



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

LILIANA MISA SOARES TAKAHASHI

**PATOGENICIDADE DE ISOLADOS DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* À
HÍBRIDOS DE TOMATEIRO**

MOSSORÓ

2023

LILIANA MISA SOARES TAKAHASHI

**PATOGENICIDADE DE ISOLADOS DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* À
HÍBRIDOS DE TOMATEIRO**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Rui Sales Junior

Coorientadora: Dra. Andreia Mitsa Paiva Negreiros

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

T136p Takahashi, Líliliana Misa Soares. Patogenicidade de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* à híbridos de tomateiro / Líliliana Misa Soares Takahashi. - 2023. 29 f.: il.

Orientador: Rui Sales Junior.
Coorientadora: Andreia Mitsa Paiva Negreiros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2023.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. murcha-de-fusário.
3. variedades resistentes. I. Sales Junior, Rui,
orient. II. Negreiros, Andreia Mitsa Paiva,
coorient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

LILIANA MISA SOARES TAKAHASHI

**PATOGENICIDADE DE ISOLADOS DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* À
HÍBRIDOS DE TOMATEIRO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Defendida em: 09 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

RUI SALES

JUNIOR:87634325449

Assinado de forma digital por RUI

SALES JUNIOR:87634325449

Dados: 2023.10.19 16:34:07 -03'00'

Prof. Dr. Rui Sales Junior (UFERSA)

Presidente

Andréia Mitsa Paiva
Negreiros

Assinado de forma digital por

Andréia Mitsa Paiva Negreiros

Dados: 2023.10.20 07:53:40 -03'00'

Dra. Andreia Mitsa Paiva Negreiros (UFERSA)

Documento assinado digitalmente

gov.br

MOISES BENTO TAVARES

Data: 19/10/2023 16:52:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ms. Moises Bento Tavares (UFERSA)

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por todo apoio, incentivo e acolhimento.

Agradeço ao Professor Rui Sales por todos os ensinamentos que me passou e oportunidades que me proporcionou.

Por fim, agradeço a todos os amigos *ufersianos* que estiveram comigo durante esses longos anos, fazendo a caminhada ser mais leve.

RESUMO

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é bastante sensível a problemas fitossanitários, com destaque para a doença murcha-de-fusário, causada pelo fungo habitante do solo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder e Hansen. No entanto, nenhuma medida de controle químico é efetiva e economicamente viável no controle dessa doença, sendo necessário o uso de variedades resistentes e a adoção de medidas eficientes do manejo integrado. Nesse sentido, a identificação de cultivares resistentes à doença contribui para reduzir a incidência e severidade dessa enfermidade e os prejuízos provocados por esse patógeno. Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar a reação de híbridos de tomateiro submetidos a isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no município de Mossoró-RN, seguindo o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), no qual a unidade experimental foi constituída de um vaso plástico com uma planta. Os tratamentos corresponderam à inoculação de dois isolados fúngicos de *Fol* (SI1 e SI2) em cinco híbridos de tomateiro: ‘Bermello’, ‘Tronus’, ‘Spartus’, ‘Acesso 1’ e ‘Acesso 2’, da empresa de sementes Rijk Zwaan. Foram utilizadas dez repetições para cada combinação isolado-cultivar. Sessenta dias após a inoculação, avaliou-se os índices de incidência e severidade da doença, bem como, a classe de reações. Os dados foram analisados através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis no nível de probabilidade de 5% utilizando o software Assistat, versão 7.7. Os resultados da pesquisa evidenciaram que nenhuma das cultivares apresentaram resistência total aos dois isolados de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Para o isolado SI1, as médias de incidência variaram entre 20, 70 e 100% e, as médias de severidade, foram de 1,2, 1,7 e 3,5 entre os híbridos avaliados. Para o isolado SI2, os valores de incidência obtidos foi de 0, 70, 80 e 100. Já as médias da severidade variaram entre 1 e 4. O híbrido ‘Spartus’ e os materiais ‘Acesso 1’ e ‘Acesso 2’ permaneceram dentro das classes de reação SI e AR quando inoculados com ambos os isolados, sendo indicadas para uso em programas de melhoramento que visam a obtenção de híbridos de tomateiro resistentes à doença.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; murcha-de-fusário; variedades resistentes.

ABSTRACT

The culture of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is highly sensitive to phytosanitary problems, particularly to Fusarium wilt disease, caused by the soilborne fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder e Hansen. However, no chemical control measures are effective and economically viable in managing this disease. Therefore, the use of resistant varieties and the adoption of efficient integrated management measures are necessary. In this context, identifying tomato cultivars resistant to the disease would be a way to reduce the incidence and severity of this illness and the damages caused by this pathogen. Thus, this study aimed to evaluate the response of tomato hybrids subjected to isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. The experiment was conducted in a greenhouse located in Mossoró-RN, following a Completely Randomized Design (CRD), where each experimental unit consisted of a plastic vase with one plant. The treatments involved inoculating two fungal isolates, SI1 and SI2, into five tomato hybrids: 'Bermello,' 'Tronus,' 'Spartus,' 'Acesso 1,' and 'Acesso 2' from the seed company Rijk Zwaan. There were ten replicates for each isolate-cultivar combination. Sixty days after inoculation, disease incidence and severity indices were evaluated, as well as the reaction class. The data were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis test at a 5% probability level with the software Assistat version 7.7. The research results showed that none of the cultivars displayed complete resistance to both isolates of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. For isolate SI1, incidence ranged from 20% to 100%, and severity ranged from 1.2 to 3.5 among the evaluated hybrids. For isolate SI2, incidence values were 0%, 70%, 80%, and 100%, and severity ranged from 1 to 4. Simultaneously, the 'Spartus' hybrid and the 'Acesso 1' and 'Acesso 2' materials remained within the SI (similar to immune) and AR (highly resistant) reaction classes when inoculated with both isolates, making them suitable for use in breeding programs aimed at obtaining tomato hybrids resistant to the disease.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; Fusarium wilt; resistant varieties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Montagem do experimento.....	17
Figura 2	–	Representação dos sintomas avaliados através da escala de notas para severidade da doença	18
Figura 3	-	Frequência de classes de reação dos 5 híbridos de tomateiro a isolados de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> , sob condições de casa de vegetação.....	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Incidência e severidade da doença ocasionada por <i>Fusarium oxysporum</i> (Isolado SI1) em híbridos de tomateiro	19
Tabela 2	–	Incidência e severidade da doença ocasionada por <i>Fusarium oxysporum</i> (Isolado SI2) em híbridos de tomateiro	20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Tomate: importância socioeconômica	12
2.2 Murcha-de-fusário	13
2.3 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	14
2.3.1 Dados gerais do patógeno	14
2.3.2 Sobrevivência	14
2.3.3 Raças	14
2.3.4 Medidas de controle	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Caracterização do local.....	15
3.2 Delineamento experimental.....	16
3.3 Preparo do inóculo	16
3.4 Montagem e inoculação	16
3.5 Avaliação.....	17
3.4 Análise dos dados	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23
APÊNDICE A – Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Bermello’ submetido aos isolados SI1 e SI2.....	25
APÊNDICE B - Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Tronus’ submetido aos isolados SI1 e SI2.....	26
APÊNDICE C - Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Spartus’ submetido aos isolados SI1 e SI2.....	27
APÊNDICE D - Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Acesso 1’ submetido aos isolados SI1 e SI2.....	28
APÊNDICE E - Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Acesso 2’ submetido aos isolados SI1 e SI2.....	29

1 INTRODUÇÃO

O tomate está entre as hortaliças mais consumidas e cultivadas no mundo. Sua relevância alimentar e nutricional é caracterizada pela alta concentração de licopeno, um poderoso antioxidante (Lira e Silva, 2007). Dados da FAO (2021) destacam os principais países produtores sendo estes, a China (mais de 67 milhões de toneladas), seguida pela Índia (21,2 milhões de toneladas) e Turquia (aproximadamente 13 milhões de toneladas). O Brasil é o nono maior produtor mundial, com uma produção de 3.679.160 toneladas de tomate (FAO, 2021) numa área de 51.907 hectares, alcançando um rendimento médio de 70.880 kg por hectare (IBGE, 2021).

A cultura do tomateiro é bastante sensível a problemas fitossanitários. Mais de duzentas doenças de causas bióticas e abióticas já foram relatadas afetando a tomaticultura em todo o mundo (Lopes e Ávila, 2005). Dentre as doenças de natureza biótica, destaca-se a murcha-de-fusário, causada pelo fungo habitante do solo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder e Hansen.

A murcha-de-fusário pode se manifestar em qualquer estágio de desenvolvimento do tomateiro, mas, é mais comum em plantas no início de florescimento e frutificação (Kurozawa e Pavan, 2005). Os sintomas mais típicos são: amarelecimento das folhas, geralmente a partir das mais velhas, queda prematura dos frutos e murcha nas horas mais quentes do dia até que se torne irreversível (Vale *et al.*, 2004). Quando se corta transversalmente o caule e raízes da planta doente, nota-se uma descoloração vascular que evidencia a presença do patógeno (Nelson, 1981).

O desenvolvimento da doença é favorecido por temperaturas entre 21 °C e 33 °C, sendo o ótimo a 28 °C, mas desenvolve-se mais rápida e severamente entre 27 e 30 °C (Jones, 1991; Kurozawa e Pavan, 2005). Plantas cultivadas em solos ácidos, pobres, com pouca água e deficientes em cálcio, tendem a serem mais afetadas (Kurozawa e Pavan, 2005). Solos com alta infestação de nematoides também podem contribuir para o aumento da severidade da doença em função dos ferimentos causados nas raízes, que servem de porta de entrada para o patógeno (Lopes *et al.*, 2003). Fatores ambientais, principalmente a temperatura do ar e do solo, podem limitar o progresso da doença através do efeito na competitividade ou atividade antagonista da microbiota (Sangalang *et al.*, 1995a e 1995b).

A espécie *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* pode sobreviver em restos culturais ou por meio das estruturas de resistência (clamidósporos), que podem ser disseminados pela água da

chuva, mudas e implementos agrícolas entre pequenas e longas distâncias, o fungo também pode disseminar-se por meio de sementes infectadas (Vale *et al.*, 2000).

Nenhuma medida de controle químico é efetiva e economicamente viável no controle da murcha-de-fusário em tomateiro (AGROFIT, 2023). A doença em questão pode ser eficientemente controlada quando é adotado um programa de manejo integrado, envolvendo o uso de variedades resistentes e a adoção de medidas de exclusão, erradicação e proteção (Kurozawa e Pavan, 2005).

Nesse sentido, a identificação de cultivares resistentes à doença seria uma forma de reduzir a incidência e severidade dessa enfermidade e os prejuízos provocados por esse patógeno. Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar a reação de híbridos de tomateiro submetidos a isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Tomate: importância socioeconômica

O tomate é uma hortaliça muito popular na gastronomia brasileira. O seu consumo *in natura* e seus derivados é bastante apreciado pelo sabor, bem como, pela grande concentração de substâncias benéficas, como o licopeno, que está associada à prevenção do câncer de próstata (Lopes, 2005).

O tomateiro pertencente ao gênero *Solanum* que integra a família das solanáceas, sendo uma das olerícolas de destaque econômico e com ampla distribuição geográfica, presente em diferentes habitats e diversas condições ambientais, com grande aceitabilidade e valor nutricional em muitas dietas (Carvalho e Pagliuca, 2007; Alvarenga, 2013), isto é, está entre as hortaliças mais consumidas e cultivadas no mundo.

A espécie de tomate cultivada (*Solanum lycopersicum* L.), tem sua origem primária nas regiões andinas do Peru, Bolívia e Equador (Embrapa, 1993). Antes da colonização espanhola, o tomate foi levado para o México (centro secundário de origem), onde passou a ser cultivado e “melhorado”. No Brasil, o tomate foi introduzido por imigrantes europeus no final do século XIX (Alvarenga, 2004).

Dados da FAO (2021) colocam o Brasil como o nono maior produtor de tomate no mundo, com uma produção de 3.679.160 toneladas, ficando atrás de China (67.538.340 t), Índia (21.181.000 t), Turquia (13.095.258 t), EUA (10.475.265 t), Itália (6.644.790 t), Egito (6.245.787 t), Espanha (4.754.380 t) e México (4.149.240,8 t).

A nível nacional, dados do IBGE (2023), expressam uma área total de 54.343 hectares destinados à produção de tomate em todo o País, na safra de 2022, chegando a produzir 3.856.430 t. Dentre os principais estados produtores, destacam-se: Goiás (1.147.440 t), São Paulo (892.100 t) e Minas Gerais (578.116 t).

2.2 Murcha-de-fusário

A cultura do tomateiro tem sua produção limitada devido à ocorrência de problemas fitossanitários, dentre os quais destaca-se a murcha-de-fusário, causada pelo fungo *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder e Hansen (*Fol*) (Lopes e Santos, 1994). No Brasil, essa doença já foi relatada em quase todas as regiões produtoras, sendo constatada até mesmo em cultivos em ambiente protegido.

Levantamentos realizados por Andrade e Michereff (2000) em 50 áreas de plantio de tomateiro da região Agreste de Pernambuco, constataram a prevalência da murcha-de-fusário em 72% das áreas avaliadas, com incidência média de 17,15%, em muitos casos provocando a destruição quase total das plantas ou reduzindo drasticamente o período de colheita. Esta doença pode se manifestar em qualquer estágio de desenvolvimento do tomateiro, mas, é mais comum em plantas no início de florescimento e frutificação (Kurozawa e Pavan, 2005).

Os sintomas produzidos em mudas de tomateiro em viveiros são o clareamento das nervuras das folhas e curvamento dos pecíolos (Vale *et al.*, 2004). No campo, os sintomas mais evidentes da doença são o amarelecimento das folhas a partir das mais velhas, seguido de murcha da planta (Lopes e Santos, 1994). Os sintomas da murcha-de-fusário do tomateiro iniciam-se pelas folhas basais que perdem a turgidez, tornando-se amareladas, apresentam crestamento do limbo e, finalmente, caem. Quando se corta transversalmente a raiz ou o caule de uma planta doente, pode-se observar o típico escurecimento de vasos, que evidencia a presença do patógeno (Nelson, 1981). A planta quando infectada também pode apresentar crescimento retardado (Lopes *et al.*, 2005).

O desenvolvimento da doença é favorecido por temperaturas entre 21 °C e 33 °C, sendo o ótimo a 28 °C, mas desenvolve-se mais rápida e severamente entre 27 e 30 °C (Jones, 1991; Kurozawa e Pavan, 2005). Solos com alta infestação de nematoides também podem contribuir para o aumento da severidade da doença em alguns casos, em função dos ferimentos causados nas raízes, que servem de porta de entrada para o patógeno (Lopes *et al.*, 2003).

2.3 *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

O fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fol) é um habitante do solo e pertence atualmente ao filo Ascomycota, classe Ascomycetes e ordem Hypocreales.

2.3.1 Dados gerais do patógeno

Nesta espécie são produzidos três tipos de esporos assexuais: microconídios, macroconídios e clamidósporos (Agrios, 2005). Os clamidósporos germinam sobre as raízes da planta e o tubo germinativo resultante deste processo penetra diretamente a superfície vegetal ou ganha o interior da planta através de ferimentos. Após ocorrer a adesão de hifas nas células epidérmicas e corticais do hospedeiro, estas são penetradas por hifas constrictas que causam degradação local da parede celular. Após a penetração, as hifas crescem em direção aos vasos do xilema e passam a se desenvolver no seu interior, colonizando as células, produzindo esporos e promovendo a distribuição sistêmica do fungo pela planta, através da corrente ascendente de seiva. Com a evolução da colonização, ocorre o bloqueio dos vasos infectados, limitando parcial ou totalmente a passagem da água e elementos minerais para a parte aérea da planta (Beckman, 1987).

2.3.2 Sobrevivência

F. oxysporum f. sp. *lycopersici* sobrevive entre as estações de cultivo do tomateiro, permanecendo dormente na forma de clamidósporos em tecidos deteriorados do hospedeiro e no solo (Nelson, 1981). Os clamidósporos podem ser disseminados na área de plantio, através do movimento de solo provocado por vento, água ou implementos. A disseminação local também ocorre através da água de irrigação, mudas infectadas ou solo infestado da sementeira. A disseminação à longa distância ocorre através de mudas infectadas ou via sementes, no interior ou na superfície das mesmas (Beckman, 1987; Jones, 1991; Agrios, 2005; Kurozawa e Pavan, 2005)

2.3.3 Raças

Atualmente, a espécie está agrupada em três raças fisiológicas (1, 2 e 3) conforme as suas habilidades de infectar e causar doença em uma série de cultivares diferenciadoras possuidoras de genes em diferentes *loci* de resistência (Bohn e Tucker, 1940).

As raças fisiológicas 1 e 2 encontram-se distribuídas em todo mundo, enquanto a raça fisiológica 3 está limitada a algumas regiões geográficas (Reis *et al.*, 2005). No Brasil, todas

as raças fisiológicas do patógeno se encontram estabelecidas desde relatos de 2004 (Vale *et al.*, 2004).

O conhecimento sobre a variabilidade de *Fol* é de fundamental importância para a adoção de medidas de controle adequadas e para programas de melhoramento genético visando resistência à murcha-de-fusário (Juliatti *et al.*, 1994; Santos, 1996).

2.3.4 Medidas de controle

A murcha-de-fusário do tomateiro só pode ser controlada eficientemente quando é adotado um programa de manejo integrado ideal, envolvendo o uso de variedades resistentes e a adoção de medidas de exclusão, erradicação e proteção (Kurozawa e Pavan, 2005).

Nenhuma medida de controle químico é efetiva e economicamente viável no controle da murcha-de-fusário em tomateiro (AGROFIT, 2023). Nas áreas onde a murcha-de-fusário ainda não ocorre, o manejo pelo princípio da exclusão, visando o impedimento da entrada do patógeno na área de cultivo, é o mais importante (Costa *et al.*, 2007). Medidas de erradicação, como a queima dos restos culturais para diminuir a quantidade de inóculo, seriam relevantes se todos os produtores a adotassem concomitantemente, o que na maioria das vezes não ocorre nas regiões produtoras de tomate (Vale *et al.*, 2004). Em áreas onde o patógeno já se encontra estabelecido, um dos métodos mais eficazes é o controle genético, por meio do plantio de cultivares resistentes (Reis *et al.*, 2005).

O plantio de cultivares resistentes às raças fisiológicas 1 e 2 de *Fol* tem sido adotado pela maioria dos produtores, uma vez que o número de cultivares resistentes disponíveis no mercado é bastante significativo. No entanto, existe grande preocupação com relação à raça 3, tendo em vista o número restrito de cultivares ou porta-enxertos resistentes disponíveis (Pereira *et al.*, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, em Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte.

O município de Mossoró está situado na latitude Sul 5° 11', longitude 37° 20' a oeste de Greenwich, com uma altitude de 18 m. O clima da região se caracteriza segundo classificação de Köppen's como BSh (clima semiárido quente) (Alvares *et al.*, 2014).

3.2 Delineamento experimental

A condução do ensaio seguiu o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), no qual a unidade experimental foi constituída de um vaso plástico com uma planta.

Os tratamentos corresponderam à inoculação de dois isolados fúngicos de *Fol*, SI1 e SI2, obtidos de raízes de tomateiro cultivados na região da Serra da Ibiapaba, no estado do Ceará, em cinco híbridos de tomateiro. Foram utilizadas dez repetições para cada combinação isolado-cultivar. As cultivares utilizadas foram: ‘Bermello’, ‘Tronus’, ‘Spartus’, ‘Acesso 1’ e ‘Acesso 2’, da empresa de sementes Rijk Zwaan.

Os híbridos utilizados são caracterizados como tomates do tipo Salada, com frutos redondos de coloração vermelha e peso médio variando de 140 a 260 g. Os híbridos ‘Bermello’ e ‘Tronus’ possuem alta resistência (HR) às raças 1 e 2 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (*Fol*:0,1), enquanto ‘Spartus’ possui às raças 1, 2 e 3 (*Fol*:0-2).

3.3 Preparo do inóculo

Os isolados foram repicados para placas Petri com meio de cultura batata dextrose-ágar (BDA) e mantidos em estufa tipo B.O.D. a 27 ± 2 °C por sete dias.

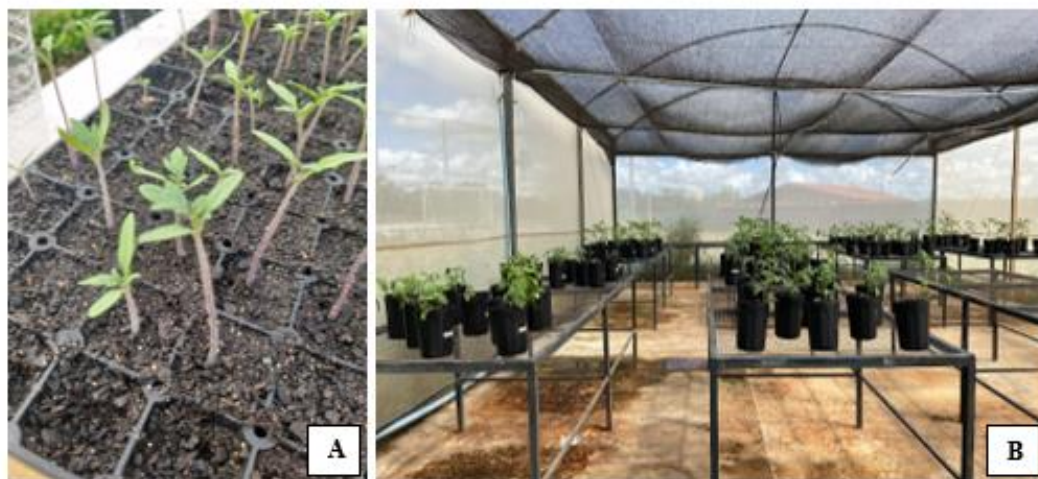
O inóculo do patógeno foi preparado em frascos erlenmeyer contendo 250 mL de meio de cultura batata-dextrose (BD). Após autoclavagem (120 °C, 30 min, 1 atm) e resfriamento (25 °C), em cada frasco foram colocados três discos de 5 mm de diâmetro de cultura do fungo. Após quinze dias em incubadora tipo B.O.D à temperatura de 25 °C no escuro, a suspensão do inóculo foi homogeneizada em agitador mecânico e filtrada em duas camadas de gaze esterilizada. Posteriormente, a contagem de microconídios nas suspensões foi realizada com o auxílio de câmara de Neubauer e a concentração do inóculo ajustada para 10^6 U.F.C./mL.

3.4 Montagem e inoculação

Aos 21 dias após a semeadura, mudas de tomateiro previamente cultivadas em bandejas de polipropileno contendo substrato de fibra de coco, foram submetidas à lavagem para remoção do substrato e, posteriormente, ao corte das raízes com tesoura flambada, de forma que ficassem com cerca de 2 cm. Em seguida, as plantas foram imersas por cinco minutos em Becker contendo o inóculo, até a altura da região do colo. Após a inoculação, as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 5,0 L preenchidos com substrato. Os vasos foram transferidos para casa de vegetação, onde permaneceram por um

período de 60 dias após a inoculação. A Figura 1 expõe a condução do ensaio em casa de vegetação.

Figura 1. Montagem do experimento: (A) mudas em bandeja de polipropileno com substrato de fibra de coco; (B) condução de experimento em casa de vegetação.



Fonte: Takahashi, 2023.

3.5 Avaliação

Foram avaliados os índices de incidência e severidade da doença dos isolados de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* nos diferentes híbridos de tomateiro aos 60 dias após a inoculação.

A incidência da doença foi avaliada através da contagem de plantas com sintomas de murcha e/ou morte da planta, sendo os dados transformados em porcentagem (%). Para a avaliação da severidade da doença foi adotada a escala diagramática de notas de 1 a 5 (Santos, 1997), onde: 1 = planta sem sintomas; 2 = planta sem sintoma de murcha e apresentando pequena descoloração vascular; 3 = planta com sintomas de murcha e descoloração vascular; 4 = planta com severa murcha associada a presença de clorose e necrose foliar; 5 = planta morta. Os sintomas podem ser observados na Figura 2.

Figura 2. Representação dos sintomas avaliados através da escala de notas para severidade da doença.



1 = planta sem sintomas; 2 = planta sem sintoma de murcha e apresentando pequena descoloração vascular; 3 = planta com sintomas de murcha e descoloração vascular; 4 = planta com severa murcha associada a presença de clorose e necrose foliar e 5 = planta morta. Fonte: Takahashi, 2023.

A reação média dos híbridos de tomateiro em relação a cada isolado foi calculada pela soma das notas obtidas de cada tratamento e dividida pelo número total de plantas avaliadas. O valor obtido foi utilizado para agrupar os genótipos em cinco classes de reação: 1,0 = semelhante à imune (SI); 1,1-2,0 = altamente resistente (AR); 2,1-3,0 = medianamente resistente (MR); 3,1-4,0 = suscetível (SU); 4,1-5,0 = altamente suscetível (AS) (Reis *et al.*, 2004).

Após as avaliações, todas as plantas foram analisadas para confirmar os Postulados de Koch. Fragmentos da área lesionada foram desinfestados em solução de hipoclorito de sódio a 1,5% por um minuto, e posteriormente lavados em água estéril. Os fragmentos desinfestados foram posicionados em placas Petri com meio BDA + tetraciclina ($0,05 \text{ gL}^{-1}$) e incubados em estufa B.O.D por cinco dias.

3.4 Análise dos dados

Os resultados de incidência e severidade da doença para os isolados de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* foram analisados através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis no nível de probabilidade de 5% utilizando o software Assistat, versão 7.7 (Silva e Azevedo, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação com os isolados de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* em mudas de diferentes híbridos de tomateiro causou efeito estatístico significativo nas variáveis incidência e severidade da doença em cada isolado avaliado (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Incidência e severidade da doença ocasionada por *Fol* (Isolado SI1) em híbridos de tomateiro.

Tratamentos	Incidência		Severidade		Classe de reação ³
	Rank ¹	Média (%)	Rank	Média	
Bermello	35,00 b	100	40,00 b	3,5	SU
Tronus	35,00 b	100	41,00 b	3,5	SU
Spartus	15,00 a	20	13,00 a	1,2	AR
Acesso 1	15,00 a	20	13,00 a	1,2	AR
Acesso 2	27,50 ab	70	20,50 a	1,7	AR
χ^2	26,95		40,34		

¹ Valores seguidos da mesma letra nas colunas não apresentam diferença estatística entre si. Os dados são valores médios de dois experimentos, cada experimento com dez repetições (vasos) por tratamento e uma planta por repetição. ² χ^2 = valores significativos de qui-quadrado pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). ³ Classes de reações: SI (semelhante à imune); AR (altamente resistente); MR (medianamente resistente); SU (suscetível); AS (altamente suscetível) (Reis *et al.*, 2004).

Em relação à incidência da doença para o isolado SI1, o híbrido ‘Spartus’ (20%) e os materiais ‘Acesso 1’ (20%) e ‘Acesso 2’ (70%) não diferiram estatisticamente entre si, de acordo com o teste não-paramétrico de Kruskal–Wallis, apresentando as menores médias de incidência da doença. Os demais híbridos, ‘Bermello’ e ‘Tronus’, apresentaram incidência da doença de 100%, causando doença em todas as plantas.

Para a severidade, no isolado SI1, os tratamentos ‘Spartus’ (1,2), ‘Acesso 1’ (1,2) e ‘Acesso 2’ (1,7) apresentaram os menores valores avaliados, os quais não diferiram estatisticamente entre si mediante o teste não-paramétrico de Kruskal–Wallis.

De acordo com a classe de reação, os híbridos acima citados foram considerados altamente resistentes (AR). Os demais híbridos de tomateiro, ‘Bermello’ e ‘Tronus’, apresentaram valores de severidade de 3,5, sendo considerados, de acordo com a classe de reação, suscetível (SU).

Tabela 2: Incidência e severidade da doença ocasionada por *Fol* (Isolado SI2) em híbridos de tomateiro.

Tratamentos	Incidência		Severidade		Classe de reação ³
	Rank ¹	Média (%)	Rank	Média	
Bermello	33,00 b	100	38,10 b	3,8	SU
Tronus	33,00 b	100	42,90 b	4,0	SU
Spartus	28,00 b	80	20,00 a	1,8	AR
Acesso 1	8,00 a	0	8,00 a	1,0	SI
Acesso 2	25,50 b	70	18,50 a	1,7	AR
χ^2	31,73		42,67		

¹ Valores seguidos da mesma letra nas colunas não apresentam diferença estatística entre si. Os dados são valores médios de dois experimentos, cada experimento com dez repetições (vasos) por tratamento e uma planta por repetição. ² χ^2 = valores significativos de qui-quadrado pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). ³ Classes de reações: SI (semelhante à imune); AR (altamente resistente); MR (medianamente resistente); SU (suscetível); AS (altamente suscetível) (Reis *et al.*, 2004).

Para o isolado SI2, apenas o ‘Acesso 1’ (0%) diferiu estatisticamente dos demais, proporcionando incidência nula da doença dentre os híbridos testados. Em contrapartida, a incidência da doença nos demais híbridos foi de 70% (‘Acesso 2’), 80% (‘Spartus’) e 100% (‘Bermello’ e ‘Tronus’).

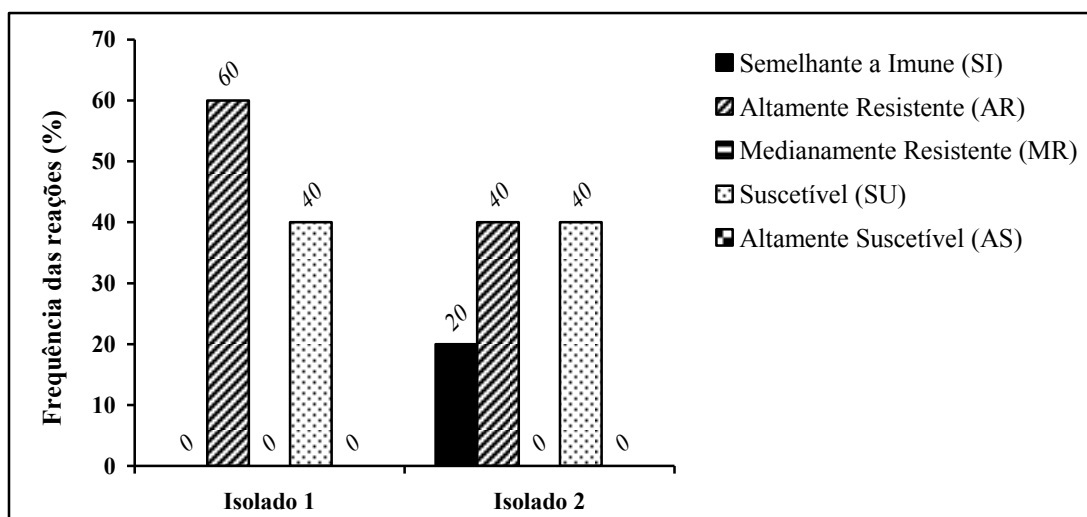
Quanto à severidade, no isolado SI2, o híbrido ‘Spartus’ (1,8) e os materiais ‘Acesso 1’ (1,0) e ‘Acesso 2’ (1,7) apresentaram os menores índices de severidade, não sendo verificada diferença significativa entre eles. De acordo com a classe de reação, estes tratamentos foram considerados altamente resistentes (AR), com exceção do ‘Acesso 1’, que foi considerado semelhante a imune (SI). Já os híbridos ‘Bermello’ e ‘Tronus’ apresentaram valores de severidade de 3,8 e 4,0, respectivamente, sendo classificados como suscetíveis (SU).

O híbrido ‘Spartus’, caracterizado por alta resistência às raças 1, 2 e 3 de *Fol*, foi classificado como altamente resistente quando inoculado com ambos os isolados. Já os híbridos ‘Bermello’ e ‘Tronus’ mostraram-se suscetíveis aos dois isolados utilizados no ensaio, excluindo a possibilidade de estes pertencerem às raças 1 e 2. Isto implica dizer que os isolados são pertencentes à raça 3 de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*.

A frequência de classes de reação dos 5 híbridos de tomateiro a isolados de *Fol*, sob condições de casa de vegetação, expressa na Figura 3, foi caracterizada pela predominância de materiais altamente resistentes (AR) ao isolado SI1. Em contrapartida, surge um material

semelhante a imune (SI) ao isolado SI2, ao passo que se iguala a frequência de materiais altamente resistentes (AR) e suscetíveis (SU).

Figura 3. Frequência de classes de reação dos 5 híbridos de tomateiro a isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, sob condições de casa de vegetação.



Fonte: Takahashi, 2023.

Embora não tenha sido apresentada a resistência plena de nenhum dos materiais diante da inoculação com os isolados fúngicos em questão, o híbrido ‘Spartus’ e os materiais ‘Acesso 1’ e ‘Acesso 2’ permaneceram dentro das classes de reação SI e AR, quando expostos a ambos os isolados. Isto evidencia um bom potencial desses materiais para uso em programas de melhoramento, visando a obtenção de híbridos de tomate resistentes a doença.

O patógeno foi reisolado em todas as plantas doentes avaliadas, com exceção das utilizadas como testemunha, atendendo as exigências do Postulado de Koch. Isto reforça o fato de que não há, dentre os materiais analisados, nenhum totalmente imune à doença, no entanto, ocorrem variações sintomáticas conforme a interação isolado-cultivar.

5 CONCLUSÃO

O híbrido ‘Spartus’ e os materiais ‘Acesso 1’ e ‘Acesso 2’ permaneceram dentro das classes de reação SI e AR quando inoculados com ambos os isolados, sendo indicadas para uso em programas de melhoramento, visando a obtenção de híbridos de tomateiro resistentes à doença.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT.** Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<https://extranet.agricultura.gov.br/agrofit>>. Acesso em: 10 de outubro de 2023.
- ANDRADE D.; MICHEREFF SJ. 2000. **Incidência da murcha-de-fusário do tomateiro no Agreste de Pernambuco e determinação do tamanho da amostra para quantificação da doença.** Fitopatologia Brasileira. 25: 36-41.
- ANDRADE D.; MARTINS RB; MICHEREFF SJ. 2000. **Avaliação de cultivares de tomateiro para resistência à raça 2 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*.** Summa Phytopatologica 26: 161-167.
- ANDRADE D.; MICHEREFF SJ; MENEZES M. 2001. **Variabilidade de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* da Região Agreste de Pernambuco.** Summa Phytopatologica 27: 203-207.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorol. Z. v. 22, p. 711-728, 2014.
- ALVARENGA, M. A. R.; Origem, botânica e descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R. *et al.* (Eds.) **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia.** Lavras: Editora UFLA, 2004. p. 15-18.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.
- BECKMAN, C.H. **The nature of wilt diseases of plants.** St. Paul: APS Press, 1987. 175 p.
- BERMELLO RZ F1 (74-686).** Disponível em: <<https://www.rijkwaaan.es/busca-tu-variedad/tomate/bermello-rz>>. Acesso em: 2 out. 2023.
- BOHN, G.W. e TUCKER, C. M. **Studies on *Fusarium* wilt of the tomato:** Immunity in *Lycopersicon pimpinellifolium* Mill. and its inheritance in hybrids. Missouri Agricultural Experimental Station Research Bulletin. n. 311, 1940. 82p.
- CARVALHO, J. L.; PAGLIUCA, L. G. **Tomate: Um mercado que não para de crescer globalmente.** **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba-SP, v. 58, n. 1, p. 6-14, 2007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>. Acesso em: 15 mai. 2021.
- FAO. **Crops and livestock products:** Tomato production. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 20 set. 2023.
- FARR, D. F.; ROSSMAN, A. Y. **Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA.** Retrieved 2021 June 17 from <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases>.
- JONES, J.P. ***Fusarium* wilt.** In: Jones, J.B.; Jones, J.P.; Stall, R.E. e Zitter, T.A. (Eds.) **Compendium of tomato disease.** St. Paul: APS Press, 1991. p.15.
- JULIATTI, F.C.; PEREIRA, J.J.; MALUF, W.R.; RODRIGUES, E.J.R. e LIMA, J.V.O. **Avaliação e identificação de genótipos de tomateiro como diferenciais para as raças de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*.** Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.19, n.4, p.546-551, 1994.

KUROZAWA, C. e PAVAN, M. A. P. Doenças do tomateiro. In: Kimati, H. *et al.* (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 607– 626.

LIRA, G. M.; SILVA, A. B. O tomate (*Lycopersicum esculentum*) como alimento funcional: Artigo de revisão. **Hig. aliment**, [s. l.], 2007.

LOPES, C. A. Introdução geral. In: Lopes, C. A. e Ávila, A. C. (Eds.). **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. p. 11–15.

LOPES, C. A.; REIS, A. e ÁVILA, C. **Principais doenças do tomate para mesa causadas por fungos, bactérias e vírus**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 66–78, 2003.

NELSON, P.E. **Life cycle and epidemiology *Fusarium oxysporum***. In: Mace, M.E.; Bell, A.A. e Beckman, C.H. (Eds.) *Fungal wilt diseases of plants*. New York: Academic Press, 1981. p.51–80.

PEREIRA, R.B; LUCAS, G.C; PINHEIRO, J.B. Murcha de Fusarium em Tomateiro. **NossoAlho**, Brasília, DF, n. 21, p. 22-25, dez. 2014.

REIS A; GIORDANO LB; LOPES CA; BOITEUX LS. 2004. **Novel sources of multiple resistance to three races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in *Lycopersicon* germplasm**. Crop Breeding and Applied Biotechnology 4: 495-502.

REIS, A. *et al.* **First report *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 on tomato in Brazil**. Fitopatologia Brasileira, Brasília, v.30, n. 4, p. 426–428, 2005.

SANGALANG, A.E.; BACKHOUSE, D. e BURGESS, L.W. **Survival and growth in culture of four *Fusarium* species in relation to occurrence in soils from hot climatic regions**. Mycological Research, London, v.99, n.5, p.529–533, 1995a.

SANGALANG, A.E.; BURGESS, L.W.; BACKHOUSE, D.; DUFF, J. e WURST, M. **Mycogeography of *Fusarium* species in soils from tropical, arid and mediterranean regions of Australia**. Mycological Research, London, v.99, n.5, p.523–528, 1995b.

SANTOS JRM. 1997. **Methodology for screening tomato for *Fusarium* wilt, *Verticillium* wilt, Gray leaf spot, Early blight and *Septoria* leaf spot**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL TOMATO DISEASES, 1. Anais... Recife: IPA. p. 164- 166.

SILVA, F.A.Z.; AZEVEDO, C.A.V. **The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data**. African Journal Agricultural Research, v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SPARTUS RZ F1 (73-538). Disponível em: <<https://www.rijkszwaan.co.za/find-your-variety/tomato/spartus-rz>>. Acesso em: 2 out. 2023.

TAKKEN, F.; REP, M. The arms race between tomato and *Fusarium oxysporum*. **Molecular Plant Pathology**, v.11, n.2, p.309-314, 2010.

Tomate Salada Vermelho | Tronus RZ F1 | Rijk Zwaan Brasil. Disponível em: <<https://www.rijkszwaan.com.br/sementes/tomate/tronus-rz-f1-prdSL11271-ctgCrops.tomato>>. Acesso em: 2 out. 2023.

VALE, F. X. R. *et al.* **Manejo integrado das doenças do tomateiro: epidemiologia e controle**. In: Alvarenga, M. A. R. (Ed.). *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. Lavras: Editora UFLA, 2004. p. 249–253.

APÊNDICE A – Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Bermello’ submetido aos isolados SI1 e SI2



(A) corte transversal do caule; (B) sintomas observados em parte aérea e raízes

(1) planta inoculada com isolado SI1; (2) testemunha; (3) planta inoculada com isolado SI2.

Fonte: Takahashi, 2023.

APÊNDICE B - Sintomatologia expressa pelo híbrido 'Tronus' submetido aos isolados SI1 e SI2



(A) corte transversal do caule; (B) sintomas observados em parte aérea e raízes

(1) planta inoculada com isolado SI1; (2) testemunha; (3) planta inoculada com isolado SI2.

Fonte: Takahashi, 2023.

APÊNDICE C - Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Spartus’ submetido aos isolados SI1 e SI2



(A) corte transversal do caule; (B) sintomas observados em parte aérea e raízes

(1) planta inoculada com isolado SI1; (2) testemunha; (3) planta inoculada com isolado SI2.

Fonte: Takahashi, 2023.

APÊNDICE D - Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Acesso 1’ submetido aos isolados SI1 e SI2

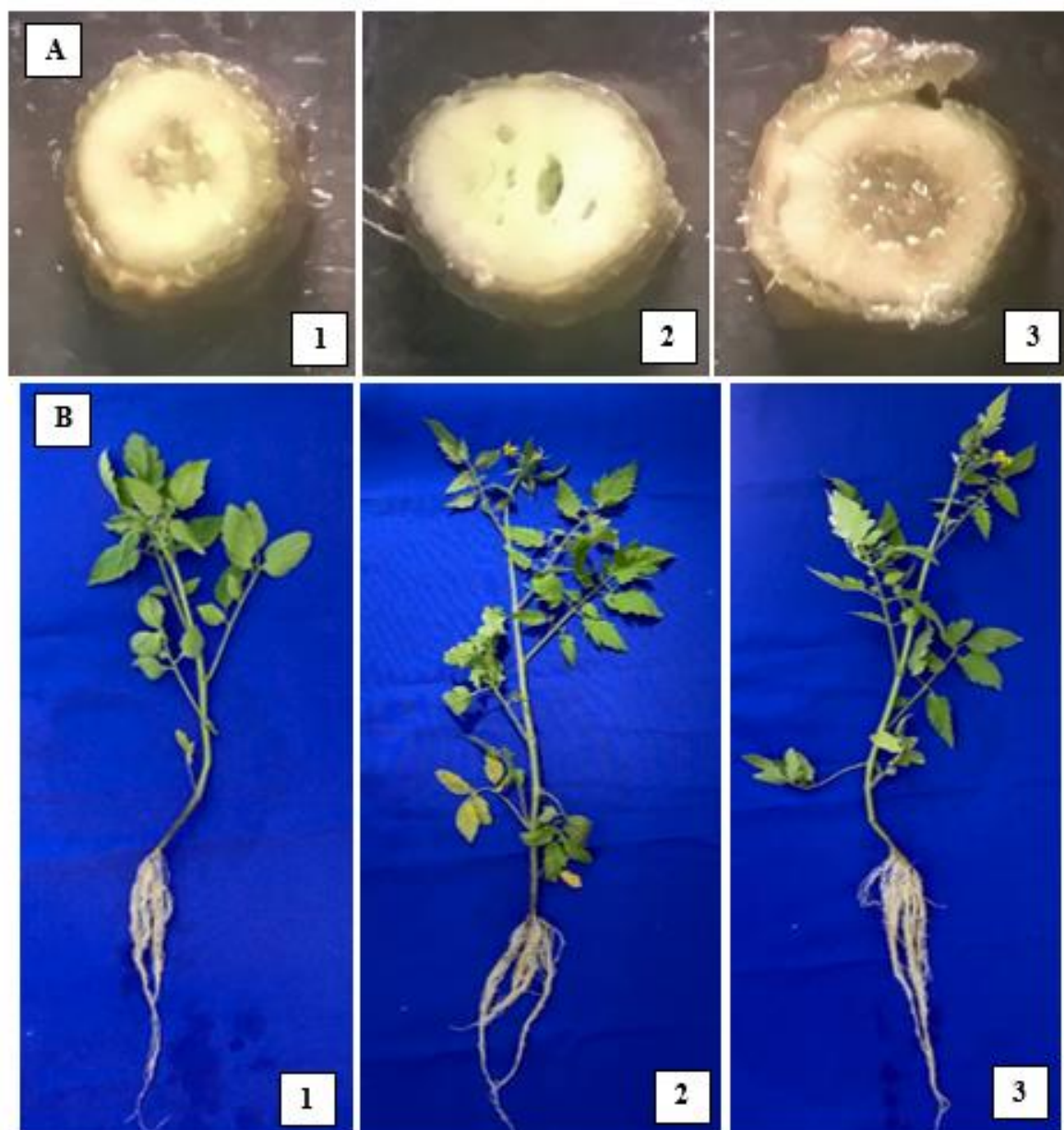


(A) corte transversal do caule; (B) sintomas observados em parte aérea e raízes

(1) planta inoculada com isolado SI1; (2) testemunha; (3) planta inoculada com isolado SI2.

Fonte: Takahashi, 2023.

APÊNDICE E - Sintomatologia expressa pelo híbrido ‘Acesso 2’ submetido aos isolados SI1 e SI2



(A) corte transversal do caule; (B) sintomas observados em parte aérea e raízes

(1) planta inoculada com isolado SI1; (2) testemunha; (3) planta inoculada com isolado SI2.

Fonte: Takahashi, 2023.