

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

RESISTÊNCIA DE DIFERENTES ACESSOS DE *Solanum lycopersicum* À *Meloidogyne incognita*

Sara de Oliveira Olimpio, Solene Gomes Silva, Bárbara Caetano Ferreira, José
Ricardo Mariano de Souza, José Carlos Lambert e Monique Moreira Moulin.

Instituto Federal do Espírito Santo - Campus de Alegre/Departamento de Desenvolvimento
Educativo, Rua Principal s/nº Distrito de Rive, CEP: 29520-000, Alegre, ES, Brasil,
saraolimpio72@gmail.com, solenegomessilva@gmail.com, babi.ca.f79@gmail.com,
joseriocardomarianodesouza@gmail.com, lambertjcarlos@gmail.com, moniquemoulin@gmail.com.

Resumo

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma importante cultura agrícola no Brasil, especialmente no Espírito Santo, onde a produção é significativa. Neste estudo, foram avaliados 42 acessos de tomate do banco de germoplasma do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, Campus de Alegre quanto à resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* em dois experimentos. Os resultados mostraram que diversos genótipos apresentaram resistência, especialmente os acessos Ifes 14, 23, 26 e 44, que mostraram potencial promissor nos dois experimentos, isso os torna de extrema importância para pesquisas futuras.

Palavras-chave: Nematóide das galhas, Resistência, *Solanum lycopersicum*.

Área do conhecimento: Ciências Biológicas - Microbiologia.

Introdução

O tomateiro, pertencente à família *Solanaceae* e gênero *Solanum*, é uma planta anual cultivada principalmente pela sua espécie domesticada, o *Solanum lycopersicum* (CLEMENTE; BOITEUX, 2012). O tomate é um fruto hipocalórico, rico em fibras, compostos polifenólicos, vitaminas e minerais, sendo amplamente cultivado em todo o mundo devido à sua adaptabilidade a diferentes solos e climas (TITUS et al., 2020).

O tomate apresenta a zona andina da América do Sul como seu lugar de origem, onde posteriormente foi disseminada para outros lugares do mundo, e tornou-se um dos frutos de maior relevância do mundo, uma vez que, devido às suas características de ciclo curto e alto rendimento, apresenta grandes perspectivas econômicas, o que garante o crescimento exponencial de produção (DAN et al., 2006).

A indução de resistência é uma estratégia para o manejo de doenças em plantas, que envolve a ativação dos mecanismos de defesa da planta sem alterar seu genoma (CAVALCANTI et al., 2005; BENHAMOU e BELANGER, 1998). Estudos têm demonstrado que é possível induzir resistência em tomateiros ao nematoide *Meloidogyne incognita* usando produtos naturais, como silicatos e fungos micorrízicos arbusculares. Esses produtos podem reduzir a infestação do nematóide, melhorar o desenvolvimento das plantas e oferecer uma alternativa promissora para o controle integrado da praga, reduzindo a dependência de nematicidas químicos e minimizando os impactos ambientais e econômicos.

Neste sentido, objetivou-se avaliar a reação de 42 acessos de *S. lycopersicum* do banco de germoplasma do IFES Campus de Alegre quanto à resistência ao *M. incognita*.

Metodologia

Os experimentos foram conduzidos no Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Santa Teresa, localizado no distrito de São João de Petrópolis, latitude de 19°48' S, longitude de 40°40' W e altitude de 137 metros.

Foram avaliados 42 acessos do Banco de Germoplasma de tomate do IFES - Campus Alegre. Como o controle negativo foi utilizada a cultivar Santa Clara, sendo assim o acesso de número 43. Mudas de tomate cultivar 'Santa Clara' foram produzidas em mini vasos contendo 110 mL de substrato comercial e depois transplantadas para vasos maiores de 2L contendo substrato à base de solo e areia. Após oito dias do transplante, as mudas receberam inóculo produzido a partir das raízes da planta hospedeira

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Strachys byzantina, contendo galhas de *Meloidogyne spp.* As raízes foram coradas com corante alimentício para melhor visualização das massas de ovos. As massas de ovos foram individualmente removidas e diluídas em água contida em microtubos. Após a obtenção das suspensões contendo ovos e juvenis de *Meloidogyne spp.* foram inoculadas em mudas de tomate cultivar 'Santa Clara'.

Passadas oito semanas, os tomateiros foram avaliados visualmente quanto à presença de galhas nas raízes. O tomateiro com maior densidade de galhas foi selecionado, e seu sistema radicular foi separado da parte aérea e usado para multiplicação do inóculo. Em seguida, o sistema radicular selecionado foi submetido a uma extração de ovos e juvenis conforme metodologia específica. As raízes foram lavadas, picadas em fragmentos de aproximadamente 1,0 cm e trituradas em um liquidificador com solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 0,5%. A suspensão resultante foi filtrada em peneiras de malha 20 mesh e 500 mesh, lavada com água para remover o hipoclorito residual e recolhida em um bquer de 50 mL. Feito isto, a suspensão foi distribuída em tubos 'falcon' contendo caulim Coolen e D'Herde (1972), centrifugada e a solução sobre novamente centrifugada a 1750 rpm por um minuto adiante descartada. Depois, uma solução de sacarose foi adicionada ao precipitado e novamente centrifugada (JENKINS, 1964). O sobrenadante foi vertido em peneira de 500 mesh e lavado em água para remover o excesso de sacarose. Finalmente, a suspensão contendo ovos e juvenis de segundo estágio (J2) foi recolhida em um bquer com o auxílio de uma pisseta com água.

O número de ovos+J2 presentes na suspensão inicial de *Meloidogyne spp.* foi quantificado com a ajuda de uma lâmina de Peters ao microscópio óptico e, inoculado em plantas de tomate 'Santa Clara', que são suscetíveis à doença, para produzir inóculo suficiente para a inoculação de todas as plantas do experimento. A multiplicação do inóculo foi realizada em um substrato composto por solo do horizonte B+areia (3:1) que foi desinfestado usando tratamento térmico com energia solar, conforme descrito por Ghini e Bettiol (1991).

Foi utilizado um delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com 43 tratamentos, sendo 42 acessos e uma cultivar padrão suscetível 'Santa Clara', com cinco repetições, totalizando 215 unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu em um vaso de 2,8 litros com substrato à base de terra+areia (3:1) contendo uma planta.

Resultados

Os resultados do teste de Scott-Knott apresentados na tabela 1, revelaram que os genótipos avaliados foram divididos em três grupos distintos de acordo com a sua reação ao nematóide *Meloidogyne incognita*, grupo Suscetível com média "a", grupo Intermediário com média "b" e grupo Resistente com média "c".

Tabela 1 - Teste de Scott-Knott do primeiro ensaio para as variáveis: fator de reprodução (FR), número de ovos por grama de raízes (ovos+J2) e classificação dos genótipos quanto à reação a *Meloidogyne incognita*, conforme critérios de Oostenbrink (1966).

Genótipo	FR	Ovos + J2	Classificação dos genótipos
Ifes 38	86,8 a	9869,8 a	Suscetível
Ifes 4	72,3 a	7439,4 a	Suscetível
Ifes 21	65,6 a	6430,8 a	Suscetível
Ifes 12	62,7 a	4816,6 a	Suscetível
Ifes 40	58,1 a	7361,4 a	Suscetível
Ifes 29	57,1 a	5161,6 a	Suscetível
Ifes 15	55,6 a	5813,4 a	Suscetível
Ifes 32	55,0 a	5525,2 a	Suscetível
Test.(43)	53,4 a	4732,2 a	Suscetível
Ifes 13	51,0 a	5006,6 a	Suscetível

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Ifes 42	50,8 a	5929,2 a	Suscetível
Ifes 30	48,1 a	6973,4 a	Suscetível
Ifes 2	48,0 a	5192,6 a	Suscetível
Ifes 36	46,1 a	5928,4 a	Suscetível
Ifes 7	44,5 a	4868,6 a	Suscetível
Ifes 31	42,4 a	5167,2 a	Suscetível
Ifes 17	41,3 a	6776,2 a	Suscetível
Ifes 22	41,2 a	5497,0 a	Suscetível
Ifes 9	35,3 a	3783,0 a	Suscetível
Ifes 39	34,7 a	3333,6 a	Suscetível
Ifes 8	33,8 a	5741,2 a	Suscetível
Ifes 37	33,7 a	6490,0 a	Suscetível
Ifes 41	32,7 a	4741,2 a	Suscetível
Ifes 1	30,4 a	4115,6 a	Suscetível
Ifes 16	27,3 a	3504,2 a	Suscetível
Ifes 34	26,5 a	3308,4 a	Suscetível
Ifes 3	25,7 a	2920,6 a	Suscetível
Ifes 6	24,0 a	4377,0 a	Suscetível
Ifes 20	23,7 a	2465,4 b	Suscetível
Ifes 11	22,7 a	2901,4 b	Suscetível
Ifes 33	15,5 a	1870,6 b	Suscetível
Ifes 35	15,0 a	5121,6 a	Suscetível
Ifes 18	12,3 a	4906,0 a	Suscetível
Ifes 5	3,8 b	1173,4 b	Suscetível
Ifes 28	3,6 b	2260,8 b	Suscetível
Ifes 10	2,8 b	1324,2 b	Suscetível
Ifes 24	1,1 c	226,6 c	Suscetível
Ifes 45	0,7 c	345,6 c	Resistente
Ifes 44	0,5 c	336,4 c	Resistente
Ifes 27	0,4 c	242,0 c	Resistente
Ifes 26	0,4 c	148,2 c	Resistente

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Ifes 14	0,3 c	198,8 c	Resistente
Ifes 23	0,3 c	471,4 c	Resistente
CV (%)	52,18	35,6	

CV (%): Coeficiente de variação experimental.

Dados originais. Para análise estatística a variável FR foi transformada em $\log(x)$ e ovos + J2 em raiz (x). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Dados do experimento.

O estudo mostrou diferenças significativas entre os genótipos de tomateiro em relação ao fator de reprodução (FR) e número de ovos e juvenis por grama de raízes. No primeiro ensaio, os genótipos Ifes 14, 23, 26, 27, 44 e 45 foram classificados como resistentes ($FR < 1$), enquanto os outros 37 genótipos foram suscetíveis ($FR \geq 1$). O genótipo Ifes 43 (cultivar Santa Clara) foi altamente suscetível ($FR = 53,4$). No segundo ensaio, os genótipos Ifes 5, 10, 14, 23, 26, 28, 33 e 44 também foram classificados como resistentes ($FR < 1$), enquanto os outros 25 genótipos foram suscetíveis.

Tabela 2 - Teste de Scott-Knott do segundo ensaio para as variáveis: fator de reprodução (FR), número de ovos e J2 por grama de raízes (ovos + J2) e classificação dos genótipos quanto à reação a *Meloidogyne incognita*, conforme critérios de Oostenbrink (1966).

Genótipo	FR	Ovos + J2	Classificação dos genótipos
Ifes 17	20,9 a	4340,3 a	Suscetível
Ifes 1	11,9 a	3231,3 a	Suscetível
Ifes 13	15,1 a	2603,7 a	Suscetível
Ifes 22	9,8 a	1883,0 a	Suscetível
Ifes 35	9,7 a	2008,0 a	Suscetível
Ifes 9	10,5 a	3943,3 a	Suscetível
Ifes 36	10,1 a	2114,3 a	Suscetível
Ifes 21	8,6 a	3601,0 a	Suscetível
Ifes 34	8,4 a	2061,0 a	Suscetível
Ifes 15	7,3 a	3604,3 a	Suscetível
Ifes 30	5,8 a	1246,0 a	Suscetível
Ifes 32	5,7 a	1509,3 a	Suscetível
Ifes 3	6,9 a	1838,0 a	Suscetível
Ifes 38	5,0 a	1526,3 a	Suscetível
Ifes 39	6,6 a	1658,7 a	Suscetível
Ifes 40	4,9 a	2130,0 a	Suscetível
Ifes 37	4,3 a	1115,7 a	Suscetível
Ifes 27	4,0 a	1616,3 a	Suscetível

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Test.(43)	4,7 a	2716,0 a	Suscetível
Ifes 31	3,6 a	1544,7 a	Suscetível
Ifes 29	5,9 a	1795,0 a	Suscetível
Ifes 12	3,3 a	2515,3 a	Suscetível
Ifes 20	4,6 a	2583,7 a	Suscetível
Ifes 18	3,2 a	2649,3 a	Suscetível
Ifes 24	1,0 b	773,0 a	Suscetível
Ifes 28	0,6 b	208,7 b	Resistente
Ifes 10	0,3 b	322,7 b	Resistente
Ifes 44	0,4 b	238,0 b	Resistente
Ifes 14	0,3 b	264,0 b	Resistente
Ifes 5	0,3 b	251,7 b	Resistente
Ifes 23	0,3 c	126,7 b	Resistente
Ifes 26	0,1 c	140,0 b	Resistente
Ifes 33	0,1 c	183,0 b	Resistente
CV (%)	79,5	9,21	

CV (%): Coeficiente de variação experimental.

Dados originais. Para análise estatística a variável FR foi transformada em $\log(x)$ e ovos + J2 em raiz (x).

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: Dados do experimento.

Discussão

Ávila Júnior (2017) realizou trabalho semelhante para avaliar a reação de 11 híbridos comerciais de tomateiro industrial a *Meloidogyne incognita* com presença do gene Mi e encontrou apenas dois com $FR < 1$, classificados como 'resistentes' e sete com $FR > 1$, classificados como 'suscetíveis' conforme Oostenbrink (1966), demonstrando que a proteção conferida pelo gene Mi foi parcial.

As análises de variância mostram que as diferenças nas reações dos genótipos ao patógeno são estatisticamente significativas, tornando os dados robustos e confiáveis para auxiliar na seleção de genótipos de tomateiro mais resistentes à *M. incognita*.

Brida et al. (2020) em seu trabalho conduzido também em dois ensaios para verificar a reação de sete genótipos de feijoeiro a três espécies de *Meloidogyne*, verificaram que cinco genótipos foram suscetíveis conforme Oostenbrink (1966) a *M. incognita* nos dois ensaios, apresentando fator de reprodução maior que um ($FR > 1$), a exemplo do que ocorreu com a maioria dos acessos de tomate nos dois ensaios do presente trabalho.

O genótipo Ifes 27 apresentou $FR < 1$, resistente (R) no primeiro ensaio, não repetiu no segundo, apresentando $FR > 1$, suscetível a *M. incognita*. Assim como os genótipos Ifes 5, 10, 28 e 33 apresentaram $FR < 1$ no segundo ensaio, sendo que no primeiro apresentaram $FR > 1$. Resultado semelhante foi relatado por Brida et al. (2020), em que genótipos de feijão também apresentaram divergência de comportamento, mostrando-se 'resistente' a *M. incognita* no primeiro ensaio, com $FR < 1$ e 'suscetível' no segundo, com $FR > 1$, conforme Oostenbrink (1966).

Segundo Jaquet et al. (2005) e Castagnone-Sereno (2006) as variações nas taxas reprodutivas podem ser resultado parcial de fatores genéticos que conferem resistência ou suscetibilidade ao hospedeiro ou devido a variações genéticas nas populações de nematoides. Fatores ambientais como temperatura acima de 30°C pode desativar eventual gene que confere resistência a *M. incognita* (AMMATI et al., 1986; ARAÚJO et al., 1982).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Conclusão

Os genótipos Ifes 14, 23, 26 e 44 do banco de Germoplasma de *Solanum lycopersicum* do Ifes campus de Alegre, apresentaram potencial resistência a *M. incognita*, com FR<1 nos dois ensaios, portanto, são promissores para serem estudados e utilizados como fonte de resistência e cruzamentos direcionados em programas de melhoramento genético.

Referências

- AMMATI, M.; THOMASON, I. J.; MCKINNEY, H. E. Retention of resistance to *Meloidogyne incognita* in *Lycopersicon* genotypes at high soil temperature. **Journal of Nematology**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 491-495, 1986.
- ARAUJO, M. T.; BASSETT, M. J.; AUGUSTINE, J. J. e DICKSON, D. W. Effect of the temperature and duration of the initial incubation period and resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato. **Journal of Nematology** v. 14, n. 3, p. 411-413, 1982.
- ÁVILA JÚNIOR, J. H de. **Reações de genótipos de tomateiro industrial a *Meloidogyne incognita* e eficiência de métodos de controle**. 2017. 62 f: il. Dissertação (Mestrado Profissional em Olericultura) - Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2017.
- BENHAMOU, N. e BÉLANGER, R.R. Benzothiadiazole-mediated induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radices-lycopersici* in tomato. **Plant Physiology** 118:1203-1212. 1998.
- BRIDA, A. L.; CASTRO, B. M.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; WILCKEN, S. R. S. Oat, wheat and sorghum cultivars for the management of *Meloidogyne enterolobii*. **Nematology**, v. 20, n. 2. p. 170-173, 2018.
- BOITEUX, Leonardo S.; PINHEIRO, Jadir B.; DE NORONHA FONSECA, Maria Esther. Manejo de nematoides do gênero *Meloidogyne* no cultivo do tomateiro via resistência genética: Avanços, obstáculos e perspectivas. 2019.
- CASTAGNONE-SERENO, Philippe. Genetic variability and adaptive evolution in parthenogenetic root-knot nematodes. **Heredity**, v. 96, n. 4, p. 282-289, 2006.
- CAVALCANTI, L. S.; PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOALATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência a patógenos e insetos. Piracicaba: **FEALQ**. 263 p. 2005.
- CLEMENTE, F. M. V.; BOITEUX, L. S. Produção de Tomate para Processamento Industrial. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2012. 344 p.
- DAM, Barbara van et al. A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. **Agrodok**, 2006.
- JACQUET, M. et al. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the Mi gene. **Plant pathology**, v. 54, n. 2, p. 93-99, 2005.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter** 48: 692, 1964.
- OOSTENBRINK, M. **Major characteristics of the relation between nematodes and plants**. **Mededelingen Land bouw**, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.
- TITUS, S. R.; KERKETTA, A.; BAHADUR, V. Genetic Variability, Heritability and Genetic Advance Studies for Different Characters of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 9, n. 12, 2020