a	33,9 b
T3	35,0 b	30,0 a	65,9 a	4,1 a	13,1 a	18,5 a	31,6 a
T4	35,6 b	26,4 a	68,7 a	4,90 a	17,1 b	17,5 a	34,6 b
T5	34,9 b	32,8 a	63,6 a	3,6 a	12,5 a	18,6 a	31,1 a
T6	35,0 b	31,0 a	67,7 a	1,3 a	14,0 a	16,9 a	30,9 a
T7	41,0 a	28,8 a	68,0 a	3,2 a	9,3 a	17,1 a	26,3 a
T8	40,2 a	25,2 a	71,9 a	2,9 a	11,5 a	17,0 a	28,5 a
T9	34,3 b	28,4 a	65,5 a	6,1 a	16,1 b	20,5 a	36,6 b
T10	39,0 a	26,2 a	68,5 a	5,3 a	13,3 a	16,2 a	29,5 a
T11	37,0 b	31,8 a	66,9 a	1,3 a	14,7 a	15,7 a	30,4 a
T12	39,0 a	27,9 a	69,7 a	2,4 a	12,8 a	16,6 a	29,4 a
T13	30,5 b	38,4 a	57,7 a	3,9 a	19,3 b	19,7 a	39,0 b
T14	44,8 a	22,1 a	65,1 a	12,8 a	14,1 a	13,1 a	27,2 a
T15	32,8 b	32,5 a	62,5 a	5,0 a	16,6 b	18,8 a	35,4 b
CV (%)	12,67	25,1	10,65	108,87	22,63	21,42	15,29

(¹) Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

TRAT - Tratamento; PC - Produção Comercial em t.ha⁻¹; P - Pequeno; M - Médio; G - Grande; T1 - Extrato Bruto Aquoso (EAB) 10 g.L⁻¹; T2 - EAB 50 g.L⁻¹; T3 - EAB 100 g.L⁻¹; T4 - EAB 150 g.L⁻¹; T5 - Óleo Essencial (OE) 10 µL.L⁻¹; T6 - OE 100 µL.L⁻¹; T7 - OE 200 µL.L⁻¹; T8 - 400 µL.L⁻¹; T9 - Citral (CI) 10 µL.L⁻¹; T10 - CI 100 µL.L⁻¹; T11 - CI 200 µL.L⁻¹; T12 - CI 400 µL.L⁻¹; T13 - Testemunha; T14 - Calda Bordalesa 1%; T15 - Produto Comercial.

Com relação à classificação dos tomates colhidos (Tabela 3), não houve diferença significativa entre os tratamentos para o tamanho do fruto. Na média geral, 29,6% foram classificados como pequenos, 66,1% como médios e 4,3% como grande. Quanto ao quesito defeito, que determina a quantidade de frutos não comercializáveis, foi verificada diferença significativa para as variáveis defeitos leves e defeitos totais, de modo que, em ambos, os tratamentos 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 e 14 foram superiores à testemunha, indicando que esses tratamentos podem ter interferido nas causas dos defeitos, reduzindo-os. Na média, o grupo de tratamentos com maior porcentagem de defeitos totais apresentou 35,6% dos frutos com algum tipo de defeito, enquanto os tratamentos com menor quantidade de defeitos apresentaram 29,5%.

Ferreira et al. (2005), ao comparar a classificação de tomates produzidos em sistema de cultivo orgânico e convencional, obtiveram, em ambos os sistemas, mais de 50% dos frutos com tamanho médio, de modo que, em alguns casos, esse número chegou a 93%. Os mesmos autores observaram que o sistema convencional apresentou maior quantidade de defeitos totais, com 49,28% dos frutos afetados, contra 34,33% no sistema orgânico de produção. Ferrari e Ferreira (2007) também relataram, em estudo de classificação de tomate de mesa em duas unidades de beneficiamento, que mais de 50% dos frutos se enquadraram no tamanho médio.

Balbi-Peña et al. (2006) estudaram o efeito do extrato de cúrcuma (*Curcuma longa*) e curcumina na produção de tomateiro em cultivo protegido e obtiveram,

aproximadamente, 20% dos frutos classificados como pequeno, 45% como médio e 35% como grandes, além de produção de 6,3 kg por planta. Esse trabalho demonstra que os resultados obtidos pelo presente estudo podem ser considerados satisfatórios, uma vez que o tomateiro foi cultivado no campo.

Mesmo com a maioria das variáveis analisadas não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos, foram obtidas correlações significativas entre elas (Tabela 4).

A produção total teve correlação positiva com a massa média dos frutos, quantidade de frutos por planta e diâmetro do caule e apresentou correlação negativa com a quantidade total de defeitos e com a severidade. As doenças foliares diminuem a área fotossintética da planta e, portanto, acarretam menor produção de fotoassimilados. Desse modo, uma das possíveis explicações para que os tratamentos tenham interferido significativamente na produção comercial dos frutos é que esses mesmos tratamentos atuam sobre as doenças, mantém a capacidade fotossintética, que, conseqüentemente, produz frutos mais equilibrados nutricionalmente, diminuindo, assim, seus defeitos e aumentando a produção comercial.

Conclusão

Os subprodutos de *Cymbopogon citratus* apresentam potencial para o controle de fitopatógenos, uma vez que inibiram significativamente o crescimento micelial de *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici*. Destaque deve ser dado ao citral, que, provavelmente, é o principal responsável pela atividade antifúngica do *C. citratus*.

Tabela 4. Coeficientes de correlação entre diferentes parâmetros fitotécnicos no cultivo de tomateiro em sistema orgânico de produção e submetido aos tratamentos com subprodutos de *Cymbopogon citratus* para o controle septoriose. Maringá-PR,

	SEV	DC	MF	FP	DT	TP	TG
PROD	-0,810*	0,871*	0,845*	0,835*	-0,629*	-0,856*	0,611*
SEV		-0,672*	-0,730*	-0,619*	0,760*	0,586*	-0,47 ^{ab}
DC			0,851*	0,619*	-0,454 ^{ab}	-0,831*	0,625*
MF				0,413 ^{ab}	-0,386 ^{ab}	-0,821*	0,889*
FP					-0,679*	-0,624*	0,122 ^{ab}
DT						0,608*	-0,062 ^{ab}
TP							-0,577*

*Significância a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson. PROD - Produção; SEV - Severidade; DC - Diâmetro do colo da planta; MF - Massa por Fruto; FP - Frutos por planta; DT - Defeitos totais; TP - Frutos de tamanho pequeno; TG - Frutos de tamanho grande.

potencial para o controle de fitopatógenos, uma vez que inibiram significativamente o crescimento micelial de *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici*. Destaque deve ser dado ao citral, que, provavelmente, é o principal responsável pela atividade antifúngica do *C. citratus*.

Para a prevenção e controle da septorrose no cultivo de tomateiro Cordillera em sistema de produção orgânico, assim como para obter maior produção comercial de frutos, a melhor opção foi a utilização da calda bordalesa 1%, seguida das maiores concentrações de óleo essencial de *C. citratus* e citral.

O cultivo de tomateiro consorciado com coentro em sistema orgânico de produção apresenta-se como uma alternativa viável do ponto de vista produtivo e para a obtenção de alimentos mais seguros.

Referências Bibliográficas

- BALBI-PEÑA, M. I. et al. Controle de *Alternaria solani* em tomateiro por extratos de *Curcuma longa* e curcumina - II. Avaliação *in vivo*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, p.401-404, 2006.
- BASTOS, C. N. Efeito do óleo de *Piper aduncum* sobre *Crinipelis* e outros fungos fitopatogênicos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.441-443, 1997.
- BETTIOL, W. et al. Organic and Conventional tomato cropping systems. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.61, n.3, p.253-259, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria SARC nº 085 de 06 de março de 2002**. Propõe o Regulamento técnico de identidade e qualidade para classificação do tomate. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, mar. 2002. 60p.
- CALIMAN, F. R. B. et al. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.255-259, 2005.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, 1990. 532p.
- CARVALHO, J. B. et al. Fungitoxicidade de *Cymbopogon citratus* e *Cymbopogon martinii* a *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de pimentão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.10, n.1, p.88-93, 2008.
- DERAL. Departamento de Economia Rural – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. **Área e produção de Alho, Batata, Cebola e Tomate, de 2007 a 2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/ho r5.pdf>>. acesso em: 23 nov. 2012.
- FELTRIN, D. M. et al. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p.17-24, 2005.
- FERRARI, P. R.; FERREIRA, M. D. Qualidade da classificação do tomate de mesa em unidades de beneficiamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.579-586, 2007.
- FERREIRA, D. F. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A. de; FREITAS, R. J. S. de. Classificação do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n.3, p. 584-590, 2005.
- FORBES, V. E. Is hormesis na evolutionary expectation? **Functional Ecology**, v.14, p.12-22, 2000.
- GUIMARÃES, L. G. de L. et al. Atividades antioxidante e fungitóxica do óleo essencial de capim-limão e do citral. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.464-472, 2011.
- IRKIN, R. e KORUKLUOGLU, M. Effectiveness of *Cymbopogon citratus* L. essential oil to inhibit the growth of some filamentous fungi and yeasts. **Journal of Medicinal Food**, v.12, n.1, p.193-197, 2009.
- ITAKO, A. T. Óleo Essencial de *Cymbopogon citratus*: atividade antifúngica em *Alternaria solani* e ativação de mecanismos de defesa em tomateiro. 2008. 51p. **Dissertação**. Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- ITAKO, A. T. et al. Controle de *Cladosporium fulvum* em tomateiro por extratos de plantas medicinais. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.76, n.1, p.75-83, 2009.
- MELO, P. C. T. et al. Desempenho de cultivares de tomateiro em sistema orgânico sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p.553-559, 2009.
- PULZ, P. Crescimento e esporulação de *Alternaria dauci* e *A. solani* em meio de cultura. 2007. 68p. **Dissertação**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ROZWALKA, L. C. et al. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum*

- gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.301–307, 2008.
- SCHWAN-ESTRADA K. R. F.; STANGARLIN J. R.; CRUZ M. E. S. Uso de plantas medicinais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, p. 554-556, 2003.
- SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. **Nature**, v.485, n.7397, p.229–232, 2012.
- SIGMAPLOT. **Exact Graphy for Exact Science**. Version 11.0, 2008.
- SILVA, D. M. H; BASTOS, C. N. Atividade Antifúngica de Óleos Essenciais de Espécies de Piper sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.143-145, 2007.
- SINGH, P. et al. Effect of *Citrus reticulata* and *Cymbopogon citratus* Essential oils on *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin production on *Asparagus racemosus*. **Mycopathologia**, Hague, v.170, p.195–202, 2010.
- STANGARLIN, J. R. et al. Control of plant diseases using extracts from medicinal plants and fungi. In: MÉNDEZ-VILAS, A.. (Org.). **Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances**. 1 ed. Badajoz: Formatex Research Center, v.2, p.1033-1042, 2011.
- TALAMINI. V.; STADNIK, M. J. Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: **Manejo ecológico de doenças de plantas**, Florianópolis, SC: CCA/ UFSC. 2004. p 45-62. 2004.
- TOGNI, P. H. B. et al. Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.2, p.183-188, 2009.
- VIVAS, M. et al. Inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum acutatum* por extrato aquoso e óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf e *Corymbia citriodora* Hill & Johnson. **Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, v.5, p.83-88, 2011.