



Phytopathometry of bacterial wilt in tomato generations

Fitopatometria da murcha bacteriana em gerações de tomateiro

COSTA, Ester da Silva ⁽¹⁾; VARJÃO, Luís Felipe Barbosa ⁽²⁾; SILVA, Ranniele Luíza Ventura ⁽³⁾; COSTA, Kleyton Danilo da Silva ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ [ID 0009-0002-3346-2378](https://orcid.org/0009-0002-3346-2378) Graduanda em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Piranhas, AL, Brasil. esl7@aluno.ifal.edu.br

⁽²⁾ [ID 0009-0002-3134-6955](https://orcid.org/0009-0002-3134-6955) Graduando em Engenharia Agrônoma no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Piranhas, AL, Brasil. lfbv1@aluno.ifal.edu.br

⁽³⁾ [ID 0000-0002-0420-5869](https://orcid.org/0000-0002-0420-5869) Mestranda em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Alagoas – (UFAL), Maceió, AL, Brasil. agrorluiza@gmail.com

⁽⁴⁾ [ID 0000-0003-4631-3240](https://orcid.org/0000-0003-4631-3240) Doutor em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Piranhas, AL, Brasil. kleyton.costa@ifal.edu.br

ABSTRACT

The bacterium *Ralstonia pseudosolanacearum* is responsible for bacterial wilt in tomato, a disease that obstructs the xylem vessels and causes plant death. The only efficient control measure for this disease is the use of resistant cultivars. Therefore, the objective of this work was to carry out phytopathometry of bacterial wilt (*R. pseudosolanacearum*) in generations of tomato plants. The experimental design used was in randomized blocks in a factorial scheme (6 x 2), with 12 treatments consisting of the parents Yoshimatsu (resistance control), IPA-7 (susceptibility control), and the F₁, F₂, RC₁₁, and RC₁₂ generations and two evaluation periods, the 10th and 20th day after inoculation. Using the diagrammatic scale of bacterial wilt scores, phytopathometry of the disease was carried out using the variables: Incidence (INC), Bacterial Wilting Index (BWI), Disease Index (DI), Latency Period (LP₅₀), Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) and Infection Rate (IR). There was a significant interaction between generations and evaluation times for the variables Incidence, Bacterial Wilting Index, and Disease Index. Witness Yoshimatsu demonstrated resistance in both evaluation periods; for the variables Incidence, Bacterial Wilting Index, and Disease Index, the control IPA-7 and the RC₁₂ and F₂ generations cause susceptibility; According to the variables Area Under the Disease Progress Curve, Infection Rate and Latency Period, bacterial wilt (*R. pseudosolanacearum*) was characterized as epidemic.

RESUMO

A bactéria *Ralstonia pseudosolanacearum*, é responsável pela murcha bacteriana do tomateiro, doença que obstrui os vasos xilemáticos e causa a morte da planta. A única medida de controle eficiente para esta doença é a utilização de cultivares resistentes. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar a fitopatometria da murcha bacteriana (*Ralstonia pseudosolanacearum*) em gerações de tomateiro. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial (6 x 2), com 12 tratamentos constituídos dos genitores Yoshimatsu (testemunha de resistência), IPA-7 (testemunha de suscetibilidade) e das gerações F₁, F₂, RC₁₁ e RC₁₂ e dois períodos de avaliação, o 10^o e 20^o dia após a inoculação. Através da escala diagramática de notas da murcha bacteriana, foi realizada a fitopatometria da doença utilizando as variáveis: Incidência (INC), Índice de Murcha Bacteriana (IMB), Índice da Doença (ID), Período de Latência (PL₅₀), Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD) e Taxa de Infecção (TI). Houve interação significativa entre gerações e as épocas de avaliações para as variáveis Incidência, Índice de Murcha Bacteriana e Índice da Doença. A testemunha Yoshimatsu demonstrou resistência nas duas épocas de avaliação; para as variáveis Incidência, Índice de Murcha Bacteriana e Índice da Doença a testemunha IPA-7 e as gerações RC₁₂ e F₂ demonstraram suscetibilidade; segundo as variáveis Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença, Taxa de Infecção e Período de Latência a murcha bacteriana (*R. pseudosolanacearum*) se caracterizou como epidêmica.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 20/10/2023

Aprovado: 16/12/2023

Publicação: 31/12/2023



Keywords:

Ralstonia pseudosolanacearum,
Solanum lycopersicum,
epidemic, severity,
inheritance.

Palavras-Chave:

Ralstonia pseudosolanacearum,
Solanum lycopersicum,
epidemia, severidade,
herança.

Introdução

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertencente à família das Solanáceas e possui o seu centro de origem nas regiões andinas, contudo, é mundialmente cultivada (Fontes e Nick, 2019; Rodrigues et al., 2020). O seu fruto, o tomate, é considerado benéfico à saúde por ser fonte de vitaminas, nutrientes, fibras e carboidratos, além de ser funcional, podendo ser consumido tanto *in natura* quanto industrializado, o que possibilita a produção de uma grande variedade de produtos (Petrucci et al., 2022).

Apesar de possuir grande potencial produtivo, a cultura é muito suscetível a doenças causadas por microrganismo fitopatogênicos que reduzem a produtividade e aumentam os custos do cultivo (Neri et al., 2018). Um dos fitopatógenos responsáveis por enormes perdas na cultura do tomateiro é a *Ralstonia pseudosolanacearum*, espécie de bactéria fitopatogênica de solo do complexo de espécies de *Ralstonias* (CER), que compreende: *R. solanacearum*, *R. pseudosolanacearum* e *R. sygzi*; causadoras da murcha bacteriana (Sharma et al., 2022).

A murcha bacteriana é a bacteriose de solo mais importante da família Solanaceae, sendo considerada a mais infecciosa e destrutiva da cultura do tomateiro (Safdarpour e Khodakaramian, 2018; Mamphogoro et al., 2020). Atualmente, as espécies de bactérias deste complexo são as bactérias fitopatogênicas mais intensamente estudadas pela comunidade científica devido à sua natureza letal em importantes culturas, como o tomateiro (Ahmed et al., 2022). Economicamente, o tomateiro é uma planta hospedeira de espécies do complexo *Ralstonia solanacearum* de grande importância e é frequentemente utilizado como organismo modelo para estudar a murcha bacteriana (Elphinstone et al., 2005; Yuliar et al., 2015).

Para que ocorra a infecção, são necessários cortes nas raízes do hospedeiro, assim, as bactérias movem-se em direção às raízes das plantas por diferentes motilidades, como natação e espasmos, buscando condições favoráveis de crescimento (Shi et al., 2023). Após invadir o sistema radicular do tomateiro, adere às células hospedeiras e desenvolve um biofilme para colonizar o córtex radicular. Em seguida, atingem o tecido vascular espalhando-se sistemicamente para todos os tecidos vegetais através do xilema, a partir de então, a bactéria é translocada juntamente com a água e nutrientes, atingindo todas as partes da planta, em uma densidade populacional superior a 10^9 UFC g^{-1} de haste (Amorim, 2011).

Em plantas suscetíveis, as bactérias ao se proliferarem secretam uma substância que é responsável pela obstrução parcial ou total do xilema, o que impede que a água atinja a parte aérea da planta (Ingel, 2020). Essa substância são exopolissacarídeos (EPS) produzidos pelas células bacterianas, possui alta viscosidade, e é considerada como o principal fator de virulência das espécies de bactéria fitopatogênica do complexo *Ralstonia* (Tsuzuki et al., 2023). Os tomateiros infectados podem apresentar sintomas no primeiro dia, ou alguns dias após a infecção, como murcha repentina, amarelecimento das folhas, crescimento subdimensionado e, eventualmente, morte das plantas (Manda et al., 2020).

Por possuir uma ampla variedade de hospedeiros e vida saprofítica, as técnicas como rotação de cultura ou vazios sanitários não possuem eficácia sobre o fitopatógeno, já o controle químico da doença é oneroso e representa graves ameaças à estabilidade ambiental, à saúde humana e à produção agrícola, levando à resistência do patógeno (Rani et al., 2022). Desse modo, a obtenção de cultivares de tomateiro resistentes à murcha bacteriana é considerada como a melhor abordagem para controlar esta doença devastadora (Lee et al., 2020). Há no Brasil o registro de uma cultivar resistente a murcha bacteriana, a Yoshimatsu, desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisa da Amazonas (INPA) (Costa et al., 2018). Entretanto, o seu fruto não é aceito pelo comércio, pois, os alelos promotores de resistência à doença se associam negativamente com as características agronômicas do tomate (Yuliar et al., 2015; Nick e SILVA, 2016).

A fitopatometria é de fundamental importância para a identificação de fontes de resistência a doenças (Gyawali et al., 2018), bem como para o estabelecimento e avaliação de estratégias de controle visando a prevenção ou redução das perdas de produção (Marcuzzo et al., 2016). A quantificação da doença pode ser feita através de variáveis fitopatométricas como escalas descritivas de notas, incidência, índice, severidade, área abaixo da curva do progresso da doença, taxa de infecção e período de latência (Costa et al., 2023).

Portanto, objetivou-se neste trabalho realizar a fitopatometria da murcha bacteriana (*Ralstonia pseudosolanacearum*) em gerações de tomateiro.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em condições de casa de vegetação, localizada no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (DEPA/UFRPE), latitude 8°01'02"S e longitude 34°56'41"O. O período de condução do experimento foi de setembro/2015 a outubro/2015, com temperatura média de 26,39°C e umidade relativa média de 70,31%. Os dados meteorológicos foram obtidos na estação do Recife – Curado (INMET, 2016).

Foram utilizados genitores contrastantes para a característica de reação de resistência à murcha bacteriana, sendo Yoshimatsu o resistente e IPA-7 o suscetível (Costa et al., 2018; Costa et al., 2019). Para a obtenção da geração F₁ foram semeadas em campo, na estação experimental de Belém de São Francisco do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), 60 plantas de cada genitor.

Para a realização das hibridações o pólen do genitor masculino (IPA-7) foi extraído um dia antes no período da tarde, sendo conservado em câmara fria; no genitor feminino (Yoshimatsu) cada flor foi emasculada em estágio de botões florais (um dia antes da antese), com uma pinça, retirando-se a corola com o cone de anteras, onde o cálice, em geral, também tem suas sépalas removidas (para servir de marcador); após estas etapas, ocorreu a polinização e identificação de cada flor utilizada.

De posse das sementes da geração F₁, foram plantadas em campo, na estação do IPA, 200 plantas para obter, por autofecundação natural, a geração F₂. Em casa de vegetação no DEPA/UFRPE, em sistema hidropônico, foram conduzidas 100 plantas da F₁ (genitor feminino) e de cada genitor masculino (Yoshimatsu e IPA-7), para a realização dos retrocruzamentos, utilizando o mesmo método de hibridação que originou a F₁, obtendo assim as gerações RC₁₁ e RC₁₂.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial (6 x 2), com 12 tratamentos, constituídos pelas gerações F₁, F₂, RC₁₁ e RC₁₂ e os seus respectivos genitores, cultivares IPA-7 (suscetível à murcha bacteriana) e Yoshimatsu (resistente à murcha bacteriana); em duas épocas de avaliações, com 10 e 20 dias após a inoculação. Foram utilizadas quatro repetições, totalizando 48 parcelas experimentais.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células de aproximadamente 40 ml cada. O substrato utilizado foi o Basaplant®. Foram semeadas três sementes por célula, que após a emergência das plântulas, foram desbastadas para estabelecer uma planta por célula. Para a formação de mudas de qualidade foram realizadas fertirrigações três vezes por semana. Com 21 dias após a semeadura, as plantas foram transplantadas para vasos plásticos de 500 ml com substrato à base de uma mistura de solo e húmus na proporção de 3:1, respectivamente.

O isolado bacteriano utilizado foi o CRMRS74 do banco de isolados do Laboratório de Fitobacteriologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O isolado foi coletado no município de Chã Grande no estado de Pernambuco, na cultura do Jiló; ele corresponde a espécie *R. pseudosolanacearum*, biovar 3 e filotipo/sequenar I/18.

Para o preparo da suspensão bacteriana, os isolados foram resgatados da preservação em água (Castellani 1939) e cultivados em meio TZC (tetracloreto de trifeniltetrazólio) (Kelman 1954) por 48 h na temperatura de 30° C ± 2° C. A suspensão bacteriana foi ajustada para a concentração de 1 x 10⁸ UFC mL⁻¹, utilizando fotocolorímetro (Analyser 500 M, Brasil).

Aos 30 dias após a semeadura, as plantas foram inoculadas pelo método do corte das raízes, fazendo-se com auxílio de um bisturi um corte semicircular no substrato perto do caule da planta, no qual foram depositados 15 ml da suspensão bacteriana (1 x 10⁸ UFC mL⁻¹) (Félix, et al., 2012). Após a inoculação, as irrigações foram realizadas em recipientes plásticos localizados sob os vasos de 500 ml, a fim de não lixiviar o inóculo e de manter o substrato úmido.

As avaliações foram realizadas no 10° e 20° dia após a inoculação. A presença de sintomas da doença foi mensurada com o auxílio de uma escala descritiva de notas variando de 1 a 5, adaptada de Nielsen e Haynes (1960), em que:

- 1 = ausência de sintomas;
- 2 = plantas com até 1/3 das folhas murchas;
- 3 = plantas com até 2/3 das folhas murchas;
- 4 = plantas totalmente murchas;
- 5 = plantas mortas.

A partir da escala descritivas de notas da murcha bacteriana foram obtidas as seguintes variáveis:

a) Incidência (INC) da doença, determinada pela porcentagem de plantas infectadas em relação ao total de plantas inoculadas;

b) Índice de murcha bacteriana (IMB) aos 10 e 20 dias (Empig et al., 1962), calculado pela fórmula: $IMB = \sum [(C \times P) / N]$, em que C = nota atribuída em cada classe de sintoma; P = número de plantas em cada classe de sintoma e N = número total de plantas inoculadas;

De acordo com esse índice, os genótipos foram classificados quanto a reação ao patógeno seguindo o critério a seguir: resistente 1,0 - 2,0; moderadamente resistente >2,0 - 3,0; moderadamente suscetível >3,0 - 4,0 e suscetível > 4,0 - 5,0 (Morgado et al., 1992 com adaptação).

c) Período de latência (PL 50), número de dias requeridos para o aparecimento de murcha em 50% das plantas inoculadas (Silveira et al., 1999);

d) Índice da doença (ID): $ID = \sum (F \times V) / (N \times X) \times 100$, em que: F: número de plantas com determinado grau de sintomas; V: grau de sintomas; N: número total de plantas inoculadas; X: grau máximo de sintomas. (Mckinney, 1923).

e) Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), calculada pela expressão: $AACPD = [\sum (y_i + y_{i+1}) / 2 \cdot dt_i] / n$, onde y_i e y_{i+1} são os valores da severidade observados nas avaliações consecutivas e dt_i é o intervalo entre as avaliações (Shaner e Finney, 1977).

f) Taxa de infecção (TI), calculada pela fórmula $d \times ldt = rx$, onde x = intensidade de doença durante o tempo te d = diferencial (Rava e Sartorato, 1994).

De posse dos dados de todas as variáveis foram realizadas análises de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a realização das análises foi utilizado o aplicativo computacional Sisvar (Ferreira, 2013).

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 encontram-se os resumos das análises de variância, em que se pode constatar que para a fonte de variação interação entre os genótipos e avaliações houve diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste F para as variáveis INC, IMB e ID. Dessa forma fica evidenciada a relação de dependência entre os fatores em estudo. Para as demais fontes de variação de forma isolada, houve diferenças significativas a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 1.

Resumo da análise de variância (valores de quadrado médio) para as variáveis obtidas na Fitopatometria da murcha bacteriana em gerações de tomateiro.

| Fontes de variação | INC | IMB | ID |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Gerações (G) | 103,6494** | 12,3058** | 23,5956** |
| Avaliações (A) | 94,0070** | 11,8008** | 26,9133** |
| Interação GxA | 20,6669** | 0,6514** | 1,3689** |
| Bloco | 0,1286 | 0,0062 | 0,0418 |
| Resíduo | 0,8595 | 0,0490 | 0,0595 |
| CV (%) | 4,22 | 9,33 | 3,68 |

Nota: ns: não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; GL: Graus de liberdade; INC: Incidência; IMB: Índice de murcha bacteriana e ID: Índice da doença.

A tabela 2 apresenta a comparação de médias no desdobramento de gerações dentro de cada avaliação realizada para as variáveis que apresentaram interação significativa. Para a variável INC aos 10 dias após a inoculação não houve diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, entre cultivar Yoshimatsu e F₁, demonstrando assim maiores índices de resistência, seguidos do RC₁₁ que apresentou o terceiro melhor índice de resistência. Ainda aos 10 dias, as demais gerações apresentaram alta suscetibilidade, em que RC₁₂ e F₂ não diferiram estatisticamente entre si, e a cultivar IPA-7 obteve o pior desempenho dentre elas, com 100% de incidência da doença, indicando que todas as suas plantas foram suscetíveis a murcha bacteriana.

Tabela 2.

Comparação de médias no desdobramento de gerações dentro de avaliações para as variáveis obtidas na fitopatometria da murcha bacteriana em gerações de tomateiro.

| Gerações | INC % | | IMB | | ID% | |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 10 DAI | 20 DAI | 10 DAI | 20 DAI | 10 DAI | 20 DAI |
| Yoshimatsu | 0,00a | 0,00a | 1,00a | 1,00a | 0,00a | 0,00a |
| IPA-7 | 100,00d | 100,00c | 4,07c | 4,89e | 76,40d | 97,80e |
| F₁ | 6,00a | 99,75c | 1,08a | 2,31b | 21,60a | 46,20b |
| RC₁₁ | 13,75b | 69,37b | 1,18a | 2,07b | 23,75a | 41,62b |
| RC₁₂ | 65,62c | 100,00c | 2,15b | 3,77d | 43,50c | 75,50d |
| F₂ | 56,25c | 85,25b | 1,77b | 3,16c | 35,45b | 63,30c |

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAI: Dias após a inoculação; INC: Incidência; IMB: Índice de murcha bacteriana; ID: Índice da doença.

Aos 20 DAI, a cultivar Yoshimatsu continuou apresentando total reação de resistência, entretanto, a geração F₁, que aos 10 DAI apresentava altos índices de resistência, no intervalo de 10 dias se demonstrou altamente suscetível, apresentando 99,75% de incidência, o que demonstra que os genes de resistência doados por Yoshimatsu não foram suficientes para expressar a resistência com o avanço dos dias após a inoculação, sendo assim, genes recessivos ligados a resistência, conforme reportado por Costa et al. (2019). Dessa forma, pode se inferir

que a taxa de infecção foi muito expressiva. Com o passar dos dias as demais gerações continuaram apresentando alta incidência.

Utilizando o critério de Morgado et al. (1992) para classificar plantas com reação de resistência e suscetibilidade através da variável IMB aos 10 DAI, pode-se observar a formação de três grupos, onde Yoshimatsu, F_1 , RC_{11} e F_2 pertencem aos resistentes, RC_{12} moderadamente resistentes, e IPA-7 suscetível.

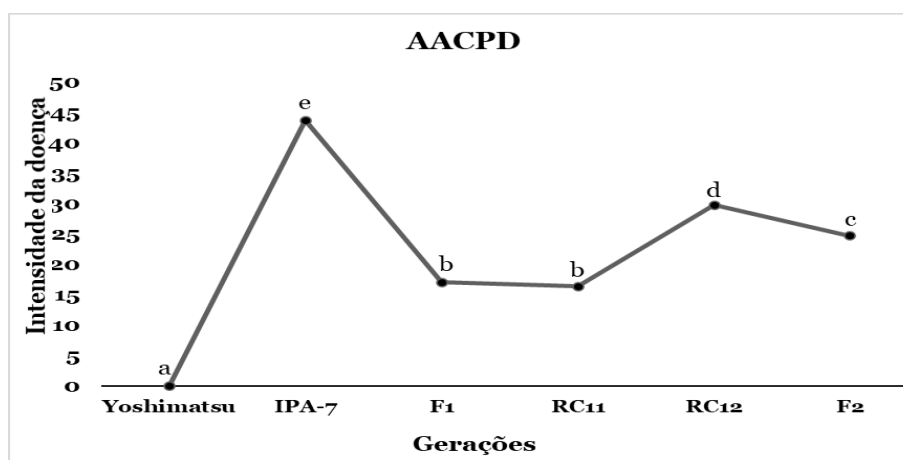
Entretanto, com o passar dos dias, especificamente aos 20 DAI, formam-se quatro grupos, com o Yoshimatsu classificado como resistente; F_1 e RC_{11} considerados como moderadamente resistentes; RC_{12} e F_2 passam para os moderadamente suscetíveis; e IPA-7 como pertencente ao grupo dos suscetíveis. A cultivar Yoshimatsu apresentou total reação de resistência aos 20 DAI e apresentou diferenças significativas de todas as gerações.

Quanto ao ID aos 10 DAI, Yoshimatsu, F_1 e RC_{12} apresentaram os menores índices da doença e não diferiram estatisticamente entre si. As gerações RC_{12} e F_2 apresentaram índices expressivos da doença, mas não se enquadram em alta severidade. A cultivar IPA-7 obteve os mais altos índices da doença, chegando a 76,40% de severidade. Aos 20 DAI, F_1 e RC_{11} não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram índices intermediários da doença, já RC_{12} apresentou alto índice, indicando alta severidade causada pelos genes recessivos herdados. IPA-7 obteve alta severidade, com 97,80% de índice da doença.

Observa-se na Figura 1 que a cultivar Yoshimatsu, demonstrou a mesma reação de resistência que o encontrado para todas as variáveis aqui avaliadas, o que impossibilitou o progresso da doença durante o avançar dos dias. As gerações F_1 , RC_{11} e F_2 comportam-se como intermediários, pois obtiveram os menores valores de AACPD, o que revela menor progresso da doença. É importante ressaltar que, dentre os intermediários, o RC_{11} obteve o menor progresso da doença, porém, não apresentou diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade da geração F_1 .

Figura 1.

Área abaixo da curva do progresso da doença



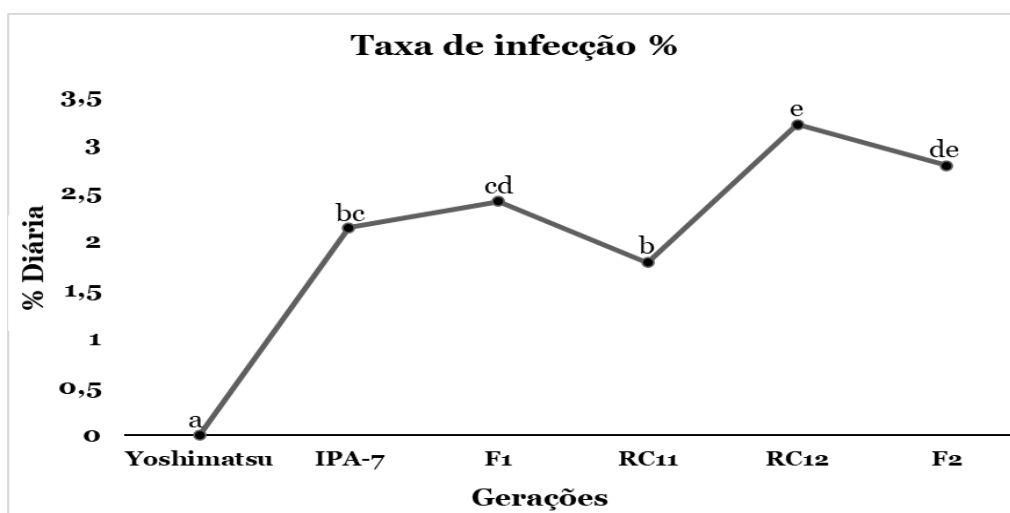
Nota: Costa et al., 2023.

A AACPD para a fitopatometria é uma das variáveis mais importante no estudo da reação de resistência, pois por meio desta se acompanha o progresso da doença, que é a integração numérica da proporção de doença versus o tempo (Costa et al., 2023). Portanto, os valores obtidos pela AACPD através do índice da doença observados das duas épocas de avaliações (10 DAI e 20 DAI) neste experimento, foram suficientes para discriminar às cultivares e progênes quanto à sua resistência ou suscetibilidade. Os mais suscetíveis são IPA-7 e RC₁₂, pois obtiveram os maiores valores de AACPD.

Vale salientar que a cultivar IPA-7 apresentou o maior progresso da doença, e isto se relaciona com a quantidade de plantas altamente infectadas (ID), tendo em vista que aos 20 DAI obteve 97,80% do índice da doença, o que implica em um grande número de plantas com notas muito altas para a severidade avaliada através da escala descritiva, sendo maior o progresso da murcha bacteriana nessa cultivar.

Na figura 02 podemos observar que a cultivar IPA-7 e RC₁₁ não diferiram estatisticamente entre si e F₁ apresentou a menor taxa de infecção entre as gerações, o que indica menor evolução da doença durante os 20 DAI, contudo não diferiu estatisticamente da cultivar IPA-7. A geração RC₁₂ apresentou a maior taxa de infecção durante os dois períodos avaliação, indicando a maior evolução da doença, entretanto, não diferiu estatisticamente de F₂. Segundo Rava e Sartorato (1994) a taxa de infecção é uma variável que representa a velocidade na qual a doença evolui, ou seja, quanto maior esta taxa for, maior será a probabilidade de gerar uma epidemia.

Figura 2.
Taxa de infecção



Nota: Costa et al., 2023.

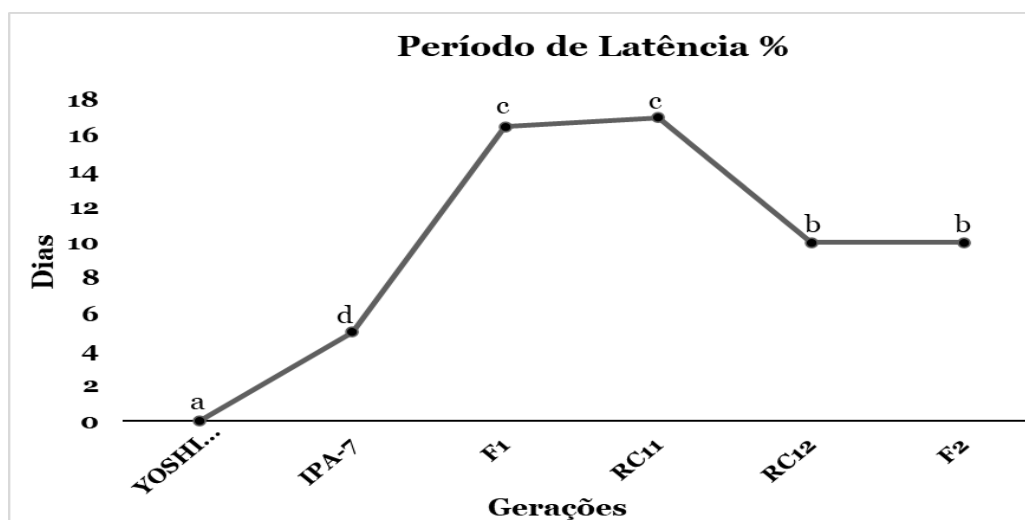
Na figura 03 o período de latência da doença revela a quantidade de dias em que 50% das plantas estão acometidas pelo patógeno (Costa, et al., 2023). Como observado para outras variáveis, a cultivar Yoshimatsu teve o melhor desempenho devido a sua reação de resistência

a murcha bacteriana, com diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade dos demais materiais.

O RC₁₁, dentre as gerações, possui o melhor desempenho, porém, não apresentou diferenças significativas da geração F₁. O RC₁₂ e F₂ obtiveram desempenho intermediário e não diferiram estatisticamente entre si, onde aos 10 dias após a inoculação mais de 50% das plantas estavam acometidas pela murcha bacteriana. A cultivar IPA-7 obteve o pior desempenho, sendo necessário apenas seis dias para mais de 50% de suas plantas estivessem contaminadas pelo patógeno, corroborando com o trabalho conduzido por Costa et al. (2023) nos meses de dezembro a fevereiro com a espécie *R. solanacearum*.

Figura 3

Período de Latência



Nota: Costa et al., 2023.

Segundo Mendes (2017) a variável período de latência é de grande importância para o melhoramento visando a resistência a murcha bacteriana, pois esta variável pode ser referência no processo seletivo, em que as plantas com maior período de latência apresentam reações de resistência por possuírem, conseqüentemente, menores incidências e área abaixo da curva do progresso da doença.

Assim como nos resultados encontrados por Albuquerque (2017) e Costa et al., (2023) foi constatada a alta resistência da cultivar Yoshimatsu, porém foi observado o baixo potencial que esta cultivar tem de proporcionar a extração de linhagens com resistência, que foi observado neste estudo pela falta de reação de resistência na geração F₂. Corroborando com autores como Costa et al. (2018) e Costa et al. (2019) que reportam o controle genético da resistência a murcha bacteriana como recessivo. Além da dificuldade de extração de linhagens, autores como Yuliar et al. (2015) relatam que alguns alelos ligados a resistência podem estar associados a caracteres agrônômicos indesejados. Portanto é essencial novos estudos para a avaliação de materiais genéticos que possuam genes de resistência aliados a alelos favoráveis a boas características agrônômicas.

A partir do estudo realizado, nota-se a importância de se realizar novos trabalhos, inclusive no estado de Alagoas, onde não há registros de estudos realizados com a murcha bacteriana em tomateiro, pois a avaliação desta doença deve ser realizada considerando o ambiente, as condições climáticas e o isolado utilizado de *Ralstonia* spp. em cada região (Hayward et al., 1991; Lebeau et al., 2011; Lopes et al., 2015).

Assim, estes resultados são referências para delinear novos estudos para a verificação da reação de resistência a murcha bacteriana em tomateiro, pois demonstram através da fitopatometria a manifestação da doença em gerações de tomateiro, restando em trabalhos futuros também verificar a infecção latente da *Ralstonia pseudosolanacearum*.

Conclusões

Houve interação significativa entre gerações e as épocas de avaliações para as variáveis INC, IMB e ID; a cultivar Yoshimatsu demonstrou total reação de resistência; a cultivar IPA-7 e as gerações RC₁₂ e F₂ não apresentaram reação de resistência de acordo com as variáveis INC, IMB e ID; de acordo com as variáveis AACPD, TI % e PL₅₀ a murcha bacteriana causada por *R. pseudosolanacearum* no tomateiro caracterizou-se como epidêmica.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, W., Yang, J., Tan, Y., Munir, S., Liu, Q., Zhang, J., & Zhao, Z. (2022). *Ralstonia solanacearum*, a deadly pathogen: Revisiting the bacterial wilt biocontrol practices in tobacco and other Solanaceae. *Rhizosphere*, 21, 100479.
- Amorim, E. P. P., Andrade, F. W. R., Moraes, E. M. S., Silva, J. C.; Lima, R. S., & Lemos, E. E. P. (2011). Atividade antibacteriana de óleos essenciais e extratos vegetais sobre o desenvolvimento de *Ralstonia solanacearum* em mudas de bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, p. 392-398.
- Castellani, A (1939). Viability of some pathogenic fungi in distilled water. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 42:225-226.
- Compêndio de estudos Conab. (2019). Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense. V.21. Brasília: Conab.
- Costa, E. S., Costa, K. D. S., Filho, J. L. S. C., & Silva, M. O. (2023). Reação de resistência do tomateiro à *Ralstonia solanacearum* em condições de casa de vegetação. *Brazilian Journal of Development*, v. 9, n. 6, p. 19413-19428.
- Costa, K. D. S., Santos, P. R., Santos, A. M. M., Nascimento, MR., Silva, A.M.F., Albuquerque, G. M. R., Batista, R. O., Pereira, J. W. L., & Filho, J. L. S. C. (2018). Herança de resistência a *Ralstonia pseudosolanacearum* em tomateiro. *Euphytica* 214, 137.
- Costa, K. D. S., Santos, P. R., Santos, A. M. M., Silva, A. M. F., Chagas, J. T. B., Filho, J. L. S. C., Pereira, J. W. L., Silva, M. O., Silva, J. R., & Menezes, D. (2019). Controle genético da resistência do tomateiro a *Ralstonia solanacearum*. *Euphytica*, 215, 136.

- Elphinstone, J. G., Allen, C., Prior, P., & Hayward, A. C. (2005). Bacterial wilt disease and the *Ralstonia solanacearum* species complex. *American Phytopathological Society* (APS Press).
- Empig, L. T; Calub, A. G; Katigbak, M. M; & Deanon Júnior, J. R. (1962). Screening tomato, egg plant and Pepper varieties and strains for bacterial wilt (*Pseudomonas solanacearum*) resistance. *Philippine Agriculturist*, v. 46, p. 303-314.
- Félix, K. C. S., Souza, E. B., Michereff, S. J., & Mariano, R. L. R. (2012). Survival of *Ralstonia solanacearum* in infected tissues of *Capsicum annuum* and in soils of the state of Pernambuco, Brazil. *Phytoparasitica*, v.40, n.1, p.53-62, 2012
- Ferreira, D. F. (2013). Sisvar: sistema de análise de variância. Lavras: UFLa/DEX, 1999. e-ISSN 1983-4063-[www. agro. ufg. br/pat-Pesq](http://www.agro.ufg.br/pat-Pesq). Agropec. Trop., Goiânia, v. 43, n. 4. out./dez, p. 400-407.
- Fontes, P. C. R; Nick, C. (2019). Olericultura Teoria e Prática - 2ª Edição, *UFV*, p.611.
- Gyawali, S., Verma, R. P. S.; KUMAR, S., Bhardwaj, S. C., Gangwar, O. P., Selvakumar, R., Shekhawat, P. S., Rehman, & S., Sharma-Poudyal, D. (2018). Seed lingand adult-plants tage resistance of a world collection of barley genoty pestostripe rust. *Journal of Phytopathology*, v. 166, n. 1, p. 18-27.
- Hayward, A.C. (1991). Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual review of phytopathology*, 29(1), 65-87.
- Ingel, B., Caldwell, D., Duong, F., Parkinson, D.Y., Mcculloh, K. A., Iyer-pascuzzi, A. S., & Lowe-Power, T. M. (2022). Revisitando a fonte dos sintomas da murcha: a microtomografia computadorizada de raios X fornece evidências diretas de que a biomassa de *Ralstonia* obstrui os vasos do xilema. *PhytoFrontiers™*, v. 2, n. 1, pág. 41-51,
- Kelman, A., & Sequeira, L. (1995) Root-to-root spread of *Pseudomonas solanacearum*. *Phytopathology*, 55:304-309.
- Lebeau, Aurore., Daunay, M. C., Frary, A., Palloix, A., WANG, J. F., Dintinger, J., & Prior, P. (2011). Bacterial wilt resistance in tomato, pepper, and eggplant: genetic resources respond to diverser trains in the *Ralstonia solanacearum* species complex. *Phytopathology*, v. 101, n. 1, p. 154-165.
- Lee, I., Kim, Y. S., Kim, J. W., & Park, D. H. (2020). Genetic and pathogenic characterization of bacterial wilt pathogen, *Ralstonia pseudosolanacearum* (*Ralstonia solanacearum* Phylotype I), on roses in Korea. *The Plant Pathology Journal*, 36(5), 440.
- Lopes, C. A., Boiteux, L. S., & Eschemback, V. (2015) Eficácia relativa de porta-enxertos comerciais de tomateiro no controle da murcha-bacteriana. *Horticultura Brasileira*, v. 33, p. 125-130.
- Mamphogoro, T. P., Babalola, O. O., & Aiyegoro, O. A. (2020). Sustainable management strategies for bacterial wilt of sweet peppers (*Capsicum annuum*) and other Solanaceous crops. *Journal of Applied Microbiology*, 129(3), 496-508.
- Manda, R. R., Addanki, V. A., & Srivastava, S. (2020). Bacterial wilt of solanaceous crops. *Int. J. Chem. Stud*, v. 8, n. 6, p. 1048-1057.
- Marcuzzo, L. L., Duarte, T. S., Rosa Neto, A. J., & Hoffmann, F. (2016). Effect of potassium phosphite and fungicides in the control of *Cercospora* leaf spot in sugarbeet caused by *Cercospora beticola*. *Summa Phytopathologica*, 42(2), 186-187.
- McKinney, H. (1923). Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by helmin. *J. agric. Res*, 26, 195.

- Morgado, H. S., Lopes, C. A., & Takatsu, A. (1992). Avaliação de genótipos de berinjela para resistência a murcha-bacteriana. *Horticultura Brasileira*, 10(2), 77-79.
- Neri, G. A., Santos, A. A., Firmiano, S. A. C., Freitas, A. S., Alcantra, E., & Rezende, R. M. (2019). fertilizante orgânico comercial na redução do crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici do tomateiro. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 16(3).
- Nick, C., & Silva, D. J. H. (2016). Melhoramento de tomate. *Melhoramento de hortaliças. Viçosa: UFV*, 396-431.
- Nielsen, L. W., & Haynes, F. L. (1960). Resistance in *Solanum tuberosum* to *Pseudomonas solanacearum*. *American Potato Journal*, 37(8), 260-267.
- Petrucelli, A., Alves, M. R., & Gianotti, F. (2022). ESTUDO DE VIABILIDADE DE UMA AGROINDÚSTRIA DE TOMATES E POLPAS NA CIDADE DE TAQUARITINGA-SP. *Revista Interface Tecnológica*, 19(2), 797-809.
- Rani, V., Prasanna, R. & Kaushik, R. (2022). Prospecting the significance of methane-utilizing bacteria in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(10), 176.
- Rava, C. A., & Sartorato, A. (1994). Conceitos básicos sobre doenças de plantas. ((EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 50).)
- Rodrigues, R. R., Pizetta, S. C., Jaeggi, M. E. P. C., Rocha, R. S., Silva, R. K. G., Cruz, D. P., Pereira, I. M., Batista, J. N., Rocha, J. G., Parajara, M. C., Entringer, G. C., Gravina, G. A., Daher, R. F., Souza, A. G., Monteiro, E. C., Mateus, V. F., & Capetini, S. A. (2020). Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. *Research, Society and Development*, 9(11), 1-28.
- Safdarpour, F., & Khodakaramian, G. (2018). Avaliação das atividades antagonistas e promotoras do crescimento de plantas de bactérias endofíticas do tomate em desafio com *Verticilliumdahliae* em condições in vitro e in vivo. *Biological Journal of Microorganism*, v. 7, n. 28, pág. 77-90.
- Shaner, G., & Finney, R. E. (1977). O efeito da fertilização com nitrogênio na expressão da resistência ao míldio lento no trigo Knox. *Fitopatologia*, v. 67, n. 8, pág. 1051-1056.
- Sharma, K., Iruegas-Bocardo, F., Abdurahman, A., Alcalá-Briseño, RI, Garrett, KA, Goss, EM, ... & Munguti, F. (2022). Cepas de *Ralstonia* de regiões produtoras de batata do Quênia revelam dois filotipos e clonalidade epidêmica de cepas do filotipo II Sequevar 1. *Fitopatologia®*, 112 (10), 2072-2083.
- Shi, H., Liu, Y., Ding, A., Wang, W., & Sun, Y. (2023). Induced defense strategies of plants against *Ralstonia solanacearum*. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1059799.
- Silveira, E. B., Gomes, A., Ferraz, E., Maranhão, E. A., & Mariano, R. L. (1999). Identificação de progênies de tomateiro resistentes à murcha-bacteriana. *Horticultura Brasileira*, 17, 06-10.
- Tsuzuki, M., Inoue, K., Kiba, A., Ohnishi, K., Kai, K., & Hikichi, Y. (2023). Infection route in tomato roots and quorum sensing of *Ralstonia pseudosolanacearum* strain OE1-1. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 101995.
- Yuliar, YAN., & Toyota, K. (2015). Recent trends in control methods for bacterial wilt diseases caused by *Ralstonia solanacearum*. *Microbes and Environments*, 30: 1-11.