

RESISTÊNCIA A DOENÇAS EM HÍBRIDOS DE MORANGUEIRO SELECIONADOS PARA CONDIÇÕES SUBTROPICAIS

ZANIN, D. S.¹; RESENDE, J. T. V¹; PINHEIRO, R. R.¹; MUNIZ, N. S.¹; SANTOS, L. S.¹

¹Universidade Estadual de Londrina (UEL). Rodovia Celso Garcia Cid - PR 445, km 380, Campus Universitário, 86057-970, Londrina/PR.

RESUMO

No desenvolvimento da cadeia produtiva do cultivo de morangos, é imprescindível dispor de genótipos plenamente adaptados ao local de produção. Neste sentido, a resistência a doenças constitui um dos fatores de adaptação mais importantes. O objetivo deste trabalho foi obter, avaliar e selecionar novos híbridos de morangueiro, visando a resistência à antracnose, oídio, e às manchas de microsferela e diplocarpon. Para tanto, foram avaliados 755 híbridos F₁ experimentais de morangueiro, em sistema de cultivo no solo, em casa-de-vegetação, com cada híbrido sendo constituído por uma planta, e tendo as cultivares comerciais ‘Albion’, ‘San Andreas’ e ‘Fronteras’ com padrões de comparação. As doenças foram avaliadas visualmente, durante o ciclo produtivo, por meio de escala de notas, totalizando onze avaliações. Ao término do período de avaliações, foram estimados os parâmetros incidência e severidade das doenças avaliadas. Os genótipos 38.1, 38.8 e 20.42 obtiveram destaque, por não terem apresentado nenhum dano ocasionado por quaisquer das doenças avaliadas. Nos híbridos 38.5, 34.29, 34.34, 42.8 e 20.46 também se observou um bom desempenho, sendo que com estes genótipos todos os valores médios de AACPD se situaram abaixo de 10⁻², para todas as doenças avaliadas. Foi possível concluir que a população em estudo contém híbridos promissores para resistência às principais doenças da cultura do morangueiro.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch.; melhoramento genético; resistência a doenças.

INTRODUÇÃO

Na cadeia produtiva das pequenas frutas, a produção de morangos ocupa posição de destaque, devido ao seu potencial de geração de emprego e renda, mesmo em pequenas áreas (Agir et al., 2015). Este fato torna o morangueiro uma cultura típica de pequenas propriedades, com até 2 hectares de área cultivada, nas quais se utiliza predominantemente mão-de-obra familiar (Aveni et al., 2018). Além da importância socioeconômica, é possível ressaltar os atributos do fruto do morangueiro como alimento saudável e funcional (Vizzotto, 2016).

Apesar destas características favoráveis para o cultivo de morangos, em nível nacional esta atividade apresenta diversos desafios. Dentre estes, se destacam a dependência de cultivares estrangeiras, e a larga utilização de mudas importadas (Zeist e Resende, 2019). As cultivares de morangueiro mais plantadas no Brasil são norte-americanas e espanholas, sendo que a maioria foram desenvolvidas nos programas de melhoramento genético dos estados da Califórnia e da Flórida, nos Estados Unidos (Fagherazzi et al., 2017). Estes fatos elevam o custo de produção da cultura, pois, além da necessidade de pagar ‘royalties’ às instituições obtentoras das cultivares, ainda são incluídas taxas de importação, quando se utilizam mudas produzidas em viveiros de outros países (Galvão, 2014). Adicionalmente, tendo em vista que o desempenho

agronômico desta cultura é muito influenciado pelas condições ambientais do local de cultivo, notadamente a temperatura e / ou o fotoperíodo, cultivares desenvolvidas em uma determinada região normalmente não expressam o mesmo grau de adaptação quando cultivadas em outro local (Mathey et al., 2017). Além disso, nas condições brasileiras, normalmente caracterizadas por temperaturas elevadas e precipitações intensas, as cultivares estrangeiras frequentemente apresentam suscetibilidade à diversos problemas fitossanitários (Oliveira e Bonow, 2012). A incidência de doenças e pragas eleva os custos com a cultura, além de potencialmente conduzir a problemas com o ambiente e a saúde de produtores e consumidores, quando se utilizam produtos químicos para o manejo fitossanitário (Zeist e Resende, 2019).

Uma das principais estratégias para superar estes entraves é realização de programas de melhoramento genético nas próprias regiões produtoras (Corrêa et al., 2021). Ao desenvolver e avaliar novos genótipos nestes locais, são incrementadas as chances de se obter materiais adaptados a estas condições, e resistentes aos principais problemas fitossanitários que incidem na região (Masny et al., 2016). A resistência a doenças é apontada como um dos principais objetivos dos programas de melhoramento genético de morangueiro no Brasil (Zeist e Resende, 2019) e em vários outros países (Mezzetti et al., 2018).

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo desenvolver, avaliar e selecionar híbridos de morangueiro adaptados às condições de uma região com clima considerado quente para o cultivo de morangos a nível comercial, providos de resistência às principais doenças da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Fazenda Escola (FAZESC) pertencente à Universidade Estadual de Londrina (UEL), no município de Londrina/PR, durante o ciclo produtivo 2020/2021. O ambiente em questão está localizado sob as coordenadas 23° 19'37'' de latitude Sul, e 51° 11'37'' de longitude Oeste, a uma altitude em torno de 560 m (Ely, 1999). O clima local é classificado como subtropical úmido mesotérmico (Cfa, pela classificação de Köppen-Geiger) (Nitsche et al., 2019).

As avaliações foram realizadas em uma população composta por 755 híbridos F₁ experimentais de morangueiro, acrescidos de três cultivares comerciais, utilizadas como padrões de comparação (Albion, Fronteras e San Andreas). Os híbridos experimentais em questão foram gerados a partir de 16 cruzamentos biparentais distintos, os quais foram realizados nos meses de novembro e dezembro de 2019, no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), em Guarapuava/PR. A semeadura e germinação dos aquênios obtidos a partir dos frutos originários dos cruzamentos controlados também foi realizada nesta localidade. Posteriormente, as plântulas foram transferidas para a UEL, na qual foram colocadas em prática as etapas subsequentes do trabalho. Nos dias 5 e 6 de março de 2020, as plântulas foram repicadas para bandejas de polietileno de 50 células, para formar mudas de torrão. Estas foram transplantadas para a área experimental nos dias 8 e 9 de junho daquele ano.

A área experimental consistiu de uma casa-de-vegetação do tipo arco treliçado, com cerca de 6,55 m de largura e 51 m de comprimento. No interior da mesma, foram preparados três canteiros, cada qual com 1,4 m de largura e cerca de 15 cm de elevação, com auxílio de uma rotoencanteiradora. O sistema de cultivo utilizado foi no solo, sendo os canteiros revestidos com plástico preto (“mulching”). Foi adotado o sistema de plantio em “V” ou “quincôncio”, com espaçamento de 30 cm entre linhas e plantas, e quatro linhas de plantio por canteiro.

Nesta fase do programa de melhoramento não há repetição, pois cada planta (híbrido F₁) constitui um genótipo distinto, mesmo plantas provenientes do mesmo cruzamento. Foram implantados dois experimentos (1 e 2). O primeiro consistiu de 480 híbridos F₁, distribuídos em dez blocos contendo 48 híbridos cada, sendo que blocos diferentes contiveram híbridos originários de cruzamentos distintos. Além dos híbridos F₁, em cada bloco estiveram presentes duas parcelas compostas por quatro plantas de uma cultivar comercial, no caso, uma parcela da cultivar ‘San Andreas’, e outra da cultivar ‘Fronteras’, por bloco. Já o experimento 2 consistiu de seis blocos, cada um composto por 48 genótipos experimentais originários de um determinado cruzamento, além de uma parcela de oito plantas da cultivar comercial ‘Albion’. A exceção foi o bloco 5, o qual foi composto por 35 híbridos, devido à menor quantidade de sementes que germinaram do respectivo cruzamento. Assim o experimento 2 contou com 275 genótipos experimentais. Somando-se os dois experimentos, foram avaliados 755 novos híbridos de morangueiro.

A resistência à antracnose, oídio, e manchas de micoserela e diplocarpon foi aferida por meio de avaliações visuais no campo experimental, com auxílio de escala de notas. O período de avaliações se estendeu de 20 de setembro de 2020 a 22 de fevereiro de 2021, totalizando onze avaliações. Para as manchas foliares e oídio, se utilizou uma escala de notas proposta por Mazarro et al. (2006), a qual é caracterizada por uma escala de notas de 1 a 5, sendo cada nota correspondente a uma porcentagem aproximada de área foliar destruída pelo patógeno, conforme segue: 1 = 0,11%; 2 = 0,51%; 3 = 2,4%; 4 = 10,2%; 5 = 34,1%. Apenas notas exatas foram fornecidas, não sendo atribuídos valores intermediários. Em cada planta, eram contabilizados o número de folíolos total, e de folíolos com sintomas da doença. Também as notas foram atribuídas para cada folíolo em separado. Já para a antracnose, se utilizou uma escala de notas de 1 a 4, na qual cada valor corresponde a uma determinada parte da planta afetada, conforme descrito: 1 = sintomas presentes apenas nas flores; 2 = sintomas observados em flores e frutos; 3 = presença de frutos mumificados; 4 = sintomas identificados também em partes vegetativas, como folhas e pecíolos.

Quando terminou o período de avaliações, foi estimado o parâmetro incidência das doenças. Para o oídio e as manchas foliares, este parâmetro consiste na porcentagem de folíolos com sintomas das doenças. Já para a antracnose, a incidência é caracterizada pela porcentagem de órgãos afetados (flores e / ou frutos), em relação ao total. Quanto à estimativa da severidade, para as doenças foliares, as notas visuais são substituídas pelos valores aproximados de porcentagem de área foliar danificada, de acordo com a escala descrita acima. Já para a antracnose, as notas foram utilizadas diretamente no cálculo da severidade, pelo fato de esta doença ter sido verificada apenas nas folhas, o que resultou em nota 1 para todas as plantas

infectadas. Estes valores foram reunidos para calcular a Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD), utilizando a equação abaixo (Eq. 1):

$$AACPD = \sum [I_i \cdot (I + 1)] / 2 \cdot [(T_i + 1) - T_i] \quad (1)$$

Na qual:

I_i = severidade da doença na data de avaliação i ;

$I + 1$ = severidade da doença na data da avaliação anterior;

T_i = idade da planta, em dias após o transplante, na data de avaliação i ;

$T_i + 1$ = idade da planta, em dias após o transplante, na data da avaliação subsequente.

Na população original, composta por todos os híbridos avaliados, foi aplicado um índice de seleção (Mulamba e Mock, 1978), o qual foi calculado com base em variáveis de produção, a saber: produção total e comercial por planta, número de frutos total e comercial, e massa média de frutos comerciais (dados não apresentados). Dentre os 755 híbridos experimentais, foram selecionados 23 genótipos, os quais foram ranqueados para os parâmetros de resistência às doenças avaliadas (Tabelas 1 e 2). Com a finalidade de comparar os dois principais grupos de tratamentos que compuseram este trabalho, a saber, os híbridos experimentais e as testemunhas, foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney, a 5% de probabilidade de erro, com emprego do software R 4.2.0 (R Core Team, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificada uma notável variabilidade entre os híbridos estudados quanto à presença e evolução dos danos causados pelas doenças avaliadas (Tabelas 1, 2 e 3). Para ambos os parâmetros estudados (incidência e severidade), em um primeiro plano, os genótipos 38.1, 38.8 e 20.42 obtiveram destaque, pois nenhum sintoma das doenças estudadas foi verificado nestes híbridos. Para o parâmetro incidência, também é possível apontar o bom desempenho dos híbridos 38.5, 34.27, 34.29 e 26.30, para os quais nenhum valor acima de 1,5 % foi verificado, para quaisquer das doenças avaliadas (Tabela 1).

Abordando as doenças em separado, para antracnose, os maiores valores de incidência, superiores a 5% de flores e frutos infectados, foram obtidos nos genótipos 23.46 (6,52%); 38.24 (6,5%) e 2.4 (6,25%). Quanto à mancha-de-diplocarpon, médias de incidência acima de 10% de folíolos com presença de sintomas foram verificadas nos genótipos 20.1 (23,76%); 34.20 (20,57%); 38.24 (12,66%) e 38.22 (10,55%). Para a mancha-de-micosferela, a incidência de sintomas nos folíolos ficou abaixo de 1% em todos os híbridos experimentais avaliados. Médias acima de 1% para esta variável foram observadas apenas nas cultivares comerciais Albion

(2,75%) e Fronteras (2,47%). Quanto ao oídio, apenas foram encontrados sintomas nos híbridos 20.1 (28,88% de folíolos infectados) e 34.20 (5,48% de incidência).

Tabela 1. Incidência de antracnose (% de flores infectadas), mancha de diplocarpon, mancha-de-micosferela e oídio (% de folíolos com a doença) em 23 híbridos experimentais de morangueiro e três cultivares comerciais, durante a safra 2020/2021. Londrina, PR, UEL, 2022.

Genótipo	Antracnose	Mancha-de-diplocarpon	Mancha-de-micosferela	Oídio
38.1	0	0	0	0
38.22	3,84	10,55	0	0
38.8	0	0	0	0
38.24	6,50	12,66	0	0
23.46	6,52	0	0	0
38.4	4,55	8,27	0	0
38.5	0	1,14	0	0
14.20	0	6,01	0	0
34.1	0	6,61	0	0
20.9	3,64	0	0	0
34.27	1,01	0	0	0
26.30	1,14	1,44	0	0
2.4	6,25	0,57	0	0
34.29	0	0,65	0,65	0
42.25	0	3,52	1,14	0
34.34	1,36	1,82	1,47	0
34.25	0,74	0	0	0
42.8	0	2,72	0	0
20.46	0,88	0	0,94	0
20.1	1,01	23,76	0	8,52
20.42	0	0	0	0
34.20	2,66	20,57	0	9,21
11.2	7,27	0	0	0
Albion	2,61	7,86	4,13	0
Fronteras	4,83	6,40	1,79	0
San Andreas	3,20	0,93	1,17	0
Médias	2,23	4,42	0,43	0,68

Quanto à severidade das doenças avaliadas (Tabela 2), expressa por meio da AACPD x 10^{-2} , os valores mais elevados para antracnose, superiores a 10, foram encontrados nos genótipos 11.2 (11,43) e 38.24 (10,22). Quanto à mancha-de-diplocarpon, as maiores médias foram obtidas com os híbridos 20.1 (30,88) e 34.20 (14,42). Para a mancha-de-micosferela, com quase todos os genótipos avaliados se obtiveram resultados abaixo de 1×10^{-2} , exceto para as cultivares comerciais Albion (2,75) e Fronteras (2,47). Já o oídio, assim como descrito no parágrafo anterior, foi observado apenas nos genótipos experimentais 20.1 e 34.20, com valores de AACPD de $28,88 \times 10^{-2}$ e $5,48 \times 10^{-2}$, respectivamente.

Tabela 2. Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) para severidade de antracnose, mancha de diplocarpon, mancha-de-micosferela e oídio, em 23 genótipos experimentais de morangueiro e três cultivares comerciais. Londrina, PR, UEL, 2022. (Continua na próxima página).

Genótipo	Antracnose	Mancha-de-diplocarpon	Mancha-de-micosferela	Oídio
	AACPD x 10^{-2}			
38.1	0	0	0	0
38.22	6,03	5,18	0	0
38.8	0	0	0	0
38.24	10,22	1,82	0	0
23.46	8,83	0	0	0
38.4	7,14	7,89	0	0
38.5	0	0,20	0	0
14.20	0	1,47	0	0
34.1	0	2,09	0	0
20.9	5,71	0	0	0
34.27	1,59	0	0	0
26.30	1,79	0,25	0	0
2.4	4,97	0,05	0	0
34.29	0	0,52	0,11	0
42.25	0	1,75	0,91	0
34.34	0,94	0,31	0,20	0
34.25	1,59	0	0	0
42.8	0	0,87	0	0
20.46	0,58	0	0,17	0
20.1	0,66	30,88	0	28,88
20.42	0	0	0	0

Tabela 2. Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) para severidade de antracnose, mancha de diplocarpon, mancha-de-micosferela e oídio, em genótipos experimentais de morangueiro e três cultivares comerciais. Londrina, PR, UEL, 2022. (Conclusão).

Genótipo	Antracnose	Mancha-de-diplocarpon	Mancha-de-micosferela	Oídio
	AACPD x 10 ⁻²			
34.20	3,26	14,42	0	5,48
11.2	11,43	0	0	0
Albion	3,58	3,15	2,75	0
Fronteras	6,14	3,50	2,47	0
San Andreas	4,36	0,24	0,77	0
Médias	3,03	2,87	0,28	1,32

Na comparação geral entre os genótipos experimentais e as cultivares comerciais, estes grupos de tratamentos não diferiram entre si para incidência e severidade de oídio e mancha-de-diplocarpon (Tabela 3). No entanto, para antracnose e mancha-de-micosferela, foram obtidas médias menores de incidência e severidade destas doenças nos híbridos, em relação às testemunhas. Este resultado constitui um indicativo da presença de genótipos promissores para resistência a estas doenças, dentro da população de híbridos pré-selecionada.

Dentre as doenças que acometem a cultura do morangueiro, a antracnose é certamente uma das mais importantes. Os patógenos do gênero *Colletotrichum* constituem fator limitante no cultivo de morangos a nível mundial, com perdas na produção que podem chegar a 68%, dependendo da intensidade do ataque (Dinler e Benlioğlu, 2019). Estes mesmos autores apontam o uso de cultivares resistentes como um dos principais métodos de controle, citando a cultivar ‘Sweet Charlie’ como uma possível fonte de resistência. Jacobs et al. (2019) chegaram à conclusão que a suscetibilidade à antracnose é herdada quantitativamente em morangueiro, e que a resistência a *C. acutatum* e *C. gloeosporioides* são positivamente correlacionadas.

As manchas foliares, como a causada por *M. fragariae*, também são descritas como de grande potencial de dano, sendo responsáveis por uma frequente utilização de fungicidas para o seu controle (Carisse e MacNealis, 2019). Hancock et al. (2008) também relataram a relevância e abrangência mundial das manchas de micosferela e diplocarpon, ressaltando que trabalhos de melhoramento genético têm levado à identificação de genótipos resistentes. Masny et al. (2016), a partir de um esquema de cruzamentos dialélicos que originaram 75 famílias distintas de morangueiro, obtiveram resultados promissores para resistência à mancha-de-diplocarpon em famílias de híbridos experimentais originárias de cinco cruzamentos, e para resistência à mancha-de-micosferela, em genótipos pertencentes a 21 famílias de cruzamentos.

Tabela 3. Comparação entre os grupos de tratamentos compostos pelos híbridos experimentais avaliados e as testemunhas comerciais, para incidência e severidade de antracnose, oídio, e manchas de diplocarpon e micosferela. Londrina, PR, UEL, 2022.

Incidência (% de órgãos afetados)				
Tratamentos	Antracnose	Mancha-de-diplocarpon	Mancha-de-micosferela	Oídio
Híbridos	2,06 b	4,34 a	0,18 b	0,77 a
Testemunhas	3,69 a	4,63 a	2,09 a	0,00 a

Severidade (AACPD x 10⁻²)				
Tratamentos	Antracnose	Mancha-de-diplocarpon	Mancha-de-micosferela	Oídio
Híbridos	2,81 b	2,94 a	0,06 b	1,49 a
Testemunhas	5,39 a	2,63 a	1,88 a	0,00 a

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney, a 5% de probabilidade de erro.

Legenda: AACPD = Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença.

O oídio também é relatado como um problema fitossanitário importante na cultura do morangueiro, capaz de gerar perdas econômicas significativas (Carisse e Fall, 2021). A pesquisa tem avançado no sentido de desenvolver genótipos de morangueiro mais tolerantes a esta doença, sendo que a resistência ao oídio aparentemente é poligênica e quantitativa (Sargent et al., 2019).

No presente trabalho, os híbridos experimentais que apresentaram baixa incidência, simultaneamente, para as quatro doenças avaliadas, atestam constituir boas fontes de resistência a doenças, com potencial para serem utilizados em sistemas de cultivo nos quais se preconize a utilização mínima do controle químico. Mesmo que estes híbridos não venham a se tornar novas cultivares, os mesmos poderão ser usados em novos esquemas de hibridações visando a obtenção de germoplasma resistente a fitopatógenos.

CONCLUSÕES

A população de híbridos de morangueiro em estudo é provida de genótipos com características promissoras para resistência às principais doenças da cultura.

Os híbridos experimentais apresentaram maior tolerância à antracnose e à mancha-de-micosferela em relação às testemunhas comerciais.

Os genótipos 38.1, 38.8, 20.42, 38.5, 34.29, 42.8 e 20.46 constituem possíveis fontes de resistência às manchas de diplocarpon e micosferela, e também ao oídio e antracnose.

REFERÊNCIAS

- AGIR, H. B.; SANER, G.; ADANACIOGLU, H. Risk sources encountered by farmers in the open field production of strawberry and risk management strategies: A case of Menemen-Emiralem District of Izmir. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 21, n. 2, p. 13-25, 2015.
- AVENI, A.; SANTOS, L. C. R.; RIBEIRO, E. A.; LOPES, S. L. A. R.; TAVARES, C. R. Diagnóstico Preliminar do Potencial de Indicação Geográfica (IG) do Morango de Brazlândia no Distrito Federal. **Cadernos de Prospecção**, v. 11, n. 3, p. 952-952, 2018.
- CARISSE, O.; FALL, M. L. Decision Trees to Forecast Risks of Strawberry Powdery Mildew Caused by *Podosphaera aphanis*. **Agriculture**, v. 11, n. 1, p. 29, 2021.
- CARISSE, O.; McNEALIS, V. Development of action threshold to manage common leaf spot and black seed disease of strawberry caused by *Mycosphaerella fragariae*. **Plant Disease**, v. 103, n. 3, p. 563-570, 2019.
- CORRÊA, J. V. W.; WEBER, G. G.; ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V.; SILVA, P. R. ISSR analysis reveals high genetic variation in strawberry three-way hybrids developed for tropical regions. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 39, n. 3, p. 566-576, 2021.
- ELY, D. F. Caracterização do ambiente microclimático do Campus da Universidade Estadual de Londrina (PR) na situação de inverno do ano de 1999. **GEOGRAFIA (Londrina)**, v. 9, n. 2, p. 143-150, 2000.
- FAGHERAZZI, A. F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A. A.; MOLINA, A. R., GONÇALVES, M. A.; ANTUNES, L. E. C.; BARUZZI, G.; RUFATO, L. Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1156, p. 937-940, 2017.
- FEDERER, W. T. Augmented designs with one-way elimination of heterogeneity. **Biometrics**, v. 17, n. 3, p. 447-473, 1961.
- GALVÃO, A. G. hibridação de morangueiro e seleção de clones com potencial para cultivo no sul de Minas Gerais. **Tese** apresentada à Universidade Federal de Lavras para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração: Produção Vegetal. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luciane Vilela Resende. Lavras- MG. 2014.
- HANCOCK, J. F.; SJULIN, T. M.; LOBOS, G. A. Strawberries. In: HANCOCK, J. F. (Ed.). **Temperate Fruit Crop Breeding**. Springer, Dordrecht, 2008. 455 p. Cap. 13, p. 393-437.
- JACOBS, R. L.; ADHIKARI, T. B.; PATTISON, J.; YENCHO, G. C.; FERNANDEZ, G. E.; LOUWS, F. J. Inheritance of resistance to *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. acutatum* in strawberry. **Phytopathology**, v. 109, n. 3, p. 428-435, 2019.
- MASNY, A.; MASNY, S.; ŻURAWICZ, E.; PRUSKI, K.; MAJDRY, W. Suitability of certain strawberry genotypes for breeding of new cultivars tolerant to leaf diseases based on their combining ability. **Euphytica**, v. 210, n. 3, p. 341-366, 2016.

MATHEY, M. M.; MOOKERJEE, S.; MAHONEY, L. L.; GÜNDÜZ, K.; ROSYARA, U.; HANCOCK, J. F.; STEWART, P. J.; WHITAKER, V. M.; BASSIL, N. V.; DAVIS, T. M.; FINN, C. E. Genotype by environment interactions and combining ability for strawberry families grown in diverse environments. **Euphytica**, v. 213, n. 5, p. 1-12, 2017.

MAZARO, S. M.; GOUVEA, A. D.; MAY DE MIO, L. L.; DESCHAMPS, C.; BIASI, L. A.; CITADIN, I. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha-de-micosferela em morangueiro. **Ciência Rural**, v. 36, p. 648-652, 2006.

MEZZETTI, B.; GIAMPIERI, F.; ZHANG, Y. T.; ZHONG, C. F. Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. **Journal of Berry Research**, v. 8, n. 3, p. 205-221, 2018.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the ETO blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits [Mexico]. **Egyptian Journal Of Genetics And Cytology**, v. 7, p. 40-51, 1978.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina, PR: Instituto Agrônômico do Paraná; 2019. 210 p.

OLIVEIRA, A. C. B.; BONOW, S. Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 268, p.21-26, 2012.

R COR TEAM (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022. URL <https://www.r-project.org/>.

SARGENT, D. J.; BUTI, M.; ŠURBANOVSKI, N.; BRURBERG, M. B.; ALSHEIKH, M.; KENT, M. P.; DAVIK, J. Identification of QTLs for powdery mildew (*Podosphaera aphanis*; syn. *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae*) susceptibility in cultivated strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). **Plos one**, v. 14, n. 9, p. e0222829, 2019.

VIZZOTTO, M. Características funcionais. In: ANTUNES, L. E. C.; REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENBGER, J. E. (Ed.). **Morangueiro**. Brasília: Embrapa; 2016. 589 p. Cap. 21, p. 563-572.

ZEIST, A. R.; RESENDE, J. T. V. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 7-16, 2019.